

HIILIDIOKSIDI

HTP-ARVON PERUSTELUMUISTIO

Yksilöinti ja ominaisuudet

CAS No	124-38-9
EINECS No	204-696-9
EEC No	-
Kaava	CO ₂
Synonyymit	Hiilihappokaasu Kuivajää Hiilihappojää
Molekyylipaino	44,01
Muuntokerroin	1 ppm = 1,8 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,556 ppm
Tiheys	-
Sulamispiste	-78,33 °C
Kiehumispiste	-
Höyrynpaine	> 1 atm (28 °C)
Hiilidioksidi on väritön, lähes hajuton ilmaa raskaampi kaasu. Se liukenee veteen.	
Varoitusmerkit	-
R-lauseet	-

Esiintyminen ja käyttö

Hiilidioksidi on normaali ilmakehän aineosa, jossa sitä on noin 300 ppm.

Hiilidioksidia muodostuu ravintoaineiden, kuten hiilihydraattien ja rasvojen, aineenvaihdunnassa, josta syystä uloshengitysilman mukana levossa poistuu noin 200 ml hiilidioksidia minuutissa (siis noin 2,5 % uloshengitysilma) ja rasiuksen aikana paljon enemmän.

Hiilidioksidia käytetään teollisuudessa mm. elintarvikkeiden jäähdytyksessä ja pakastamisessa, virvoitusjuomien ja oluen hiilihapotuksessa sekä elintarvikkeiden suojakaasupakkaamisessa. Hiilidioksidikaasua käytetään myös juoma-, pesu-, prosessi ja jäteveden käsittelyssä, selluteollisuudessa massan pesun tehostuksessa, mäntyöljyn valmistuksessa, kutistusliitoksissa,

putkenjäädätyksessä, hiilidioksidilannoituksessa kasvihuoneissa sekä eläinten tainnutuksessa.

Koska hiilidioksidikaasu on kemiallisesti inerttiä, sitä käytetään hapettumissuojauksessa, hitsaussuojakaasuissa, laserkaasuissa, palojen ja räjähdysten ehkäisyssä ja palonsammutuksessa. Hiilidioksidia käytetään myös lääkkeellisessä karbogeeniä, joka on lääkkeellisen hapen ja lääkkeellisen hiilidioksidin seos (OVA, 1994).

Panimoiden kellarissa suoritetuissa mittauksissa havaittiin hiilidioksidin keskipitoisuudeksi työpäivän aikana 10 800 ppm (Riley ja Bromberger-Barnea, 1976).

Neljässä elintarviketehtaassa, joissa käsiteltiin siipikarjaa, esiintyi osastosta riippuen lyhytaikaisesti keskimäärin 3700 – 33 000 ppm:n hiilidioksidipitoisuuksia. Työpäivän keskipitoisuudet vaihtelivat 800 ppm:stä 25 000 ppm:ään (Jacobs ja Smith, 1988).

Rahtilentokoneissa on esiintynyt vaaratilanteita pakastetun ruuan jäähdytykseen käytetyn hiilihappojään kaasuunuttua (Nutall, 1958; Anon, 2001).

Uudempana käyttöalueena on mainittu myös paineenalaisen hiilidioksidin käyttö luottimena orgaanisten yhdisteiden sijasta.

Työilmaan voi rikastua hiilidioksidia suljetuissa olosuhteissa, kuten sukellusveneissä ja avaruusaluksissa tai muualla, kuten luokkahuoneissa, missä käytettävään ilmatilaan nähden uloshengityksestä vapautuu hiilidioksidia enemmän kuin ilmastointi pystyy poistamaan. Sukellusveneissä ja avaruusaluksissa kiertoilman ylimääräinen hiilidioksidi imeytetään absorbentteihin, kuten litiumhydroksidiin.

Vanhoissa sukellusveneissä hiilidioksidipitoisuuden ylärajana on pidetty 7000 ppm (Edge, 1987). NASA:n käyttämä lyhytaikainen (24 tuntia) hiilidioksidiraja-arvo avaruusaluksissa on 13 000 ppm ja pitkäaikainen (180 päivää) raja-arvo 7000 ppm (James ja Gardner, 1996).

Eriytynen työilman hiilidioksidilähde voi olla ortopedisessä kirurgiassa käytetty eristyspuku. Näitä pukuja käytettäessä hengitysilman hiilidioksidipitoisuudeksi on mitattu keskimäärin 5500-11700 ppm (Echt ja muut, 1998).

Aineenvaihdunta

Hiilidioksidi siirtyy hengitysilmaasta keuhkojen kautta verenkiertoon ja poistuu kon-sentroituneempana uloshengityksen mukana.

Hiilidioksidi esiintyy verenkierrossa osin bikarbonaattina, osin hiilidioksidina ja osin sitoutuneena karbaminoyhdisteisiin.

Hiilidioksidin huumaava vaikutus perustuu happo-emästasapainon häiriintymiseen, joka johtaa valtimoveren ja selkäydinnesteen pH:n laskuun.

Terveysvaikutukset

Ihmisiä koskevat tiedot

Yli 2 % (20 000 ppm) hiilidioksidipitoisuudet kiihdyttävät hengitystä ja aiheuttavat päänsärkyä. Yli

7,5 % (75 000 ppm) pitoisuudet huonontavat henkistä suorituskykyä, aiheuttavat levottomuutta, sekavuutta ja näköhäiriöitä. Yli 10 % (100 000 ppm) pitoisuudet aiheuttavat hengenahdistusta, kovaa päänsärkyä, kuulon heikkenemistä, pahoinvointia, oksentelua, tukehtumisen tunnetta, hikoilua, tokkuraista oloa ja tajuttomuuden noin 15 minuutin kuluessa (OVA, 1994).

Hyvin korkeat ilman hiilidioksidipitoisuudet voivat aiheuttaa silmissä pistelyä (OVA, 1994).

Sukellusveneessä 22 päivän ajan 24 tuntia vuorokaudessa pitoisuudelle 10 000 ppm hiilidioksidia altistuneilla havaittiin veren kalsiumin laskua ja fosforierityksen virtsaan vähenemistä osoituksena lievistä aineenvaihdunnallisesta stressistä (Gray, 1950).

Pitkäaikainen jatkuva altistuminen pitoisuudelle 10 000 – 20 000 ppm hiilidioksidia aiheutti kudoshappoisuutta (asidoosia) ja lisämunuaiskuoren häiriötä (Borum ja muut, 1954).

Sukellusveneessä 42 päivän ajan pitoisuudelle 15 000 ppm hiilidioksidia altistuneilla 23 miehellä esiintyi lieviä stressireaktioita ja tiettyjä fysiologisia adaptaatioilmiöitä (Ebersole, 1960).

Useiden tuntien altistuminen pitoisuudelle 20 000 ppm hiilidioksidia aiheutti päänsärkyä ja lievässä ponnistuksessa ilmenevää hengenahdistusta (Schulte, 1964).

Altistuminen pitoisuudelle 8000 - 12 000 ppm hiilidioksidia jatkuvasti 21-27 päivän ajan aiheutti 31 sukellusvenemiehelle kudoshappoisuutta, hiilidioksidin sitoutumista luustoon ja edelleen kalsiumin irtautumiseen luustosta (Messier ja muut, 1983).

Ortopedisien kirurgian eristyspukuja käyttäneillä esiintyi päänsärkyä, ärtyvyyttä, ja hikoilua. Suoritetuissa mittauksissa eri tyyppisiä eristyspukuja käytettäessä hiilidioksidin keskipitoisuudeksi saatiin 5500-11700 ppm (Echt ja muut, 1998).

Ravintoloissa ja niiden hiilidioksidin toimituksessa on sattunut hiilidioksidimyrkytyksiä (Anon, 1997; Louis ja muut, 1999).

Hiilidioksidin aiheuttamia työperäisiä kuolemantapauksia viinitiloilta ja panimoista on kuvattu (Anon, 1986a; Anon, 1986b; Guillemin ja Horisberger, 1994; Anon, 2003). Myös automaattisammutuslaitteiden laukeaminen on johtanut työperäiseen hiilidioksidikuolemaan (Gros ja muut, 1987).

Kahden maanalaisessa holvissa työskennelleen vesimittarin lukijan kuolema aiheutui joko suoraan tai epäsuoraan hapenpuutteesta. Jälkeenpäin selvitettyä onnettomuuspaikan happipitoisuus oli kolmenkymmenen päivän seuranta-aikana 15 % ja hiilidioksidipitoisuus 2,5 % (Zugibe ja muut, 1987).

Eläinkokeiden havainnot

Munuaiskalkkeja havaittiin marsuilla, jotka olivat altistuneet pitoisuudelle 5000 ppm hiilidioksidia (Seter, 1994). Marsuilla kohonnut hiilidioksidipitoisuus johtaa kalsiumin irtoamisen luustosta. On arveltu, että marsu olisi tässä suhteessa huono malli.

HTP- arvon perusteet

Hiilidioksidin HTP- arvoa asetettaessa keskeisiä ovat sen hengityselin-, keskushermosto- ja

aineenvaihdunnalliset vaikutukset. Eläinkokeissa haitallisia vaikutuksia, kuten munuaisten kalkkeutumista, on esiintynyt jo pitoisuudella 5000 ppm. Ihmisillä pidempiaikaisessa altistuksessa vaikutuksia on esiintynyt 8000 ppm:stä alkaen, mahdollisesti myös keskipitoisuudella 5500-11 700 ppm.

Euroopan Unionin komissio on asettanut hiilidioksidin viiteraja-arvoksi 5000 ppm kahdeksan tunnin vertailuaikana.

Kemian työsuojeluneuvottelukunta esittää, että hiilidioksidin haitallisia vaikutuksia voidaan estää pitämällä voimassa oleva kahdeksan tunnin vertailuajan HTP-arvo 5000 ppm edelleen voimassa.

Eri asettajien ilman epäpuhtauksien raja-arvojen vertailu

Eri maissa on voimassa seuraavanlaisia työilman hiilidioksidipitoisuuden raja-arvoja.

Asettaja	Vuosi	Vertailuaika						Huomaus
		8 h		15 min		Hetkellinen		
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
Suomi	2002	5000	9100	-	-	-	-	-
Ruotsi	2000	5000	9000	10000	18000	-	-	-
Norja	2001	5000	9000	-	-	-	-	-
Tanska	2002	5000	9000	-	-	-	-	-
Hollanti	2002	5000	9000	-	-	-	-	-
Saksa	1999	5000	9100	10000	18200	-	-	-
Englanti	2002	5000	9150	15000	27400	-	-	-
ACGIH	2003	5000	-	30000	-	-	-	-
EU	2003	5000	9000	-	-	-	-	-
Ehdotus, Suomi	2004	5000	9100	-	-	-	-	-

Viitteet

Anon (1986a): FACE Report: Worker Dies in Fermentation Tank in Montana, Division of Safety Research, NIOSH, US DHHS, Morgantown, WV, Report Number FACE-86-13, 5 s.

Anon (1986b): Pesijä tukehtui säiliöön, Työ Terveys Turvallisuus 1/1986, 31.

Anon (1997): Carbon Dioxide and the Confined Space Threat, Safety Health Practitioner, September 1997, 38-39.

Anon (2001): Killer Gas, Why Pilots Need to Watch out for the Dry Ice in the Hold, New Scientist 16 June 2001, 16.

- Anon (2003): Gefahren im Weinkeller, Sicherheitsmagazin 10/2003,12-13.
- Borum, VF, Schaefer, KE ja Hastings, BJ (1954): The Effecto of Exposure to Elevated Carbon Dioxide Tension over a Prolonged Period on Basal Physiological Functions and Cardiovascular Capacity, US Navy Med Res Lab Rept 241, 1-19.
- Ebersole, JH (1960): The New Dimensions of Submarine Medicine, N Engl J Med 262, 599-610.
- Echt, A, Burroughs, GE, Rubman, MH, ja muut (1998): Carbon Dioxide Exposures to Medical Personnel as a Result of Wearing Surgical Isolation Suits, Appl Occup Environ Hyg 13, 87-90.
- Edge, CA (1987): Indoor Air Quality Lessons from Submarine Environmental Systems, Proceedings of the ASHRAE Conference IAQ 87, May 18-20, Arlington, Va, 255-260.
- Gray, SP (1950): Pulmonary Ventilation and Its Physiologic Regulation, Chas. Thomas Pub., Springfield, IL.
- Gros, P, de Madre, J ja Dobel, M (1987): Fatal Accident in a Computer Science Centre: Prevention of Roisks Caused by Accidental Discharge of Gaseous Extinguishing Agents, Securite Med Travail 76, 40-42.
- Guillemin, MP ja Horisberger, B (1994): Fatal Intoxication due to an Unexpected Presence of Carbon Dioxide, Ann Occup Hyg 38, 951-957.
- James, JT ja Gardner, DE (1996): Exposure Limits for Airborne Contaminants in Spacecraft Atmospheres, Appl Occup Environ Hyg 11, 1424-1432.
- Louis, F, Guez, M, Le Bacle, C (1999): Intoxication par Inhalation de Dioxyde de Carbone, DMT- Documents Med Travail 79, 179-194.
- Messier, AA, Heyer, E, Braithwaite, WR, ja muut (1983): Undersea Med; viittaus MAK-Werte, Kohlendioxid, 4.7.1983.
- Nutall, JB (1958): Hazards of Carbon Dioxide, JAMA 168, 1962.
- OVA (1994): Hiilidioksidi. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet. Turvallisuusohje, Chemas Oy, Helsinki, 8 s.
- Riley, RL, Bromberger-Barnea, B (1976): Monitoring Exposure of Brewery Workers to CO₂: A Study of Cellar Workers and Controls, Arch Environ Health, 92.
- Schulte, JH (1964): Sealed Environments in Relation to Health and Disease, AMA Arch Environ Health 8, 438-451.
- Seter, AJ (1994): Allowable Exposure Limits for Carbon Dioxide during Extravehicular Activity, Govt Reports Announcements & Index (GRA&I), No. 1, 1994, 42 s.
- Zugibe, FT, Costello, JT, Breithaupt, MK, ja muut (1987): The Confined Space-Hypoxia Syndrome, J Forensic Sci 32, 554-560.