



Työterveyslaitos

TAVOITETASO TY-02-2010  
1.12.2010

## **Kromimetallin ja epäorgaanisten kromi(III)-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio**

---

### **Työterveyslaitos**

Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki  
puh. 030 4741, faksi 030 474 2779

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

## Otsikko

## Sisällysluettelo

YHTEENVETO.....	1
1 Fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet .....	1
2 Vertailu- ja raja-arvoja kromille eri maissa .....	2
3 Altistuminen .....	2
3.1 Altistumistasot suomalaisilla työpaikoilla .....	2
3.2 Ei-työperäinen altistuminen .....	3
4 Altistumisen hallintakeinot .....	3
5 Terveysvaikutukset .....	3
5.1 Kulkeutuminen elimistöön, aineenvaihdunta ja poistuminen elimistöstä .....	3
5.2 Lyhytaikaisen altistumisen vaikutukset.....	4
5.3 Pitkäaikaisen altistumisen vaikutukset .....	5
5.4 Yhteenveto terveysvaikutuksista .....	6
6 Ehdotus kromin ja kromi(III)-yhdisteiden tavoitetasoksi.....	6
7 Kirjallisuus.....	7

## YHTEENVETO

### Ehdotetut tavoitetasot

Taulukko 1. Tavoitetasot ja HTP-arvot

Aine tai aineryhmä	Tavoitetaso	Yleinen teollisuustaso	HTP-arvo
	8 h, mg/m <sup>3</sup>	8 h, mg/m <sup>3</sup>	8 h, mg/m <sup>3</sup>
Kromimetalli	0,01	0,1	0,5
Kromi(III)-yhdisteet	0,01	0,1	0,5

## 1 Fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet

Kromi on epäjalo metalli, joka esiintyy eri hapettumisasteilla -II:sta +VI:een. Tärkeimpiä hapettumisasteita ovat 0, +III ja +VI, ja termodynaamisesti stabiilein on +III. Ympäristössä suurin osa kromista esiintyy kolmenarvoisena. Maaperän kromipitoisuus on noin 125 ppm. Kromia ei kuitenkaan ole ympäristössä puhtaana metallina, vaan metallinen kromi valmistetaan metallurgisesti tai elektrolyyttisesti. Kromin sulamispiste on 1900 °C eikä se liukene veteen eikä orgaanisiin liuottimiin. Kromimetallin pinnassa on aina itsestään muodostuva kromi(III)oksidikerros, minkä takia kromi kestää korroosiota hyvin (ICDA 2006).

Tässä muistiossa keskitytään kromiin ja sen kolmenarvoisiin yhdisteisiin. Liukenemattomia tai niukkaliukoisia kromiyhdisteitä ovat puhtaan kromimetallin lisäksi kromiitti, kromi(III)oksidi, kromi(III)hydroksidi, ja kromi(III)fosfaatti. Tärkeimpiin liukoisiin kromi(III)-suoloihin kuuluvat emäksinen kromisulfaatti, kromi(III)nitraatti, kromi(III)asettaatti, kromi(III)kloridi heksahydraatti sekä kromi(III)lignosulfonaatit (ICDA 2006).

## 2 Vertailu- ja raja-arvoja kromille eri maissa

Taulukko 2. Työhygieenisiä raja-arvoja kromille ja sen (II, III)-yhdisteille. (viite Gestis)

Maa	Cr (mg/m <sup>3</sup> )	Cr (15min) (mg/m <sup>3</sup> )
Englanti	0,5	-
Espanja	2	
EU	2 <sup>a</sup>	
Ranska	2	
Ruotsi	0,5	
Saksa (AGS)	2 <sup>b</sup>	2 <sup>c</sup>
Suomi	0,5	
Sveitsi	0,5 <sup>b</sup>	-
Tanska	0,5	1
Unkari	0,5	2
USA (ACGIH)	0,5	
USA (OSHA)	0,5	-

<sup>a</sup> Viitteellinen raja-arvo (Indicative Occupational Exposure Limit Value IOELV)

<sup>b</sup> Hengitettävä aerosoli

<sup>c</sup> 15 minuutin keskiarvo

## 3 Altistuminen

### 3.1 Altistumistasot suomalaisilla työpaikoilla

Suomessa on n. 25 000 kromi III:lle altistuvaa työntekijää (FINJEM 2010). Kromialtistusta tapahtuu kromiseosten ja -yhdisteiden valmistuksessa ja käsittelyssä, ruostumattoman teräksen hitsauksessa ja polttoleikkauksessa, metallien hionnassa, valussa ja pintakäsittelyssä, väriaineiden (kromioksidi ja orgaaniset kromiyhdisteet) valmistuksessa ja käsittelyssä, sekä nahan parkituksessa (kromisulfaatti). Suurimmat altistuneet ammattiryhmät ovat hitsaajat, kaasuleikkaajat ja -polttajat sekä ohut- ja paksulevysepät. Voimakkaimmin altistutaan hitsaus- ja hiontatyössä. Kromille altistuminen työssä tapahtuu kromia sisältävien pölyjen ja huurujen kautta hengitysteitse tai ihokontaktin kautta.

Työterveyslaitos on koonnut tilastoraportin kromialtistumisista suomalaisilla työpaikoilla (Saalo ym. 2010). Kromimetallista ja sen II ja III -yhdisteistä on mittaustuloksia kertynyt 297 kpl vuosina 2004-2007. Mittausten keskiarvo oli 0,07 mg/m<sup>3</sup> ja mediaani 0,007 mg/m<sup>3</sup>. HTP-arvon 0,5 mg/m<sup>3</sup> ylityksiä oli 6 kpl.

Pitoisuustasot olivat suurimmat hitsaustyössä ja kromimetallia mitattiin ilmasta 0,002-2,4 mg/m<sup>3</sup> (keskiarvo 0,177 mg/m<sup>3</sup>). Metallin valussa yleisilman kromi(II,III)-yhdisteiden pitoisuudet olivat 0,0012-0,38 mg/m<sup>3</sup>; keskiarvo oli 0,074 mg/m<sup>3</sup> (Saalo ym. 2010). Ferrokromitehtaassa on raportoitu ilman pölypitoisuuksia 1,5 mg/m<sup>3</sup>. Pölyn kromipitoisuus oli keskimäärin 5-10%. Kromista yli 99% oli kolmiarvoista kromia. Suomalaisessa tutkimuksessa on selvitetty työntekijöiden terveydentilaa ferrokromi- ja terästehtaassa sekä kromiittikaivoksella. Kolmiarvoiselle kromille altistuneilla esiintyi enemmän hengitystieoireita kuin vertailuryhmällä (Huvinen ym. 2002). Nahan parkitsemisessa, jossa työntekijät altistuvat kromisulfaatile, kromipitoisuudet ilmassa ovat olleet alhaisia, < 30 µg/m<sup>3</sup> (Kiilunen 1994). Metallien pintakäsittelystä ilmaan vapautuvista kromi(III)-yhdisteistä saadut mittausarvot ovat olleet alle 5 µg/m<sup>3</sup>. Jätehuollossa pitoisuudet ovat olleet alle 3 µg/m<sup>3</sup> (Saalo ym. 2010).

### 3.2 Ei-työperäinen altistuminen

Kromi(III) on elimistölle välttämätön hivenaine, joka osallistuu glukoosin aineenvaihduntaan. Sitä löytyy kaikista ruoka-aineista, useimmista alle 100 µg/kg. Suurimmat pitoisuudet löytyvät säilykehedelmistä, kananmunista ja äyriäisistä. Hengitysilma saatu määrä on arviolta 0,2-0,6 µg/kg (ICDA 2006). Juomaveden sisältämät kromimäärät ovat hyvin alhaisia. EU:ssa on asetettu juomaveden kromin raja-arvoksi 50 µg/l. Kohonneita kromipitoisuuksia on tavattu lonkkatekonivelpotilailla. Vereen voi vapautua kromimetallia tekonivelen metallisen liukupinnan kulumisesta johtuen.

## 4 Altistumisen hallintakeinot

Parhaat keinot kromille altistumisen hallitsemiseksi ovat tekniset toimenpiteet työilman puhtauden turvaamiseksi sekä henkilökohtainen suojautuminen, kuten hengityssuojaimet, suojavaatteet ja käsineet.

Hitsauksessa on tärkeää estää hitsaussavun (huurun ja kaasun) pääsy hengityselimiin. Paras keino haittojen hallitsemiseksi on valita sellainen hitsausprosessi, joka kehittää mahdollisimman vähän hitsaussavua. Pelkkä yleisilmanvaihto ei riitä takamaan hitsaussavun poistoa hitsaajan hengitysvyöhykkeeltä, vaan tarvitaan kohdeilmanvaihto, jotta poistoilma ei kulje hitsaajan hengitysvyöhykkeen kautta. Ellei kohdeilmanvaihdon käyttö vähennä altistumista riittävästi, tulee käyttää henkilökohtaista hengityksensuojainta (KAMAT-tietokortit).

## 5 Terveysvaikutukset

### 5.1 Kulkeutuminen elimistöön, aineenvaihdunta ja poistuminen elimistöstä

Kromi on elimistölle välttämätön hivenaine, joka imeytyy ruoasta pieninä määrinä. Riittävä saantimäärä aikuisille naisille on 25 µg/vrk ja miehille 35 µg/vrk (EFSA 2006, Panel on micronutrients 2000).

Kromin liukenemista kromimetallista ja niukkaliukoisista kromi(III)-yhdisteistä tai valmisteista (esimerkiksi kromi(III)oksidi, ferrokromi, ruostumaton teräs) on tutkittu erilaisissa synteettisissä biologisissa nesteissä, kuten keinotekoisessa hiessä, keuhkonesteessä, mahahapossa ja kyynelnesteessä. Kromin liukeneminen on kaikissa nesteissä erittäin pientä, josta voidaan päätellä että altistumisen seurauksena elimistössä liuenneena esiintyvät, mahdollisia terveysvaikutuksia aiheuttavat, kromimäärät ovat erittäin alhaiset (Midander ym. 2010, Hedberg ym. 2010).

Vesiliukoisista kromi(III)-yhdisteistä imeytyy hengitystiealtistumisen jälkeen noin 5 % muutamassa tunnissa, jonka jälkeen pieniä määriä imeytyy useamman kuukauden ajan. Suun kautta altistuttaessa imeytyy vielä pienempiä määriä, yleensä < 2 % (WHO 2009).

Kromin kulkeutumista kromimetallipulverista ihon lävitse on testattu koe-olosuhteissa, ja nähtiin että 99 % kromista jäi ihoon eikä se kulkeutunut ihon lävitse. Tämän perusteella systemaattisia vaikutuksia ei ole odotettavissa iho-altistumisen seurauksena (Larese Filon 2009). Vesiliukoiset kromi(III)-suolat voivat läpäistä ihon, mutta pääsystä verenkiertoon ei ole tietoa (WHO 2009).

Imeytynyt kromi(III) sitoutuu plasmassa suuriin proteiineihin, esimerkiksi transferriniiniin, jossa se kilpailee raudan sitoutumisen kanssa. Kromi(III) kiinnittyy myös pieneen spesifiseen oligopeptidiin (low-molecular-weight chromium binding substance). Verestä kromi kulkeutuu pääasiassa maksaan, munuaisiin, pernaan ja luustoon. Imeytynyt kromi(III) poistuu elimistössä lähinnä virtsan, ja pienissä määrin ulosteiden, mukana (WHO 2009).

## 5.2 Lyhytaikaisen altistumisen vaikutukset

### Ihmisperäiset tiedot

Kirjallisuudesta löytyy muutamia julkaisuja, joissa selostetaan työntekijöiden herkistymistä liukoisia kromi(III)suoloja käsiteltäessä. On myös raportoitu tapauksista, joissa ihon herkistymistä on havaittu kromilla käsiteltyjen nahka-asusteiden/kenkien käytön seurauksena (WHO 2009). Voidaan kuitenkin pitää epätodennäköisenä, että kromi(III) nahassa aiheuttaisi kuluttajien herkistymistä, mutta sen sijaan on osoitettu, että kromi(III) saattaa aiheuttaa allergisia oireita aiemmin kuudenarvoiselle kromille herkistyneillä henkilöillä (Hansen ym. 2003). Näissä tapauksissa on myös kiinnitettävä huomiota siihen, että usein nahassa saattaa myös esiintyä kromi(VI)-yhdisteitä (Hansen ym. 2002). Niukkaliukoiset kromi(III)-yhdisteet eivät ole ihoa herkistäviä.

Kromin pintakäsittelyä tekevien ja kromimalmin kanssa työskentelevien joukossa on esiintynyt tapauksia, joissa on havaittu kromin aiheuttamaa hengitysteiden herkistymistä. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole voitu osoittaa aiheuttaako kromi(III) astmaa, koska samanaikaisesti esiintyy yleensä myös muuta altistumista, esimerkiksi kromi(VI):lle (Park ym. 1994, WHO 2009).

### Tiedot eläinkokeista

Eläinkokeiden perusteella kromi(III)oksidi ja emäksinen kromisulfaatti eivät aiheuta akuuttia myrkyllisyyttä tai iho- tai silmä-ärsytystä (WHO 2009).

Niukkaliukoiset kromi(III)-yhdisteet eivät aiheuta ihoherkistymistä. Liukoisten kromi(III)-suolojen herkistävyys osalta on jonkin verran ristiriitaista tietoa. Vanhoissa eläinkokeissa, jotka eivät täytä tämän päivän testausvaatimuksia, on nähty merkkejä herkistymisestä. On myös havaittu ristiallergiaa kromi(III)-suolojen ja kromi(VI):n välillä (WHO 2009). Melko tuoreen, standardin mukaan tehdyn ihoherkistävyystestin tulosten perusteella emäksinen kromisulfaatti ei kuitenkaan aiheuta ihoärsytystä marsuissa (Vohr 2006).

## 5.3 Pitkäaikaisen altistumisen vaikutukset

### Ihmisperäiset tiedot

Kromiteollisuuden työntekijöiden terveydentilaa on selvitetty useissa tutkimuksissa. Seuratessaan ferrokromin ja ruostumattoman teräksen valmistuksen pitkäaikaisia työntekijöitä Huvinen ym. (2002a) totesivat, ettei keuhkojen toimintatesteissä tai röntgenkuvissa esiintynyt havaittavia muutoksia kontrollihenkilöihin verrattuna. Hengitystieoireita esiintyi enemmän kromi(III):lle altistuneilla kuin vertailuryhmällä.

Useissa genotoksisuutta selvittävässä tutkimuksissa on samanaikaisesti ollut muuta altistumista, minkä takia kromin roolia on vaikea määrittää (WHO 2009). Suomalaisessa tutkimuksessa selvitettiin lähinnä kromi(III):lle altistuneiden nenän limakalvon tilaa (Huvinen ym. 2002b). Keskimäärin 23 vuotta altistuneilla työntekijöillä ei esiintynyt selviä kliinisiä oireita tai solumuutoksia nenän limakalvolla.

Kromialtistumisen yhteyttä syövän esiintymiseen on yritetty selvittää useissa epidemiologisissa tutkimuksissa (esimerkiksi Langård ym. 1990, Gibb ym. 2000, Mancuso 1997, Moulin ym. 1990 ja 2000). Selkeitä päätelmiä kromi(III):n ja syöpien syy-yhteydestä ei ole voitu todentaa (Nurminen ja Norppa 2008). Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC on todennut että metallinen kromi ja kolmiarvoiset kromiyhdisteet eivät ole luokiteltavissa sen suhteen, kuinka syöpävaarallisia ne ovat ihmisille (Ryhmä 3) (IARC 1990).

### Tiedot eläinkokeista

Kromi(III)oksidin ja emäksisen kromisulfaatin vaikutuksia selvitettiin kokeessa, jossa rottia altistettiin hengitysteitse 13 viikon ajan (3, 10, 30 mg Cr(III)/m<sup>3</sup>, kuusi tuntia päivässä, viitenä päivänä viikossa) (Derelanko ym 1999). Kromi(III)oksidilla altistetuissa rotissa ei havaittu merkkejä yleisestä toksisuudesta, vaan kaikki oireet liittyivät paikallisiin keuhkovaikutuksiin. Korkeimmalla annostasolla nähtiin keuhkojen painon lisääntymistä, keuhkokudoksen värjäntymistä sekä tummaa pigmenttiä sisältävien makrofagien kerääntymistä keuhkoihin ja imusolmukkeisiin. Lievää tulehdusta ja kudosten liikakasvua esiintyi kaikilla annostasoilla, mutta alhaisimmalla annoksella havainnot olivat varsin lievät. Altistumisen jälkeen seuranneen 13 viikon seurantajakson jälkeen löydökset olivat pysyneet ennallaan. Muissa kudoksissa ei havaittu muutoksia. Emäksinen kromisulfaatti oli odotetusti toksisempi kuin kromi(III)oksidi. Hengitystiealtistumisen seurauksena nähtiin eläinten painonlaskua sekä muutoksia verenkuvassa. Keuhkojen painon lisääntymisen lisäksi havaittiin harmaata värjäntymistä ja kroonista tulehdusta kaikilla annostasoilla. Tulehdusta nähtiin myös nenäontelossa ja kurkunpäässä. Muiden elinten osalta ei todettu merkittäviä vaikutuksia.

Ivankovicin ja Preussmanin (1975) tutkimuksessa syötettiin rotille kromi(III)oksidia sisältävää leipää 90 päivän ajan (korkein annos 1368 mg/kg/päivä). Eläimissä ei havaittu toksisia vaikutuksia eikä viitteitä karsinogeenisuudesta.

Kromi(III)oksidin, emäksisen kromisulfaatin ja kromi(III)kloridin karsinogeenisuutta tutkittiin kokeessa, jossa kolesteroliin sekoitettu kromiyhdiste laitettiin pieneen ruostumattomasta teräksestä tehtyyn silmukkaan, joka istutettiin rotan keuhkoputkeen kahdeksi vuodeksi. Altistetuissa rotissa ei havaittu karsinogeenisuutta kokeen seurauksena (Levy ja Venitt 1986).

Kromi(III) saattaa reagoida DNA:n kanssa, mutta eläin- ja solukokeet antavat ristiriitaista tietoa, jonka perusteella ei ole pystytty tekemään johtopäätöksiä aineen mutageenisuudesta. Pitkäaikaisissa kokeissa ei ole havaittu vaikutuksia lisääntymisterveyteen (WHO 2009).

#### 5.4 Yhteenvedo terveysvaikutuksista

Kromi(III)-yhdisteiden terveysvaikutukset liittyvät selkeimmin paikallisiin keuhkovaikutuksiin, joita on havaittu eläinkokeissa sekä liukoisten että huonosti liukenevien kromi(III)-yhdisteiden osalta. Liukoisten kromi(III)-suolojen altistumisen seurauksena tulehdusvaikutukset rotan keuhkoissa ovat vakavampia, ja on myös havaittu merkkejä yleisestä toksisuudesta.

Liukenevien kromi(III)-suolojen ihoa herkistävästä vaikutuksesta on ristiriitaista tietoa. Eläinkokeen perusteella emäksinen kromisulfaatti ei aiheuta ihon herkistymistä. Ihmisissä havaitut herkistymiset saattavat osittain liittyä samanaikaiseen altistumiseen kuudenarvoisille kromiyhdisteille. On kuitenkin osoitettu, että kromi(III) saattaa aiheuttaa allergisia reaktioita aiemmin kromi(VI):lle herkistyneillä henkilöillä. Niukkaliukoiset kromi(III)-yhdisteet eivät aiheuta herkistymistä.

WHO (2009) on ehdottanut työperäiselle altistumiselle raja-arvoja 0,5 mg/m<sup>3</sup> kromi(III)oksidille ja 0,2 mg/m<sup>3</sup> liukoille kromi(III)-yhdisteille kuten emäksiselle kromisulfaatille. Ehdotetut pitoisuudet perustuvat kromi(III):n eläinkokeissa havaittuihin keuhkovaikutuksiin. Lisäksi WHO on johtanut terveysperustaiset ns. siedettävät pitoisuudet (tolerable concentrations) ympäristöperäiselle kromi(III) altistumiselle. Nämä ovat 27 µg Cr(III)/m<sup>3</sup> niukkaliukoille kromi(III)-yhdisteille ja 6 µg Cr(III)/m<sup>3</sup> liukoille kromi(III)suoloille (WHO 2009). Yleensä ympäristöperäinen kromi(III)-altistuminen jää useita kertaluokkia näitä tasoja alemmaksi jopa urbaaneilla alueilla.

### 6 Ehdotus kromin ja kromi(III)-yhdisteiden tavoitetasoksi

Metallisen kromin ja epäorgaanisten kromi(III)-yhdisteiden tavoitetasoksi ehdotetaan 0,010 mg Cr(III)/m<sup>3</sup>.

Ehdotettu tavoitetaso perustuu hyviin työtapoihin ja olemassa olevaan toksikologiseen tietoon, jonka perusteella voidaan olettaa, että lievempienkin terveyshaittojen riski näillä pitoisuuksilla on olematon (Niemelä ym. 1998). Ehdotettu tavoitetaso on selvästi pienempi kuin nykyinen kromin ja kromi(III)-yhdisteiden HTP-arvo (50. osa eli 2 % nykyisestä HTP-arvosta). Työpaikoilla mitattujen pitoisuuksien mediaani 0,007 mg/m<sup>3</sup> on lähellä ehdotettua tavoitetasoa. Kaikilla toimialoilla tehdyistä kromimetallin ja kromi(III)-yhdisteiden pitoisuustasojen mittauksista 58 % jäi alle 0,010 mg/m<sup>3</sup>. 88 % oli alle 0,100 mg/m<sup>3</sup> (yleinen taso). Tietyissä erityistehtävissä, kuten metalliruiskutuksessa, saattaa tavoitetasoon pääseminen olla lähes mahdotonta. Muiden työtehtävien osalta tavoitetaso on melko helposti saavutettavissa.

## 7 Kirjallisuus

Derelanko, M. J., W. E. Rinehart, ym. (1999). Thirteen-week subchronic rat inhalation toxicity study with a recovery phase of trivalent chromium compounds, chromic oxide, and basic chromium sulfate. *Toxicol Sci.*52: 278-288.

EFSA (2006). European Food Safety Authority. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Scientific Committee on Food. Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. [http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/oldsc/upper\\_level\\_opinions\\_full-part33.pdf](http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/oldsc/upper_level_opinions_full-part33.pdf)

Gestis (2010). GESTIS - International limit values for chemical agents. Occupational exposure limits (OELs). Open database. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. [http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit\\_values/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit_values/index.jsp) (8.11.2010)

Gibb, H. J., P. S. Lees, ym. (2000). Lung cancer among workers in chromium chemical production. *Am J Ind Med.*38(2): 115-26.

Hansen, K., S. Rydin, ym. (2002). Quantitative aspects of contact allergy to chromium and exposure to chrome-tanned leather. *Contact Dermatitis* 47: 127-134.

Hansen, K., J.D., Johansen, ym. (2003). Chromium allergy: Significance of both Cr(III) and Cr(VI). *Contact Dermatitis* 49: 206-212.

Hedberg, Y., K. Midander, ym. (2010). Particles, Sweat, and Tears: A Comparative Study on Bioaccessibility of Ferrochromium Alloy and Stainless Steel Particles, the Pure Metals and Their Metal Oxides, in Simulated Skin and Eye Contact. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 6, 456-468.

Huvinen, M., J. Uitti, ym. (2002a). Respiratory health effects of long-term exposure to different chromium species in stainless steel production. *Occup Med.*52(4): 203-212.

Huvinen, M., A. Mäkitie, ym. (2002b). Nasal cell micronuclei, cytology and clinical symptoms in stainless steel production workers exposed to chromium. *Mutagenesis.*17(5): 425-429.

IARC (1990). International Agency for Research on Cancer. Chromium and chromium compounds. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans - Chromium, nickel and welding. 49: 49-256. Lyon, Ranska..

ICDA (2006). International Chromium Development Association. Health risk assessment report for metallic chromium and trivalent chromium. Toim. Riihimäki V. ja M. Luotamo. Pariisi, Ranska. [www.icdachromium.com](http://www.icdachromium.com).

Ivankovic, S. ja R. Preussman (1975). Absence of toxic and carcinogenic effects after administration of high doses of chromic oxide pigment in subacute and long-term feeding experiments in rats. *Food Cosmet Toxicol.*13(3): 347-51.

KAMAT-tietokortit: <http://www.ttl.fi/partner/kamat/tietokortteihin/sivut/default.aspx>

Kiilunen M. (1994). Occupational exposure to chromium and nickel in Finland and its estimation by biological monitoring. Kuopio University Publications C. Natural and environmental sciences 17.

Langård, S., A. Andersen, ym. (1990). Incidence of cancer among ferrochromium and ferrosilicon workers: an extended observation period. *Br J Ind Med.*47(1): 14-9.



Larese Filon F., F. D'Agostin F, ym. (2009). In vitro absorption of metal powders through intact and damaged human skin. *Toxicology in Vitro* 23, 574-579.

Levy, L. S. ja S. Venitt (1986). Carcinogenicity and mutagenicity of chromium compounds: the association between bronchial metaplasia and neoplasia. *Carcinogenesis*.7(5): 831-5.

Mancuso, T. F. (1997). Chromium as an industrial carcinogen: Part I. *Am J Ind Med*.31(2): 129-39.  
Midander, K., A. Frutos, ym. (2010). Bioaccessibility Studies of Ferro-Chromium Alloy Particles for a Simulated Inhalation Scenario: A Comparative Study With the Pure Metals and Stainless Steel. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 6, 441-455.

Moulin, J. J., P. Portefaix, ym. (1990). Mortality study among workers producing ferroalloys and stainless steel in France. *Br J Ind Med*.47(8): 537-43.

Moulin, J. J., T. Clavel, ym. (2000). Risk of lung cancer in workers producing stainless steel and metallic alloys. *Int Arch Occup Environ Health*.73(3): 171-80.

Niemelä, R., Räisänen, J., Kalliokoski, P., Riihimäki, V. ja Tossavainen A. (1998) Sisäilman laadun tavoitetasot. Työterveyslaitos

Nurminen, M. ja H. Norppa (2008). Metallisen kromin ja kolmiarvoisten kromiyhdisteiden ammatillinen syöpävaara. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 29. Työterveyslaitos.

Panel on micronutrients (2000). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Panel on Micronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes Food and Nutrition Board. Institute of Medicine. National Academy of Sciences. National Academy Press, Washington D.C., USA.

Park, H.S, H.J. Yu, ym. (1994). Occupational asthma caused by chromium. *Clin Exp Allergy* 24: 678-681.

Saalo, A., Vainiotalo, S., Kiilunen, M. ja Tuomi T (2010). Työympäristön kemikaalien altistumismittaukset 2004-2007. Työterveyslaitos.

Vohr H-W (2006). Mixture of basic chromium (III) sulfate with sodium sulfate and water: study for the skin sensitization effect in guinea pigs (Buehler Patch Test). Owner company: Elementis / Lanxess. Unpublished.

WHO (2009). Concise International Chemical Assessment Document 76 (CICAD). Inorganic chromium(III) compounds. International Programme of Chemical Safety (IPCS), WHO, Geneva.

## Asiantuntijat

Tämän tavoitetasomuiston ovat toimittaneet Helene Stockmann-Juvala, Eija-Riitta Hyytinen, Antti Zitting ja Tiina Santonen.

© Työterveyslaitos 2010