



Kemisk exponering och hälsorisker vid hantering av elavfall

Anneli Julander, Fil Dr, IMM, KI

Per Gustavsson, Professor, IMM, KI

Kristina Jakobsson, Docent, AMM, LU

Bakgrundsdata

- Globalt ca 50 miljoner ton elavfall per år
- 3-5% ökning årligen
- Ca 10% återvinns korrekt
- Sverige ca 160000 ton/år
- 16 kg/person och år



Antal anställda i Sverige

- Ingen vet exakt
- Ca 4000 på återvinningscentraler
- Ca 1000 på återvinningsanläggningar
- 200-400 transporterar elavfall
- Totalt omkring 5000 personer

Produkt	Komponent	Farligt ämne
Tjocka TV och datorskärmar	Katodstrålerör (CRT)	Bly, antimon, tallium, indiumtennoxid och kadmium i glaset, barium i bildröret
Platta skärmar, tex laptops, mobiltelefoner och TV	Flytande kristallskärmar (LCD)	Flytande kristaller, indiumtennoxid som tunnfilmsbeläggning, och kvicksilver i smala lysrör som bakgrundsbelysning
I alla produkter	Kretskort	Bly och antimon i lödningar. Kadmium och beryllium i kontakter, Kvicksilver och beryllium i reläer, TBBPA (flamskydd) i plasten
I portabla elektronikprodukter	Batterier	Bly, nickel, kadmium, kvicksilver
Skrivare/Kopiatorer	Tonerkassetter	Toner, inklusive carbon black
Kylskåp, frysar, luftkonditioneringsanläggningar	Kylsystem	CFC, HCFC (freoner)
I olika typer av elektroniska kretsar	Kapacitatorer	PCB
Kopiatorer	Glas i kopiatorer	Tallium
Höljen, kablar, kretskort etc.	Plaster och polymerer	PVC och teflon som polymerer BFR, kadmium, bly och tenn (organiska föreningar), ftalater som additiv.
Lampor	Lysrör och lågenergilampor, LED, Halogen	Kvicksilver, galliumarsinid, tallium
Solfångare	Solceller	Galliumarsenid, Indiumtennoxid

Hantering

- Material lämnas i burar eller plastbackar på återvinningscentraler
- Transport till utsedda förbehandlare
- Sortering, demontering, ev storleksreducering, avskiljning av olika fraktioner
- Vidare transport till materialåtervinnare.



Manuell demontering



- Ofta vid löpande band
- Plocka isär utan att skada produkter
- Kretskort, batterier, skärmar, plasthöljen, tonerkassetter, kvicksilverhaltig utrustning
- CRT och LCD skärmar tidigare varit problem

Ljuskällor

- Ett företag i Sverige som arbetar med återvinningen
- Mindre lysrör och lågenergilampor krossas i en torr process med manuell hantering
- Långa lysrör storleksstorteras, körs i ändkapningsmaskin där pulvret avlägsnas i ett slutet system
- Ljuskällor ofta trasiga då de kommer till återvinnaren.

Kunskapsinsamling

- Samtal med aktörer inom branschen
- Genomgång av vetenskaplig litteratur (ej Asien)
 - Damm/Partiklar – 2 studier
 - Bromerade flamskyddsmedel – 10 studier
 - Metaller – 2 studier

Damm och partiklar

- Hygieniska gränsvärden (HGV) finns för damm
 - Organiskt damm 5 mg/m³ (totaldamm)
 - Oorganiskt damm 10 mg/m³ (inhalerbart)



37-mm filter kassett
totaldamm



IOM provtagare
inhalerbart damm

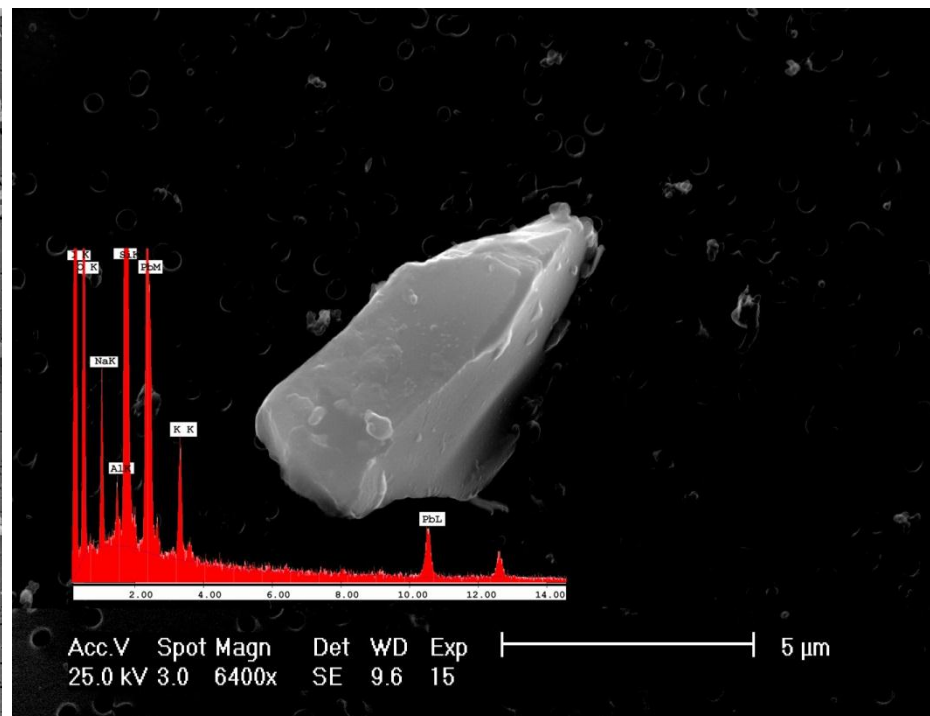
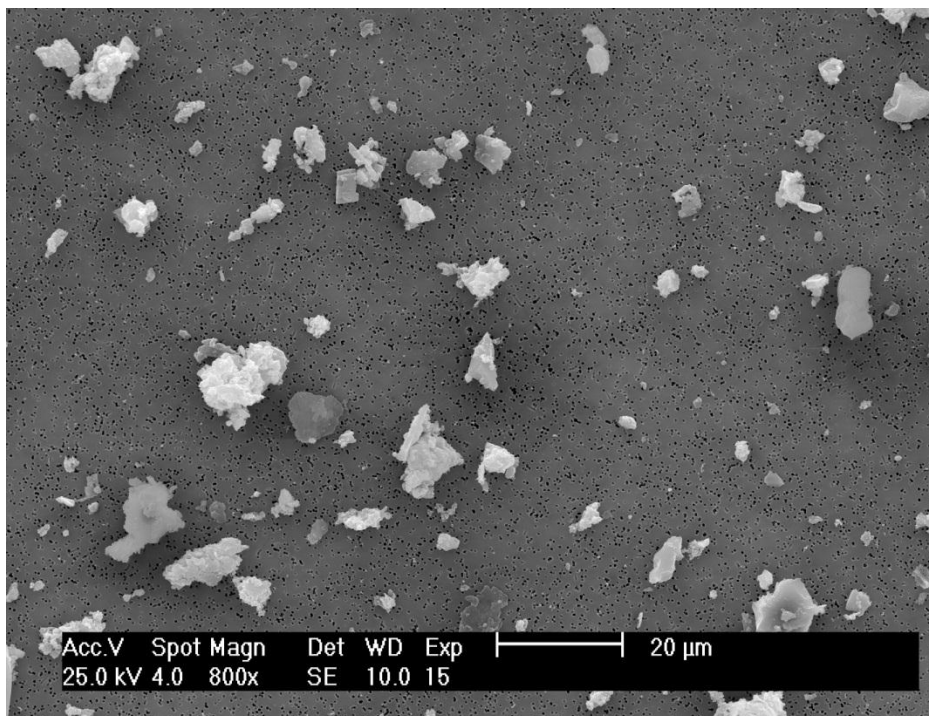


Casella cyklon
respirabelt damm

Partikelstorlek

- Storleken på partiklarna avgör hur långt ned i luftvägarna de hamnar
 - >10 μm övre luftvägarna, ej nedanför luftstrupen
 - 5-10 μm företrädevis i luftrören (inhalerbart)
 - < 5 μm alveolerna (respirabelt)
- Graden av löslighet avgör hur lätt partiklarna tas upp i lungvävnaden.

Filter från demontering

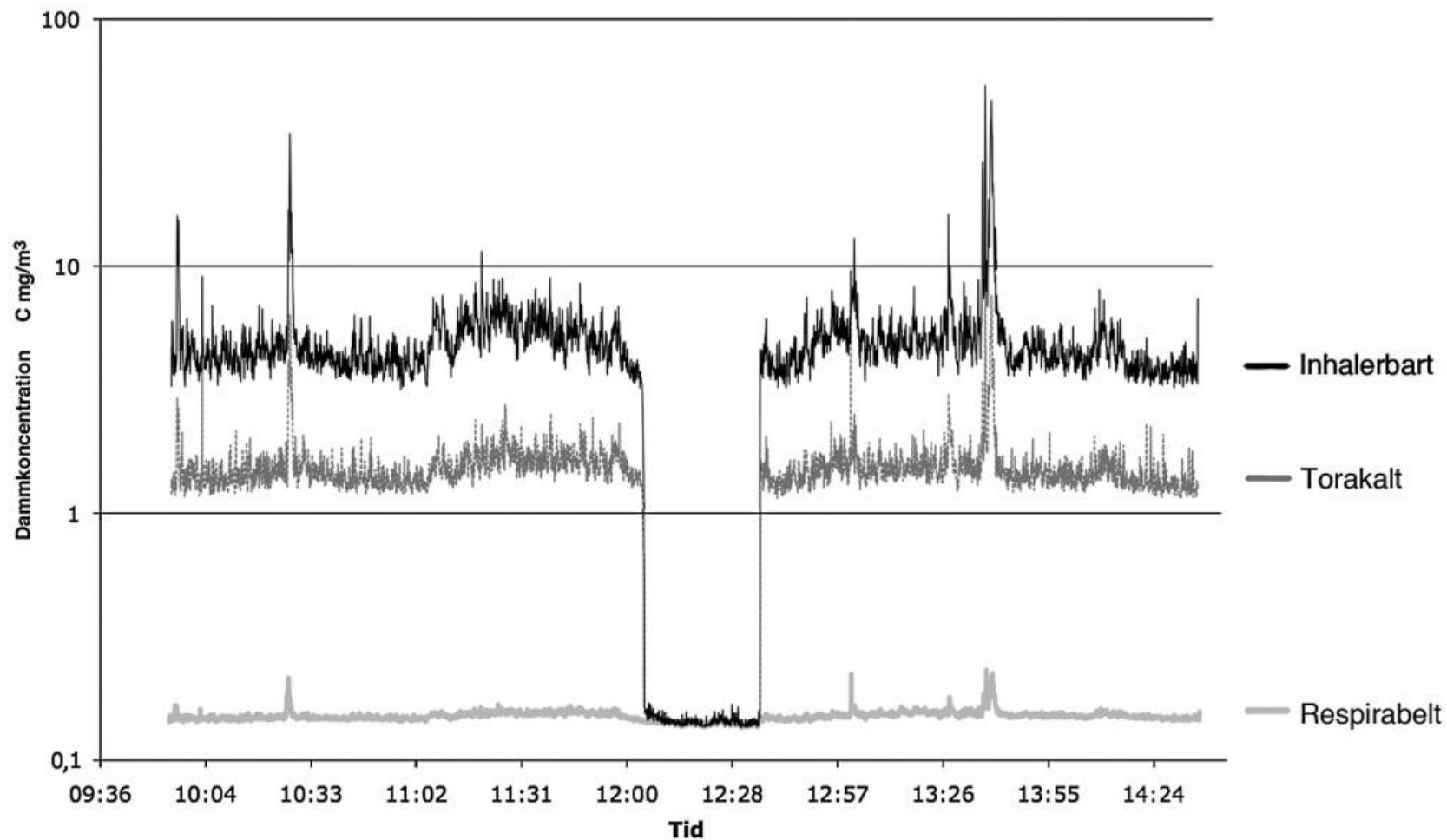


Svepelektronmikroskop (SEM) Foto: Lennart Lundgren och Anneli Julander

Resultat

- Dammig miljö vid återvinning - medelvärde 3 mg/m³
- Halterna kan komma upp i gränsvärdesnivåer och ibland över (max 12 mg/m³)
- Miljön domineras av stora partiklar
- Relativt höga halter av fina partiklar (20-1000 nm) 0,2 mg/m³, 50-100000 partiklar/cm³

Granulering



Damm och partiklar - hälsoeffekter

- Effekter på lungor och andningssystemet
- Effekter på hjärt-kärlsystemet
- Irritation i övre luftvägar och ögonslemhinnan
- Vanligt med klagomål på flera olika typer av irritativa besvär
- Systematiska studier av symtom bland personalen saknas helt vilket borde kartläggas
- Inga studier av ultrafina partiklar finns inom branschen

Metaller

- Få studier gjorda på metallexponering inom branschen
- Inga studier publicerade vetenskapligt
- Baserat på 1 svensk studie och 1 finsk studie
- Valt ut att titta på bly, kvicksilver, kadmium, nickel, kobolt och krom.

Bly

- Luft
 - Lufthalter i inhalerbart damm låg i området 0,01-130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Enstaka värden överskred hygieniska gränsvärdet 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Blod
 - Produktionsarbetare 0,05-1,1 $\mu\text{mol}/\text{L}$
 - Kontorsarbetare 0,02-0,12 $\mu\text{mol}/\text{L}$

6% av mätningarna låg bly i blod vid eller över de nivåer som kräver medicinska kontroller (0,8 $\mu\text{mol}/\text{L}$).

Bly

- Kronisk exponering: perifera nervsystemet, njurar och reproduktion
- Har kvinnan en halt på $0,8\mu\text{mol/L}$ i blodet under graviditeten överskrider detta tydligt de blodhalter där skadliga effekter på barn uppkommer
- Studier på gruppnivå av barn har visat att blyhalter på $<0,24\mu\text{mol/L}$ blod ger effekter på motorik och kognition
- Identifiera källor till Pb exponering sedan CRT-skärmas slutats att krossas.

Kvicksilver

- Luft

- Låga halter uppmättes – men ångfas ej mätt (1% HGV)

- Inga ljuskällor fanns

Ändkapning och återvinning av lysrör 47-175 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (HGV 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- Urin

- Produktionsarbetare 6,5 nmol/L

- Kontorsarbetare 4 nmol/L

Lysrörsarbetare 59-297 nmol/L (blod)

Kvicksilver

- Känsligaste organet hos vuxna är njurarna
- Tidigt tecken på njurpåverkan är läckage av proteiner till urinen
- Proteinläckage till urinen har observerats vid halter i blod på 100 nmol/L (demontering: 7 nmol/L; lysrör: 60-300 nmol/L)
- Inga studier av Hg exponering (lufthalter) vid förbehandling eller insamling av elavfall
- Exponeringssituationen ej klarlagd för lysrörsåtervinning

Kadmium

- Luft
 - Halterna var låga 2-10% HGV ($20\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Blod (aktuell exponering)
 - 3-10 nmol/L
 - Medicinsk kontroll: >50 nmol/L – utredning
- Urin (kroppsbörda)
 - 2,5-5 nmol/L ($0,25-0,5$ $\mu\text{mol}/\text{mol}$ kreatinin)
 - Medicinsk kontroll: $>2\mu\text{mol}/\text{mol}$ kreatinin – utredning

Högre hos produktionspersonalen än kontorspersonalen
I nivå med rökande normalbefolkningen

Kadmium

- Hög exponering skadar benbildningen och njurar
- Negativa effekter på skelettet vid exponeringsnivåer (U-Cd 0,50 $\mu\text{mol/mol}$ kreatinin) som förekommer i allmänbefolkning har nyligen visats
 - Motsvarar ca 2 nmol/L blod (demontering: 3-10 nmol/L)
- Extra exponering via yrket gör att inga säkerhetsmarginaler finns kvar, speciellt för kvinnor.
- Nästan inga data från kvinnor som arbetar med elavfall
- Inga studier av kadmium från återvinning av batterier i Sverige

Allergiframkallande metaller

- Nickel, kobolt och krom förekom i samtliga luftprover i låga halter
- Även i biologiska prover från den svenska studien var halterna låga
- Vid batteriåtervinning i Finland var halter i luften och i blodet förhöjda jämfört med vanliga elavfallsåtervinnare

Nickel, krom och kobolt

Utöver allergirisker för huden

- 6-värt krom är en humancarcinogen, och kan ge astma, perforering i nässkiljeväggen och kronisk lungsjukdom.
- 3-värt krom kan ge luftvägsirritation
- Kobolt är möjligen carcinogent för människa, ger yrkesastma, interstitiell lungfibros (hårdmetall). Irritativa besvär i ögon, näsa och hals vid så låga halter som $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (demonterare $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, batteriåtervinning $13\text{-}68 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Metalliskt nickel är möjligen carcinogent för människa. Inhalation kan ge upphov till astma, men mycket sällsynt.

Kunskapsluckor (Ni, Cr, Co)

- Ingen kunskap om vilken form krom föreligger i
- Den finska studien visade på höga kobolt- och nickelhalter i luften inom återvinning av batterier – inga svenska studier finns
- Bör utreda hudexponering av dessa metaller fram för allt inom återvinningen av batterier

Ovanliga metaller

- Vid tillverkning av elektronik används även beryllium, gallium, indium och tallium
- Samtlig har analyserats i luftprover och biologiska prover i den svenska studien
- Halterna var mycket låga och långt från HGV
- För indium, fanns en klar koppling mellan lufthalter och urinalter hos arbetstagarna
- De uppmätta värdena i blod och urin låg i samma nivå som rapporterats för unga vuxna i Sverige

Ovanliga metaller

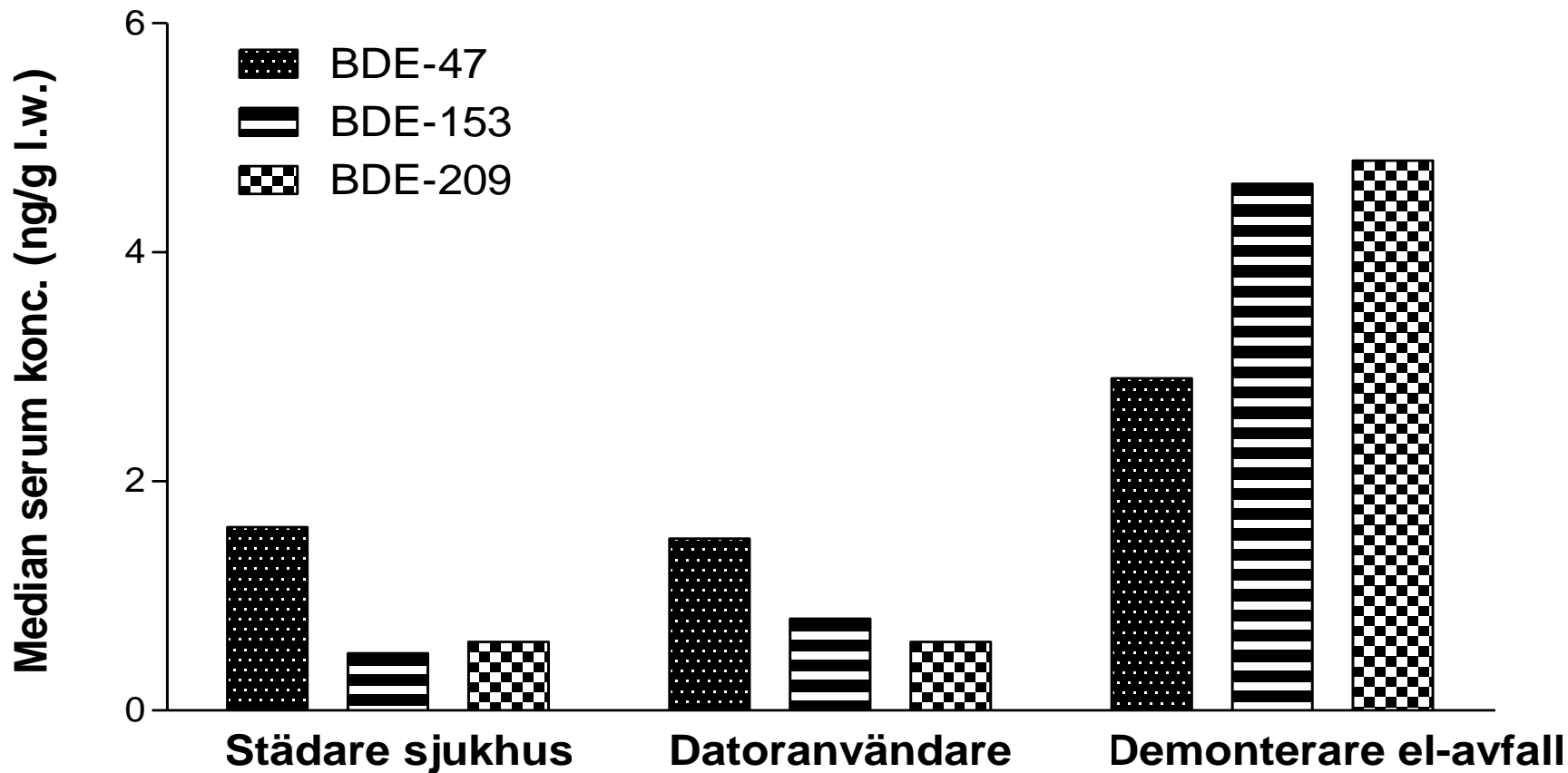
- Indium i metallisk form – låg toxicitet
- Indiumtennoxid (ITO) vid tillverkning - fallrapporter av allvarliga lungsjukdomar (lungfibros) med dödligt utfall
- Beryllium är carcinogent för människa, extremt toxisk och orsakar inflammation i lungvävnaden och lunginflammation. Långvarig yrkesexponering kan leda till beryllios

Bromerade flamskyddsmedel

- Persistenta organiska miljögifter
- PBDE är förbjudna att ingå i elektronik via RoHS-direktivet (2003)
- Vanligaste är
 - PBDE – polybromerade difenyletrar (209 olika varianter)
 - HBCDD – hexabromocyklododekan
 - TBBPA – tetrabromobisfenol A

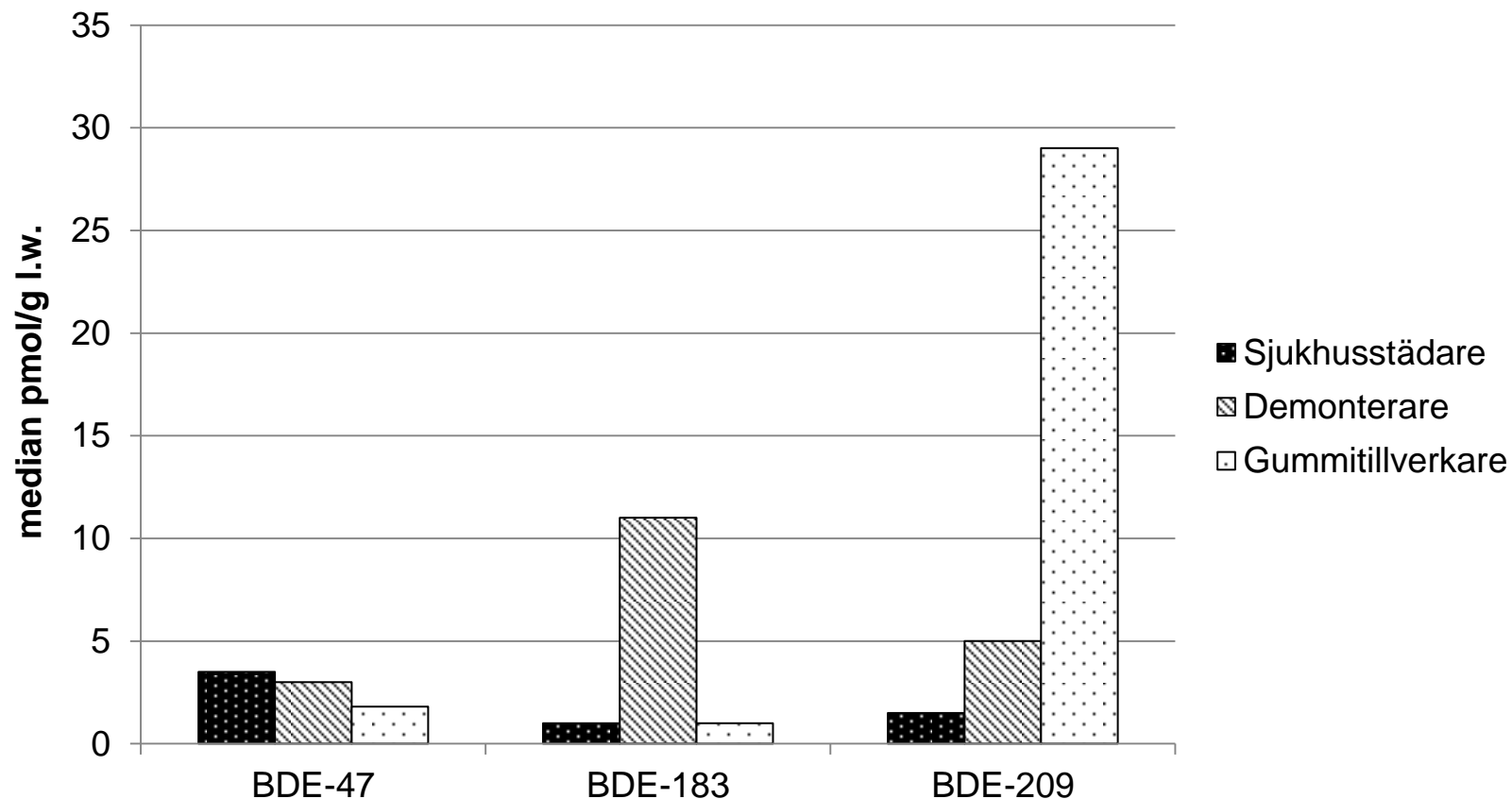


Biologiska prover - PBDE

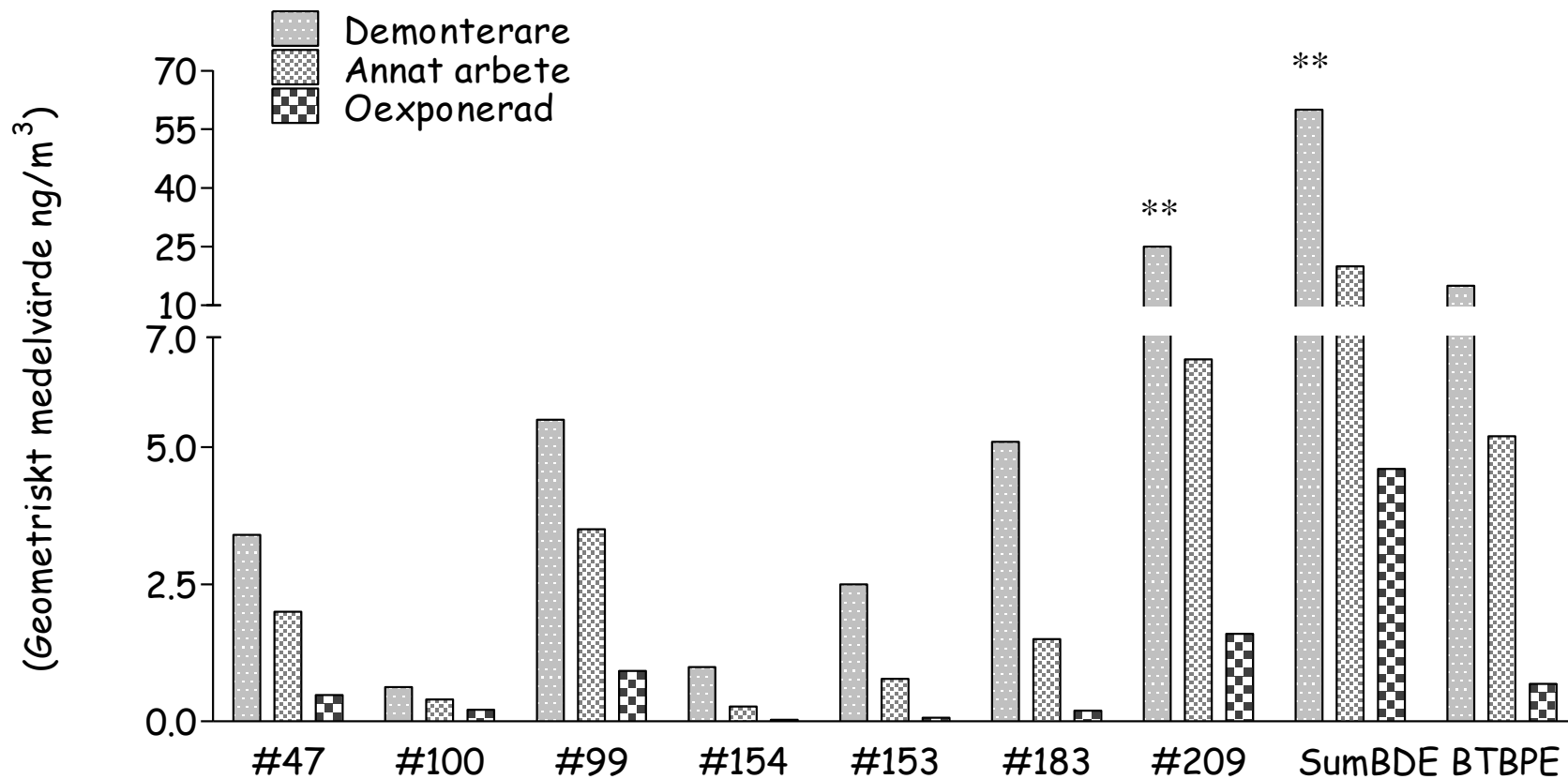


Sjodin et al. 1999, Environ. Health Persp. Vol 107(8):643-648

Gummikabeltillverkare - PBDE

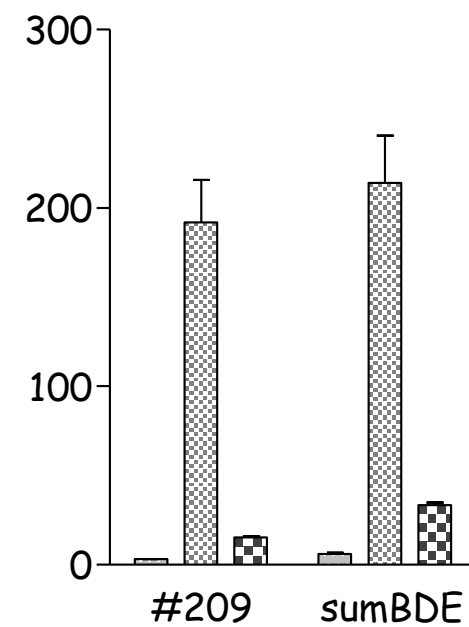
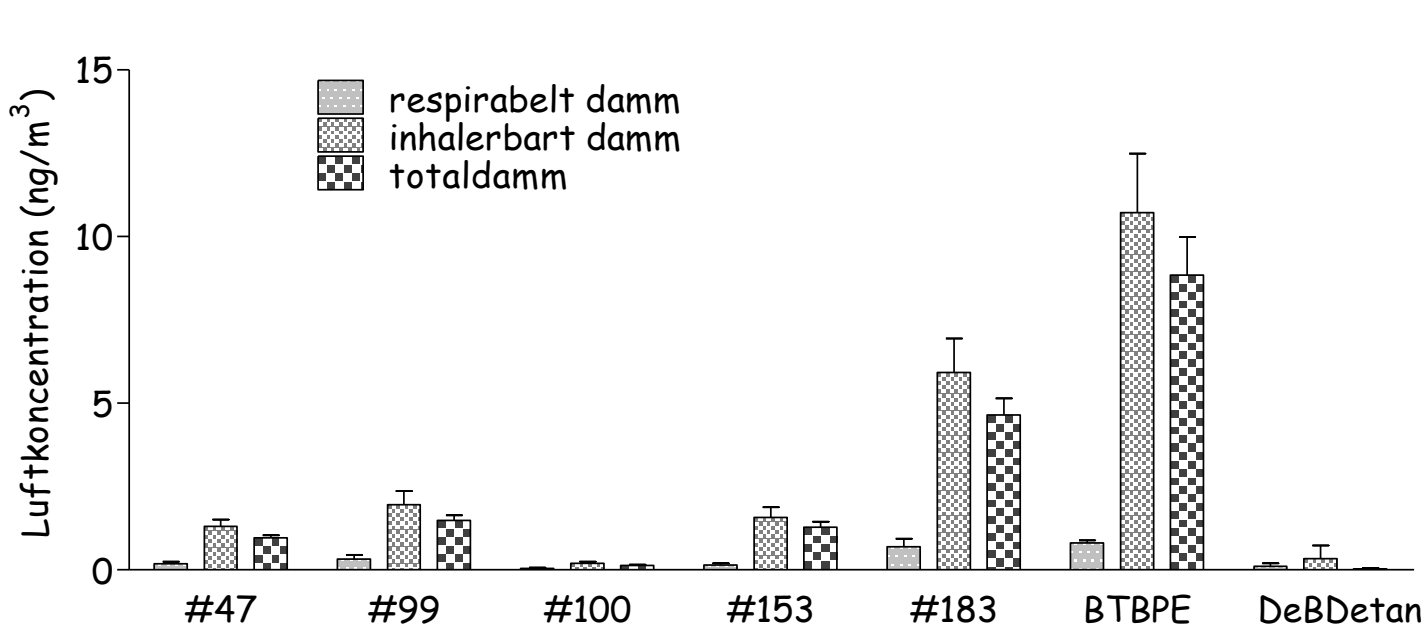


Luftdata - elektronikåtervinning



Pettersson-Julander et al. 2004, J. Environ. Monit., 6: 874-880

PBDE - storleksfördelning



Julander et al. 2005 Sci. Total Environ. 350: 151-160

Bromerade flamskyddsmedel (PBDE)

- Djurexperimentella studier (ca 100-1000 gånger högre halter än i människan):
 - Hormonstörande effekter
 - Påverkar endokrina systemet
 - Immunsystemet
 - Negativa effekter på kognitiv utveckling
- Humanstudier:
 - Finns några studier på sköldkörtelhormon och PBDE påverkan.
 - Epidemiologiska studier saknas nästan helt
 - Fokus är på reproduktionseffekter och kognitiva och beteendemässiga störningar hos barn

Kunskapsluckor

- Fler epidemiologiska studier för ”cocktail exponering” och påverkan på människor
- Studier av hälsoeffekter på yrkesexponerade saknas helt
- Inom 10 år har kunskapsläget sannolikt klarnat betydligt

Framtida forskningsbehov

- Damm: generellt höga halter inom branschen
 - Studier på hälsoeffekter av damm saknas helt
 - Storleksfördelning och ursprung är ej undersökt – troligen hög exponering för små partiklar
- Metaller: komplex bild med stor luckor i kunskapsbasen:
 - Återvinning – utreda Pb vidare
 - Batteriåtervinning (Pb, Co, Ni)
 - Återvinning av lyskällor (Hg)
 - Återvinning av platta skärmar (Hg, Ga, In)
- BFR: behöver inte kartlägga exponeringsförhållanden hos varje enskild förbehandlare. Men angeläget att följa exponeringen för både gamla och nya ämnen

Slutsatser

- Om svensk arbetsmiljölagstiftning gällande riskbedömning och medicinska kontroller vid exponering för bly och kadmium följs av enskilda företag kommer exponeringsförhållandena att klarläggas.
- Motiverat att göra mätningar av lufthalter för att kontrollera halter mot hygieniska gränsvärden.
 - Underlätta om nivågränsvärden var satta för samma provtagare
- Dammreducering är ett måste som även kommer minska exponeringen för både BFR och metaller.



Tack!

Information och granskning av rapport

Åke Bergman, professor, SU

Thomas Lund, Dr. Med. Vet., AMM, Skåne

Carola Lidén, professor, IMM, KI

Elkretsen AB

Representanter för återvinningsföretag