

KIMIKA ETA INGURUMENA
UEU. IRUÑEA. 2005eko UZTAILA

FERNANDO MIJANGOS-ek AURKEZTEN DUEN
NEGUTEGI-EFEKTUARI BURUZKO
EREDU KIMIKO FISIKOA.

DATU MEGAMAKROSKOPIKOAK. EREDU BAT JOLASTEKO?

GAIORDENA

Negutegi-efektua. Datu megamakroskopikoak	3
Eguzkia. Fluxu solarra. Temperatura	7
Kontsumo energetiko mundiala. Negutegi efektua. Biodieselak	9
Negutegi-efektua. Eredua jolasteko	12
Plastikoez betetzen duten bolumena	15
Papera versus plastikoa	16
Sugarraren tenperaturak NO ekoizpenean duen eragina	17
Zementerak egiten duen ekarpena negutegi efektuan	22
Itsas mailak urtero 0,2 mm gora.....	26
Zenbat ur lurrintzen da urtero Lur planetan?	30
Auto baten depositoa gasolinez edo etanolez beteko bagenu.....	33
Erregai fosilen erretzeagatik zenbat CO ₂ bidaltzen dugu atmosferara urtero?	35
Irudiak	36
Badugu erregairik Euskal Herrian?.....	39
Biodieselak	42
Zentral termiko batek kanporaturiko gasen kantitateak. Adibidea.....	43
Atmosfera. Presioa altueraren arabera.....	46
Kontaminazioak osasunean duen eragina.....	49
Hainbat unitate eta konstante	50
Gizakiok kontsumitzen dugun energiak aldarazi ahal izango du Eguzkia eta Lurraren arteko balantzea?.....	54
Atmosferako oxigenoa ea murriztuko den bati baino gehiagori kexka ematen omen dio	55
Bibliografia	56

Negutegi-efektua. Datu megamakroskopikoak.

Zientzilariok, ulertzen ez den jokabide bat ulertu nahian ereduak plazaratzen ditugu, eta kimika ikasten gabiltzanok inork baino hobeto ezagutzen ditugu horien adibide batzuk: Born, Borh, Arrhenius, Darwin-ek proposaturiko eboluzioa, Plank-en teoria, masa/uhina dualitatea, zulo beltzen emisio kuantikoa, eta oraingo honetan landu nahi dugun eredu kimiko fisiko berria, negutegi efektuarena alegia.

Lur planetan aldaketa klimatiko batzuk gertatzen ari direla gaur egun inork ez du zientifikoki eztabaidatu nahi, erabateko frogak eta teoriak daudelako horretarako. Aldaketa hauek ze nolako ondorioak eragingo dituzte kalkulatzeko eta baita adosteko ahalegin handiak egiten ari dira Nazioen artean, beraz arazoa kezkarria omen da.

Kimiko fisikari bezala esan behar dut oso eredu zientifiko onak erabili ahal ditugula eremu mikroskopikoan zein makroskopikoan, baina Lur planetan gertatzen ari diren aldaketak irudikatu nahi ditugunean, datu megamakroskopikoak erabili beharrean aurkitzen gara eta datu megamakroskopikoek zailtasunak ematen dizkigute ohituta ez baikaude horiekin lan egiten.

Beraz, nire hitzaldiaren helburua hori izango da: kimika fisikaren laguntzarekin datu megamakroskopiko batzuk ezagutzera ematea eta horiek erabili *negutegi-efektua* deituriko berotzean zertan ari garen irudikatzeko. Ereduak besterik ez dira izango eta zuei aurkezten dizkizuet zuen ekarpenak entzuteko eta ereduak hobetzeko denon artean.

HAZKUNDE ESPONENTZIALAK

Ez nago hain ziur baldin egungo hitza globalizazioa dela esatean, denok gauza bera ulertzen dugun. “Distantziak laburbiltzen eta denbora azkartu” esaldiarekin irudikatu nahi izan didate niri globalizazioaren laburpena, esaldi aseptiko horrekin agian Lur planetan bizitzen ari garen biztanlegoaren %20a baino gutxiagoa soilik “globalizatuta” gaudela eta biztanlegoaren %80ak bizi-baldintzak guztiz mugatuak dituztela.

Dena dela, azken XX. mende horretan hazkunde batzuk linealak izan baino esponentzialak direla grafikoki eta estatistikoki irudikatu dira, besteak beste biztanlegoaren hazkundera, energia-kontsumo mundiala, edo plastikoen ekoizpena ... (*Papel del sindicato de educación en el mundo contemporáneo*).

Propietate baten hazkunde esponentzialak, lehen ordenako ekuazio zinetikoak bezalaxe, bere balioa bikoiztuko du denbora-tarte jakin eta mugatu batean, ondoan ikus daitekeenez:

$$X_t = X_0 e^{k \cdot t} \text{ baldin } X_t = X_0 \cdot 2 \Rightarrow t = \ln 2/k$$

Esate baterako, biztanleriaren urteko hazkundera %1,9 izan denez, populazioa bikoizteko $t = \ln 2/0,019 \text{ urte}^{-1} = 37$ urtekoa da. Honek esan nahi duena da biztanleria 2042urtean 13.000 milioi inguru izango dela. Eta hazkunde esponentzial hauek beste datuetan ere ikus daitezke (energiarena eta plastikoena aipatu)

NEGUTEGI-EFEKTUA

Lur planetak duen energiaren balantzea ezaguna da gaur egun; badakigu zenbat energia Eguzkiak emana iristen da planetaraino eta Lur planetak emititzen duena ere. Energiaren sarrera eta irteera hauek konpentsatuta ez baleude Lur planetaren tenperaturak aldatuko luke. Egon dira izoztaroak eta sasoi beroagoak baina aldaketa hauek naturalak izan dira. Gertatzen dena da aldaketa natural hauez gain antropogenikoki sortutako aldaketaz ere hitz egin behar dela eta hauetaz arituko naiz.

Eskerrak Lur planetak atmosfera duela! Lurrak ez balu atmosferarik izango, Eguzkiak emandako energia Lur zoruraino iritsiko litzateke eta tenperatura ehun gradu zentigradotik gora egongo litzateke, hots, ur guztia lurrinduta egongo litzateke, besteak beste. Baina Eguzkiak emandako energia atmosferako geruzak zeharkatzerakoan aldaketa batzuk gertatzen dira bere espektroan, zati bortitzena eta energetikoena zurgatuta edota isladatuta geratzen delako (ionosferan eta estratosferan batipat) eta argiaren eskualde ikuskorra lur zoruraino iristen da. Lor zoruraino iristen den energia honetan oinarrituta eta Stefan Boltzmann-en ekuazioa erabiliz Lur planetaren tenperatura -18°C izango litzateke, hots, ur guztia izoztuta egongo litzateke. Non dago ba erantzuna?

Esan dugunez, lurrak, planeta bero bezala, energia ere kanporatzen du izar batek egiten duen bezala; emisio energetiko honen ezaugarria uhin luzera handiko eskualdean, infragorrian alegia, kokatzen dugu; eta emisio hau espazioruntz bidalia eta galdu izana baino lehen atmosfera ere zeharkatu beharko du. Zeharkatze honetan atmosferan dauden gas batzuek (ez pentsa osagai nagusiak diren N_2 eta O_2 -etan, kantitate askoz txikiagotan daude beste osagaietan baizik) energia hau zurgatzen dute eta ohe estalkiek gure beroa mantentzen duten bezala atmosferak, lurraren tenperatura goxo-goxo mantenduko du, batez bestekoa 15°C delarik. Honi esaten zaio negutegi-efektua.

Sarri irakurri ahal izan dut karbonoaren kontzentrazio atmosferikoa gora doala eta horrek negutegi-efektuan eragina izango duela, datu eta kantitate batzuk aipatzen direlarik. Kalkulu horiek

edo tenperatura-aldaketen kuantifikazioa nola egin ahal duten, maiz iruditu zait ea erdi premonizioak ez ote diren, agian sekulan pentsatu ez dudalako kalkulu horiek era erraz batean nola burutu ahal diren.

Esate baterako, *Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC delakoak argitaraturiko *Climate Change 2001. The Scientific Basis*, ondokoa dio: **In other words, the radiative forcing corresponding to a doubling of the CO₂ concentration would be 4 Wm⁻². To counteract this imbalance, the temperatura of the surface-troposphere system would have to increase by 1,2 °C.**

Stefan-Boltzmann-en ekuazio ezaguna erabili ahal dugu kalkulatzeko gas baten kontzentrazio-aldaketa batek Lur planetako batez besteko tenperaturaren ze nolako eragina izango duen:

$$S = k \cdot T^4 \quad \text{eta ekuazio hau diferentziatuz}$$

$$dS = 4 k \cdot T^3 \cdot dT \quad \text{eta}$$

$$dS/S = 4kT^3 dT/kT^4 = 4 dT/T$$

Hau da, fluxu energetikoan dS/S aldaketa bat eragiten bada, aldaketa horrek tenperaturaren duen eragina lauokiztuko litzateke (gaineko efektu guztiak konstante mantenduz).

Beraz, Figueruelo-k definitzen duen *forzamiento radiativo* delako honetan (W.m⁻²), karbono dioxidoaren kontzentrazio atmosferikoa bikoizten bada, aldaketa honek izango duen eragina 4Wm⁻² da.

Troposfera-lurazaleraino iristen den fluxu energetikoa 235 Wm⁻² denez, ikusi IPCC-k argitaraturiko ondoko irudia, karbono dioxidoak sortarazten duen aldaketa ehunekotan adierazita zera izango litzateke:

$$dS/S = 4 \text{ Wm}^{-2} / 235 \text{ Wm}^{-2} = 1,70 \cdot 10^{-2}$$

eta honek tenperaturaren izango duen eragina da:

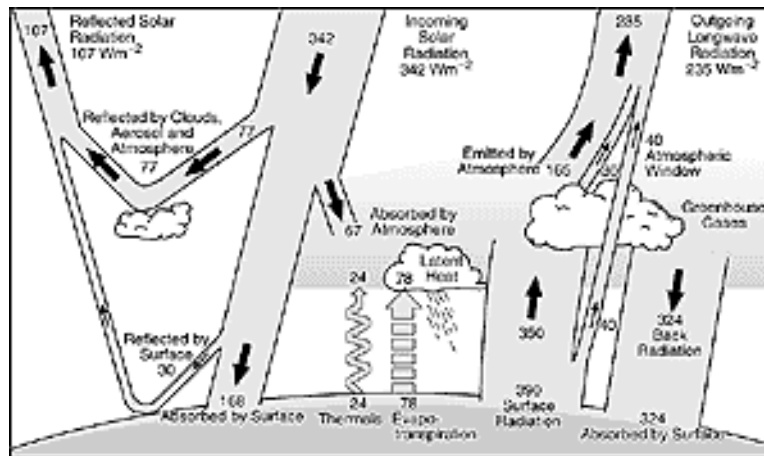
$$dT/T = 1,17 \cdot 10^{-2} / 4 = 0,00426$$

eta Lur planetako batez besteko tenperatura 288 K bada, :

$$dT = 0,00426 \times 288 \text{ K} = 1,22 \text{ K}$$

Hau da, Lur Planetako batez besteko tenperatura 1,22 gradutan berotuko da.

Antzeko kalkuluak egin genezake baldin negutegi-efektua sortarazten duten gaineko gasen *forzamiento radiatiboak* ezagunak balira, eta badira.



Eguzkia. Fluxu solarra. Temperatura

Lur planetaraino iristen den eguzkitiko energia $S_0 = 1340 \text{ w.m}^{-2}$ da, edo beste unitatetan adierazita $54,4 \times 10^{20} \text{ kJ.urte}^{-1}$. Bion arteko komuntadura egiaztatu nahi dugu ikasgelan.

Stefan Boltzmann-en ekuazioa erabiliz:

$$S = kT^4 \text{ non } k = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w.m}^{-2}\text{K}^{-4} \text{ den}$$

Temperatura beraz izango da:

$$(1340 \text{ w.m}^{-2} / 5,67 \cdot 10^{-8})^{1/4} = T = 392 \text{ K}$$

dela ondorioztatuko genuke, baina jakin badakigu Eguzkiak emititzen duen erradiazioa 6000 K-etan dagoen gorputz beltz batena dela, beraz non okertu gara?

Esan behar da Eguzkiak irradiatzen duen energia Lur planetaraino iristen duena baino askoz gehiago dela, hain zuzen ere Eguzkiak $1 \cdot 10^{31} \text{ kJ.urte}^{-1}$ irradiatzen baitu eta bidai luze horretan energia galtzen da ($150 \cdot 10^6 \text{ km}$ urrunduta dago lurra eguzkiarekiko).

Eguzkiak emandako energia watioetan adierazita zera da:

$$1,1 \times 10^{31} \text{ kJ.urte}^{-1} \times 10^3 \text{ J.kJ}^{-1} \times (1 \text{ urte} / 60 \times 60 \times 24 \times 365) \text{ s} = 3,49 \cdot 10^{26} \text{ Js}^{-1} = 3,49 \times 10^{26} \text{ w}$$

Eguzkiaren erradioa $R \approx 0,7 \times 10^6 \text{ km}$ dela irakurri dut beraz bere azalera $A = 4 \pi R^2$ da, hots, $6,15 \times 10^{18} \text{ m}^2$

Beraz Eguzkiak emititzen duen fluxua da:

$$S = \text{Energia} / \text{Azalera} = 3,49 \cdot 10^{26} \text{ w} / 6,15 \cdot 10^{18} \text{ m}^2 = 56,7 \cdot 10^6 \text{ w.m}^{-2}$$

Eta Stefan Boltzmann-en ekuazioa erabiliz:

$$T = (S/k)^{1/4} \approx 6000 \text{ K}$$

Lurrak eta Eguzkiak bere azaletik energia botatzen dutela suposatu dugu, hots esfera baten azalera $4 \cdot \pi R^2$; dena dela, Lurrak jasotzen duen energiaren fluxua kalkulatzekoan izpiei perpendikularki ipinitako diskoa dela kontuan hartu dugu, hots bere azalera πR^2 izan da.

Wein-en legearen arabera gorputz beltz batek irradiatzen duen uhin-luzera eta tenperatura erlazionatuta daude ondoko espresioaren bidez:

$$\lambda_{\text{maximoa}} (\text{nm}) = 2,9 \cdot 10^6 / T$$

beraz Lur planetaraino iristen den argiaren uhin-luzera maximoa 500nm-tan kokatuta dago.

Lurrak bere tenperatura konstante mantentzeko energia ere irradiatu behar du; bere fluxua izango da:

$$S = (1-a) S_0 / 4 = (1-0,3) 1340 / 4 = 240 \text{ w.m}^{-2} \quad \text{non } a, \text{ albedoa, \% } 30 \text{ den}$$

Beraz Lurraren tenperatura izango da:

$$T = (240 \text{ w.m}^{-2} / 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w.m}^{-4}\text{K}^{-4})^{1/4} = 255 \text{ K}$$

Horren arabera, Lurrak emititzen duen erradiazioaren maximoa λ_{maximoa} (nm) = $2,9 \cdot 10^6 / T$ denez, 10.000 nm-koa dela ondorioz daiteke. Eskualde honetan CO₂ eta H₂O-ek argi infragorria zurgatzen dute eta norabide guztietara berirradiatzen dute berriro. Honi deitzen diogu negutegi-efektua eta berari esker Lur planetaren batez besteko tenperatura 288 K-etan dago kokatuta.

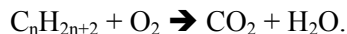
KONTSUMO ENERGETIKO MUNDIALA. NEGUTEGI EFEKTUA. ENERGIA BERRIZTAGARRIAK. BIODIESELAK

Iruñean aurkezten dudana ereduaren ondoko puntu hauek laburbildu nahi nituzke:

1- Kontsumo energetiko mundiala etengabe gora egiten ari da, urteko hazkunde-abiadura %2,8 kokatuta, gutxi gorabehera (ikusirik irudia). Datu zehatz eta hotz honen azpian gauza asko ezkututzen dira eta batzuk azalarazten saiatuko naiz hurrengo esaldietan

- Nazio garatuak eta ez-garatu edo garatzearen daudenak ez daukate kontsumo berbera (ikusirik irudia). Desberdintasunak hain handiak diren ezen lotsa ematen duten, eta hauek areagotzen ari dira gero eta gehiago.
- Kontsumo energetiko honetan erabiltzen den erregai ia bakarra, erregai fosilen erredukzioa da. Kalkulu batzuk burutzeko energiaren iturria %100 erregai fosilena dela suposatuko dugu.
- Ezin ahaztu Lur planetaren biztanleria esponentzialki gora egiten ari dela. Honek denbora jakin batean biztanleria bikoiztuko dela adierazi nahi du (ikusirik irudia).

2- Erreketa guzti hauen ondorio bezala karbono dioxidoa sortzen dela dakigu, ondoko erreakzioa adierazten denez:



- Atmosferan dagoen karbono dioxidoaren kantitatea gora doa etengabe eta egungo kontzentrazio atmosferikoa 369 ppmkoa dela esan dezakegu (ikusirik irudia).
- Ohiko atmosfera lehorra batipat N_2 (%78,1) O_2 (% 20,9) eta Ar (%0,93) gasez osatuta dago, eta hauek ez dute negutegi-efekturik eragiten. Ostera, proportzio askoz txikiagotan aurkitzen diren gas traza deitutakoak bai sortzen dutela.
- Karbono dioxidoa, negutegi efektua duten beste gasekin batera Lur planetaren beroketaren erantzuleak dira, karbono dioxidoaren eragina %76 delarik.(Ikusirik irudia)

3- Erregai fosil guztiek oxigenoarekin erretzerakoan ez dute karbono dioxido kantitate berdina askatzen, egon badaudelako garbiagoak eta zikinagoak. Egin kalkulu estekiometriko batzuk erregai desberdinekin.(Ikusirik irudia).

4- Lur planeta berotzen ari dela dudatik kanpo dago gaur egun. Ikusirik horretarako *Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001. The Scientific basis.* [<http://www.ipcc.ch>]. Ezin ahaztu Lur Planetako batez besteko tenperatura globalak gora egiten

duen heinean atmosferan dagoen H_2O kantitatea gero eta handiagoa izango dela honek dakarren ondorio guztiekin: euria eta ekaitzak gero eta ugariagoak eta bortitzagoak izango dira. Azken finean bapore-presio eta beporatze-entalpiaren kontua besterik ez da.

5- Energia lortzeko helburuarekin erregai fosilak oxigenoarekin erretzen direnean bai zentral termikoetan zein garraioen motorretan, sugarrak tenperatura altua lortzen du, guztiok dakigunez. Tenperatura baxuetan erreakzionatzen ez duten oxigenoak eta nitrogenoak, bere oreka-konstantea 10^{-30} ordenakoa delarik, tenperatura altuetan aldiz bai elkar erreakzionatzen dutela erreakzioaren produktu bezala nitrogeno monoxidoa ekoizten delarik, NO. Paradoxikoki NO hau ez da nitrogeno eta oxigenoan berriro deskonposatzen tenperatura jaistean, baizik eta astirotsuki nitrogeno dioxidora oxidatzen den, gas honen kolore gorrixka/erre delarik. Esandakoa Eguzkiak hirietan jotzen duenean txapela moduan ikus daitekeen smog fotokimikoaren hasiera da. (Ikusi. Irudia)

6- Zentral termikoetan energia elektrikoa eskuratzeko orduan, hau da, makina termikoetan, Carnot-en legea edo etekina bete behar da nahitaez, ez dago salbuespenik. Ohiko etekin termikoa %30 da, hau da 1000 kJ elektrizitatea lortzeko 3000 kJ erregai erre behar da. Ziklo konbinaturikoak deiturikoan zentral termikoetan etekin hauxe %60 izan daiteke; hau da, 3000kJ erregai erreko bagenu 2000kJ elektrizitatea eskura genezake. Beraz, elektrizitate-kantitate berbera lortu nahi denean ziklo konbinatutakoak hobeagoak dira (ikus irudia).

7- Erregai pilak deiturikoetan ez da errekuntza gauzatzen redox prozesua baizik, eta honek ez du Carnot-en mugaren menpekotasunik. Beraz, teorikoki energia kimikoa energia elektriko bihur daiteke etekina %100 delarik. Praktikan arazo teknologiko batzuk direla medio etekinak apurtxo bat baxuagoak dira. Erregai pila hauek era esperimentalean erabiltzen ari dira leku batzuetan eta gero eta garrantzi handiagoa du. Bertan gertatzen den erreakzioa oso ezaguna da, eta guztiz garbia gainera: $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ Segur aski datozen urteak hidrogenoaren ekonomian oinarrituta egongo dira. Dagoen arazo bakarra da hidrogenoa nondik lortu.

8- Energia berriztagarriei so egiten badiegu, Euskal Herrian eta zehazkiago Nafarroan denetarik eta oso aurreratuak ditugula esan behar dut: energia hidroelektrikoa, haizerrotak, energia fotovoltaikoa, biomasaren erreketak (zeinak ez du karbono dioxidoaren kantitate atmosferikoa handitzen, landareak berak hazteko behar izan duen karbono dioxidoa erretzerakoan itzultzen baitu) eta biodieselak. Iruñean dagoen hondakin-uren Arazuri araztegian, lohien hartzidura anaerobikoan metanoa nola ekoizten zen eta gero bere erreketak elektrizitatea lortzeko ikusiko dugu, Galindon egiten den

bezalaxe. Espazio eta denbora faltagatik banan-banan azaldu baino bakoitzari buruzko ideia nagusia borobiltzen saiatuko naiz, biodieselei tarte berezia eskainiko diet Bionor Transformación planta hori ikustera joateko asmoa bainean.

- Energia hidroelektrikoaren oinarria simple eta erraza, urak duen energia potentziala (horretarako presak eraiki behar?) jaustean energia zinetiko bihurtzen delarik eta turbina egoki baten bidez elektrizitatea eskuratzen da. Garbia, ez du kutsatzen, eta tokiz tokiko erabili beharko genuke.
- Energia fotovoltaikoa adierazten denean efektu fotoelektrikoan oinarritutako semikonduktorez osaturiko plaka solarrei buruz ari gara gehienetan. Silizio semikonduktore bat da, hau da argi barik ez du korrante elektrikorik garraiatzen, ostera argiak silizio jotzen duenean konduktore elektriko on bat bihurtzen da. Ikusi zer gertatzen den nire txanoarekin eta EHN-k Tuteran jarritako planta. (Ikusi Irudia)
- Biomazaren erreketak kontrolatua azken finean zentral termiko bat besterik ez da, erregaia fosila izan baino lastoa delarik. Asmoa izan nuen EHN-k Sanguesan duen zentralera zuekin joatea baina San Fermin ostean Nafarroan ez da garai onena. (Ikusi X.irudia). (Bide batez, lasto honen berezko hartxiduran metano asko ekoizten denez, hori ekiditean atmosfera garbitzen da ere)
- Haizerrotak, aitzineko Suitza erlojuen barruko makinaria perfektu bezalakoak dira, eztabaidagarria beraien kokapenak sortzen duen inpaktua delarik. Haizeak daraman abiadura erabiltzen da errotari bira egiteko eta bira hauek turbina egokian elektrizitatea sortzen dute (ikusi. irudia). Gaur egun parke eolikoak baino zentral eolikoak ditugu. Nahi izanez gero Iruñea aldean dagoen batera joan gaitezke eta bertan zertan doaz azaltzeko prest naukazue. Bide batez, konturatu al zarete haizea bortitza ala geldoa jo arren aspa bat bira osoa egiteko bi segundo besterik ez duela behar? Hori beti? Zergatik?

9- Biodieselak. *La Brigada de la Fritanga*

Ez da pelikula baten titulua, errealitatea baizik (ikusi egunkariaren berria), eta hauxe sakontasun xume batekin jorratuko dut. Olio naturalak, izatez, lipidoen multzo kimikoan kokatu ahal ditugu, eta zehazkiago esanda glizerinaren esterrak dira, azido koipetsuen eta glizerinaren arteko esterifikazioaren ondorioa. Behin eta berriro erabilitako olio hauekin zer egin? Fregaderatik bota eta txorrota zabaldu?

Olio hauek baina, erabili eta gero biltzen eta garbitzen baditugu, metanolarekin erreazionarazten baditugu lortzen den produktuak, azido koipetsuen ester metilikoak, edozein dieselak dituen propietateak baino are hobeagoak ditu, eta honi deitzen diot biodiesela. Honi buruzko informazioa Elhuyar aldizkariaren 184. alean aurki daiteke. Ikusi XIII. irudia: olioien, metil esterren eta dieselaren arteko propietateen konparaketa.

Negutegi-efektua. Eredua jolasteko

Ondoko eredua Barker eta Ross-ek 1999an proposatutakoa da, eta sinpleenetarikoa da. Eredua dela azpimarratu nahi dugu, hots, errealitatea ulertzeko proposatzen den teoria. Honetan, Lur planeta bi geruzez osatutako sistema bat dela kontsideratzen da; atmosfera (barneko estratorik gabe, hots dena bat) eta luraren gainazala, eta bion artean eta kanpoko espazioarekin erradiazioaren fluxuak gertatzen dira, ondoan ikus daitekeenez. Eredu zehatzagoetan atmosfera geruzetan banatuta egongo litzateke.

	Q ↓	$(1-\gamma)F_s$ ↑	$(1-f_d)F_a$ ↑
Atmosfera:	$\beta(1-\alpha_a)Q$	$+ C_q$	γF_s
	↓	↑	↑
Gainazala:	$(1-\beta)(1-\alpha_a)(1-\alpha_s)Q$	$- C_q$	$-F_s$
			↓

Balantze energetikoak:

- 1- Bi geruzetako sistema honetan, uhin luzera motzako eguzkitiko energia Q sistemara iristen da eta atmosferak α_a frakzioa isladatzen du, β frakzioa zurgatzen du eta gainekoa gainazalara doa zeinak, dakigunez, α_s frakzioa isladatzen du eta gaineko guztia zurgatzen duen.
- 2- Gainazalak, T_s gorputz beltza bezala infragorrian emititzen du Stephan-Boltzmann-en ekuazioaren arabera ($F_s = \sigma T_s^4$). Uhin luzerako erradiazio honen zati bat, γ frakzioa, atmosferak zurgatzen du eta gainekoa espazioruntz doa.
- 3- Atmosferak zurgaturiko energiarekin bera berotuko da eta, halaber, gorputz beltz bezala irradiatuko du. Atmosferak Stephan-Boltzmann-en arabera emititzen duen fluxua da: $F_a = 2 \sigma T_a^4$ T_a atmosferako tenperatura delarik eta 2 faktorea emisioa gora eta behera zuzenduta baitago.
- 4- Azkenez, lur gainazaletik atmosferara beroa eta ur baporea garraiatzen da konbekzio bortitza dela eta. Fluxu energetiko hau C_q bezalaxe adierazita dago.

Bi geruzen arteko energia-trukaketaren abiadura, goiko eskeman oinarriturik, ondoko ekuazio diferentzialen bidez adieraziko da:

$$\text{Atmosfera: } \frac{dE_a}{dt} = \beta(1-\alpha_a)Q + C_q + \gamma \sigma T_s^4 - 2(1-f_d) \sigma T_a^4$$

$$\text{Gainazalean: } \frac{dE_s}{dt} = (1-\beta)(1-\alpha_a)(1-\alpha_s)Q - C_q - \sigma T_s^4 + 2 f_d \sigma T_a^4$$

non, f_d honek, atmosferak gainazalaruntz beremititzen duen energiaren frakzioa adierazten duen.

Baldin erradiazioari begira orekan bagaude (bi energien fluxuak berdinak) ekuazio biak berdintzen dira eta parametro egokien bidez ekuazio bat lor daiteke, zeinak T_s eta f_{CO_2} erlazionatzen ditu. Hots, etorkizuneko f_{CO_2} honen arabera T_s kalkulatu ahal da. Goazen hau jorratzera:

- Atmosferaren kanpo aldeko eguzkitiko erradiazioaren balioa Q da, $\frac{1372}{4} = 343 \text{ Wm}^{-2}$
- Atmosferak zurgatzen duen Q honen frakzioa β da eta bere balioa $\beta = \frac{75,5}{343} = 0,22$.
- Atmosferak isladatzen duen eguzkitiko erradiazioaren frakzioa α_a atmosferaren albedoa da, eta ondoko menpekotasuna du: hodeien estaldurarekiko, f_c , hodeien albedoarekiko, α_c , eta hodei gabeko airearen albedoarekiko α_{a0} . Baldin $f_c = 0,62$ bada, eta $\alpha_c = 0,40$ eta $\alpha_{a0} = 0,05$ badira, zera dugu:

$$\alpha_a = f_c \alpha_c + (1-f_c) \alpha_{a0} = 0,62 \times 0,40 + (1-0,62) 0,005 = 0,267$$

- Gainazalaren albedoa α_s da, eta honetan izozt/elur α_i albedoa zein zoru arruntaren albedoa α_T sartuta daude, ondoko eran.

$$\alpha_s = \alpha_i + (\alpha_T - \alpha_i) \frac{1}{2} [1 - \tanh\{-\left(\frac{250 - T_s}{20}\right)\}] \text{ non, } \alpha_i = 0,70 \text{ eta } \alpha_T = 0,10$$

- Gainazalaren eta atmosferaren arteko fluxu konbektiboa C_q ondoko ekuazioaren bidez adieraz daiteke:

$$C_q = C_{q0} \left(\frac{T_s}{T_{s0}}\right)^t$$

non, $T_{s0} = 288 \text{ K}$ da, hots, gainazalaren erreferentziako tenperatura, C_{q0} fluxu konbektiboa ($99,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) eta t doiketarako parametroa ohiko balioa $t = 1$, diren.

- Lurraren gainazaletik atmosferara doan uhin luzera handiko erradiazioaren frakzio bat, γ alegia, atmosferak zurgatzen du (atmosferako gasek sorturiko negutegi-efektua). Aire garbian (hodei gabe) eta infragorrian kokatuta zurgapen hauxe Lambert-Beer legearekin kalkula genezakeen, baina ez dago horretarako teknika egokirik. Horregatik jostailu eredu honetan ondoko ekuazio enpirikoa erabiltzen da :

$$\gamma \cong \{1 - \exp[0,082 - (2,38 p_{H_2O} H_{H_2O} H_r + 40,3 f_{CO_2})^{0,294}]\}$$

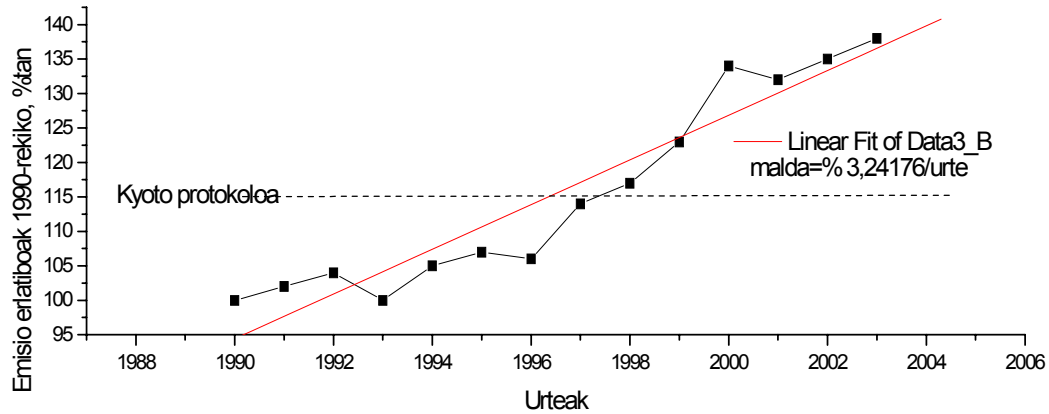
non, CO_2 eta H_2O -en kontzentrazioak aldakorrak dira estratosferan dagoen O_3 fixua mantenduz. Expresio horretan f_{CO_2} kontzentrazioa adierazten du, esate baterako $f_{CO_2} = 3,7 \times 10^{-4}$ da 370 ppm), H_r airearen hezetasun erlatiboa, p_{H_2O} uraren bapore-presioa bar-etan adierazita. Clausius Clapeyron-en ekuazioak, bapore-presioa ematen digu T_s horren arabera :

$$p_{H_2O} \approx 1,76 \cdot 10^6 \exp\left(-\frac{5318}{T_s}\right) \text{ bar} \cdot H_{H_2O} \text{ ur baporearen altuera-eskala da km}$$

adierazita. Suposatu ahal dugu ezen $H_r = 0,80$ eta $H_{H_2O} = 2 \text{ km}$ direla.

- Atmosferak irradiatzen duen uhin luzera handiko energiaren frakzio bat f_d gainazalaraino iristen da. Bera balioa 0,50 dela suposa genezakeen baina atmosfera hori baino konplexuagoa da eta estimaturiko balioa $f_d = 0,69$ da.

Aipaturiko parametro guzti hauek goiko ekuazioetan ordezkatzeko direnean eta orekan gaudela suposatuz fluxu biak berdinduko dira, beraz $T_s = F(f_{CO_2})$ lor daiteke.



Goiko irudian Espainian 1990-2003 denbora tartean negutegi-efektua sortzen duten gasen emisioen eboluzioa irudikatu egin da. Bere hazkundera %3,4 urtero dela esan aditeke, Kyoto protokototik urruntzen gaituena alegia

PLASTIKOEK BETETZEN DUTEN BOLUMENA.

Dakigunez, $200 \cdot 10^6$ Tn plastiko ekoizten da urtero eta hauek ez dira biodegradagarriak, beraz, metatzen dira. Hondakin solidoen osaketa aztertzen denean, bolumen gehien betetzen dutenak plastikoak dira. Kantitate handi guzti hauek barneratzeko erraztasunik ez daukagunez, bestelako konparaketa batzuk egiten dira, erlatiboak.

Demagun, urte batean ekoizten den plastiko (sintetiko) guztiak 1m-ko luzera duen kuboetan metatzen ditugula eta kubo hauek bat bestearen ondoan kokatzen ditugula. Ze luzera izango luke segida honek?

Plastikoak arinez direnez (batzuk uretan flotagarriak diren bitartean, beste batzuk hondoratzen dira) bere batezbesteko dentsitatea uraren antzekoa dela suposa dezakegu, hots:

$$\rho_{\text{plastiko}} = 1 \text{ g.cm}^{-3} = 1 \text{ kg.L}^{-1} = 1 \text{ Tn.m}^{-3}$$

Beraz, plastiko tonelada bat metatu ahal da m^3 batean; 200 milioi tonelada dugunez eta metro kuboko bolumenean 1Tn sartzen denez 200 milioi kubo izango genituzke, bakoitzaren luzera 1 m delarik, beraz

$$\frac{200 \cdot 10^6 \text{ m}}{1000 \text{ m / km}} = 200 \cdot 10^3 \text{ km berrehun mila kilometroko ilara izango genuke.}$$

Lurraren erradioa, ggb, 6500 km denez bere perimetroa $2 \cdot \pi \cdot 6500 \text{ km}$ da, hots $4,1 \cdot 10^4 \text{ km}$

$$\frac{20 \cdot 10^4 \text{ km}}{4,1 \cdot 10^4 \text{ km}} \approx 5 \text{ hots,}$$

lurrari bost buelta emango genioke, baldin urte batean ekoizturiko plastiko guztiak kuboetan metatuko begenitu eta bat bestearen ondoan jarriko bagenu.

PAPERA VERSUS PLASTIKOA

Papera biodegradagarria eta birziklagarria den bitartez, plastikoa birziklagarria da baina ez da biodegradagarririk; are gehiago birziklapen-maila oso testimoniala da. Bi material hauek ekoizteko ingurugiroan sortzen den eragina aztertu behar da, gauzak bere lekuan kokatzeko.

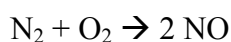
Ondoko taulan papera (paperez egindako taza bat) eta plastikoa (poliestirenoaren espumez egindako taza bat) ekoizteko energiaren gastua, urarena eta emisioak konparatzen dira

<u>Item</u>	<u>Paperezko taza</u>	<u>plastikozko taza</u>
Tazako		
<i>Lehengaiak</i>		
Egurra eta azala	25-27 g	0 g
Petrolioaren frakzioa	1,5-2,9 g	3,4g
Beste gai kimikorik	1,1-1,7 g	0,07-0,12 g
<i>Tazaren pisua</i>	10,1 g	1,5 g
Tona metrikoko		
<i>Beharrian energetikoak</i>		
Lurrina H ₂ O	9000-12000 kg	5500-7000 kg
Energia	980 kWh	260-300 kWh
Errefrigerazioa H ₂ O	50 m ³	130-140 m ³
<i>Hondakin H₂O</i>		
Bolumena	50-190 m ³	1-4 m ³
Esegidurako solidoak	4-16 kg	0,4-0,6 kg
DBO	2-20 kg	0,2 kg
Organokloratuak	2-4 kg	0 kg
Gatz metalikoak	40-80 kg	10-20 kg
<i>Isuri atmosferikoak</i>		
Kloro	0,2 kg	0 kg
ClO ₂	0,2 kg	0 kg
Sulfuro erreduzituak	1-2 kg	0 kg
Partikulak	2-3 kg	0,3-0,5 kg
CFC	0 kg	0 kg
Pentanoa	0 kg	35-40 kg
SO ₂	10 kg	3-4 kg
Biodegradagarria	bai	ez
Birziklagarria	bai	bai
<i>Bero-errekuperaketa</i>	20 MJ/kg	40 MJ/kg

Plastikoa papera baino sei aldiz arinagoa da, eta erresistenteagoa urarekin bustitzen ez delako. Zientzilari batzuek goiko taulan oinarrituta esaten dute plastikoak paperak baino koste ekologiko gutxiagoa duela, baina seguraski ez dugu zelulosa ekoizteko fotosintesiak egiten duen garbiketa aztertu, edo ez gara konturatu papera guztiz berriztagarria dela, ostera plastikoa eskuratzeko erregai fosilak erabili behar direla eta abar.

Sugarraren tenperaturak NO ekoizpenean duen eragina

Harrigarria iruditu zait zementera batek eta Zabalgarbik botatako NO_x kantitateari buruzko kalkuluak egiteko ze zailtasunik dauden. Baina burura datorkit NO_x ekoizpen honek sugarraren tenperaturarekiko menpekotasuna duela, hots, ez dela berdin 1000 edo 800 kelvinetan. Pentsatu nahi dut zementerek lortzen duten tenperatura errauskailuarena baino altuagoa izango dela arrazoi desberdinak direla medio: zarama bustita dago, CaCO₃ deskonposaketa termikoa lortzeko 1000 k inguru lortu behar dira....; beraz, printzipioz zementerek NO gehiago bota behar zuket. Goazen berrehun graduko tenperatura-diferentziak horretan ze suposatzen duen aztertzeraz.



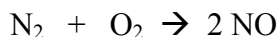
$$\Delta H^\circ = 180,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\text{-koa (N}_2 \text{ edo O}_2)$$

$$\Delta G^\circ = 173 \text{ kJ}$$

Termodinamikak esaten duenez, Gibbs-en energia-aldaketak oreka-konstantea mugatzen du ondoko erlazioa betetzen baita.

$$\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln K$$

eta N₂ eta O₂ artekoa ΔG° 173 kJ bada 298 K-etan, oreka konstantea $\approx 4,0 \cdot 10^{-31}$



Mol-kopurua t = 0	0,8	0,2	0
t = t	0,8-x	0,2-x	2x

$$K = 4 \cdot 10^{-31} = 4x^2 / (0,8-x)(0,2-x)$$

eta x hau 0,8 eta 0,2 aldean oso txikitsua dela onartuta, beraz arbuigarria, zera dugu:

$$x = \sqrt{1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,8 \cdot 0,2} = 1,26 \cdot 10^{-16} \text{ atm} \text{ hau da } \approx 1 \cdot 10^{-10} \text{ ppm.}$$

Are gehiago, ohiko atmosferan dagoen nitrogeno monoxidoaren kontzentrazioa ($\approx 10^{-4}$ ppm-koa) goiko oreka kimikoak aurrezaten duena baino altuagoa da.

Eta suposatuz entalpia zein entropia aldaketek ez dutela tenperaturarekiko menpekotasunik

$$\Delta S_{298K}^0 \approx \Delta S_{1000K}^0$$

$$\Delta H_{298K}^0 \approx \Delta H_{1000K}^0$$

Non $\Delta H_{298K}^0 = 180,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ den, eta entropia-aldaketa ondokoa den:

$$\Delta S_{298K}^0 \approx \Delta S_{1000K}^0 = 2S^\circ \text{NO}(g) - S^\circ \text{O}_2(g) - S^\circ \text{N}_2(g) = 2 \times 210,65 - 205,03 - 191,50 = 24,77 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta G_{1000K}^0 = 180,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 1000 \text{ K} \times 24,77 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 155,23 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\ln K_{1000K} = -155,23 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / (8,3 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 1000 \text{ K}) = -18,70$$

$$K_{1000K} = 7,56 \cdot 10^{-9} = 4x^2 / [(0,8-x)(0,2-x)]$$

$$x \ll 0,8 \text{ eta } 0,2 \text{ berriz}$$

$$x = 1,74 \cdot 10^{-5} \text{ atm}$$

$$\Delta G_{800K}^0 = 180,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 800 \text{ K} \times 24,77 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 160,68 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\ln K_{800K} = -160,68 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / (8,3 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 800 \text{ K}) = -24,20$$

$$K_{800K} = 3,09 \cdot 10^{-11} = 4x^2 / [(0,8-x)(0,2-x)]$$

$$x \ll 0,8 \text{ eta } 0,2 \text{ berriz}$$

$$x = 1,11 \times 10^{-6} \text{ atm}$$

Beraz, berrehun graduko temperatura diferentzia honek, ekoizturiko NO-ren kantitatea hamar aldiz haunditu egin du. Horregatik esaten dugu sugarraren tenperaturak oso eragin zuzena duela kontaminazioan, eta sarri sugarren tenperaturak saiatzeko ari gara jeisten.

Temperatura diferentzia hau 800 eta 600 kelvinen artean egiten badugu zera da:

$$\Delta G_{600K}^0 = 180,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 600 \text{ K} \times 24,77 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 165,64 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\ln K_{600K} = -165,64 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} / (8,3 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 600 \text{ K}) = -33,26$$

$$K_{600K} = 3,59 \cdot 10^{-15} = 4x^2 / [(0,8-x)(0,2-x)]$$

$$x \ll 0,8 \text{ eta } 0,2 \text{ berriz}$$

$$x = 1,20 \times 10^{-8} \text{ atm}$$

Ikusten dugunez, kasu honetan temperatura-aldaketa bera izanik, 200 gradukoa, NO emisioak ehun aldiz handitu dira eta azken tenperatura hauxe baldintza esdandardekin konparatuta, temperatura-aldaketa 300 gradukoa izanez, oreka kimikoa 10^8 faktorean (ehun milioi) desplazatu egin da NO ekoizpenaruntz.

Matematikoki hola izango da:

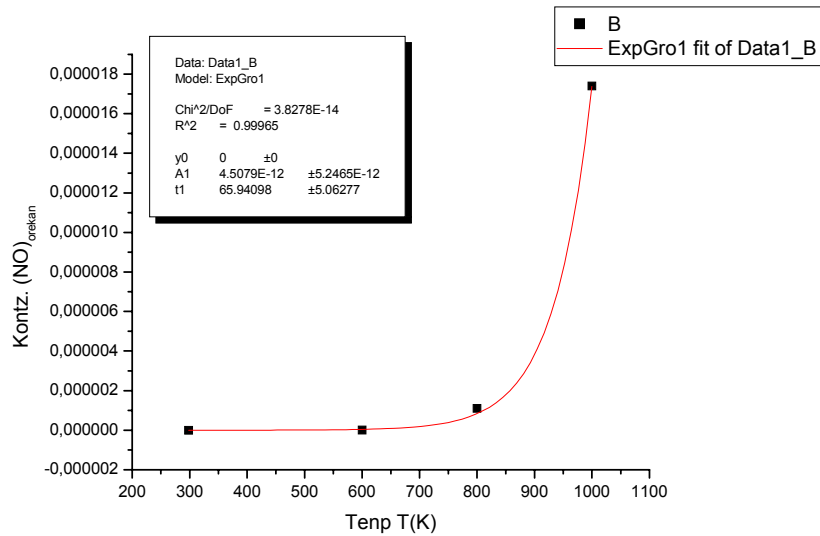
$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T \Delta S^{\circ} = -R \cdot T \cdot \ln K \Rightarrow \ln K = -\frac{\Delta H^{\circ}}{R \cdot T} + \frac{\Delta S^{\circ}}{R}$$

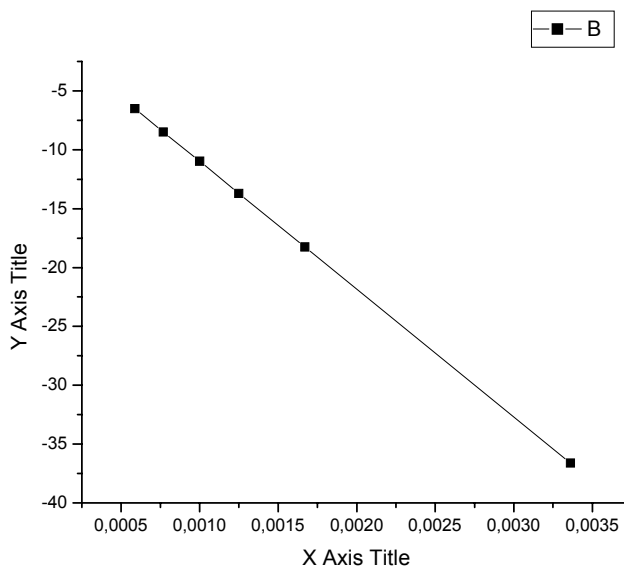
$$\ln \frac{4 \cdot x^2}{0,8x0,2} = \ln 25 \cdot x^2 = \ln 25 + 2 \ln x$$

$$\ln x = \left(\frac{\frac{\Delta S^{\circ}}{R} - \ln 25}{2} \right) - \frac{\Delta H^{\circ}}{2 \cdot R \cdot T} \text{ eta balioak ordezkatzuz:}$$

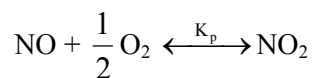
$$\ln x = -0,117 - \frac{1,09 \times 10^4}{T}$$

T / K	$\Delta G^{\circ} / \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	K	(NO) _{orekan}	Ln(NO)	1/T
298	173,0	$4,0 \cdot 10^{-31}$	$1,26 \cdot 10^{-16}$	-36.61	$3,36 \cdot 10^{-3}$
600	165,6	$3,6 \cdot 10^{-15}$	$1,20 \cdot 10^{-8}$	-18.24	$1,67 \cdot 10^{-3}$
800	160,7	$3,1 \cdot 10^{-11}$	$1,11 \cdot 10^{-6}$	-13.71	$1,25 \cdot 10^{-3}$
1000	155,2	$7,56 \cdot 10^{-9}$	$1,74 \cdot 10^{-5}$	-10.96	$1,0 \cdot 10^{-3}$
1300	148,3	$1,08 \cdot 10^{-6}$	$2,08 \cdot 10^{-4}$	-8,48	$7,69 \cdot 10^{-4}$
1700	138,4	$5,55 \cdot 10^{-5}$	$1,49 \cdot 10^{-3}$	-6,51	$5,88 \cdot 10^{-4}$





Ondoko erreakzioaren K_p balioak (oreka konstantearena) taulan ikus daitezke:



T (K)	K_p
300	$1,0 \cdot 10^6$
500	$1,2 \cdot 10^2$
1000	$1,1 \cdot 10^{-1}$
1500	$1,1 \cdot 10^{-2}$
2500	$3,5 \cdot 10^{-3}$

Ikusten denez tenperaturak gora egiten duenenan K_p balioak baxuagoak izango dira, hots, NO_2 ekoizpena tenperatura baxuetan faboretzuta dago, nahiz zinetikoki orduan geldoak izan. Eta tenperatura altuetan (2000 kelvin inguruan) baldin NO_2 badago hau disoziatuko da NO eta O_2 emanaz.

Esan dugunez, NO deskonposaketa N_2 eta O_2 emateko oso geldoa da zinetikoki, hain zuzen ere erreakzio honen aktibazio energia $\approx 375 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ baita. Honek esan nahi duena zera da: gas fasean gerta daitezkeen talka guztietatik aktibazio-energiaren langa gainditzen diren bakar hoiek

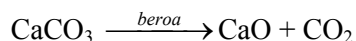
eraginkorrak izango direla, hots, $e^{-\frac{E_a}{RT}} = 1.10^{-66}$ hau da 10^{66} talketatik bakar batek eraginkorra izango duela.

Nitrogeno monoxidoaren agerpena arazo zinetikoa da; tenperatura altuak behar dira erreakzioa eskumaruntz desplazatzeko eta baita ere zinetika arintzeko. Beraz, NO kontzentrazioa mugatu nahi denean:

- Sugarraren ondoan denbora ahalik eta txikiena
- Tenperatura baxuagoak lortu erreketara bi fasetan egiten dugulako
- Kanporaturiko NO eliminatu: $\text{NH}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Zementerak egiten duen ekarpena negutegi efektuan.

Kaltzio karbonatoaren deskonposaketa termikoa aztertzen dugunean ondorio oker batera iritsi ahal izango ginateke deskonposaketa hau termodinamikaren bidez aztertzerakoan. Deskonposaketa termiko honen erreakzioa oso ezaguna da :



Hain zuzen ere kaltzitatik karea lortzen da zementeretan eta ekoizten den CO_2 atmosferara botatzen da beste barik. Dakigunez atmosferan dagoen karbono dioxidoaren kontzentrazioa gora joaten ari da urtero gorakada honen iturri nagusiak erregai fosilen erreketara eta basoen mozketa direla medio, baina batzuetan zementerek bidalitako CO_2 -ren kantitatea aipatu beharko da zenbat CO_2 ekoizten den adierazteko.

Goiko erreakzioa sistema isolatu batean gertatuko balitz, erreakzio isolatu horretan gertatzen den entropia aldaketa kalkula liteke bigarren printzipioak esaten duena gogoratu: sistema isolatu batean gertatzen erreakzio kimikoa berez gerta daiteke baldin entropia handitzen bada.

$$\Delta S_{\text{erreakzio}}^{\circ} = S^{\circ} \text{CaO}(s) + S^{\circ} \text{CO}_2(g) - S^{\circ} \text{CaCO}_3(s) = 39,75 + 213,64 - 92,88 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1} = 160,5 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Balioa ikusita logikotzat jo dezakegu, hain zuzen ere egitura solido eta ordenatu batetik bi egitura desberdin sortzen baitira eta hauetariko bat gas delarik, hots sistema asko desordenatzen da. Erreakzioa berez gerta daitekeela aurreratu digu termodinamikak baina gure logikak esaten digu harria ez dela berez deskonposatzen ez badugu berari bero asko ematen behintzat.

Kaltzio karbonatoaren deskonposaketa gure inguruan edo naturan ez da sistema isolatu batean gauzatzen, sistema bera irekia baita. Naturan gertatzen diren prozesu gehienetan tenperatura eta presioa konstantea mantentzen direla suposatzen ahal dugu eta horretarako berezkotasun irizpidea Gibbs-en energia-aldaketak ematen digu ohiko eran: erreakzio kimiko batean gertatzen den Gibbs-en energia-aldaketa, baldintza estandarretan adibidez, negatiboa bada erreakzio hori berez gerta daiteke. Gure deskonposaketari aplikatuta:

$$\Delta G_{\text{erreakzio}}^{\circ} = \Delta G_f^{\circ} \text{CaO}(s) + \Delta G_f^{\circ} \text{CO}_2(g) - \Delta G_f^{\circ} \text{CaCO}_3(s) = -604,04 + (-386,02) - (-1128,84) = 138,78 \text{ kJmol}^{-1}$$

Gibbs-en energia aldaketa positibo honek adierazi nahi duena zera da, baldintza estandarretan ipinita, tenperatura 25°C eta $P = 1\text{atm}$, kaltzio karbonatoaren deskonposizioaren

bidez ez da CO_2 egoera estandarrean lortuko, hots, bere presio partziala ez da 1 atm-koa izango.

Goazen $\Delta G^0_{\text{erreakzioa}}$ eta oreka konstantea elkartzera ohiko adierazpena erabiliz:

$$\Delta G^0_{\text{erreakzioa}} = -R.T \ln K \quad \text{eta ondorioz } \ln K = -\frac{138,78 \text{ kJmol}^{-1}}{8,310^{-3} \text{ kJmol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = -56,11$$

$$\text{eta } K = 4,28 \cdot 10^{-25}$$

Goiko erreakzio kimikoaren oreka konstantea oso txikia da, beraz erreaktiboa ez da produktuetan bihurtuko. Oreka konstantea garatuz:

$$K = \frac{P_{\text{CO}_2} [\text{CaO}(s)]}{[\text{CaCO}_3(s)]} = P_{\text{CO}_2}$$

hain zuzen ere solidoen kontzentrazioa (edo aktibitatea) bere baitan unitatetzat onartzen baitugu, hau da $[\text{CaO}]$ eta $[\text{CaCO}_3] = 1$ baitira. Orekan egon daitekeen karbono dioxidoaren presio partziala $P_{\text{CO}_2} = 4,28 \cdot 10^{-25}$ atm izango da, ia molekula bakar batek egiten duen presioa beste delarik; hots, ez da CO_2 sortzen 25 °C-tan.

Gainera gaur egun atmosferan dugun karbono dioxidoaren kontzentrazioa oso ezaguna da, ia 400 ppm, hau da, milioi bat molekuletatik 400 molekula CO_2 -arenak dira; bere frakzio molarrean adierazita zera da $x_{\text{CO}_2} = 4 \cdot 10^{-4}$. Presio partziala presio totala bider frakzio molarra denez, egun CO_2 -k egiten duen presio partziala atmosferan da:

$$P_{\text{CO}_2} \text{ atmosferan} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ atm} \gg \gg 4,28 \cdot 10^{-25}$$

Emaitza hau ikusita zera esan dezakegu: Egun atmosferan dugun karbono dioxidoaren presio partziala orekak ahalbidetzen duena baino askoz handiagoa denez, berez gertatu ahal den erreakzio bakarra da kaltzio karbonatoa sortzeko CO_2 eta kaltzio oxidoa erreakzionatzea, hots, kontrako erreakzioa. Deskonposaketa ezinezko baita 25 °C-tan.

Eta zergatik CaCO_3 -ren deskonposaketa gertatzen da zementeretan?

Dakigunez, erreakzio kimiko baten Gibbs-en energia aldaketa berez gertatzeko negatiboa izan behar du. Gibbs-en energia-aldaketa hau entalpia eta entropiaren arteko konponketa bat da tenperaturak ere eragina duelarik, ondoko adierazpena gogoratzen digunez.

$$\Delta G^0_{\text{erreakzioa}} = \Delta H^0_{\text{erreakzioa}} - T \Delta S^0_{\text{erreakzioa}}$$

$$\text{eta berez gertatzeko } \Delta G^0_{\text{erreakzioa}} < 0 \quad \text{eta} \quad \Delta H^0_{\text{erreakzioa}} - T \Delta S^0_{\text{erreakzioa}} < 0$$

desberdintasunari zeinua aldatuz eta tenperatura banatuz: $T \Delta S^0_{\text{erreakzioa}} - \Delta H^0_{\text{erreakzioa}} > 0$

$$\text{Tenperatura } T > \frac{\Delta H^0}{\Delta S^0} = \frac{178,3 \cdot 10^3 \text{ Jmol}^{-1}}{160,6 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 1110 \text{ K} \approx 800 \text{ }^\circ\text{C}$$

Hau da, kaltzio karbonatoa zortzirehun gradu zentigradotik gora berotuko bagenu, zementeretan egiten dena, bere deskonposaketa berez gerta litzateke. Goiko kalkulu hauek burutu ahal izateko suposaketa bat onartu da inplizitoki, entalpia-aldaketa eta entropia-aldaketa ez direla tenperaturarekin aldatzen, hots:

$$\Delta H_{\text{erreakzioa}}^0 (298 \text{ K}) = \Delta H_{\text{erreakzioa}}^0 (1110 \text{ K}) \quad \text{eta} \quad \Delta S_{\text{erreakzioa}}^0 (298 \text{ K}) = \Delta S_{\text{erreakzioa}}^0 (1110 \text{ K})$$

hurbilketa hau onargarria delarik kasu gehienetan. Hurbilketa hau egin gabe agian tenperatura gradu zentrigrado batean edo bitan alda zitekeen.

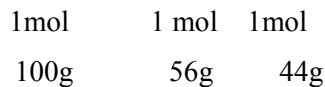
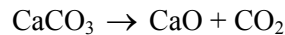
Zementerak eta CO₂

Ikasleek esandakoaren arabera:

- 1-) 1000 kg zementu $\approx 900.000 \text{ kcal} \approx 100 \text{ kg}$ ikatz
- 2-) 1560 kg gordin $\approx 1000 \text{ kg}$ clinker
- 3-) Botatako CO₂-ren %40a zementerek botata dela.
- 4-) Produkzio mundiala $1400 \cdot 10^6 \text{ Tn/urte}$

Nire ustez gordina CaCO₃ da eta clincker (edo zementoa) CaO.

Estekiometrikoki:

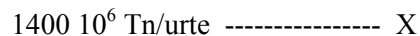
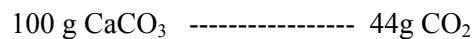


Hots, 100g CaCO₃ ----- 56 g CaO

X ----- 100g zementu (clinker)

Beraz, X = 178,6 g CaCO₃ behar dira 100 g CaO edo zementoa ekoizteko, hau da, ikasleek esandakoarekin bat egiten du

Beste aldetik, kaltzio karbonatoa deskonposatzen denean CO₂ askatuko da hots:



$$X = 616 \cdot 10^6 \text{ Tn CO}_2/\text{urte}$$

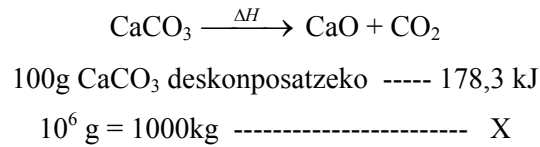
Erregaiari buruz



$$\begin{array}{l}
 1 \text{ g coal} \text{ ----- } 93,3 \text{ kJ} \\
 10^5 \text{ g} \text{ ----- } X
 \end{array}$$

$$X = 93,3 \cdot 10^5 \text{ kJ} = 9,3 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ kcal}$$

nire datuen arabera 100 kg ikatz 900.000 kcal sortu baino $2,2 \cdot 10^6$ kcal sortzen dute, beraz hiru aldiz gehiago. (Potentzia kalorifikoa aztergaia da). Kaltzio karbonatoak duen disoziazioaren entalpia-aldaketa ezaguna da:



$$X = 178,3 \cdot 10^4 \text{ kJ} = 426.000 \text{ kcal.}$$

Ikasleek esandakoaren arabera, 900.000 kcal behar ditugu 1000 kg zementu produzitzeko, hots, 1000 kg clinkerra dena. Baina 1000 kg clinkerra lortzeko guk estekiometrikoki 1786,0 kg CaCO_3 behar izango genituzke; hauek deskonposatzeko $426.000 \times 1,78 = 758.280$ kcal behar genituzke, hots, ikasleek esandakoarekin bat egiten du.

Aurrera jarraituz:

$$\begin{array}{l}
 1000 \text{ kg zementu produzitzeko} \text{ ----- } 900.000 \text{ kcal} \\
 1.400 \cdot 10^6 \text{ Tn/urte} \text{ ----- } X
 \end{array}$$

$$X = 12,6 \cdot 10^{14} \text{ kcal/urte} = 5,3 \cdot 10^{15} \text{ kJ/urte}$$

Eta dakigunez

$$\begin{array}{l}
 1000 \text{ kJ energia ikatzarekin} \text{ ----- } 2 \text{ mol CO}_2 \text{ askatzen direla} \\
 5,3 \cdot 10^{15} \text{ kJ/urte} \text{ ----- } X
 \end{array}$$

$$X = 10,6 \cdot 10^{12} \text{ mol CO}_2 = 4,66 \cdot 10^{14} \text{ g CO}_2 = 4,66 \cdot 10^8 \text{ Tn CO}_2 = 466 \cdot 10^6 \text{ Tn CO}_2$$

Beraz, $616 \cdot 10^6$ Tn CO_2 askatzen dira CaCO_3 -ren deskonposaketan (totalaren %60a) eta hau gauzatzeko ikatza erre behar dugu zeinak $466 \cdot 10^6$ Tn CO_2 askatzen duen (totalaren %40a). Denetara $1082 \cdot 10^6$ Tn CO_2 prozesu honetan. Balio hau da askatzen den CO_2 -ren %40a?

ITSAS MAILAK URTERO 0,2 mm GORA

Itsasoaren maila 0,2 mm urtero igotzen ari dela egiaztatu da egun hauetan, datu hotz honetan kalkulu eta kalkulu asko ezkutatuta daudelarik. Kantitate oso txikia dela denok antzematen dugu baina guztiok hotzikara bat sentitu dugu, datu honetan berri beltzak etorriko balira bezala. Datu honen esanahia menperatzeko gaur egun zenbat ur dugun jakin behar da eta horrekin konparatu. Irakurri ahal izan dudanez,

$$\text{ozeanoan azalera} = 3,6 \cdot 10^{18} \text{ cm}^2$$

$$\text{lurzorua azalera} = 1,5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^2$$

$$\text{ozeanoen masa} = 13.700 \cdot 10^{17} \text{ kg}$$

$$\text{Izotzentan dagoen ura} = 165 \cdot 10^{17} \text{ kg}$$

Uraren dentsitatea 1 g/cm^3 da beraz $13.700 \cdot 10^{17} \text{ kg} = 13.700 \cdot 10^{17} \text{ L} = 13,7 \cdot 10^{17} \text{ m}^3$ ur. Eta ur bolumen guzti hau esfera batean bilduko bagenu bere erradioa izango litzateke:

$$V = (4/3) \pi R^3$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{13,7 \cdot 10^{17} \cdot 3}{4\pi}} = 688.986 \text{ m} \approx 700 \text{ km}$$

Beraz, esfera honen erradioa ezagutzen badugu eta erradio honetan urtero gertatzen den aldaketa ezagutzen badugu, ur bolumen hau nola aldatu den kalkula dezakegu:

$$\begin{aligned} dV &= 4 \pi R^2 dR = 4 \pi (688.986)^2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/urte} = \\ &= 1,19 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ ur gehiago} = 1,19 \cdot 10^{12} \text{ kg izotz urtu egin dela.} \end{aligned}$$

Goiko kalkulu horietan inplizitoki suposaketa bat egin dugu, hau da, tenperatura ez dela aldatzen eta bolumen aldaketa gertatzen dela ur-masa gehiago sartu egin delako, hots, tenperaturak eragiten duen ur dilatazioa arbuatu dugu.

Ze eragina izango du honek negutegi efektuan, kontuan hartuz izotz gramo bat urtzeko bero lantentea gainditu behar dela eta ur likidoaren eta izotzaren bero ahalmenak desberdinak direla?

Beste aldetik, Victor Pujalte-k 2005-I-19an Zientzia eta Teknologia fakultatean emandako hitzaldi batean *“El pulso del océano: 550 millones de años de cambios de nivel del mar”* nire galdera bati eman zion erantzuna: *“Parece ser que los polos se funden pero se cubren de hielo anualmente y que el aumento de altura media del nivel de mar podría ser también en parte debido a la dilatación del agua como efecto de su calentamiento”*.

Beraz, uraren dentsitatea tenperaturarekin nola aldatzen den Handbook of Chemistry and Physics 76th Ed. 1996 ale batean begiratu eta hori landu nuen. Uraren tenperatura lur planetako

batez besteko temperatura aukeratu nuen, hots, 15 °C eta 0,2 gradu aldaketa gertatu dela suposatzen nuen; horrela zetorren: *Density of standard mean ocean water (SMOW)*

$$\rho_{15^{\circ}\text{C}} = 999,1016 \text{ kg / m}^3$$

$$\rho_{15,2^{\circ}\text{C}} = 999,0712 \text{ kg / m}^3$$

Ur masa bera izango dugu bi temperaturretan, hots, kasu honetan temperaturak duen aldaketa soilik aztertuko dugu; bolumena handituko da dentsitatea txikitu delako, hots:

$$\rho_{15^{\circ}\text{C}} = \frac{m}{V_{15}} \Rightarrow m = \rho_{15} \cdot V_{15} = \rho_{15,2} \cdot V_{15,2}$$

$$\rho_{15,2} < \rho_{15} \Rightarrow V_{15,2} > V_{15}$$

Urak bi temperaturretan betetzen duen bolumen arteko erlazioa da:

$$\frac{V_{15,2}}{V_{15}} = \frac{\rho_{15}}{\rho_{15,2}} = 1,0000304 \text{ Hots, bolumenaren aldaketa } \Delta V = \% 0,00304 \text{ izan da}$$

Bolumena eta erradioaren arteko erlazioa $V = 4\pi R^3$ dela jakina:

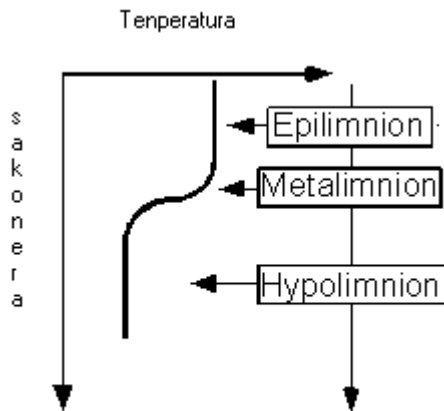
$$\frac{R_{15,2}}{R_{15}} = \sqrt[3]{\frac{\rho_{15}}{\rho_{15,2}}} = 1,0000101 \text{ Hots, erradioaren (altuera) aldaketa } \% 0,00101$$

Beraz, $\Delta R = 7,07\text{m}$ hots, altuera zazpi metrotan igoko litzateke.

Gure aurreko kalkuletan, temperatura konstantea mantenduz, bolumen-aldaketa dela ur masa gehiago sartu egin delako suposatuz, $\Delta V = \% 8,69 \times 10^{-8}$ izan da soilik, hots, temperatura aldaketak eragiten duenarekin konparatuz askoz txikiagoa da. Beraz temperatura-aldaketa txiki batek izugarritzko eragina izango du urak betetzen duen bolumenean, bere dilatazioa dela eta.

Ez dakit ze puntutaraino ur likidoaren temperatura 15 °C dela suposatzea ez ote astakeria bat izango. Jakina gainera, ur sakonak $\approx 4^{\circ}\text{C}$ inguruko temperatura hotzetan daudela eta azalezko urak beroagoak direla, eta ur masa guzti horretan temperatura-aldaketa = 0,2 gradukoa dela esatea ez dut uste oso zuzenik denik. Baina eredu bat besterik ez dut irudikatu nahi izan, eta eredu sinple honegaz ondorioztatzen dena zera da: temperatura-aldaketa txikiek ere, izugarritzko eragina izango dutela itsas-mailaren altueran.

Figueruelo-k idatzitako liburuan (aipu) irakurri ahal izan dut ur masa likidoaren %90a, 200m baino sakonagoak direnetan aurkitzen direla, eta azalezko uren temperatura sakonagokoak baino altuagoak direla (dentsitateak agindua) eta bon artean geruza bat dagoela, Metalimnion deiturikoa, muga gaindiezina dena temperatura-nahaturako. Gehienez mila metroko sakontasuna eskura dezake baina normalean 100-200 metroko tartean koka daiteke.



Beraz suposatu ahal dugu, berriz ere, ur masa guztia berotu eta dilatatu baino, azalezko ur hauek soilik berotuko direla eta hauetan soilik dilatazioa gertatzen dela. Demagun geruza honek 100 metroko sakonera duela eta ur masa totalaren %10 dela. Honen arabera, altueran gertatzen den aldaketa aurrez kalkulaturikoaren % 10a izango da, hots 0,7 m. (70 cm). Bretaina Handian egindako ikerketa batek, eta beste egunean ezagutzera emana (2005-05-11an), dio itsa-maila 1cm/urte igotzen ari dela.

Eredu honetan, temperatura-aldaketa batek uretan eragingo duela dudatik kanpo dago baina ezin dugu ahaztu gasen solugarritasuna ere gutxituko dela. Suposatu ahal dugu azalezko uren temperatura gradu zentigrado bat igotzen dela; nola aldatuko da CO_2 eta O_2 gasen Henry-ren konstantea?

$[\text{O}_2](\text{mg/L})$	$T (^{\circ}\text{C})$
14,7	0
8,6	25
7,0	35

Beste aldetik, temperatura gradu batean igotzen bada honek lurrean pairatzen diren erreakzio kimikoetan eragina izango du, hain zuzen ere erreakzio abiadurak azkartuko baitira; hots, produktibitateak gora egingo du.

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}} \Rightarrow \ln k = \ln A - \frac{E_a}{R \cdot T} \Rightarrow \ln \frac{k_1}{k_2} = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Baldin $T_2 = T_1 + 1 = 288 + 1 = 289 \text{ K}$ eta $E_a \approx 60 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (ohiko edo arrunta den balioa)

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = -\frac{60.10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}{8,3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} \left(\frac{1}{288 \text{ K}} - \frac{1}{289 \text{ K}} \right) = -0,0865$$

$$\frac{k_1}{k_2} = 0,917 \Rightarrow k_2 = k_1 \cdot 1,09$$

Beraz abiadura-kontateak %9a egin du gora.

Zenbat ur lurrintzen da urtero Lur planetan?

Eguzkiak urtero Lur planetari bidaltzen dion energia ondoko irudian ikus daiteke (ikus gardenkia). Aipagarria da atmosferatik kanpokoen aldera $54,4 \cdot 10^{20}$ kJ iristen diren bitartean Lur planetaren azalera $25,1 \cdot 10^{20}$ kJ soilik zurgatzen dituela, gainekoak atmosferak eta hodeiek zurgaturikoa edo isladatua izan direlarik. Lur azalak zurgatzen duen $25,1 \cdot 10^{20}$ kJ urte⁻¹ hauen erdia ura lurrintzen erabilia da, beraz ura egoera likidotik egoera gaseosora pasatzeko.

Fase-aldaketa hau $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ termodinamikaren bidez azter daiteke eta prozesu honetan trukutzen den beroa, presio eta tenperatura konstantea mantenduz, entalpia-aldaketa izango da, hots, ur gas delakoaren formazio-entalpia aldaketa ken ur likidoarena.

$$\Delta H_{\text{bao}}^{\circ} = \Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{H}_2\text{O}(\text{g}) - \Delta H_{\text{f}}^{\circ} \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

Dakigunez lur planetaren batez besteko tenperatura globala ez da 25 °C-koa 18 °C-koa baizik. Dena dela, entalpia-aldaketa 18 edo 25 °C-tan oso berdintsua izango dela suposatu ahal dugu, 25 °C-tan dauden taula termodinamikoen datuak erabili ahal izateko. (Lurreko batez besteko tenperatura 18 °C-koa da atmosferak egiten duen negutegi-efektuari esker; atmosferak ez balu holako efekturik sortuko Lur planetako batez besteko tenperatura -15 °C-tan aurkituko genuke, hots, ur gutzia izoztuta egongo zen.) Datuak erabiliz.

$$\Delta H_{\text{bap}}^{\circ} = -241,82 - (-285,83) \text{kJmol}^{-1} = 44,01 \text{kJmol}^{-1} = 2,445 \text{kJg}^{-1} = 580 \text{cal.g}^{-1}$$

Ikus daitekeenez ur gramo bat egoera likidotik gas-egoerara pasatzeko 2,44 kilojoule behar dira, energia asko dena. Energia guzti hau ur likidoak dituen kohesio indarrak gainditzeko eta ur molekulak guztiz desordenatuak ipintzeko erabiltzen da. Beraz, Lur planetak ziklo hidrológicoan urtero zurgaturiko energiarekin:

$$\begin{array}{l} 2,445 \text{ kJ} \rightarrow 1 \text{ g H}_2\text{O}(\text{l}) \\ 12,5 \cdot 10^{20} \text{ kJurte}^{-1} \rightarrow \text{X} \end{array}$$

X berdin $6 \cdot 10^{20}$ g H_2O urtero delarik, hots $600 \cdot 10^{18}$ g H_2O urtero.

Figueruelo-k idatzitako *Química Física del Medio Ambiente. Ed Reverté, 2001* liburuan esaten du urtero atmosferara 500 milioi teragramo ur lurrintzen direla, teragramoa 10^{12} gramo delarik, hots $500 \cdot 10^{18}$ delarik.

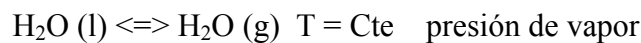
Ezin dugu aipatzeke utzi ezen itsasoetatik lurrindutako ur honek atmosferan gora egiten duenean tenperaturaren gradiente bertikala pairatu behar duela, $\frac{\partial T}{\partial h} \approx -6^{\circ} \text{C}/1000\text{m}$, hots, kilometro bat gora egiten duenean tenperatura 6 °C-tan hotzitu egiten da. Gas egoeran dauden ur molekulak guzti hauek hotzitzen diren bitartean kondentsatu egingo dira eta honen ondorioz

hodeiak euriak eta abar agertzen zaizkigu. Baina ezin dugu ahaztu ur molekulak gas egoeratik likido egoerara pasatzerakoan, kondentsazioa, aurrean azaldutako kontrako prozedura dela eta beraz kondentsazio hauetan bero asko askatuko dela, baporizazioan beste, exotermikoak baita. Horregatik agian basamortuetan, hodeirik ez dagozen eremuetan, goiz eta gaueko tenperaturaren arteko alde itzel handiak daude, negutegi efektua sortzen duten hodei eza dela eta.

EFECTO DE LA ELEVACION DE LA TEMPERATURA GLOBAL MEDIA DEL PLANETA TIERRA SOBRE EL CONTENIDO DE H₂O ATMOSFERICO.

“Según proyecciones realizadas por el IPCC en 1992, si no se toman medidas tajantes para reducir las emisiones de CO₂ y de otros gases problemáticos, hacia el año 2040 la temperatura media global del planeta habrá aumentado en 1 °C, y hacia el 2100 en 1,5 °C más. Como consecuencia, aumentaran globalmente las lluvias, aunque habrá regiones en las que disminuirán, el nivel de las aguas oceánicas se habrá elevado unos 18 cm en el 2040 y unos 48 cm en el 2100 debido a la fusión de los glaciares y la dilatación térmica del agua de los océanos.”

Vamos a intentar correlacionar el efecto del calentamiento y la cantidad de H₂O presente en la atmósfera.



$$K = P_{\text{H}_2\text{O (g)}} / [\text{H}_2\text{O (l)}] = P_{\text{v}}^{\circ} \text{H}_2\text{O}$$

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T \cdot \Delta S^{\circ} = -R \cdot T \cdot \ln K = -R \cdot T \cdot \ln P_{\text{v}}^{\circ}$$

$$\ln P_{\text{v}}^{\circ} = -\Delta H^{\circ}/RT + \Delta S^{\circ}/R \quad \text{A dos temperaturas diferentes}$$

$$\ln [(P_{\text{v}}^{\circ} \text{H}_2\text{O}(T_1) / P_{\text{v}}^{\circ} \text{H}_2\text{O}(T_2))] = -(\Delta H^{\circ}/R)[1/T_1 - 1/T_2] \quad \text{eta } \Delta H^{\circ}_{\text{bap}} > 0 \quad \text{y } T_2 > T_1 \rightarrow \\ P_2^{\circ} > P_1^{\circ}$$

En un sistema cerrado a $P = \text{cte}$, como es la atmósfera, y considerando que es un sistema cerrado, o que el volumen que es ocupado por la atmósfera es tomado como constante.

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{v}}^{\circ} V/RT = \text{cte } P_{\text{v}}^{\circ}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) = \text{cte } P_{\text{v}}^{\circ}(T_1)$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}}(T_2) = \text{cte } P_{\text{v}}^{\circ}(T_2)$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) / n_{\text{H}_2\text{O}}(T_2) = P_{\text{v}}^{\circ}(T_1) / P_{\text{v}}^{\circ}(T_2) = \exp\{-(\Delta H^{\circ}_{\text{bap}}/R) [1/T_1 - 1/T_2]\} = \\ = \exp -(\Delta H^{\circ}_{\text{bap}}/R) [T_2 - T_1 / T_2 \cdot T_1] = \exp -(\Delta H/R)(\Delta T/T^2)$$

Datos: $\Delta H_{\text{bap}}^0 \text{H}_2\text{O} = 9,72 \text{ kcal.mol}^{-1} = 540 \text{ cal.g}^{-1} = 40,63 \text{ kJmol}^{-1} = 2,26 \text{ kJg}^{-1}$

$$R = 2 \text{ cal.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} = 8,3 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} \quad \Delta T = 1\text{K} \quad T = 288 \text{ K}$$

Hemos supuesto que $T_2 \approx T_1$ y por tanto $T_2 \times T_1 = T^2$; a su vez, $T_2 - T_1 = \Delta T = 1 \text{ grado}$

$$n_{\text{H}_2\text{O}}(T_1) / n_{\text{H}_2\text{O}}(T_2) = g \text{ H}_2\text{O}(T_1) / g \text{ H}_2\text{O}(T_2) = e^{-0,059} = 0,943$$

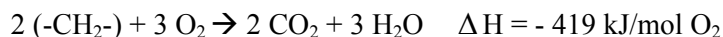
$$n \text{ H}_2\text{O}(T_2) = n \text{ H}_2\text{O}(T_1) / 0,943 = 1,06 n \text{ H}_2\text{O}(T_1)$$

Esto es, el ascenso de un grado en la temperatura media del Planeta, 288 K, da lugar, debido a la presión de vapor, a que el número de moles (o moléculas o gramos de agua) en la atmósfera se incrementa en un 6%, y la relación entre ambas no es lineal sino exponencial. La cantidad de agua que existe en la atmósfera suponiendo que el contenido medio sea de un 0,4 % es de $1,05 \cdot 10^{16} \text{ kg}$, a la cual hay que sumarle un 6% más si la temperatura aumentara en un grado. Es por ello que podemos concluir que el futuro será más húmedo.

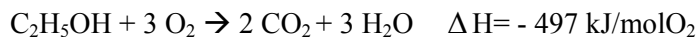
El efecto albedo que tienen las nubes, así como el efecto invernadero que tienen las moléculas de agua en el infrarrojo que emite el planeta Tierra es algo que todavía no está muy bien entendido, siendo por tanto difícil el dar algún tipo de generalidad.

Auto baten depositoa gasolinez edo etanolez beteko bagenu, zeinekin egin ahal genuke kilometro gehiago? Negutegi efektuari begira zein aukeratuko zenuke?

Gasolina, petroliotik distilaturiko hidrokarburo saturatuen nahaste bat izan ohi da, gehien bat oktanoa duelarik baina berarekin batera beste hidrokarburo ase batzuk daude eta baita ere, kantitate gutxiagotan, ez saturatuak eta ziklikoak. Beraz, gasolinaren egitura adierazteko (-CH₂-) bezala idatzi ahal dugu, likido honen bere dentsitatea 0,70 g cm⁻³ da.



Etanola azukreen eduki altua duten likidoen hartziduraz lor daiteke, nolabait esate arren bioerregaia da, eta landareak hazteko finkatu eta karbohidratora erreduzitu behar izan duten karbono dioxido atmosferikoa, bere erreketan berriro atmosferara doa, beraz negutegi-efektuari begira honek ez du ezer suposatzen, Biomasa bezalaxe. Etanolaren dentsitatea 0,79 gcm⁻³ da eta bere erreketak:



Dentsitatea aztertuta ρ etanol / ρ gasolina = 1,13enez, etanola gasolina baino %13 dentsuagoa dela ondoriozta daiteke, beraz etanolaren alde.

Hala ere, erregaien erreketak ematen duen energiari begira:

$$\Delta H^\circ \text{ etanol} / \Delta H^\circ \text{ gasolina} = \frac{-27,3 \text{ kJg}^{-1}}{-43,6 \text{ kJg}^{-1}} = 0,62$$

hau da etanolak gasolinak baino %40 efikazia gutxiago du.

Kilometro gehiago egin ahal genuke dudarik gabe gasolinarekin etanolarekin baino, baina dudarik gabe ere etanola garbiago da gasolina baino.

Beraz gure energiaren iturria etanolean edo bioerregai honetan oinarritu nahi izango bagenu?

Artoaren bidez erregaiaren ekoizpena zalantzan jarri da oso subentzionatuta dagoelako eta tasa gabe. Horrez gain bere ekoizpenak energiaren beharra eskatzen du, hala nola ongariak, makinaria, hartzidura eta distilazioa. Beraz, etanolak ematen duen energia bera ekoizteko beste izan ohi da. Dena dela, etekina gora bultzatu daiteke baldin aleak soilik erabili baino, landare osoa erabili ahal izango bagenu.

Aleak gehien bat almidoiez osaturik daude, biodegradatzeko eta etanolara pasatzeko erraza dena; osteraz, zurtoina, hostoa eta abar zelulosez osatua daude, biodegradatzeko eta etanolera pasatzeko askoz zailagoa dena.



Zelulosa etanol bihurtzen duen prozesua eta entzima topatuko bagenu gure arazoak amaituta egongo lirateke, zeren eta landareen oinarritzko egitura zelulosa baita, eta biosferaren konposatu ugarien baita, landare-masaren %30-50 dena. Zelulosaren ekoizpena adierazteko asmoz, baldin egun dugun zelulosa guztia, 90-130 miloi tona estimatua, etanolean transformatuko bagenu eta hau erabili lor genezakeen energia, 2000. urtean petrolioaren kontsumo globaletik lortutakoa baino 4-6 aldiz gehiago izango litzateke.

Erregai fosilen erretzeagatik zenbat CO₂ bidaltzen dugu atmosferara urtero? Atmosferan egun dugun kontzentrazioa 370ppm dela suposatuz, ze eragina izango du horrek negutegi-efektuan?

Atmosferan dugun airearen pisua $5,14 \cdot 10^{21}$ g dira eta CO₂-ren gramoak $1,90 \cdot 10^{18}$ g dira, hots $1,90 \cdot 10^{12}$ Tn. Demagun 6.500 milioi biztanle daudela gaur egun, kontsumo energetiko mundiala %100 erregai fosiletatik lortuta (hurbilketa) $3,99 \cdot 10^{17}$ kJ izan dela, eta 1000 kJ energia eskuratzeko orduan batez bestean 1,6 mol CO₂ askatzen direla.

$$3,99 \cdot 10^{17} \text{ kJ} \times (1,6 \text{ mol CO}_2 / 1000 \text{ kJ}) \times (44 \text{ g mol}^{-1} / 10^6 \text{ Tn g}^{-1}) = 2,80 \cdot 10^{10} \text{ Tn CO}_2 \text{ urter}$$

$$\text{Baldin } 1,90 \cdot 10^{12} \text{ Tn} \text{ ----- } 2,80 \cdot 10^{10}$$

$$100 \text{ ----- } X \quad X = \% 1,47$$

Bakoitzak urtero botatzen duen CO₂ batez bestean da:

$$3,99 \cdot 10^{17} \text{ kJ} \times (1,6 \text{ mol CO}_2 / 1000 \text{ kJ}) \times (44 \text{ gmol}^{-1} / 10^6 \text{ Tn g}^{-1}) / 6.500 \cdot 10^6 \text{ biztanle} = 4,3 \text{ Tn CO}_2 \text{ per capita}$$

Figura .- Temperaturas medias en los pasados 11000 años.

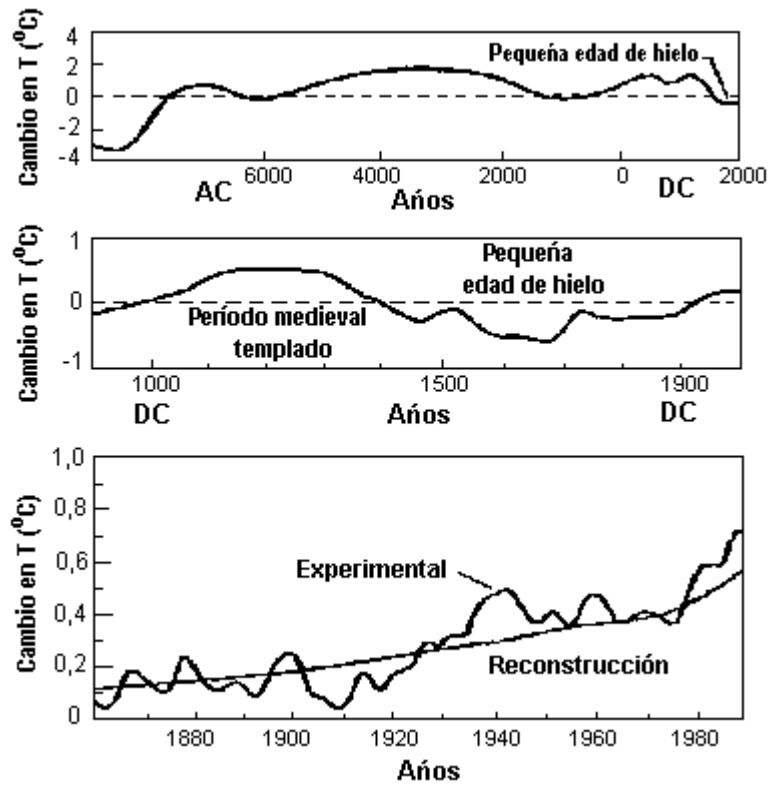


Figura.1-Variación de la concentración de CO₂ en los últimos años

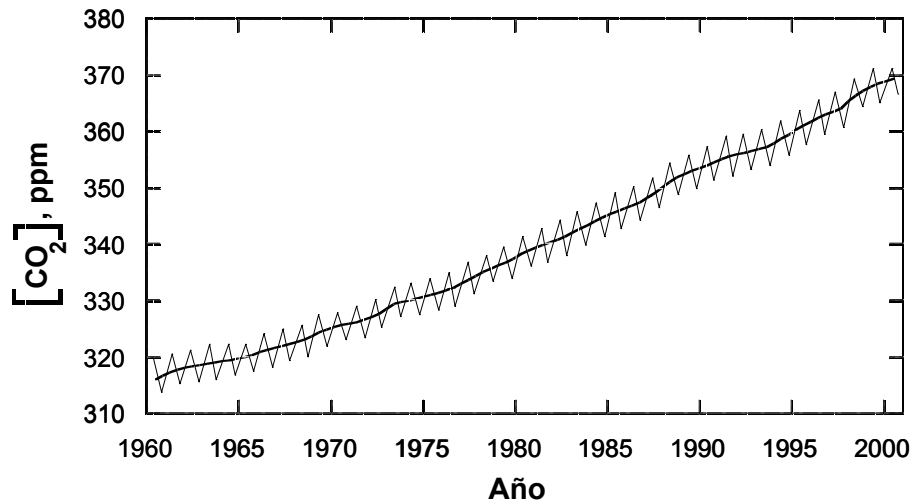


Figura.- Espectros de absorción en IR (térnico) de CO₂ (g) y H₂O (g)

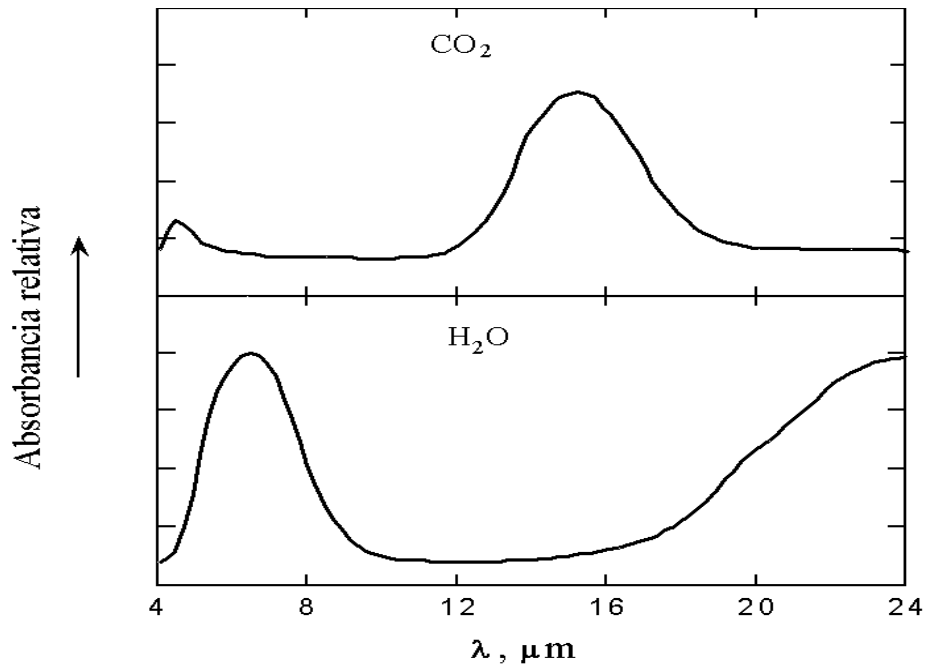
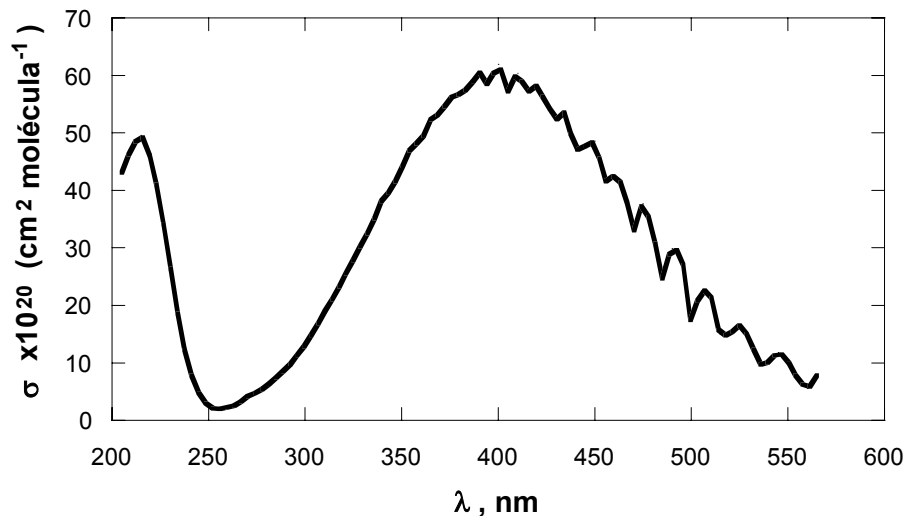


Figura 4. Espectro de absorción del NO₂



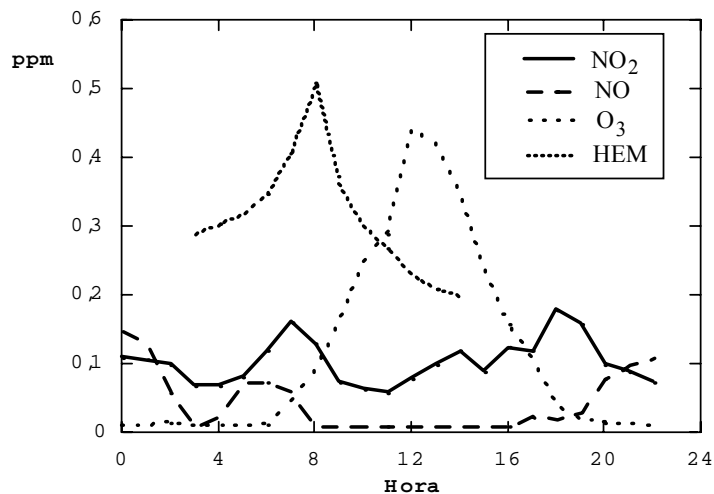


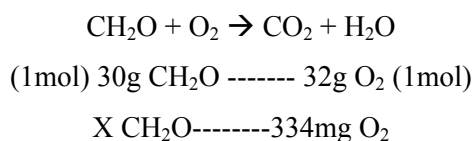
Figura 5. Variación a lo largo del día de las concentraciones de varios contaminantes en una atmósfera urbana contaminada.

Badugu erregairik Euskal Herrian?

Galdera tontakeria izan arren, sakoneko arazo bati azalarazteko aukera ematea da galdegaia. Jakin badakigulako gure herrian ez dagoela, petroliorik eta erregai fosilak inportatu behar ditugula, nahiz eta gero zentral termiko zahar eta berrietan ekoizturiko elektrizitatea hain handia denez esportatu behar den. Izugarritzko menpekotasuna diogu petrolioari, azken finean gure gizarteak gizarte aurreratuek duten jokabide berbera baitu, energiaren iturri nagusia eta ia bakarra erregai fosilen errekontzian oinarrituta.

Bizkaian zabalduko diren zentral termiko berriak burura datozkit, beraien potentzia 800 Mw-koak direlarik, eta kontsumituko duten erregai guztia inportatuta izanda. Eta beste aldetik Hondakin-uren Araztegietan egun gauzatzen duten energia garbia eta berrestigarria azaltzen zait. UEU-k Iruñean antolaturiko ikastaro batean Aratzuriko Hondar-uren Araztegia bisitatzera hurbildu ginen kimika sailekoak eta bertan geundelarik errealtate berri bat ikusi genuen, bertan metanoa ekoizten zutelako.

Funtsean, Araztegiara iristen den uraren kaudala 1.200 L/s koa da eta ur horien DBO da 334 mg O₂/1L H₂O delarik. Hau da, uretan dagoen lehengai organikoak bere oxidazio biokimikoan 334 mg O₂ kontsumituko luke, Beraz:



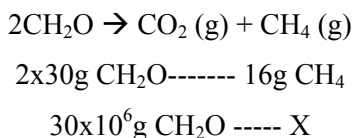
X = 300 mg CH₂O oxidagarriak 1L uretan. Beraz, egunean lortzen den material organikoa izango da:

$$\text{Bolumen H}_2\text{O} = 1200 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{egun}} = 1,0 \times 10^8 \text{ L/egun}$$

$$\begin{array}{l} 1\text{L} \text{ ----- } 380\text{mg CH}_2\text{O} \\ 1,0 \times 10^8 \text{ L/egun} \text{ ---- } X \end{array}$$

$$X = 3 \times 10^{10} \text{ mg CH}_2\text{O/egun} = 3 \times 10^7 \text{ g CH}_2\text{O/egun} = 30 \text{ Tn CH}_2\text{O/egun}$$

Araztegiak berak esaten du egunero 60-80 Tn lohia bustia lortzen dela. Iristen diren lehengai organikoak hartzidura anaerobikoa pairatzen badute:



$$X = 8 \times 10^6 \text{ g CH}_4 = 8.000 \text{ kg CH}_4 = 8 \text{ Tn CH}_4$$

Gas guztiek bezala gas metano mol batek 22,4 L betetzen ditu baldintza normaletan, hots:

$$16\text{g CH}_4 \text{----} 22,4 \text{ L (BN)}$$

$$8 \times 10^6 \text{ g CH}_4 \text{ ----- X}$$

$$X = 11.200.000 \text{ L (BN)} = 11.200 \text{ m}^3 \text{ gas CH}_4$$

Araztegiak emandako datua dio: “egunero 11.500 m³ gas ekoizten da gutxi gorabehera, gas horren %60 CH₄ eta beste %40a CO₂ direlarik.

Gas metano hauxe oxigeno atmosferikoarekin erre egiten da eta askaturiko beroa elektrizitatea bihurtzen da. Zentral termikoetan energia kimikotik energia elektriko bihurtzerakoan etekina %33 izan ohi da (Carnot-en etekina)



$$16 \text{ g CH}_4 \text{ (g) ---- 810 kJ askatu}$$

$$8 \times 10^6 \text{ g CH}_4 \text{ ----- X} \quad X = 410 \times 10^6 \text{ kJ delarik}$$

$$410 \times 10^6 \text{ kJ} \times \frac{33}{100} = 137 \times 10^6 \text{ kJ/egun}$$

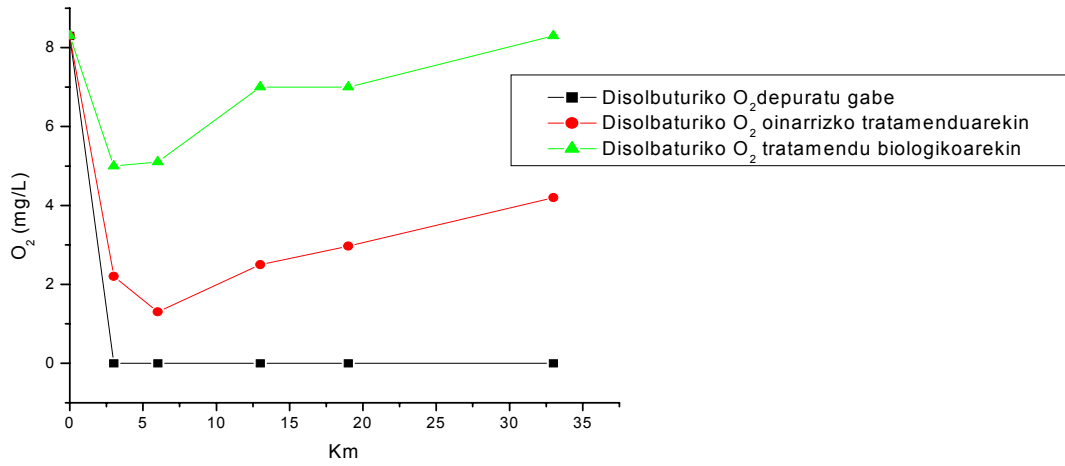
Egunak 86.400 segundu dituenez:

$$137 \times 10^6 \text{ kJ/egun} \times 1 \text{ egun}/86400 \text{ s} = 1.585 \text{ kW} = 1,6 \text{ MW potentzia eskura daitekeela.}$$

Dena dela, hondakin-uren tratamenduaren abantaila nagusia ez da metanoaren ekoizpena baizik eta ur zikin hauen DBO kentzea. Ikusi ondoko irudietan zein izango litzateke Arga ibaiaren oxigenoaren edukia urak ez baleude depuraturik eta halaber ur horien DBO. Ikus daitekeenez, depuratu gabeko urak Arga ibaira botako bagenu kilometroetan eta kilometroetan ez zen arrain bizirik egongo.

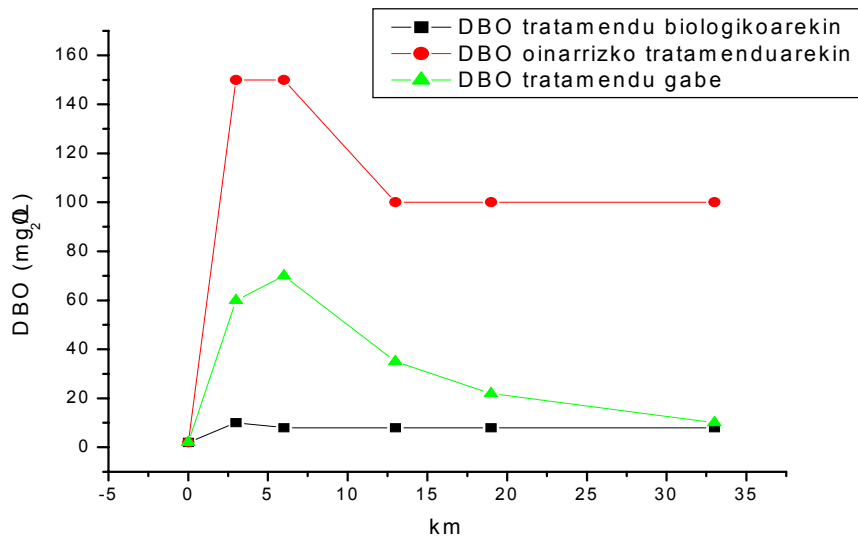
Bilbao Bizkaia Ur Partzuergoak duen Galindoko Hondakin Uren Araztegiari buruz antzeko datuak aipatu ahal ditugu, datu guztiak ez jakin arren. Dakigunaren arabera, bertara iristen den uren emaria maximoa 12.500 L/s izan daiteke, Irunekoa baino hamar aldiz altuagoa, biztanlegoaren erratioari eusten. Ur hauen oxigenoaren eskaera biologikoa ez jakin arren Partzuergoak ondoko datua ematen digu: egunero 138 Tn lehengai organikoa atera daiteke. Esan behar da Araztegi honetan ez dela lehengai organikoa anaerobikoki metanoraino erreduzitzen eta gero beratu erre, baizik eta lohiak (lehengai organikoak) lehortu ondoren hauek erre egiten dira elektrizitate bihurtzeko..

Disolbaturiko oxigenoaren eboluzio-hipotesia



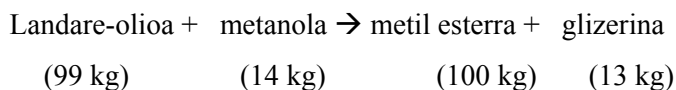
Irudian ikus daitekeenez, Araztegiak botatako urak bere ohiko oxigenoaren maila berreskuratzen du baldin tratamendu biologikoa gauzatzen bada.

Oxigenoaren eskaera biologikoaren (DBO) eboluzio-hipotesia



Gogoratu behar dugu ur kristalinoen DBO ≈ 1 mg O₂/l izan ohi dela

BIODIESELAK



Nekazal produktuetatik distilaturiko edozein erregai likidori Bioerregai deritzo. Bi bioerregai mota bereiz daitezke: alkohola eta eratorriak eta soia, ekilorea edo koltza bezalako hazi oliotsuen laborantzatik lortutako olioak. Azkenok birfindu gabeko olio gisa edo prozesu kimiko batez ester metiliko eraldatuz erabil daitezke.

Olioak kate hidrokarbonodun luze bat da, bertan lotura bikoitz bat dagoelarik eta katearen muturrean azido koipetsua, formula orokorra $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{---CH=CH-CH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_n\text{-COOH}$ izan daitekeelarik.

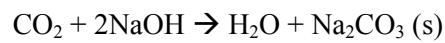
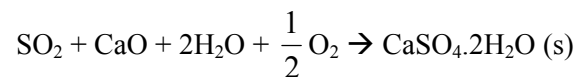
PROPIETATEAK	KOLTZA- -OLIOA	KOLTZA OLIOAREN METIL ESTERRA	GASOLEOA
Dentsitatea, 15 °C tan (kg/L)	0,96	0,883	0,84
Zetano zkia.	31,8-36	49-52,5	48-51,5
Su-hartze ptua (°C)	---	118	64
Biskositatea 20 °C (cst)	77,8	7,5	4,2
Bero-ahalmen (kJ/kg)	39.000	40.000	45.000
Sufrea (% pisutan)	0,01	0,01	0,5

Parametro horien arabera, batez ere biskositatea eta zetano-zenbakiari dagokionez, eter metilikoak erabiltzeak abantaila handiagoak dauzka koltza olioak erabiltzeak baino.

Aipatzekoa da baita ere erregai fosilek sufre atomoa daukatela beraien osieran, eta hauek erretzerakoan sufre dioxidoa emango dute. SO₂ gas hauek smog kimikoaren jatorria dira eta sarri euri azidoekin lotuta daude. Ostera, biodieselak ez dute sufreak eta ondorioz askoz garbiagoak dira zentzu honetan.

Zentral termiko batek kanporaturiko gasen kantitateak. Adibidea

Zure herrian bertan kokatu nahi den ikatzezko zentral termiko berri baten ordezkaria zara, 1000 MW potentzia eta %35eko etekin termiko globala duena. Zure herrian SO₂-rentzako Aire Garbiaren Arau Orokorrak zein Arautegi Berezia bete behar direnez, Garbitasun Bustiko Zutabe batean eliminatu behar da karearen bidez, CaO, eta garbiketa horren efikaziak %90-a izan behar du gutxienez. Halaber, Lantegi Berrien Arautegiari jarraitu behar zaio, zeinak CO₂-ren %95-a gutxienez eliminatu behar dela eskatzen duen, garbiketa hau sosa kaustikoaren bidez gauzatzen delarik. Garbitasun Dorretan gertatzen diren erreakzioak ondokoak dira:



Zentral termiko berriari Lizentzia eman bai ala ez burutzen den eztabaida publikoan zuz, Udalak ezarritako arautegiekin sortuko diren hondakin solidoen masa erretako ikatzaren masa baino hamar bider handiagoak izango direla aurrezaten duzu, eta denok barre egiten dute. FROGATU ZUK ESANDAKOA EGIA DELA

Aire Garbiaren Arauak SO₂-rentzat

- 1- Batez besteko urteko kontzentrazioak ezin du 80 mg/m³ gainditu (0,03ppm)
- 2- Urtean behin baino ez, ezin da 365 mg/m³ ko batez besteko kontzentrazioa gainditu 24 ordutan zehar (0,14 ppm).
- 3- Urtean behin baino ez, ezin da 1300 mg/m³ ko batez besteko kontzentrazioa gainditu 3 ordutan zehar (0,5 ppm).
- 4- Zentral termikoentzako beste arau gehigarri bat dago: Emisio maximoa = 1,44 kg SO₂/10⁶ kcal

Ikatzaren ezaugarriak

Osaketa: %3 S; %8 errehauts (s); %85 C

Bero ahalmen maximoa 29.500 kJ/kg

Ebazpena:

$$1000 \text{ Mw} = 1000 \times 10^6 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ kg ikatz} \text{ ----- } 29.500 \text{ kJ}$$

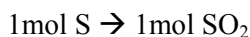
$$X \text{ ----- } 1 \times 10^6 \text{ kJ/s} \quad X = 1 \times 10^6 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} / 29.500 = 33,9 \text{ kg/s}$$

$$\text{Etekina: } \%35 \text{ denez, } X = 33,9 \text{ kg} \times \frac{100}{35} = 96,85 \text{ kg ikatz segunduko erre behar ditugula}$$



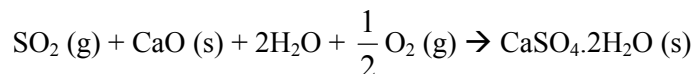
$$100 \text{ kg ikatz} \rightarrow 3 \text{ kg S}$$

$$96,85 \text{ kg ikatz} \rightarrow X \quad X = 2,91 \text{ kg S}$$



$$32 \text{ g S} \rightarrow 64 \text{ g SO}_2$$

$$2,91 \text{ kg S} \rightarrow X \quad X = 5,82 \text{ kg SO}_2$$



$$64 \text{ g SO}_2 \rightarrow 172 \text{ g CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$5,82 \text{ kg SO}_2 \rightarrow X \quad X = 15,64 \text{ kg CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} (\text{s})$$

efikazia %90 denez $X = 15,64 \times 0,9 = 14,08 \text{ kg}$ solido, beste ehuneko hamarra gas SO_2 moduan ihes eginga da.



$$100 \text{ kg ikatz} \text{ ----- } 85 \text{ kg C badira}$$

$$96,85 \text{ kg} \text{ ----- } X \quad X = 82,32 \text{ kg C}$$

$$12 \text{ g C} \text{ ---- } 44 \text{ g CO}_2$$

$$82,32 \text{ kg C} \text{ ----- } X \quad X = 301,85 \text{ kg CO}_2 \text{ direlarik}$$

$$44 \text{ g CO}_2 \text{ ---- } 104 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

$$301,85 \text{ kg CO}_2 \text{ ----- } X \quad X = 713,46 \text{ kg Na}_2\text{CO}_3$$

$$\text{Karbono dioxidoaren eliminazioa } \%95 \text{ denez } X = 713,46 \times \frac{95}{100} = 677,79 \text{ kg Na}_2\text{CO}_3$$

Errehautsak kontuan hartuz:

$$100 \text{ Tn ikatz} \text{ ----- } 8 \text{ Tn errehauts}$$

$$96,85 \text{ kg} \text{ ----- } X \quad X = 8 \text{ kg errehauts}$$



Beraz, 1000 Mw-ko potentzia eskuratu ahal izateko 96,85 kg ikatz segunduko erre behar izango genuke eta sortzen diren hondakin solidoak = 678 kg Na_2CO_3 + 14,1 kg $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (s) + 8 kg errehauts = 700 kg hondakin.

Iberdrolak Santurtzin duen zentral termikoan 1kWh lortzeko 240 g fuel erre behar dutela diote, eta fuel olioaren kontsumoa topetan dabilizatenean 5000 Tn/egun dela diote

$$1 \text{ kW} \quad \text{-----} \quad 3600 \text{ s} \quad \text{-----} \quad 240 \text{ g fuel}$$

$$1000\text{Mw} = 10^9\text{kw} \quad \text{---} \quad X \quad \text{-----} \quad X \text{ fuel}$$

$$X = \frac{240 \text{ g fuel}}{1 \text{ kWh}} \times \frac{1 \times 10^9 \text{ kw}}{3600 \text{ s} / \text{h}} = 66,6 \text{ kg} / \text{s}$$

Beraz emaitzek adostasun nahiko aurkezten dute elkar.

Egunak, hots 24 orduak, 60x60x24 segundu dituen = 86400 s, zentral termikoak topera etengabe lanean egongo balitz, egunero 5754 Tn fuel erreko luke.

Datu hauetatik zenbat tonelada karbono dioxidoa diren kalkula genezake, jakinda erregai fosilen erreketatik 1,6 mol CO_2 /1000 kJ askatzen direla eta modu honetan ingurugiroan duten eragina aztertu ahalko genuke.

Atmosfera. Presioa altueraren arabera

Jakina denez, altueraren arabera presioa txikituz doa, planetaren grabitazioak atmosferan dauden gasen molekulak erakartzen baititu. Altueran aldaketa infinitesimala, dz , gauzatuz presioaren aldaketa infinitesimala ondokoa da:

$$dp(z) = \rho(z) \cdot g \cdot dz$$

non, $\rho(z)$ airearen dentsitatea altuera z horretan eta g grabitazio-konstantea, diren. Gas idealen ekuazioa erabiliz, dentsitatea presio eta temperaturarekin erlaziona daiteke:

$$\rho(z) = \frac{\bar{M}_{\text{aire}} p(z)}{RT(z)}$$

non, \bar{M}_{aire} airearen batez besteko masa molekularra ($28,97 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) eta R gasen konstantea, diren. Goiko ekuazioa ordezkatzuz:

$$\frac{d \ln p(z)}{dz} = - \frac{1}{\left[\frac{RT(z)}{\bar{M}_{\text{aire}} g} \right]}$$

zeinu negatiboa sartu da presioa altuarekin txikituz doala adierazteko eta $\frac{RT(z)}{\bar{M}_{\text{aire}} g} = H$ faktorea ia

konstante honi eskala-altuera izenarekin ezaguna da, bere dimentsioa luzerarena da, eta beheko kilometrotan bere balio konstantea $H = 8 \text{ km}$ da, baldin temperaturaren aldaketa altueraren arabera arbuiatzen badugu.

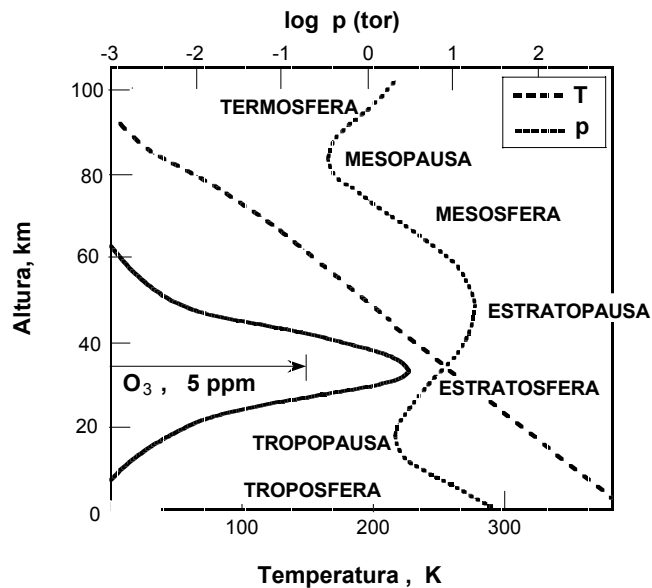
Baldin eskala-altuera konstantetzat jotzen badugu goiko ekuazioa integra daiteke ondoko ekuazioa lortzen delarik (Beheko kilometrotan erabilia egindako hurbilketatik)

$$p(z) = p(0) \exp\left(-z / \frac{RT}{\bar{M}_{\text{aire}} g}\right) = p(0) \exp\left(-\frac{z}{H}\right) = p(0) e^{-z/8}$$

$p(0)$ presioa itsas mailan delarik, 0 altueran, $p(0) = 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Eskala faktorea 8 km izateak esan nahi du altuera horretan $p(8) = p(0) / e = 1 \text{ atm} / 2,718 = 0,37 \text{ atm}$, hots, 8 km gora joanda eta presio atmosferikoa 2,7 aldiz txikitzen da.

$$H = \frac{8,3 \text{ J mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 273 \text{ K}}{28,97 \cdot 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1} \cdot 9,8 \text{ ms}^{-2}} = 8 \text{ km}$$

Presio atmosferikoa altueraren arabera aldatzen dela jakina da; itsas ertzean ohiko presioari atmosferikoa deitzen diogu, hots, 760 mm Hg edo torr, edo 1 atm dela diogu. Zenbat eta atmosferan gorago joan aire-masa gutxiago izango dugu gure gainean eta beraz atmosferak egiten duen presioa baxuagoa izango da. Atmosferan, presioa altueraren arabera linealki aldatzen dela ezaguna da, ikusi ondoko irudia, eta erlazio matematikoa ondoko ekuazioaren bidez adieraz daiteke:



$$\log p \text{ (torr)} = \log 760 \text{ (torr)} - b \cdot Z(\text{km}) = 2,88 - 0,055 \text{ (km}^{-1}) \cdot Z(\text{km})$$

ekuazio honen bi aldeak 2,3 faktorez biderkatzen eta ordezkaketa egokiak burutuz zera lortzen da:

$$\ln p = \ln p(0) - 2,3 \times 0,055 \times Z(\text{km}) = \ln p(0) - 0,126 Z(\text{km})$$

$$p = p(0) \cdot e^{-z(\text{km})/8}$$

beraz aurreko ekuazio teorikoarekin bat egiten duela egiaztatu dugun.

Baldin itsas mailan bagaude $Z = 0$ izango da eta $\log p = 2,88$ da eta antilogaritmoa erabiliz $p = 760$ mmHg. Gure mendien altuerak erabiliz

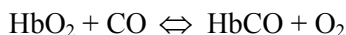
<u>Z(km)</u>	<u>log p</u>	<u>p(torr)</u>	<u>p (atm)</u>
1	2,82	660,7	0,87
2	2,76	575,4	0,76
3	2,70	501,2	0,66

Honek altuera desberdinetan dugun presio atmosferikoa kalkulatzeko ahalbidetzen digu.

KONTAMINAZIOAK OSASUNEAN DUEN ERAGINA

Kontaminazioak duen eraginaz konturatzeko, gizakiak egunero 13 kg aire arnasten dugula aipatu behar da, beraz kutsaturiko atmosferan dauden espezieak proportzio horretan bereganatuko dugu. (airearen batez besteko pisu molekularra $28,8 \text{ g.mol}^{-1}$ dela kontsidera daiteke, beraz $451,4 \text{ mol}$ izango dira eta baldintza normaletan betetzen duten bolumena 10.111 L edo $10,1 \text{ m}^3$ izango da.

Karbono monoxidoak, hemoglobinak duen oxigenoa desplazatzen du, beraz atmosfera garbia eta zikinen artean kalkula daiteke; beste aldetik, esaten dute zigarro baten keak 450 ppm CO duela.



HbO_2 = oxihemoglobina

HbCO = karboxihemoglobina

Atmosfera garbian bizitzen duen ez-erretzaile batek odolean %0,3 karboxihemoglobina soilik duen bitartean, hiri handi bateko atmosferan (CO-ren kontzentrazioa 50 ppm dela suposatuta) 8 ordu arnasten dagoen baten karboxihemoglobinarekin kontzentrazioa %5a izan daitekeela aipagarria da datu bezala; (trafiko astuneko eskualdean CO-ren kontzentrazioa 50 ppm -koa izan ohi da; ataskoetan CO-rena 140 ppm izan daiteke). Halaber, USAn egindako ikerketa batek dio tabako pakete bat egunero erretzen duen pertsona baten HbCO-ren edukia odolean %5a izan daitekeen bitartean, ez-erretzaile batena (atmosfera berean) %2-2,5 izan daitekeela.

Ozonoaren eragina adierazitako modu berean aurrikus daitekeela uste dut. Hiri handietan ozonoaren kontzentrazioa kalkulatu ahal da irudi ospetsu haien bidez. Badaezpadan ozonoa oso oxidatzaile gogorra dela gogoratu behar da.

Aireko lurrin fasean eta partikuletan adsorbiturik dauden PCDD/PCDF-ak arnasketaren bidez sar daitezke giza gorputzetan. Atmosferako kontzentrazio totala $0,1\text{-}2 \text{ pgi-TEQ/m}^3$ bitartean daudenez eta $20 \text{ m}^3/\text{egun}$ -ko arnasketa suposatuz 2 pgi-TEQ/egun PCDD/PCDF arnasten ditugula onar dezakegu. Kantitate hau handiagoa izan daiteke, adibidez tabako kea dagoen lekuetan edo egurra babesteko klorofenolak erabiltzen dituen eraikinen barnean arnastean badugu.

Hainbat unitate eta konstante

Negutegi-efektua dela eta, aurrean esandako gauza batzuk ulertzeko behar diren kontzeptu eta konstante zein azalpen batzuk ; beraz, osagarriak.

$$\text{Lurraren azalera} = 5,1 \times 10^{18} \text{ cm}^2$$

$$\text{Ozeanoen azalera} = 3,6 \times 10^{18} \text{ cm}^2$$

$$\text{Lurzoruaren azalera} = 1,5 \times 10^{18} \text{ cm}^2$$

$$\text{Atmosferaren masa} = 52 \times 10^{17} \text{ kg}$$

$$\text{ozeanoen masa} = 13700 \times 10^{17} \text{ kg}$$

$$\text{Izotzetan dagoen ura} = 165 \times 10^{17} \text{ kg}$$

$$\text{Laku, erreketan dagoen ura} = 0,34 \times 10^{17} \text{ kg}$$

$$\text{Atmosferan dagoen ura} = 0,105 \times 10^{17} \text{ kg}$$

$$\text{Ebaporazioa} = \text{euria} = 4,5 \times 10^{17} \text{ kg} \cdot \text{urte}^{-1}$$

Beroa, tenperatura desberdineko bi gorputzen artean trukutzen den energia da, ohiko unitateak kaloria, joule edo British thermal unit, Btu, (uraren 1 lb tenperatura 1 °F igotzeko behar den energia) direlarik.

Potentzia, lana egiteko behar den denbora, lana/denbora.

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/s}$$

$$1 \text{ zaldiindarra} = 33000 \text{ ft} \cdot \text{lb}/\text{minutu}$$

$$1 \text{ kwh} = 3,6 \times 10^6 \text{ joule}$$

$$1 \text{ m} = 10^{-3} \text{ km} = 10^2 \text{ cm} = 10^3 \text{ mm} = 10^6 \text{ } \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm} = 10^{10} \text{ } \text{Å}$$

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ cal} \quad 1 \text{ cal} = 4,18 \text{ joule}$$

$$1 \text{ Btu} = 1,05 \text{ kJ} = 252 \text{ cal}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^3 \text{ kJ} = 860,4 \text{ kcal}$$

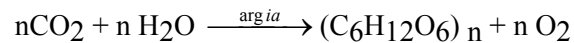
$$1 \text{ kJ/mol} = 1463,6 \text{ cm}^{-1} \quad (\text{uhinen uhin-zenbakia } \text{cm}^{-1} \text{-tan adierazita; })$$

$$1 \text{ ev} = 8064,9 \text{ cm}^{-1}$$

Lur planetaraino iristen den Eguzkiak emandako energia totalaren %30a atzera botatzen du Lurrak, atmosferak eta hodeiek isladatua (ia % 28a dena) eta lursoruak berak isladatua; honi albeodoa deritzo eta bere garrantzia nabarmenduko da geroko kontuetan batez ere negutegi-efektua azaltzeko.

Beste edo gaineko energia (argia, uhin elektromagnetikoak) Lurrak zurgatzen du eta bero bihurtzen du berriro espaziora berrirradiatu baino lehen. Zurgaturiko energiaren erdia, ggb., hau da $25,1 \times 10^{20}$ kilojouletik $12,5 \times 10^{20}$ a ziklo hidrológicoan erabiltzen da, hots, uraren lurrinketan eta eurretan. Gogoratu behar genuke $1 \text{ g H}_2\text{O}$ 1°C -tan berotzeko $4,18 \text{ J}$ behar den arren $1 \text{ g H}_2\text{O}$ likidoa $1 \text{ g H}_2\text{O}$ gas bihurtzeko, lurrintzeko eta 15°C -tan $2,5 \text{ kJ}$ behar direla, eta bero hau askatzen dela baldin ur gaseoso kondentsatu egiten bada euri tantetan. Horregatik ekaitzak eta euriteak batera doaz, energia asko askatzen baita.

Lurreraino iristen den argiaren %0,15a erabiltzen da prozesu fotosintetikoetan landare berde eta algei esker dakigunez;



Alazne Granado-k esaten digunez "urtero 400.000 milioi tonelada azukre produzitzen da fotosintesi naturalaren bidez". Gizakiok izugarrizko menpekotasuna diogu %0,15 honi, besteak beste janaria hortik datorkigulako, eta energia iturri bezala erabiltzen ditugu egurra eta biomasa erretzean zein aurreko milioi urtetan metaturiko energia solarra petrolio eran.

Gizakiok kontsumituriko energia ondoko irudian ikus dezakegu eta eguzkiak emandakoarekin konparatzen badugu oso txikia dela esan dezakegu. Hain zuzen ere 1990 urtean gizakiok kontsumituriko energia totala $3,7 \times 10^{17} \text{ kJ}$ izan da, Lur azaleraino iristen den %0,01 dena alegia

Baldin kontsumo energetikoa esponentzialki handitzen ari bada, ondoko hau beteko da;

$$dQ/dt = k Q$$

non, Q kontsumo energetikoa, t denbora, eta k proportzionaltasun konstantea edo hazkundearen abiadura-konstantea, diren.

Ekuazio honen integrazioa zera da:

$$\int dQ/Q = \int k dt \quad Q = Q_0 e^{kt}$$

Q_0 hasierako kontsumo energetikoa den. Holako esponentzialetan $T_{1/2}$ definitu ohi da, hau da erdibiziko denbora eta gure kasuan kontsumo energetikoa bikoizteko behar den denbora:

$$Q = Q_0 \times 2$$

$$\ln(Q/Q_0) = k t \quad \ln(Q_0 \times 2 / Q_0) = k T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = 0,6936 / k$$

eta baldin kontsumo energetiko mundiala urtero %2,8 hazten ari bada, zera dakigu:

$$T_{1/2} = 0,693/0,028 \text{ urte}^{-1} = 25 \text{ urte}$$

Hau da hogeitabost urteka kontsumo energetikoa bikoizten dugu.

Eguzkiak 6000 K-eko gorputz beltz baten erradiazioa ematen digu eta atmosferaraino iristen den eguzki-fluxua ondoko hau da:

$$S_0 = 1340 \text{ W m}^{-2} \text{ eta beste hainbat liburutun } 1370 \text{ W m}^{-2}$$

Sarri joule unitateak erabiltzen dira (Chemistry of the Environment) eta esaten dute Eguzkiak emandako energia $54,4 \cdot 10^{20}$ kJ/urte dela. Beraz, bion artean komunztadura ote dago? 1340 W m^{-2} berdin $54,4 \cdot 10^{20}$ kJ/urte dira?

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/s} \quad 1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} \quad 1 \text{ urte} = 3,14 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$1340 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} = 1340 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \times 3,14 \cdot 10^7 \text{ s urte}^{-1} \times 5,1 \cdot 10^{14} \text{ m}^2 = 2,15 \cdot 10^{25} \text{ J urte}^{-1} = 215 \cdot 10^{20} \text{ kJ urte}^{-1}$$

Kalkulu hauetan Lur planetaren azalera $4\pi r^2$ dela erabili izan dugu eta fluxua kalkulatzeko izpiei perpendikularra den disko baten azalera erabili beharko genuke hau da πr^2 , r Lur erradioa delarik, ondoko irudian ikus daitekeenez. Beraz aurreko emaitza zati lau egin behar dugu;

$$215 \cdot 10^{20} \text{ kJ urte}^{-1} / 4 = 53,7 \cdot 10^{20} \text{ kJ urte}^{-1}$$

Lurreraino iristen den eguzki-fluxua, S_0 , 1370 W m^{-2} da eta Lurraren disko bezalako azalak jasotzen du

Egia da ere, energia konstante mantentzeko Lurrak energia irradiatzen duela bere azal osotik eta zurgaturikoa eta emititurikoa orekatuta egon behar direla. Eta Lurreraino iristen diren argi-ixpi guztiak ez dira zurgatzen, horietariko batzuk berisladatuak baitira albedoari esker.

Beraz, Lurrak emititzen duen fluxua, S , ondoko hau da $S = (1 - a) S_0 / 4 = 240 \text{ w m}^{-2}$

non, a albedoa (ohiko balioa 0,3) eta S_0 eguzki-fluxua, diren.

Gorputz beltz batek irradiatutako energia kalkulatzeko Stefan-Boltzmann-en ekuazioa erabili ahal da, zeinak energiaren fluxua eta tenperatura absolutuaren laugarren potentzia proportzionalak direla egiaztatzen duen:

$$S = k T^4 \quad k, \text{ Stefan-Boltzmann-en konstantea } 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w m}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ delarik.}$$

Beraz Lur azalak, emitituriko energiaren arabera eta goiko ekuazioaren arabera 255 K-eko tenperatura izango zuen:

$$T = (240 / 5,67 \cdot 10^{-8})^{1/4} = 255 \text{ K}$$

Emaitza honek Lur azalaren tenperatura, benetakoa (288 K) baino 33 K hotzagoa dela ondorioztatzen du, beraz non dago akatsa, ze faktore ez dugu kontuan hartu? Atmosferak erantzuna ematen digu, Lurrak kanporatzen duen beroaren zati handi bat zurgatzen baitu eta berisladutzen baitu atzera berriro, era honetan lur azalaren tenperatura igoz.

Gizakiok kontsumitzen dugun energiak aldarazi ahal izango du Eguzkia eta Lurraren arteko balantzea?

Printzipioz gizakiok kontsumitzen dugun erregai fosilen eta erregai nuklearren abiadura mantentzen eta azkartzen badugu beroketa globala nabaria izan daitekeela antzeman genezake, baina zenbatekoa, nola kuantizatu hau?

Stefan-Boltzmann-en ekuazioa berriro erabiliz, Lurraren batez besteko tenperatura gradu batean igotzeko Lurrak kontsumituriko energia zenbatetan igo beharko zen kalkula genezakeen, eta holako aldaketa txikia kalkulatzeko Stefan-Boltzmann-en ekuazioa diferentziatu behar da, eta fluxu totaletik zatitu, ondoko ekuazioan adierazten denez:

$$dS = 4kT^3 dT$$

$$dS/S = 4kT^3 dT / kT^4 = 4 dT/T$$

Ekuazioak auresaten duenez, energiaren gehikuntza frakzionatuak, tenperaturak duen gehikuntza frakzionatua baino lau aldiz handiagoa izan behar du, beraz, 255K-etan gradu bat igotzeko $dT/T = 0,00392$ da eta $dS/S = 4 \times 0,00392 = 0,0157$ da. Hau da gizakiok egiten dugun energiaren kontsumoa Eguzkiak ematen duen energiaren %1,6 izan beharko litzateke eta dakigunez egungo kontsumoa eguzkiaren % 0,01 inguruan kokatuta dago, nahiz urtero % 2,8 abiaduragaz gora egin.

Zenbat urte itxaron behar dugu beraz %1,6 erlazio hori eskuratzeko? Urteko kontsumoa %2,8-tan gora egiteak kontsumoa 25 urteka bikoiztuko dela ondorioztatzen du nahita nahiez, beraz %1,6 hori eskuratzeko 185 urte inguru igaro behar izango dugu. Kalkulu hauek segurutzat jo ditzakegu atmosfera dagoela ahaztu gabe, noski. Honek, atmosferak, negutegi-efektua sortzen duenez bat graduko tenperaturaren igoera azkarragoa izango dela iradokitzen du.

Atmosferako oxigenoa ea murriztuko den bati baino gehiagori kezka ematen omen dio

Erregai fosilak erretzeko oxigenoa behar da derrigorrez, atmosferan dagoena hain zuzen ere.. Dena dela atmosferan oxigeno ugari dugula gogorazi beharko da. Goazen estekiometriaren bidez ariketa batzuk burutzera:

Demagun Lurrean dugun erregai fosilen meta guztia, stocka, erre egiten dugula, hau da $5,3 \cdot 10^{19}$ kJ eskura dezakegula. Dakigunez, erregai fosilak erretzean oxigeno mole bakoitzeko 335 kJ batez bestean askatzen dira; datu hauek erabiliz zenbat oxigenoa gastako den kalkula daiteke.

Lurraren azaleko 1 cm^2 bakoitzean atmosferaren pisua 1000g da eta pisan %22a oxigenoarena da. Lurraren erradioa $r = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$ enez, azalera $= 4 \pi r^2$ enez $= 5,14 \cdot 10^{14} \text{ m}^2 = 5,14 \cdot 10^{10} \text{ km}^2 = 5,14 \cdot 10^{18} \text{ cm}^2$

$$1000\text{g} \text{ ----- } 1 \text{ cm}^2$$

$$x \text{ ----- } 5,14 \cdot 10^{18} \text{ cm}^2 \quad x = 5,14 \cdot 10^{21} \text{ g} = 5,14 \cdot 10^{18} \text{ kg aire}$$

$$100\text{g aire} \text{ ----- } 22 \text{ g O}_2$$

$$5,14 \cdot 10^{21} \text{ g aire} \text{ ----- } x \text{ g O}_2 \quad x = 1,13 \cdot 10^{21} \text{ g O}_2 \quad x = 3,53 \cdot 10^{19} \text{ mol O}_2 \text{ atmosferan}$$

$$335 \text{ kJ energia} \text{ ----- } 1 \text{ mol O}_2$$

$$5,3 \cdot 10^{19} \text{ kJ} \text{ ----- } x \quad x = 1,58 \cdot 10^{17} \text{ mol O}_2$$

Beraz atmosferan $3,53 \cdot 10^{19}$ mol O_2 dagoenez eta erregai fosil guztiak erretzeko $1,58 \cdot 10^{17}$ mol O_2 behar denez, bere proportzioa da:

$$3,53 \cdot 10^{19} \text{ moletik} \text{ ----- } 1,58 \cdot 10^{17} \text{ desagertzen}$$

$$100 \text{ ----- } x \quad x = \% 0,45$$

egia da frakzio txikia behar genuke, baina eragina txikia izango litzateke?

Bibliografia

-) IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y.Ding, D.J.Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 881pp
-) J. A. Figueruelo, M.M. Dávila: Química Física del Medio Ambiente. Ed: Benemérita Universidad de Puebla, Reverté Ediciones, S.A. de C.V., 2001.
-) T.G. Spiro, W.M. Stigliani: Chemistry of the Enviroment. Ed: Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1996. Química Medioambiental. Ed: Pearson Prentice all, 2004.
-) J. A. Figueruelo: Química Física del Medio Ambiente. Reverté Ediciones, S.A. de C.V., Imprenta.
-) C. Baird: Química ambiental. Editorial Reverté, S.A., 2001
-) Klima Adaketa. IHOBE, GV-EJ, 2002

www.ipcc.ch

www.zientzia.net

www.ehn.es

www.eve.es

www.iea.org International Energy Agency

www.eia.doe.gov Enviromental Investigation Agency

www.energy.com

www.safeclimate.com

www.pmodwrc.ch Physikalisch Meteorologisch Observatorium Davos World Radiation Center

www.giss.nasa.gov/research/observe/surftemp.html

www.globalchange.org/

www.ingurumena.net

www.uned.es/biblioteca/rsu/

<http://toms.gsfc.nasa.gov/> Total Ozone Mapping Spectrometer