

# SINKKIOKSIDI, HUURUT

## HTP-ARVON PERUSTELUMUISTIO

### Yksilöinti ja ominaisuudet

CAS No	1314-13-2
EEC No	030-013-00-7
EINECS No	215-222-5
Kaava	ZnO
Synonyymit	Sinkkivalkoinen CI Pigment White 4 C.I. 77947
Molekyylipaino	81,39
Tiheys	5,61
Sulamispiste	1975°C
Varoitusmerkit	N
R-lauseet	50/53

Sinkkioksidi on hajuton, valkoinen tai kellertävä jauhe. Se ei liukene veteen, vaan laimeaan etikkahappoon ja mineraalihappoihin sekä ammoniakkiin

### Esiintyminen ja käyttö

Sinkkioksidihuuruille altistutaan tavallisimmin metalliyhdisteiden ja galvanoitujen metallituotteiden hitsauksessa. Sinkkihuuruille voidaan altistua myös sinkin valmistuksessa, sinkkipitoisten aineiden kuumennuksessa ja hehkutuksessa sekä sinkkipitoisten metalliseosten valmistuksessa, sulatuksessa ja valussa, polttoleikkauksessa ja hionnassa, sinkityksessä sekä sinkkipitoisten väriaineiden valmistuksessa ja käytössä.

Työterveyslaitoksen mittausrekisterin mukaan vuosina 1994-8 20 yrityksessä tehdyssä 84 mittauksessa työilman sinkkioksidihuurujen pitoisuus oli keskimäärin 0,6 mg/ m<sup>3</sup> (vaihteluväli 0,1-10 mg/m<sup>3</sup>) ja vuosina 1999-2003 18 yrityksessä suoritetuissa 83 mittauksessa keskimäärin 1,2 mg/m<sup>3</sup> (vaihteluväli 0,3-17 mg/ m<sup>3</sup>) (Työterveyslaitos, 2005)

### Aineenvaihdunta

Sinkkioksidihuurut voivat hengitettynä läpäistä keuhkorakkulan ja päästä verenkiertoon. Huuruille altistuneilla työntekijöillä on joissain tutkimuksissa havaittu hieman kohonneita veren seerumin ja virtsan sinkkipitoisuuksia.

Imeytynyt sinkki jakautuu lihaksiin 60% ja luustoon 30%. Veren plasmassa se on sitoutunut eri valkuaisaineisiin. Se erittyy nopeasti pääasiassa ulosteisiin ja alle 5% virtsaan. Sinkille ei tapahdu aineenvaihdunnallisia muutoksia elimistössä.

### Terveysvaikutukset

#### Ihmisiä koskevat tiedot

Sinkkihuurujen hengittäminen voi aiheuttaa metallikuumeen, jonka oireita ovat kuumeen lisäksi lihaskivut, vilutus, yskä, päänsärky, näköhäiriöt, ohimenevä hengenahdistus, metallin maku, oksentelu sekä mahdollisesti vatsavaivat.

Suomalaisessa tutkimuksessa ei sinkkioksidille altistuneilla työntekijöillä todettu kroonisia sinkin aiheuttamia vaikutuksia hengitysteissä pitoisuustasolla 2,5-4,5 mg/m<sup>3</sup> (Roto, 1980).

Kahdellatoista aiemmin altistumattomalla vapaaehtoisella koehenkilöllä, joita altistettiin kahden tunnin ajan pitoisuudelle 5,0 mg sinkkioksidihuuruja/m<sup>3</sup> todettiin lieviä oireita ja kuumetta (Beckett ym., 1996).

Viisitoista vapaaehtoista koehenkilöä altistettiin 10-30 minuutin ajan pitoisuudelle 20-42 mg sinkkioksidihuuruja/ m<sup>3</sup>. Keuhkoputkihuuhtelunäytteiden perusteella tutkijat totesivat, että pienet sinkkioksidin huurujen pitoisuudet aiheuttavat varhaisia sytokiinivasteita, jotka voivat olla yhteydessä metallikuumeen syntyyn (Kuschner ym., 1997).

Keuhkojen toimintaa verrattiin 57:llä terästehtaassa sinkkioksidihuuruille altistuneella ja 55 altistumattomalla työntekijällä. Altistuneiden hengitysvyöhykepitoisuus oli keskimäärin 5,1 mg sinkkioksidia/ m<sup>3</sup>. Altistuneilla oli kurkkukipua ja yskää merkitsevästi altistumattomia useammin, ja hengitystoiminnan muutoksia kahdella eri menetelmällä tutkittaessa (Pasker ym., 1997).

Vapaaehtoisilla tehdyissä kokeissa havaittiin kahden tunnin altistuksen pitoisuudelle 2,5 mg tai 5 mg sinkkioksidia/ m<sup>3</sup> voivan aiheuttaa metallikuumetta (Gordon ym., 1992; Fine ym., 1997). Samojen tutkijoiden mukaan keuhkotulehdus ja sytokiinien kohonnut tuotanto jatkuivat kolmen päivittäisen altistumisen seurauksena pitoisuudelle 3 mg sinkkioksidia/m<sup>3</sup> (Fine ym., 2000).

Kahdellatoista vapaaehtoisella ei kahden tunnin altistuminen pitoisuudelle 0,5 mg sinkkioksidia/m<sup>3</sup> aiheuttanut välittömiä systeemisiä vaikutuksia (Beckett ym., 2005). Sinkkioksidille sähköhitsauksessa 14 ja 18 vuoden ajan altistuneilla kahdella työntekijällä todettiin pneumokonioosi (pölykeuhko), jonka merkinä radiologisesti oli nähtävissä pieniä pyöreitä ja epäsäännöllisiä samenia keuhkokuvauksessa. hengitysfunktio, ei kummallakaan ollut huonontunut (Soleo ym., 1984).

Sinkkiä hitsanneella 34-vuotiaalla työntekijällä kuvattiin nokkosrokkoa ja angioedeemaa (paikallista ihoturvotusta) välittömänä reaktiona sekä niihin liittyen metallikuumetta. Yhteys varmistettiin provokaatiokokeella (Farrell, 1987).

Sulattotyöntekijän yliherkkyyskeuhkotulehdus on kuvattu sinkkihuuruille altistuneella. Oireina esiintyi toistuvasti yskää, hengenahdistusta ja kuumetta. Keuhkoputken huuhtelunäytteen soluista saatiin viitteitä yliherkkyyskeuhkotulehduksesta keuhkoputkissa ja -rakkuloissa (Ameille ym., 1992).

## Eläinkokeiden havainnot

Sinkkioksidi ärsyttää lievästi ihoa ja silmiä.

Altistettaessa marsuja pitoisuudelle 0,9 mg sinkkioksidihuuruja/m<sup>3</sup> yhden tunnin ajan havaittiin keuhkojen komplianssin (kimmoisuusominaisuuden) etenevää huononemista (Amdur ym., 1982).

Kun marsuja altistettiin pitoisuudelle 5,2-8,4 mg sinkkioksidia /m<sup>3</sup> kolme tuntia päivässä 5-6 perättäistä päivää havaittiin asteittaista keuhkojen kokonaiskapasiteetin ja vitaalikapasiteetin laskua (Lam ym., 1985; Lam ym., 1988).

Altistettaessa marsuja pitoisuudelle 2,3 mg sinkkioksidia/m<sup>3</sup> kolme tuntia päivässä kolmen päivän ajan havaittiin koe-eläimillä keuhkovaurioita ja -tulehdusta (Conner ym., 1988).

Rotille henkitorveen suspensiossa annettu 100 mikrogrammaa aiheutti keuhkoputken huuhtelunesteessä joidenkin entsyymien ja valkuaisainien pitoisuuden nousua. Havaintojen perusteella tutkijat pitivät voimassa ollutta työilmaraja-arvoa 5 mg sinkkioksidia/m<sup>3</sup> luultavasti liian korkeana (Hirano ym., 1989).

Hiirillä viisi päivittäistä kolmen tunnin altistumista pitoisuudelle 1 mg sinkkioksidia/m<sup>3</sup> aiheutti etenevää keuhkovauriota, josta osoituksena oli valkuaisainien vuoto keuhkoputken huuhtelunesteeseen (Wesselkamper ym., 2001a; Wesselkamper ym., 2001b).

## HTP-arvon perusteet

Sinkkioksidihuuruja työilmaraja-arvoa asetettaessa keskeisiä ovat sen metallikuumetta aiheuttavat vaikutukset, joita voi esiintyä vapaaehtoisilla tehtyjen tutkimusten perusteella jo pitoisuudella 2,5 mg /m<sup>3</sup> kahden tunnin altistuksessa. Myös eläinkokeissa on havaittu keuhkomuutoksia pitoisuustasolla 1-2,5 mg sinkkioksidihuuruja/m<sup>3</sup> kolmentunnin altistuksessa.

Kemian työsuojeluneuvottelukunta esittää, että sinkkioksidihuuruja haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää asettamalla HTP-arvoksi 2 mg/m<sup>3</sup> kahdeksan tunnin vertailuaikana ja 10 mg/m<sup>3</sup> viidentoista minuutin vertailuaikana.

## Eri asettajien ilman epäpuhtauksien vertailu

Eri maissa on voimassa seuraavanlaisia työilman sinkkioksidihuuruja pitoisuuden raja-arvoja.

Asettaja	Vuosi	Vertailuaika				Huomautus
		8 h	15 min	8 h	15 min	
		ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	
Suomi	2005	-	5	-	-	-
Ruotsi	2005	-	5	-	-	-
Norja	2003	-	5	-	-	-
Tanska	2005	-	4	-	-	-
Hollanti	2006	-	5	-	-	-
Saksa	1998	-	1,5	-	-	-
Englanti	2005	-	-	-	-	-
ACGIH	2006	-	2	-	10	-
Ehdotus, Suomi	2007	-	2	-	10	-

## Viitteet

- Ameille, J; Brechot, J; Brochard, P. ja muut (1992): Occupational Hypersensitivity Pneumonitis in a Smelter Exposed to Zinc Fumes, *Chest* 101, 862-3
- Amdur, M; McCarthy, J. ja Gill, M. (1982): Respiratory Response of Guinea Pigs to Zinc Oxide Fume, *AIHA J* 43, 887-889
- Beckett, W; Chalupa, D; Pauly-Brown, A. ja muut (2005): Comparing Inhaled Ultrafine versus Fine Zinc Oxide Particles in Healthy Adults: A Human Inhalation study, *Am J Respir Crit Care Med* 171, 1129-1135
- Beckett, W; Chen, L; Cosma, G. ja muut (1996): Metal Fume Fever, Occupational Medicine Program, Yale University, New Haven, Connecticut, Grant No.R01-OH-02987, 34 s
- Conner, M; Flood, W; Rogers, A. ja muut (1988): Lung Injury in Guinea Pigs Caused by Multiple Exposures to Ultrafine Zinc Oxide: Changes in Pulmonary Lavage Fluid, *J Toxicol Environ Health* 25, 57-69
- Farrell, F. (1987): Angioedema and Urticaria as Acute and Late Phase Reactions to Zinc Fume Exposure, with Associated Metal Fume Fever-Like Symptoms, *Am J Ind Med* 12, 331-7
- Fine, J; Gordon, T; Chen, L. ja muut (1997): Metal Fume Fever: Characterization of Clinical and Plasma IL-6 Responses in Controlled Human Exposures to Zinc Oxide Fume, *J Occup Environ Med* 39, 722-726
- Fine, J; Gordon, T; Chen, L. ja muut (2000): Characterization of Clinical Tolerance to Inhaled Zinc Oxide in Naïve Subjects and Sheet Metal Workers, *J Occup Environ Med* 42, 1085-1091
- Gordon, T; Chen, L; Fine, J. ja muut (1992): Pulmonary Effects of Inhaled Zinc Oxide in Human Subjects, Guinea Pigs, Rats, and Rabbits, *AIHA J* 53, 503-509
- Hirano, S; Higo, S; Tsukamoto, N. ja muut (1989): Pulmonary Clearance and Toxicity of Zinc Oxide Instilled into the Rat Lung, *Arch Toxicol* 63, 336-342
- Kuschner, W; D'Alessandro, A; Wong, H. ja muut (1997): Early Pulmonary Cytokine Responses to Zinc Oxide Fume Inhalation, *Environ Res* 75, 7-11
- Lam, H; Chen, L; Ainsworth, D. ja muut (1988): Pulmonary Function of Guinea Pigs Exposed to Freshly Generated Ultrafine Zinc Oxide with and without Spike Concentrations, *AIHAJ* 49, 333-341
- Lam, H; Conner, M; Rogers, A. ja muut (1985): Functional and Morphological Changes in the Lungs of Guinea Pigs Exposed to Freshly Generated Ultrafine Zinc Oxide, *Toxicol Appl Pharmacol* 78, 29-38
- Pasker, H; Peeters, M; Genet, P. ja muut (1997): Short-Term Ventilatory Effects in Workers Exposed to Fumes Containing Zinc Oxide: Comparison of Forced Oscillation Technique with Spirometry, *Eur Resp J* 10, 1523-1529
- Roto, P. (1980): Asthma, Symptoms of Chronic Bronchitis and Ventilatory Capacity among Cobalt and Zinc Production Workers, *Scand J WEH* 6, Suppl 1, 49 s
- Soleo, L; Colaianni, P. ja Ambrosi, F. (1984): Pneumoconioses due to Zinc Oxide: Case Study, *Rivista Medicina Lavoro Igiene Industriale* 8, 13-20
- Työterveyslaitos (2005): Työpaikkojen ilman epäpuhtaudet 1994-2003, Työterveyslaitos, Helsinki, 91
- Wessellkamper, S; Chen, L. ja Gordon, T. (2001a): Development of Pulmonary Tolerance in Mice Exposed to Zinc Oxide Fumes, *Toxicol Sci* 60, 144-151
- Wessellkamper, S; Chen, L; Kleerger, S. ja muut (2001b): Genetic Variability in the Development of Pulmonary Tolerance to Inhaled Pollutants in Inbred Mice, *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 281, 1200-1209