

## Koululaisten lyijyaltistuminen lyijyteollisuusalueella

HELENA TASKINEN, HENRIK NORDMAN, KERSTIN ENGSTRÖM  
JA SVEN HERNBERG

*Ympäristölyijyn vaikutusta koululaisten lyijyaltistumiseen selvitettiin tutkimalla veren lyijypitoisuus (B—Pb) ja punasolujen protoporfyrinipitoisuus (EPP) 105:ltä lyijyteollisuusalueella koulua käyvältä oppilaalta (ikä 10–17 vuotta) ja 64:ltä oppilaalta (ikä 8–11 vuotta) lyijyteollisuusalueen ulkopuolisissa vertailu-Lyijyteollisuusalueen koulujen oppilailla B—Pb -keskiarvo oli  $6,4 \pm 2,7 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$  ja vertailukoulujen oppilailla  $4,5 \pm 2,1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ; ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,001$ ). EPP-keskiarvot olivat viitearvojen puitteissa kaikissa kouluissa.*

Lyijysulattamoiden ympäristössä asuva väestö saattaa tietyissä olosuhteissa altistua lyijylle enemmän kuin etäämpänä asuva väestö joutuksen sulattamoista ilmaan pääsevistä lyijypölystä. Lyijysulattamoiden lähistön asukkailla on todettu veressä enemmän lyijyä kuin väestöllä yleensä (Nordman 1975, WHO 1977). Teollisuusalueella, jossa ilman ja maanpinnan lyijypitoisuus on suuri, on lasten veren lyijypitoisuus (B—Pb) ollut keskimäärin suurempi kuin muilla kaupunki- ja maaseutualueilla (Roels ym. 1978, Roels ym. 1980). Lyijyteollisuusalueiden lapsilla on myös todettu suurentuneita punasolujen protoporfyrinipitoisuuksia (EPP), mikä osoittaa lyijyn toksista vaikutusta hemoglobiinisynteesiin (Roels ym. 1976, Zielhuis ym. 1979). Viime aikoina on huolestumista herättänyt eräissä ulkomaisissa artikkeleissa esitetty epäily, että jo myrkytyksissä tavattavia pitoisuuksia pienemmät lyijymäärät aiheuttaisivat lapsille käytös- ja oppimis-

häiriöitä (Bryce-Smith ym 1978, Needleman ym. 1979).

Suomessa 1975 tehdyssä laajassa väestötutkimuksessa eri väestöryhmien B—Pb -keskiarvot olivat kansainvälisesti katsoen matalat (8—12  $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ). Keskiarvot Tikkurilan lyijyteollisuusalueen asukkailla olivat kuitenkin jonkin verran muita suuremmat (naisilla 14,3, miehillä 18,1  $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ) (Nordman 1975). Tutkimuksessa ei ollut mukana lapsia, koska lyijyanalyysimenetelmään tarvittiin tuolloin 20 ml verta, eikä tutkimusta siitä syystä pidetty lapsille eettisesti sopivana. Nykyisen menetelmän tarvitsema näyte on sen sijaan niin pieni, että se voidaan lapsilta haitatta ottaa.

Lyijyteollisuusalueella olevien koulujen oppilaiden lyijyaltistumista on selvitetty Vantaan terveyslautakunnan aloitteesta marraskuussa 1979 — tammikuussa 1980 otettujen verinäytteiden perusteella. Tulokset esitetään tässä raportissa.

Taulukko 1. Mittaustuloksia lyijyleijumista vuosilta 1973–1979 eri mittauspisteistä Vantaan terveysviraston valvontaosaston ja Suunnittelukeskus Oy:n mittausten mukaan

Mittausvuosi	Jakson pituus (vrk)	Ilman korkein Pb-keskiarvo (vaihteluväli), $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Tikkurilan yläaste	Tikkurilan keskusta (Lummetie 1)
1973	14	6,4	
1973	180	1,8	
1977	14	2,4	4,5
1977	180	0,8	
1978	14	0,99 (0,04 – 4,37)	
1979	14	0,75 (0,12 – 2,9)	7,2 (0,58 – 19)

Tikkurilan ilman lyijypitoisuudesta (lyijyleijuma) ja maahan laskeutuneen lyijyn (lyijylaskeuma) määrästä on mittaustietoja vuosilta 1973–1979 (taulukko 1). Vuonna 1973 ilman Pb-pitoisuuden kuuden kuukauden keskiarvo oli  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vuonna 1977 arvo oli  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Korkein kahden viikon mittausjakson ilman Pb-pitoisuus oli  $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuonna 1973 ja  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vuonna 1977. Nämä tulokset on saatu 0,3 km päässä lyijysulattamosta olevasta mittauspisteestä Tikkurilan yläasteen koulun katolta (Vantaan kaupunki 1979). Vuosina 1978–1979 mittaukset on suoritettu ns. tehokeräysmenetelmällä (SFS 3863), joka antanee aiempaan menetelmään verrattuna hieman suurempia lukemia. Näytteet kerättiin kahden viikon mittausjaksoissa sekä yllä mainitusta mittauspisteestä että taajaman keskustasta 0,5 km etäisyydeltä lyijysulattamosta, läheltä Orvokkitien ala-asteen koulua (Lummetie 1). Tikkurilan yläasteen mittauspisteessä oli ilman Pb-pitoisuuskeskiarvo joulukuussa 1978  $0,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(vaihteluväli  $0,04 - 4,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ja touko-kuussa 1979  $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (vaihteluväli  $0,12 - 2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Lummetie 1:ssä (vain yhden mittausjakson) lukemat olivat suuremmat, keskiarvo  $7,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0,58 - 19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Lyijylaskeumien kolmen kuukauden mittausjakson keskiarvot ovat vielä vuonna 1979 ylittäneet lääkintöhallituksen yleiskirjeen n:o 1550/1973 antaman ohjearvon ( $10 \text{ mg}/\text{m}^3 / 30 \text{ vrk}$ ) Tikkurilan yläasteen mittauspisteessä. Lummetien mittauspisteessä ohjearvo on alitettu selvästi (taulukko 2). (Suunnittelukeskus Oy, 1979).

#### AINEISTO JA MENETELMÄT

Tikkurilan taajama sijaitsee pääradan varrella noin 20 km Helsingistä pohjoiseen. Tikkurilan keskustassa on lyijysulattamo ja maalitehdas; keskustasta noin 4 km lounaaseen on lyijysulattamo ja tämän lähellä (noin 1 km) akkutehdas. Keskustan lyijysulattamon pohjoispuolella 0,3 km etäisyydellä, pienen metsikön

Taulukko 2. Lyijylaskeuma 90 vuorokauden jakson kuluessa Suunnittelukeskus Oy:n mittausten perusteella

Mittausjakso	Lyijylaskeuma (90 päivän mittausjaksoina), $\text{mg}/\text{m}^2 / 30 \text{ vrk}$	
	Tikkurilan yläaste	Tikkurilan keskusta (Lummetie 1)
X – XII 1978	7,3	3,4
I – III 1979	15,8	3,7
IV – VI 1979	39,2	6,1

Taulukko 3. Koululaisten ikä ja sukupuoli sekä koulujen etäisyys lyijysulattamosta

Koulu	Etäisyys lyijysulattamosta (km)	Ikä (vuosia) mediaani (vaihteluväli)	Tyttöjä	Poikia
Tikkurilan yläaste	0,3	14 (14–15)	14	7
Tikkurilan lukio	0,3	17 (17–19)	25	2
Orvokkitien ala-aste	0,5	11 (10–12)	36	21
Laajavuoren ala-aste	10	8	14	16
Mårtensdals lägstadieskola	10	11 (10–12)	19	15

takana, on koulukompleksi, Tikkurilan yläaste ja lukio. Taajaman keskustassa, 0,5 km lyijysulattamosta länteen, on Orvokkitien ala-asteen koulu (kartta kuvassa 1). Näistä kouluista tutkittiin yhteensä 105 terveystarkastusvuorossa olevaa oppilasta. Vertailuryhmänä oli 64 oppilasta, joiden koulut (Laajasalon ala-aste ja Mårtensdals lägstadieskola) sijaitsevat Martinlaakson taajamassa, noin 10 km länteen Tikkurilan taajamasta. Lasten ikäjakama on taulukossa 3. Näiltä 169 oppilaalta tutkittiin B—Pb ja EPP.

B—Pb määritettiin atomiabsorptiospektrofotometrillä käyttäen Delvesin mikromenetelmää Edigerin ja Colemanin muunnoksen (1972) mukaisesti. Näytteen otto ja B—Pb -analyysit menetelmäkontrollineen suoritettiin samalla tavalla kuin alle kouluikäisten lasten B—Pb -tutkimuksessa (Tasinen ym. 1980). Näytteet tutkittiin Työterveyslaitoksen Turun aluelaitoksen laboratoriossa.

EPP-määritys tehtiin hematofluorometrillä (Environmental Science Associates). Työterveyslaitoksella mitattiin EPP-pitoisuus 200 koehenkilöltä. B—Pb -arvot vaihtelivat välillä 5—95 ug/100 ml. Mittausten perusteella päätettiin laitekohtaiseksi viitearvoksi — 40 ug EPP/100 ml verta (henkilökohtainen tiedonanto: Aitio A. (1980), Työterveyslaitoksen biokemiallinen laboratorio).

#### TULOKSET

B—Pb -keskiarvot olivat Tikkurilan alueen koululaisilla 3,8 — 8,2 ug/100 ml (vaihteluväli 2 — 14 ug/100 ml). Vertailualueiden kouluissa B—Pb -keskiarvot olivat 3,7 — 5,3 ug/100 ml (vaihteluväli 2 — 15 ug/100 ml). Tyttöjen keskiarvot olivat hieman poikien keskiarvoja pienemmät, mutta tilastollisesti merkitsevä ero oli vain Tikkurilan yläasteella (taulukko 4). Koska muita eroja ei ollut, tytöt ja pojat ovat koulujen välisessä

Taulukko 4. Koululaisten veren lyijypitoisuuden (B-Pb) ja punasolujen protoporfyrinipitoisuuden (EPP) keskiarvot (suluissa keskihajonnat)

Koulu	B-Pb ± SD (µg/100 ml)			EPP ± SD (µg/100 ml)		
	tytöt	pojat	kaikki	tytöt	pojat	kaikki
Tikkurilan yläaste	5,1 ± 1,9 <sup>1</sup>	7,3 ± 1,9 <sup>1</sup>	5,9 ± 2,1	26,5 ± 8,4 <sup>1</sup>	22,6 ± 4,3 <sup>1</sup>	25,2 ± 7,3
Tikkurilan lukio	3,8 ± 1,3	6,0 ± 1,4	3,9 ± 1,4	32,4 ± 7,7	31,5 ± 3,5	32,4 ± 7,4
Orvokkitien ala-aste	7,6 ± 2,3	8,2 ± 2,7	7,8 ± 2,5	30,0 ± 9,9	30,3 ± 4,3	30,1 ± 7,9
Laajavuoren ala-aste	4,9 ± 1,7	5,3 ± 3,0	5,1 ± 2,5	20,3 ± 3,6	20,3 ± 3,6	20,6 ± 4,0
Mårtensdals lägstadieskola	3,7 ± 1,2	4,5 ± 2,0	4, ± 5,1	22,2 ± 5,1	21,0 ± 5,3	21,7 ± 5,1

<sup>1</sup> Tyttöjen ja poikien tuloksen välillä tilastollisesti merkitsevä ero, p < 0,025.

Taulukko 5. Veren lyijypitoisuuksien keskiarvojen erojen tilastollinen merkitsevyys eri koulujen välillä. Suluissa B-Pb -keskiarvot ( $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ).

Koulu	Lyijysulattamon lähellä				
	Tikkurilan yläaste ( $5,9 \pm 2,1$ )	Tikkurilan lukio ( $3,9 \pm 1,4$ )	Orvokkitien ala-aste ( $7,8 \pm 2,5$ )	Laajavuoren ala-aste ( $5,1 \pm 2,5$ )	Mårtensdals lågstadieskola ( $4,1 \pm 1,6$ )
Mårtensdals lågstadiesk. ( $4,1 \pm 1,6$ )	0,001	N.S.	0,001	N.S.	—
Laajavuoren ala-aste ( $5,1 \pm 2,5$ )	N.S.	0,05	0,001	—	
Orvokkitien ala-aste ( $7,8 \pm 2,5$ )	0,005	0,001	—		
Tikkurilan lukio ( $3,9 \pm 1,4$ )	0,001	—			
Tikkurilan yläaste ( $5,9 \pm 2,1$ )	—				

N.S. = ei tilastollisesti merkitsevää eroa  
 $p < 0,05$  = tilastollisesti melkein merkitsevä ero  
 $p < 0,005$  = tilastollisesti merkitsevä ero  
 $p < 0,001$  = tilastollisesti erittäin merkitsevä ero

vertailussa yhtenä ryhmänä. B—Pb -keskiarvo oli tytöillä ja pojilla suurin Orvokkitien koulussa ( $7,8\text{ ug}/100\text{ ml}$ ). Keskiarvo oli tilastollisesti merkittävästi suurempi kuin Tikkurilan yläasteen ja erittäin merkittävästi suurempi kuin muiden koulujen (taulukko 5). Lyijysulattamon lähellä sijaitsevien koulujen (Orvokkitie, Tikkurilan yläaste ja lukio) yhteinen B—Pb -keskiarvo,  $6,4\text{ ug}/100\text{ ml}$ , erosi merkittävästi vertailualueen koululaisten B—Pb -keskiarvoista ( $5,1\text{ ug}/100\text{ ml}$  Laajasalon ala-aste,  $p < 0,02$ , ja  $4,1\text{ ug}/100\text{ ml}$  Mårtensdals lågstadieskola,  $p < 0,001$ ).

EPP-keskiarvot olivat kaikissa kouluissa alle viitearvon (taulukko 4).

## POHDINTA

Tikkurilan koululaisotannassa saadut veren lyijypitoisuudet olivat kansainvälisesti katsoen pienet, mukaanluettuna korkein keskiarvo,  $8,2\text{ ug}/100\text{ ml}$ , Orvokkitien koulun pojilla. Arvot ovat pienemmät kuin suomalaisella aikuisväestöllä todetut (Nordman 1975). Laboratorion analyysimenetelmä oli hyvin tarkka, joten B—Pb -arvot ovat todellisuudessaakin pienet. Samansuuntaisia tuloksia

saimme alle kouluikäisten lasten B—Pb -tasoa eri osissa Suomea selvittäneessä tutkimuksessa (Taskinen ym. 1980). Tässä tutkimuksessa viiden Tikkurilassa lyijysulattamon lähellä (alle  $0,5\text{ km}$  etäisyydellä) asuvan lapsen B—Pb -keskiarvo ( $9,4\text{ ug}/100\text{ ml}$ ) oli merkittävästi korkeampi kuin muualla kaupunki- ja maaseutualueilla. Tanskassa Kööpenhaminan eri osissa sijaitsevien päiväkotien lasten B—Pb -tutkimuksessa oli B—Pb korkein ryhmässä, jonka päiväkotijäsen sijaitti vilkasliikenteisellä lyijyteollisuusalueella (keskiarvo  $10,4$ ; vaihteluväli  $2 - 17\text{ ug}/100\text{ ml}$ ). Alueella, jossa ei ollut lyijyteollisuutta, mutta jossa liikenne oli erittäin vilkasta, B—Pb -keskiarvo oli  $8,9$  (vaihteluväli  $6-11$ )  $\text{ug}/100\text{ ml}$ . Hiljaisen liikenteen alueella B—Pb -keskiarvo oli  $6,6$  (vaihteluväli  $4-11$ )  $\text{ug}/100\text{ ml}$  (Bach 1978).

Lyijyä on vaikea määrittää verestä luotettavasti. Laboratorioiden väliset analyysivertailututkimukset osoittavat, että kokeidenkin lyijylaboratorioiden tulosten välillä voi olla yli  $10\%$  eroja ja että kokemattomien laboratorioiden väliset tuloserot ovat usein moninkertaiset (WHO 1977). Pikkulasten veren lyijypitoisuutta Suomessa kartoitta-

neen tutkimuksen ja tämän tutkimuksen yhteydessä tehdyssä laboratoriodien välisessä vertailussa olivat oman laboratoriomme tulokset tyydyttävän lähellä kaikkien laboratoriodien keskiarvoa ja poikkeamien suunta oli systemaattisesti hieman keskiarvosta korkeampiin tuloksiin, joten "todelliset" B—Pb -arvot voivat olla saatuja arvoja vähän matalampia. Menetelmän toistettavuus oli hyvä.

Tutkitut koulut oli valittu sijaintinsa mukaan niin, että vertailu lyijyteollisuuden lähellä ja siitä kaukana sijaitsevien koulujen välillä olisi mahdollista. Oppilaiden ikäeroilla ehkä on vertailua vaikeuttavaa merkitystä eräiden koulujen välillä. Muuten aineistossa ei nähdäksemme ollut tutkimusasetelmaan vaikuttavaa valikoitumista.

Orvokkitien koululaisten vähän muita suurempaan lyijyaltistumiseen vaikuttavat ilmeisesti runsaamman lyijyleijuman lisäksi leikki- ja ulkoilutavat. Maahan laskeutunutta lyijypölyä saattaa leikkitaivoista johtuen joutua ala-asteen koululaisilla käsien kautta suuhun enemmän kuin vanhemmilla koululaisilla. Ala-asteen lapset asuvat myös lähellä koulua samassa taajamassa, joten altistuminen ei ainakaan kaikilla rajoitu koulupäivään. Tikkurilan yläasteen koululaisten pitoisuudet ovat hieman Orvokkitien pitoisuuksia matalampia. Koululaisten korkeampi ikä selittää ehkä tämän: ulkoilutavat ovat erilaiset. Tikkurilan lukion oppilaiden pieniin pitoisuuksiin emme löytäneet varmaa syytä.

Lyijyn toksinen vaikutus hemisynteesiin näkyy EPP:n lisääntymisenä. Se alkaa lapsilla ja naisilla pienemmissä B—Pb -pitoisuuksissa kuin miehillä. Onkin esitetty, että

B—Pb lapsilla ei saisi ylittää 25 ug/100 ml, jotta EPP:n lisääntymiseltä välttäisiin (Roels ym. 1976). Tässä tutkimuksessa EPP-keskiarvot kaikissa kouluissa olivat viitearvojen puitteissa. Kuudella koululaisella EPP-arvot olivat 42—50 ug/100 ml, mutta heillä B—Pb -keskiarvo oli 5,2 (vaihteluväli 4—8) ug/100 ml, joten lyijy ei liene suurien EPP-arvojen syy. EPP voi suureta myös esimerkiksi raudanpuuteanemiassa.

Veren lyijypitoisuudet olivat kaikkien koulujen oppilailla kansainvälisesti katsoen alhaiset ja punasolujen protoporfyrinipitoisuuksien keskiarvot olivat viitearvon puitteissa. Orvokkitien ala-asteen oppilaiden B—Pb -keskiarvo oli merkitsevästi muiden koulujen arvoa suurempi. Lyijysulattamalla näyttää tämän perusteella olevan lievä, ryhmätutkimuksissa todettavissa oleva, lähistön lasten lyijyaltistumista lisäävä vaikutus. Orvokkitienkin koululaisten N—Pb -arvot ovat tosin niin pienet, että nykytiedon perusteella ei tällaisten B—Pb -pitoisuuksien katsota aiheuttavan terveydellisiä haittoja.

Vaikka tässä tutkimuksessa koululaisten veren lyijypitoisuudet Tikkurilassa eivät anna aihetta huolestumiseen, on kuitenkin mahdollista, että yksittäistapauksissa lyijysulattamon läheisyydessä viljeltyjen marjojen, hedelmien ja vihannesten syöminen voi johtaa nyt havaittuja suurempiin B—Pb -pitoisuuksiin. Perheenjäsenten altistusta voi lisätä myös lyijyöntekijän vaatteiden mukana kotiin kulkeutunut lyijy. Tikkurilan erityisongelmat voivat kaivata tulevaisuudessaakin pistokoeluentoista selvittämistä ja tarvittaessa myös seurantaa.

## KIRJALLISUUS

- Bach E. Børns belastning med bly. Rapport om en befolkningsundersøgelse i Miljøstyrelsens undersøgelsesprogram for tungmetaller. Dansk Institut for klinisk epidemiologi, København 1978.
- Bryce-Smith D, Mathews J & Stephens R. Mental health effects of lead on children. *Ambio* 1978;7:56:192—203.
- Ediger R & Coleman R. A modified Delves cup atomic absorption procedure for the determination of lead in blood. *Atomic Absorption Newsletter* 1972;11:2:33—36.
- Needleman H, Gunnoe C, Leviton A *ym*. Deficits in psychologic and classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *New Engl J Med* 1979;13:300.
- Nordman H. *Environmental lead exposure in Finland*. A study on selected population groups. Academic dissertation. Institute of Occupational Health, Helsinki 1975.
- Roels H, Buchet J, Lauwerys R *ym*. Impact of air pollution by lead on the heme biosynthetic pathway in school-age children. *Arc Environ Health* 1976;31:310—316.
- Roels H, Buchet J, Lauwerys R *ym*. Lead and cadmium absorption among children near a nonferrous metal plant. *Environ Research* 1978;15:290—308.
- Roels H, Buchet J, Lauwerys R *ym*. *Exposure to lead by the oral and the pulmonary routes of children living in the vicinity of a primary lead smelter*. *Environ Reseach* 1980;22:81—94.
- Suunnittelukeskus Oy. Ilman tutkimustuloksia 1511/5889. 1979.
- Taskinen H, Nordman H, Engström K & Hernberg S. Kaupungissa ja maaseudulla asuvien lasten veren lyijypitoisuus. Työterveyslaitoksen tutkimusraportti lääkintöhallitukselle. Helsinki 1980.
- WHO. Environmental health criteria 3. Lead. Geneva 1977.
- Vantaan kaupunki, terveysvirasto, valvontaosasto. Selvitys lyijypäästöjen vaikutuksesta Tikkurilan yhdyskuntailman laatuun. 1979.
- Zielhuis R, Del Castilho R, Herber R, Wibowo A & Sallè H. Concentrations of lead and other metals in blood of two and three year-old children living near a secondary smelter. *Int Arch Occup Environ Hlth* 1979;42:231—239.

## SUMMARY

Taskinen H, Nordman H, Engström K & Hernberg S: *Lead exposure in schoolchildren in the vicinity of a lead smelter. Sosiaalilääketieteellinen Aikakauslehti • Journal of Social Medicine* 1981;18:62—67.

The blood lead (Pb—B) and erythrocyte protoporphyrins (EPP) were measured for 105 children (10—17 years of age) attending school in the vicinity of a lead smelter. The referent group consisted of 64 children (8—11 years of age) attending two schools situated about 10 km from the lead smelter. The mean Pb—B values in the children from the schools near the lead smelter varied between 3.9 —

7.8 ug/100 ml (range 2—14 ug/100 ml), in children from the referent schools, the mean values varied between 3.7 — 5.3 ug/100 ml (range 2—15 ug/100 ml). The highest mean, 8.2 ug/100 ml, was found in the 11 year old boys attending school near the lead smelter. The common mean Pb—B for all the schools in the vicinity of the lead smelter ( $6.4 \pm 2.7$  ug/100 ml) was significantly higher ( $p < 0.001$ ) than the common mean for the referent schools ( $4.5 \pm 2.1$  ug/100 ml). The mean EPP values in all schools were below the reference limit of the method ( $< 40$  ug/100 ml). (Conversion of units: 1 ug Pb/100 ml blood = 0.04826 umol Pb/l blood).

## KIITOKSET

Kiitämme Vantaan terveystieteiden keskuksen henkilökuntaa sujuvasta yhteistyöstä. Vantaan terveystieteiden keskus on kustantanut B—Pb-analyysit.

Työterveyslaitos  
Haartmaninkatu 1  
00290 Helsinki 29