



Helsingin kaupungin

# Ympäristökeskuksen julkaisuja

LIITE  
Asiaan nro  
YLK

4tp 3  
13.5.97

4/96

## Altistuminen typpidioksidille, hiilimonoksidille ja bentseenille Helsingin jäähallissa

Antti Pönkä, Ismo Syvähuoko ja Risto Kostainen



Antti Pönkä, Ismo Syvähuoko ja Risto Kostainen

Altistuminen typpidioksidille,  
hiilimonoksidille ja bentseenille  
Helsingin jäähallissa

## SISÄLLYSLUETTELO

YHTEENVETO .....	3
SAMMANFATTNING	
JOHDANTO .....	5
MENETELMÄT JA AINEISTO .....	7
Kaasujen mittausmenetelmät	
Henkilökohtainen biomonitorointi	
Näytteenotto	
TULOKSET.....	8
Ilmanlaatu	
Huippuvirtausmittaukset	
Verinäytteiden tulokset	
POHDINTA .....	13
Ilman epäpuhtauspitoisuudet jäähalleissa	
Hiilimonoksidin aiheuttamat terveyshaitat ja ohjearvot	
Typpidioksidin aiheuttamat terveyshaitat ja ohjearvot	
Bentseenin aiheuttamat terveyshaitat ja ohjearvot	
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden terveyshaitat ja ohjearvot	
JOHTOPÄÄTÖKSET .....	17
KIRJALLISUUTTA.....	18

## YHTEENVETO

Helsingin jäähallin sisäilman laatua tutkittiin, jotta saataisiin selville jäänhoitokoneen aiheuttamat ilman epäpuhtauspitoisuudet jääkiekkoliigaotteluiden aikana todellisissa olosuhteissa. Katsojien ja pelaajien altistusta selvitettiin lisäksi verikokein ja keuhkojen huipuvirtausmittauksin.

Jääkiekko-ottelun aikana hiilimonoksidi-, typpidioksidi- ja hiilivetypitoisuudet olivat selvästi kohonneet. Tulokset vastaavat aiemmin simuloituissa olosuhteissa saatuja mitaustuloksia. Korkeimmillaan epäpuhtauspitoisuudet olivat korkeammat kuin ruuhkaisimmilla Helsingin kaduilla. Taitoluisteluharjoitusten aikana korkein mitattu häkäpitoisuus oli  $69 \text{ mg/m}^3$  ja jääkiekko-ottelun aikana peräti  $145 \text{ mg/m}^3$ .

Kolmen katsojan ja kolmen pelaajan hiilimonoksidi-altistusta seurattiin ennen ja jälkeen ottelua otetuista verinäytteistä. Kaikki tutkitut olivat tupakoimattomia. Jääkiekko-ottelun aikana veren karboksihemoglobiinipitoisuudet nousivat kaksinkertaiseksi keskimäärin tasolle 5 prosenttiyksikköä, joka vastaa tupakoivien veren karboksihemoglobiinipitoisuutta. Yhdellä kuudesta tutkitusta havaittiin vähäinen veren bentseenipitoisuuden nousu.

Tulokset osoittavat, että altistuminen ilman epäpuhtauksille jääkiekko-otteluiden aikana Helsingin jäähallissa on huomattavaa. Asian johdosta on ryhdytty toimenpiteisiin.

## SAMMANFATTNING

Kvaliteten på inomhusluften i Helsingfors ishall undersöktes. Avsikten var att i verkliga förhållanden utreda huruvida maskinerna för skötseln av isen föranleder luftföroreningar i ishallen under matcherna. Åskådarnas och spelarnas exponering utreddes dessutom genom blodprov och mätningar av maximala luftflödes hastigheter i lungorna.

Under en ishockeymatch var kolmonoxid-, kvävedioxid- och kolvätehalterna klart förhöjda. Resultaten motsvarar de mättningsresultat som man tidigare fått utomlands i simulerade förhållanden. De föroreningarna enligt mätningarna var som högst var de klart högre än på Helsingfors mest trafikerade gator. Under konståkningsövningarna var det högsta värdet som mättes för oshalten  $69 \text{ mg/m}^3$  och under en ishockeymatch  $145 \text{ mg/m}^3$ .

Kolmonoxidexponeringen uppföljdes hos tre åskådare och tre spelare genom blodprov som togs före och efter matchen. Alla undersökta var icke-rökare. Under ishockeymatchen steg blodets kolmonoxidhemoglobinhalter med mera än 100 %, i medeltal till nivån 5 procentenheter, vilket motsvarar kolmonoxidhemoglobinhalten i blodet hos rökare. Hos en av sex undersökta personer fann man en lindrig stegring av blodets bensenhalt. Av de resultat som man fick vid mätning av lungornas maximala luftflödes hastigheter kan man inte dra några långtgående slutsatser.

Resultaten visar att exponeringen för luftföroreningar under ishockeymatcher i Helsingfors ishall är betydligt. Åtgärder har vidtagits i saken.

## JOHDANTO

Jäähallien viallisten jäänhoitokoneiden pakokaasujen tiedetään aiheuttaneen sekä katsojille että pelaajille äkillisiä typpidioksidi- ja häkämyrkytyksiä (1-10). Raporttien mukaan jopa yli 100 henkilöä kerralla on voinut saada myrkytysoireita (3,4). Kuvatuissa tapauksissa diagnoosi on perustunut oireisiin, kliinisiin löydöksiin ja kohonneisiin veren karboksihemoglobiinipitoisuuksiin. Oireiden alkamisajankohtana ei ole tehty mittauksia jäähallin ilman typpidioksidi- tai häkäpitoisuuksista, mutta simuloituissa tilanteissa ja oireiden toteamisen jälkeen tehdyissä mittauksissa kohonneita pitoisuuksia on havaittu.

Myrkytystapausten johdosta jäähallien sisäilman häkä- ja typpidioksidipitoisuuksia on tutkittu Yhdysvalloissa, Kanadassa, Ruotsissa ja Suomessa (6,11,12,13,14). Tutkimusten mukaan jäähalleissa voi esiintyä korkeita typpidioksidi- ja hiilimonoksidipitoisuuksia, jotka johtuvat jäänhoitokoneiden pakokaasuista, etenkin jos ilmanvaihto on puutteellinen. Myös tuloilmaan joutuneet pakokaasut ovat aiheuttaneet oireita (15). Usein tutkimukset on tehty jäähallien ollessa tyhjänä tai simuloituissa olosuhteissa, ei varsinaisten jääkiekko-otteluiden aikana. Suomessa kansanterveyslaitos on tutkinut kuuden jäähallin ilmanlaatua, jolloin on todettu korkeita typpidioksidi- ja hiilimonoksidipitoisuuksia etenkin halleissa, joissa ei ole koneellista ilmanvaihtoa (13,14). Aiemmin maassamme on tutkittu ilmanlaatua vain yhdessä jäähallissa, jossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto ja bensiinikäyttöinen jäänhoitokone. Tällöin mittaukset tehtiin jäähallin ollessa harjoituskäytössä tai simuloitujen jääkiekko-ottelujen aikana (13).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, esiintyykö Helsingin jäähallissa sellaisia typpidioksidi-, hiilimonoksidi- tai bentseenipitoisuuksia, että niistä voisi aiheutua haittaa katsojien, pelaajien tai työntekijöiden terveydelle. Tutkimukset on tehty Suomen mestaruussarjan liigaotteluiden aikana. Ilmanlaadun mittausten ohella tutkittiin katsojien ja pelaajien altistumista verinäyttein ja alustavin hengitysfunktiokokein.

## MENETELMÄT JA AINEISTO

### Kaasujen mittausmenetelmät

Typpidioksidipitoisuudet mitattiin ns Griess-Salzman-menetelmällä, jossa näyte kerätään pumpun avulla absorptioliuokseen ja mittaus tehdään spektrofotometrisesti (16). Haihtuvat orgaaniset yhdisteet kerättiin pumpulla absorboivaan materiaaliin ja määrittäminen tehtiin termodesorptio-kaasukromatografia-massaspektrometrialla (17). Hiilimonoksidipitoisuudet määritettiin Miran 1B2-kaasuanalysointilaitteella, joka perustuu infrapuna-absorptioon.

### Henkilökohtainen biomonitorointi

Henkilökohtainen biomonitorointi käsitti verinäytteiden tutkimisen ja keuhkotoiminnan mittarina huippuvirtausmittaukset. Verinäytteistä tutkittiin karboksihemoglobiini ja bentseeni. Näytteet otettiin 12.1.1995. Tutkittavina oli kolme pelaajaa ja kolme katsojaa; viimeksimainitut oleskelivat pelaaja-aitiossa tai ensimmäisellä katsojarivillä koko ottelun ajan. Katsojien iät olivat 11, 13 ja 35 vuotta. Yksikään tutkituista ei tupakoi. Ensimmäiset tutkimukset ja näytteenotot tehtiin ½-1 tuntia ennen liigaottelun alkua noin kello 17-18 ja toiset tutkimukset tehtiin ja näytteet otettiin välittömästi ottelun päätyttyä noin kello 21. Altistumista aiheuttava jäänhoitokone suoritti kentän puhdistamisen ja jäädyttämisen noin kello 18.00, 18.40 ja 19.40.

Henkilökohtaisessa biomonitoroinnissa käytettiin karboksihemoglobiinin määrittämistä verestä hiilimonoksidin eli hään altistumisen mittarina. Karboksihemoglobiini määritettiin spektrofotometrisesti käyttäen oksimetria (18,19) Analyysin täsmävyys varmistetaan ajoittain kaasukromatografisesti (20). Veren bentseeni määritettiin head space-kaasukromatografisesti käyttäen fotoionisaatioilmaisinta (21).

Keuhkojen huippuvirtausarvot (peak flow) tehtiin käyttäen standardia spira-mittaria. Kunkin henkilön tutkimus käsitti kolme erillistä puhallusta vakioituneen ohjelman mukaan.



## Näytteenotto

Jäähallin sisäilman epäpuhtauspitoisuuksia määritettiin 29.9. ja 29.11.1994, 5.1. ja 12.1.1995 sekä 26.9. ja 18.10.1996. 29.9.1994 mitattiin hiilimonoksidipitoisuutta sekä jään tasosta että katsomon ensimmäisen istuinrivin korkeudelta. Mittauksia tehtiin taitoluisteluharjoitusten ja jääkiekkoharjoitusten aamuina, taitoluisteluharjoitusten aikana iltapäivällä ja liigaottelun aikana illalla.

Typpidioksidin pitoisuus mitattiin 5.1.1995 liigaottelun aikana kolmelta eri korkeudelta. Ottelun alussa mittaukset tehtiin pelaaja-aitiossa, toisen erän aikana katsomon keskivaiheilla ja kolmannen erän aikana ylimmällä katsojarivillä. 26.9.1996 mittaukset tehtiin samoin sekä hiilimonoksidin että typpidioksidin osalta. 12.1.1995 typpidioksidimittaukset tehtiin liigaottelun aikana pelaaja-aitiossa.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrittystä varten otettiin ilmanäytteet pelaaja-aitiosta 19.1.1995 puolen tunnin jaksoissa ottelun alun jälkeen.

## Jäähallin ilmanvaihto ja jäänhoitokone

Jäähallin kentän ja katsomo-osan tilavuus on  $126\,830\text{ m}^3$ , pinta-ala  $9\,940\text{ m}^2$ . Poistoilmakoneita on 12 kappaletta, kunkin teho  $23\,000\text{ m}^3$  tunnissa. Täysimääräinen ilmanpoisto on täten  $276\,000\text{ m}^3$  tunnissa eli ilma vaihtuu kaksi kertaa tunnissa maksimiteholla. Jääkiekko-otteluiden aikana ilmanvaihto toimii täydellä teholla ja harjoitusten aikana vaihtelevalla teholla. Kaikkina ajankohtina jäänhoitokoneena oli Zamboni merkinen bensiinikäyttöinen polttomoottorikone.

## TULOKSET

### Ilmanlaatu

Taulukossa 1 on esitetty hiilimonoksidimittausten tulokset 29.9.1994. Taitoluisteluharjoituksen aikana korkein mitattu pitoisuus oli  $46\text{ mg/m}^3$ , jääkiekkoharjoitusten aikana  $57\text{ mg/m}^3$ , iltapäivän taitoluisteluharjoituksen aikana  $69\text{ mg/m}^3$  ja liigaottelun aikana ensimmäiseltä katsojapenkkiriviltä mitattuna  $145\text{ mg/m}^3$ .

Taulukko 1. Korkeimmat lyhytaikaiset hiilimonoksidipitoisuudet Helsingin jäähallissa 29.9.1994 ja 26.9.1996.

Tabell 1. Högsta kortvariga kolmonoxidhalter i Helsingfors ishall 29.9.1994 och 26.9.1996.

Taitoluisteluharjoitukset	46 mg/m <sup>3</sup>
Konstänkningsövningar	
Jääkiekkoharjoitukset	57 mg/m <sup>3</sup>
Ishockeyövningar	
Taitoluisteluharjoitukset	69 mg/m <sup>3</sup>
Konstänkningsövningar	
Jääkiekko-ottelu (1994)	23 mg/m <sup>3</sup>
Ishockeymatch	
Jääkiekko-ottelu (1996)	145 mg/m <sup>3</sup>
Ishockeymatch	

Hiilimonoksidin puolen tunnin keskiarvo liigaottelun aikana 26.9.1996 pelaaja-aitiossa ensimmäisen erän aikana oli 63 mg/m<sup>3</sup>, toisen erän aikana katsomon keskiosassa 31 mg/m<sup>3</sup> ja kolmannen erän aikana ylimmällä katsojarivillä 7 mg/m<sup>3</sup>.

Typpidioksidipitoisuudet olivat 5.1.1995 puolen tunnin jaksoissa jäähoidon jälkeen liigaottelun aikana 263, 54 ja 94 µg/m<sup>3</sup> sekä 12.1.1995 75, 75 ja 54 µg/m<sup>3</sup>.

Taulukko 2. Typpidioksidipitoisuuksia (µg/m<sup>3</sup>) jääkiekko-otteluiden aikana puolen tunnin jaksoissa mitattuna Helsingin jäähallissa.

Tabell 2. Kvävedioxidhalter (µg/m<sup>3</sup>) i en halv timmes perioder under ishockeymatcher i Helsingfors ishall.

	5.1.1995	12.1.1995	26.9.1996
Jakso 1	263	75	87
Period 1			
Jakso 2	56	75	64
Period 2			
Jakso 3	94	56	60
Period 3			

Jääkiekko-ottelun aikana 19.1.1995 haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus oli puolen tunnin jaksoissa keskimäärin 545, 367, 350 ja 341  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mediaani oli 121  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Taulukossa 3 on esitetty haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet sekä erikseen bentseenin, toluenin ja 1,4-ksyleenin pitoisuudet.

Taulukko 3. Orgaanisten haihtuvien yhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Helsingin jäähallissa jääkiekko-ottelun aikana mitattuna.

Tabell 3. Halter av flyktiga organiska ämnen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i Helsingfors ishall under en ishockeymatch.

Bentseeni Bensen	66	36	34	34
Tolueneeni Toluen	154	117	109	104
1,4-ksyleeni 1,4-xylen	115	67	64	59
Kokonais VOC Total VOC	545	367	350	341

#### Huippuvirtausmittaukset

Huippuvirtausmittauksien tulokset on esitetty taulukossa 4. Katsojilla ei havaittu eroja ennen ottelua ja ottelun jälkeen otetuissa mittaustuloksissa. Sen sijaan yhdellä pelaajalla ottelun jälkeiset arvot olivat ottelua edeltäviä matalammat. Yhden pelaajan osalta arviointia ei voida luotettavasti tehdä, koska kaikki mittaustulokset ylittivät spiran skaalan.

Menetelmä ja tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia.

Taulukko 4. PEF-huippuvirtausmittausten tulokset pelaajilla ja katsojilla ennen ja jälkeen jääkiekko-ottelua (yksikkö ml/s)

Tabell 4. Den maximala luftflödeshastigheten (PEF) hos spelare och åskådare före och efter en ishockeymatch (enhet ml/s).

		Ennen Före		Jälkeen Efter		
Katsoja 1 Åskådare 1	520	540	480	510	480	490
Katsoja 2 Åskådare 2	470	490	470	579	440	420
Katsoja 3 Åskådare 3	580	> 700	> 700	> 700	> 700	>700

Pelaaja 1 Spelare 1	> 700	> 700	> 700	> 700	> 700	> 700
Pelaaja 2 Spelare 2	620	620	> 700	580	660	> 700
Pelaaja 3 Spelare 3	640	> 700	> 700	580	620	600

### Verinäytteiden tulokset

Taulukossa 5 ja 6 on esitetty biologisen monitoroinnin tulokset. Kaikilla tutkituilla katsojilla ja pelaajilla veren karboksihemoglobiinin osuus nousi merkittävästi jääkiekko-ottelun aikana kuvaten altistusta hiilimonoksidille. Karboksihemoglobiiniosuudet kaksinkertaisuivat ottelun kuluessa; keskimääräinen lisäys oli 108 %. Sen sijaan bentseenipitoisuudessa havaittiin vähäinen muutos vain yhdellä henkilöllä. Taulukossa 7 on esitetty bentseenin ja karboksihemoglobiinin työsuojelulliset viitearvot Työterveyslaitoksen mukaan.

Taulukko 5. Karboksihemoglobiinin prosenttiosuudet kokonaishemoglobiinista katsojilla ja pelaajilla ennen ja jälkeen jääkiekko-ottelua mitattuina.

Tabell 5. Kolmonoxidhemoglobinetns procentandelar av total hemoglobinet hos åskådare och spelare före och efter en ishockeymatch.

	Ennen ottelua Före matchen	Ottelun jälkeen Efter matchen	Lisäys %-yks Ökning %-enheter	Lisäys % Ökning %
Katsoja 1 Åskådare 1	2.1	4.4	2.3 %	110
Katsoja 2 Åskådare 2	2.4	4.7	2.3 %	96
Katsoja 3 Åskådare 3	2.0	4.3	2.3 %	115
Pelaaja 1 Spelare 1	2.1	4.6	2.5 %	119
Pelaaja 2 Spelare 2	2.5	5.5	3.0 %	120
Pelaaja 3 Spelare 3	2.6	4.8	2.2 %	85

Taulukko 6. Veren bentseenipitoisuudet (nmol/l) katsojilla ja pelaajilla ennen ja jälkeen jääkiekko-ottelua mitattuina.

Tabell 6. Bensenhalter i blodet (nmol/l) hos åskådare och spelare före och efter en ishockeymatch.

	Ennen ottelua Före matchen	Ottelun jälkeen Efter matchen
Katsoja 1	< 5	< 5
Åskådare 1		
Katsoja 2	< 5	< 5
Åskådare 2		
Katsoja 3	< 5	5
Åskådare 3		
Pelaaja 1	< 5	< 5
Spelasre 1		
Pelaaja 2	< 5	< 5
Spelare 2		
Pelaaja 3	< 5	< 5
Spelare 3		

Taulukko 7. Altistumattomien henkilöiden veren bentseenipitoisuuden ja karboksihemoglobiinisuuden viitearvot sekä Työterveyslaitoksen suosittelemat toimenpidearvot tupakoimattomilla henkilöillä.

Tabell 7. Riktvärden för bensenhalten och kolmonoxidhemoglobinandelen hos icke-exponerade personer och av Institutet för arbetshygien rekommenderade åtgärdsvärden hos icke-rökande personer.

	Viitearvo Riktvärde	Toimenpidearvo Åtgärdsvärde
Bentseeni	alle 5 nmol/l	20 nmol/l
Bensen	under 5 nmol/l	20 nmol/l
Karboksihemoglobiini	alle 1.5%	5 %*
Kolmonoxidhemoglobin	under 1.5 %	5 % *

\* raskaana olevilla 2.5%  
hos gravida 2.5 %

## POHDINTA

### Ilman epäpuhtauspitoisuudet jäähalleissa

Jäähallien ilman epäpuhtaudet aiheutuvat lähinnä jäänhoitokoneiden polttomoottoreiden pakokaasuista. Bensiinikäyttöisten koneiden aiheuttamia epäpuhtauksia ovat typen oksidit, häkä, hiilivedyt ja hiukkaset. Propanilla toimivat moottorit tuottavat keskimäärin vähemmän hiilimonoksidia, hiilivetyä ja hiukkasia, mutta enemmän typen oksideita kuin bensiinimoottorit, koska niiden polttolämpötilat ovat korkeammat.

Ruotsissa Berglund ym. ovat mitanneet typpidioksidipitoisuutta kahdessa jäähallissa (11). Pitoisuudet olivat korkeita kun ilmastointi ei ollut päällä; ilmastoinnin ollessa 50 %:n teholla pitoisuudet olivat 12 tunnin jakson keskipitoisuuksina 106-543  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Yhdysvalloissa Brauer ja Spengler mittasivat 70 jäähallin typpidioksidipitoisuuksia passiivisilla keräimillä käyttäen viikon keräysaikaa (6). Typpidioksidien taso jään korkeudella oli keskimäärin 339  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eli 10 kertaa korkeampi kuin ulkoilman typpidioksidin mediaani; vaihteluväli oli 4 - 4 644  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Kanadassa Levesque ym (22) totesivat jäähallien pelaajien hengityskorkeudella 2 - 150  $\text{mg}/\text{m}^3$  hiilimonoksidipitoisuuksia ja arvioivat että pelin kuluessa hengitysilman hiilimonoksidin nousu 11  $\text{mg}/\text{m}^3$  lisäsi karboksihemoglobiinitasoa 1 %. Tutkijoiden mukaan 90 minuutin pelin aikana jäähallin ilman keskimääräinen hiilimonoksidipitoisuus ei saisi ylittää 23  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Yksittäisissä tapauksissa hiilimonoksidipitoisuuden ja typpidioksidipitoisuuden nousun on todettu aiheuttaneen katsojilla oireita (1,4,7,8). Näissä tutkimuksissa jäähallien ilmastointi ei ole toiminut ja jäänhoitokoneessa on ollut vikaa. Tehdyissä jälkikäteisissä simulatiokokeissa häkäpitoisuuden on raportoitu olleen 172  $\text{mg}/\text{m}^3$  ja typpidioksidipitoisuuksien 2 820-7 520  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (1.6). Seattlesta on hiljattain raportoitu tapaus, jossa 89 henkilöä jouduttiin toimittamaan ensiapupoliklinikoille häkäaltistuksen johdosta, kun sisäluistinradalla viallisen jäänhoitokoneen aiheuttama häkäpitoisuus kohosi peräti 405  $\text{mg}/\text{m}^3$ :iin. Tällöin raportoitiin myös 17 altistuneen veren karboksihemoglobiinipitoisuus: keskiarvo oli 8.6 %, vaihteluväli 3.3 - 13.9 % (23). Omassa tutkimuksessamme pelaajien ja katsoji-



en karboksihemoglobiinipitoisuudet nousivat 4.7 %:iin. Etenkin katsojien osalta nousua on pidettävä suurena, koska heillä pitoisuuden tulisi alentua luistelijoita tai pelaajia vähemmän johtuen sijainnista ja fyysisestä inaktiviteetista.

Kansanterveyslaitos on mitannut Suomessa typpidioksidin, hiilimonoksidin ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia neljässä jäähallissa, joissa oli täysin koneellinen ilmanvaihto ja kahdessa hallissa, jossa ilmanvaihto oli painovoimainen (12). Yhdessä koneellisesti ilmastoidussa hallissa jäänhoitokoneen polttoaine oli bensiini; hiilimonoksidin korkeimmat tuntikeskiarvot olivat  $33 \text{ mg/m}^3$ , typpidioksidin  $270 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  ja haihtuvien hiilivetyjen  $1\ 200 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  (3 h). Koneellisesti ilmastoiduissa jäähalleissa, joissa jäänhoitokone oli propaanikäyttöinen, suurimmat hiilimonoksidituntikeskiarvo oli  $23 \text{ mg/m}^3$ , suurin typpidioksidituntikeskiarvo  $7\ 770 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  ja VOC-pitoisuus  $900 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  (3 h). Vastaava hiilimonoksidipitoisuus ja typpidioksidipitoisuus jäähallissa, jossa jäänhoitokone oli sähkökäyttöinen, oli hiilimonoksidilla  $2 \text{ mg/m}^3$  ja typpidioksidilla  $10 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ , jotka vastaavat yhdyskuntailman taustapitoisuuksia.

Nyt mitatut typpidioksidipitoisuudet olivat matalahkoja, jos niitä verrataan em.ulkomaisiin huonoja tilanteita ja osin huonosti varustettuja jäähalleja koskeviin tuloksiin. Toisaalta on huomattava, että mittaustulokset ylittivät joka mittausjaksolla Helsingin kantakaupungin katujen ilman typpidioksidipitoisuuden. Yksi tulos,  $263 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ , vastaa kohtalaista savusumuepisodia ja herättäisi kadullakin mitattuna huomiota uutisvälineissä. Yli  $300 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  pitoisuuksia (1 tunnin maksimiohjearvo ulkona) Helsingin ulkoilmasta on mitattu 10 vuoden aikana vain pari kertaa. Myös suomalaisen aiempaan tutkimukseen verrattuna typpidioksidipitoisuudet olivat polttomoottorilla varustettu jäänhoitokone huomioonottaen matalahkot.

Nyt mitatut häkäpitoisuudet ovat samaa tasoa aiempiin ulkolaisiin mittauksiin verrattuna, vaikka viimeksimainituissa kyse on usein ollut poikkeuksellisista olosuhteista. Pitoisuudet ovat olleet jäähallissa ajoittain sen käytön aikana selvästi korkeampia kuin yleensä Helsingin kaduilta mitatut. Valtioneuvoksen päätöksen mukaan 8 tunnin enimmäispitoisuus ulkoilmassa saa olla korkeintaan  $20 \text{ mg/m}^3$ . Uuden sosiaali- ja terveysministeriön ohjekirjeen mukaan häkäpitoisuuden ei tulisi oleskelutiloissa ylittää arvoa  $8 \text{ mg/m}^3$ . Jääkiekkottelun aikana hetkellinen pitoisuus hallissa oli korkeimmillaan peräti  $145 \text{ mg/m}^3$  ja taitoluisteluharjoituksen aikana  $69 \text{ mg/m}^3$ . Puolen tunnin keskiarvopitoisuus oli korkeimmil-

laan  $63 \text{ mg/m}^3$ .

#### Hiilimonoksidin aiheuttamat terveystaitat

Hiilimonoksidi on hajuton ja väritön myrkky joka sitoutuu veressä hemoglobiiniin muodostaen karboksihemoglobiinia, joka ei kuljeta happea. Häkä poistuu hemoglobiinista hitaasti hengitysilmaan, puoliintumisaika on 3-5 tuntia. Veressä on normaalisti karboksihemoglobiinia alle 2 % kokonaishemoglobiinista, tupakoivilla jopa 5-9 %. Rasitus lisää hengitysvolyymiä ja hiilimonoksidin sitoutumista hemoglobiiniin. Puolen tunnin oleskelu  $57 \text{ mg/m}^3$  pitoisuudessa levossa johtaa karboksihemoglobiinin osuuteen 1.1 %, kevyessä työssä 1.9 %:iin ja raskaassa työssä 2.6 %:iin. 3 - 5.5 % pitoisuudet vähentävät nuorilla terveillä henkilöillä fyysistä toimintakykyä (hapenottokyky ja rasituksen kesto) ja altistavat sydänsairaita angina pectoriskohtauksille tai sydämen rytmihäiriöille näiltä sairastavilla henkilöillä. 5-10 % pitoisuudet heikentävät tarkkuutta vaativia toimintoja ja pitoisuudet näön tarkkuutta. Korkeammissa pitoisuuksissa alkaa päänsärky, pahoinvointi ja muut keskushermoston häiriöt ja pitoisuuden edelleen noustessa seuraa vähitellen kooma ja kuolema. Hiilimonoksidille herkkiä väestöryhmiä ovat sikiöt, vastasyntyneet, raskaana olevat sekä sydän- ja keuhkosairauksia sairastavat.

#### Typpidioksidin aiheuttamat terveystaitat ja ohjearvot

Typpidioksidi voi aiheuttaa korkeina pitoisuuksina äkillisiä hengitystieoireita, joihin kuuluu vakavissa muodoissa yskä, rintakipu, hengenahdistus ja veriyskökset. Lievempiä haittoja ovat hengitysteiden vähäisemmät ärsytysoireet sekä keuhkofunktioiden huononeminen, joka näkyy mm. keuhkojen toimintatesteissä tai astmakohtauksina astmaa sairastavilla. Jääkiekon pelaajat ovat katsojia suuremmissa altistuksissa, koska typpidioksidi pysyy ilmaa raskaampana lähempänä syntypaikkaansa jäällä. Toisaalta lämpötilakerrostuneisuus ja pelikentän reunusrakenteet estävät pitoisuuksien tasaantumista. Akuuttia terveystaittaa esiintyy yleensä vasta pitoisuuksissa, jotka ovat useita satoja mikrogrammoja kuutiometrissä. Yhdyskuntailman ilmanlaadun enimmäisohjearvo yhden tunnin pitoisuudelle on  $300 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Sisäilmalle ei ole asetettu ohjearvoja.



## Bentseenin aiheuttamat terveyshaitat ja ohjearvot

Bentseeni on yleinen yhdyskuntien ja työpaikkojen ilmassa esiintyvä epäpuhtaus, jota esiintyy eri hiilivetyseoksissa, mm. bensiinissä ja tupakansavussa. Yleensä yhdyskuntailmassa todettuja pitoisuuksia ei pidetä haitallisena, mutta esimerkiksi työpaikoilla pitoisuudet voivat poikkeuksellisesti olla niin korkeita, että ne aiheuttavat hematotoksisia ja karsinogeenisiä muutoksia. Pitkäaikainen ammatillinen altistuminen bentseenille on aiheuttanut luuydinaplasiaa ja myöhäisvaikutuksena sairastumista leukemiaan, erityisesti myeloiseen leukemiaan. Työperäiset syöpää aiheuttaneet pitoisuudet ovat olleet yleensä vähintään joitakin milligrammoja kuutiometrissä. Bentseeni kuuluu syöpäsairauden vaaraa aiheuttavien sekä sikiölle tai raskaudelle ja perimälle vaarallisten aineiden luetteloon. Tästä syystä väestöä koskevaa enimmäisohjearvoa ei voida asettaa .

Helsingissä asuntojen parvekkeilta eri puolilta kaupunkia mitatut bentseenipitoisuudet ovat olleet kansainvälisiin arvoihin verrattuna matalia, mediaani  $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja maksimikin vain  $2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (16, 24). Samanaikaisesti asuntojen sisäilman bentseenipitoisuus on ollut korkeampi,  $0.2\text{-}39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mediaani  $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan mittauksissa kaduilla pitoisuustasot ovat olleet noin  $5\text{-}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mitkä ovat samaa luokkaa kuin Tampereella todetut. Nyt jäähallissa mitatut pitoisuudet olivat huomattavasti korkeampia kuin ulkona ja sisällä asunnoissa Helsingissä aiemmin mitatut pitoisuudet.

## Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden terveyshaitat ja ohjearvot

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet aiheuttavat silmien ja limakalvojen ärsytystä, hajutunteuksia ja päänsärkyä pitoisuudessa  $200\text{-}3\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pitoisuuksien ylittäessä  $25\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  esiintyy myrkytysoireita (25).

Helsingissä tehdyssä tutkimuksessa normaaliasuntojen VOC-pitoisuudet olivat  $40\text{-}235 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mediaani  $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (16). Ulkoilmassa asuntojen parvekkeilta mitattuna VOC-pitoisuudet olivat  $16\text{-}62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mediaani  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . VOC-pitoisuuksille ei ole asetettu maassamme ohjearvoja. Jäähallissa nyt mitatut VOC-pitoisuudet olivat korkeampia kuin helsinkiläisten asunnoissa mitatut korkeimmat arvot ja saattavat koe-olosuhteissa tehtyjen tutkimusten mukaan aiheuttaa ärsytysoireita. Matalien altistus- ja pitoisuuksien haitallisia

vaikutuksia ei tunneta riittävästi.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

1. Helsingin jäähallissa todetut hiilimonoksidipitoisuudet ovat liian korkeita. Ne aiheuttavat karboksihemoglobiinin lisääntymistä katsojien veressä määrässä, joka voi olla vaarallista sydän- ja verisuonisairauksia sairastaville provosoimalla angina pectoris- tai rytmihäiriökohtauksia. Psykkinen jännitys lisää tätä riskiä. Pelaajien fyysinen suorituskyky ja tarkkuus saattavat vähentyä häikäpitoisuuksien johdosta. Edellä olevat ilman pitoisuutta koskevat johtopäätökset on varmennettu pelaajien ja katsojien verikokeilla. Pelinaikainen altistus muutti tupakoimattomien henkilöiden veren karboksihemoglobiinipitoisuuden tupakoivien tasolle. Näin tapahtui myös lapsilla.
2. Typpidioksidipitoisuudet olivat korkeampia kuin liikenneympäristössä taajamissa todetut pitoisuudet.
3. Bentseenipitoisuudet olivat korkeita ylittäen noin kymmenkertaisesti liikenneympäristössä ja sisäilmassa normaalisti todetut pitoisuudet. Haihtuvien hiilivetyjen kokonaismäärä oli noin kaksikymmenkertainen ulkoilman pitoisuuteen verrattuna ja noin kolminkertainen normaalin asuntoilmaan verrattuna.
4. Nykyinen bensiinikäyttöinen jäänhoitokone tulisi korvata sähkökäyttöisellä tai vähintään varustaa pikaisesti katalyyttisellä pakokaasunpuhdistimella.
5. Pelaajien ja katsojien hengitysfunktiokokeet tulisi analysoida tarkemmin ennen ja jälkeen jääkiekko-ottelun. Helsingin ympäristökeskus voi järjestää tutkimuksen. Lisäksi on välttämätöntä tutkia sekä henkilökohtaisin että ilmanlaatuselvityksin, että tilanne korjaantuu, mikäli sähkökäyttöistä jäänhoitokonetta ei hankita.

## KIITOKSET

Esitämme parhaat kiitokset tutkimukseen osallistuneille "koehenkilöille". Samoin kiitämme jäähallin henkilökuntaa yhteistyöstä ja myönteisestä suhtautumisesta tutkimukseen.

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen laboratorion ja ympäristöterveysyksikön tutkimukseen osallistuneita työntekijöitä kiitämme iloisesta työnteosta myös epämukavina työaikoina.

## KIRJALLISUUTTA

1. Anderson DE. Problems created for ice arenas by engine exhaust. *Am Ind Hyg Assoc J* 1971;32:790-801.
2. Dewailly E, Allaire S. Nitrogen dioxide poisoning at a skating rink - Quebec. *Can Dis Wkly Rep* 1988; 14:61-62.
3. Hedberg K, Hedberg CW, Iber C, White KE, Osterholm T, Jones DBW, Flink JR, MacDonald KL. An outbreak of nitrogen dioxide-induced respiratory illness among ice hockey players. *JAMA* 1989; 262:3014-3017.
4. Smith W, Anderson T, Anderson HA, Remington PL. Nitrogen dioxide and carbon monoxide intoxication in an indoor ice arena - Wisconsin, 1992. *Epidemiologic Notes and Reports. MMWR* 1992;41:383-385.
5. Soparkar G, Mayers I, Edouard L, Hoepfner VH. Toxic effects from nitrogen dioxide in ice-skating arenas. *Can Med Assoc J* 1993;148:1181-1182.
6. Brauer M, Spengler JD. Nitrogen dioxide exposures inside ice skating rinks. *Am J Public Health* 1994;4:429-433.
7. Johnson CJ, Moran JC, Paine SC, Anderson HW, Breyse PA. Abatement of toxic levels of carbon monoxide in Seattle ice-skating rinks. *Am J Public Health* 1975;65:1087-1090.
8. Carbon monoxide intoxication associated with use of a gasoline-powered resurfacing machine at an ice skating rink. *MMWR* 1986;33:49-51.

9. Paulozzi LJ, Satink FA. A carbon monoxide mass poisoning in an ice arena in Vermont. *Am J Public Health* 1991;81:222.
10. Carbon monoxide poisoning at an indoor ice arena and bingo hall- Seattle 1996. *MMWR* 1996;45:265-267.
11. Berglund A, Bråbäck L, Bylin G, Vahter M. Personal NO<sub>2</sub> exposure monitoring shows high exposure among ice-skating schoolchildren. *Arch Environ Health* 1994;49:17-24.
12. Bruhn R, Gustavsson T, Persson B, Henschen L, Johansson B, Sernelius U. Kvävedioxidexponering i ishallar - en pilotstudie i Östergötland säsongen 1991-1992. Institutionen för yrkesmedicin, Universitetet i Linköping; Forskningsraport 1991:1-27.
13. Salonen R O, Pennanen A., Alm S, Jantunen M J. Kuuden suomalaisen jäähallin ilmanlaatu. *Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B 8/1993*.
14. Salonen RO, Pennanen A. Alm S, Eklund T, Nylund NO. Jäänhoitokoneen päästöjen vähennystekniikan ja ilmanvaihdon vaikutukset jäähallin ilmanlaatuongelmiin. *Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B7/1994*. Lee K, Yanagisawa Y, Spengler JD. Carbon monoxide and nitrogen dioxide levels in an indoor ice skating rink with mitigation methods. *Air & Waste* 1993;43:769-771.
15. Junnila SYT. Häkää jäähallissa. *Suomen Lääkärilehti* 1988;43:946-949.
16. Kostianen R, Nokelainen S, Ahonen S. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet huoneilmassa. *Ympäristökeskuksen julkaisuja 13/94*, Helsinki.
17. ISO DP 6768; Air Quality. Determination of mass concentration of nitrogen dioxide, modified Griess-Salzman method, 1980.
18. Kivistö H. Hiilimonoksidi. Kirjassa *Kemikaalialtistumisen biomonitorointi*. S 140-142. Toim A Aitio ym. Työterveyslaitos, Helsinki 1995.

19. Instrumental Laboratory. CO-Oximeter 482 Manual. Massachusetts. 1989.
20. Collison H, Rodkey F, O'Neal J. Determination of carbon monoxide in blood by gas chromatography. *Clin Chem* 1968;14:162-171.
21. Pekari K, Riekkola ML, Aitio A. Simultaneous determination of benzene and toluene in the blood using head-space gas chromatography. *J Chromatogr* 1989;491:309-320.
22. Lévesque B, Dewailly E, Lavoie R, Prud'Homme D, Allaire S. Carbon monoxide in indoor ice skating rinks: evaluation of absorption by adult hockey players. *Am J Public Health* 1990; 80:594-598.
23. Hampson NB. Carbon monoxide poisoning at an indoor ice arena and bingo hall - Seattle, 1996. *MMWR* 1996; 45:265-267.
24. Kostianinen R. Volatile organic compounds in the indoor air of normal and sick houses. *Atmos Environ* 1995;29:693.
25. Möllhave L. Volatile organic compounds, indoor air quality and health. *Indoor air 90. Proceedings of the 5th international Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Toronto, s 15-33. 1990.

Tekijä(t) Antti Pönkä, Ismo Syvähuoko, Risto Kostainen			
Nimike Altistuminen typpidioksidille, hiilimonoksidille ja bentseenille Helsingin jäähallissa			
Julkaisija	Julkaisu-aika	Sivumäärä	Liitteet
Helsingin kaupungin ympäristökeskus	1996	19	
Sarjan nimike		Osanumero	
Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja		4/96	
ISSN-numero 1235-9718	Kieli		
ISBN-numero 951-772-852-2	Koko teos	Tiivistelmä	Taulukot Kuvatekstit
	fin	fin, swe	
Avainsanat jäähallit, sisäilman laatu, typpidioksidi, hiilimonoksidi, bentseeni			
UDK			
Lisätietoja: Antti Pönkä Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristöterveysyksikkö Helsinginkatu 24 00530 Helsinki puh. 73121			



---

## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1995

1. Töölönlahden sedimentin kunto ja sisäinen kuormitus
2. Huokoskaasu maaperän ja pohjaveden saastuneisuuden kuvaajana
3. Kosteus- ja homevaurioista helsinkiläisissä päiväkodeissa
4. Leivosten laatu ja myyntiolosuhteet myymälöissä
5. Koululounaan ravintosisältö ja laatu Helsingissä 1989 - 1993
6. Ryömintätilaisten alapohjien kosteus- ja homevauriot
7. Terveysthuollon toimipisteiden jätehuolto, 2. uudistettu painos
8. Sairauksien esiintyvyys homeille altistuneilla koululaisilla

## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1996

1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuudet ulkoilmassa Helsingissä
2. Öljy-yhdisteiden biologinen hajoaminen ja saastuneen maan biosaneeraus
3. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1995
4. Altistuminen typpidioksidille, hiilimonoksidille ja bentseenille Helsingin jäähallissa

### **Julkaisujen tilaus:**

ympäristökeskuksen neuvonta  
Helsinginkatu 24, 00530 HELSINKI  
puh. 7312 2730, fax 7312 2235

ISSN 1235-9718

ISBN 951-772-852-2

---