

KATARINA MIRNIK

ANALIZA OLOVA U ATMOSFERI JEDNE TVORNICI AKUMULATORA

Opisani su radni uvjeti u jednoj tvornici akumulatora s naročitim obzirom na sadržaj olova u atmosferi i uspoređeni s uvjetima u tvornici, koju opisuju Winn i Shroyer (loc. cit.). Za određivanje koncentracije olova upotrebljena je polarografska metoda. Sadržaj olova se kreće u vrlo opasnim granicama, a mogao bi se uvođenjem predloženih zaštitnih mjera potisnuti u granice, u kojima bi se mogućnost profesionalnog otrovanja veoma smanjila.

Sadržaj olova u krvi nekoliko (46) ispitanih radnika vrlo je visok.

Analize urina po metodi G. Reeda i V. A. Ganta (loc. cit.) dali su mnogo niže rezultate od onih, što ih daju druge analitičke metode.

Institut za higijenu rada Jugoslavenske Akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu preuzeo je na sebe 1949. godine zadatak, da u jednoj tvornici akumulatora utvrdi opasnost otrovanja olovom, i da tako pronađe najopasnije faze rada, odnosno najopasnija radna mjesta i prostorije.

Radi toga su u tvornici izvršene analize atmosfere na sadržaj olova na raznim radnim mjestima i u razno doba radnog vremena u vremenskim razmacima od približno mjesec dana. U periodu od jula 1949. do jula 1950. uzeto je i analizirano 148 uzoraka atmosfere. Istovremeno je mjerena i temperatura i relativna vlaga.

Od januara 1950., istovremeno s analizom zraka, vršio je Odjel za patologiju i kliniku rada (*dr. Fleischhacker*) i Odjel za ispitivanje biološkog materijala (*dr. Ruždić*) Instituta za higijenu rada sistematske preglede radnika. Uzorke krvi i urina analizirali smo na sadržaj olova. Dosad je pretraženo 46 radnika i izvršeno 46 analiza krvi i 41 analiza urina.

Uzorcima atmosfere uzimani su sisanjem određene količine zraka (obično 18 litara, brzinom od 1,8 l u minuti) spomoću ručne sisaljke kroz ispiralice (impingere) napunjene sa 10 ml dušične kiseline (40 ml koncentrirane dušične kiseline u litri reddestilirane vode). U tako dobivenim uzorcima određeno je olovo direktnim polarografskim (polarograf tipa 1937. Čehoslovenska Zbrojovka, Brno). Rezultati su izračunani metodom baždarnih vrijednosti.

Postupak za određivanje olova u krvi je ovaj: uzmemo 4 ml svježije krvi i 1 ml citrat-fenolne otopine u širu epruvetu, u koju vodimo kisik do zasićenja. Dodamo 6 ml solne kiseline od 8%,

promiješamo štapićem i ostavimo 2 minute u vrućoj vodenoj kupelji. Zatim stavimo epruvetu u posudu s hladnom vodom, dodamo 5 ml redestilirane vode, opet dobro štapićem promiješamo, filtriramo kroz filtar promjera 7 mm i polarografiramo (1).

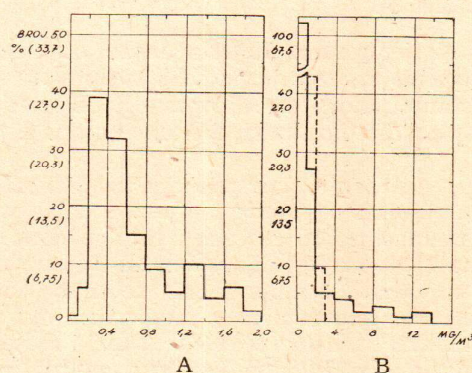
Olovo u urinu određivali smo po metodi G. Reeda i V. A. Ganta (2).

15 ml urina (sakupljenog u 24 sata) stavimo u graduiranu cijev za centrifugiranje, dodamo 1 kap ledene octene kiseline i 1 ml otopine kalcijeva klorida od 5%. Tu otopinu ostavimo da stoji 2 sata, a zatim je centrifugiramo. Tekućinu dekantiramo, a talog grijemo najprije kod 120° jedan sat, a zatim ga žarimo kod 700° 3/4 sata. Žareni ostatak otopimo u 1 ml 20% citronske kiseline i polarografiramo.

REZULTATI

Rezultati istraživanja dati su u obliku grafičkih prikaza.

Slika 1. daje nam statistički pregled svih određivanja. Pretežni dio (87,2%) svih koncentracija leži između 0—2 mg/m³. Najčešće su koncentracije između 0,2—0,4 mg/m³ (slika 1 A) (26,4%), a vidimo



Sl. 1. Učestalost rezultata sadržaja olova u atmosferi u cijeloj tvornici.

A p s c i s a: sadržaj olova u miligramima na kubični metar zraka (mg/m³)

O r d i n a t a: broj analiza i procenti ukupnog broja analiza (brojevi u zagradi)

A) Rezultati od 0,1—2,0 mg/m³

B) Rezultati od 0—14 mg/m³ s rezultatima (crtkana linija) iz radnje Winna i Shroyera (loc. cit.)

(slika 1 B), da ima razmjerno velik broj rezultata, koji leže iznad 2 mg/m³ (12,8%); dva puta je utvrđen sadržaj od 23,6 i 24,9 mg/m³.

Radi uporedbe ucrtani su u tu sliku (1 B) rezultati (iscrtkano) iz radnje G. S. Winna i C. Shroyera (3) i oni predstavljaju raspodjelu

rezultata dobivenih u jednoj američkoj tvornici akumulatora u vrijeme od 10 godina. (Podaci su uzeti iz krivulje A na slici 2. citirane radnje. Ta krivulja daje vremensku ovisnost dnevnih prosječnih koncentracija olova sa svih radnih mjesta.)

Slika 2. prikazuje učestalost rezultata po pojedinim radionicama. Odmah možemo izlučiti dvije grupe i to: radionice, u kojima su koncentracije olova razmjerno niske (do $2,0 \text{ mg/m}^3$) i radionice, u kojima koncentracija doseže i prelazi granicu od 8 mg/m^3 . Visoke koncentracije olova redovno su povezane s pojedinim operacijama, kod kojih se prašina olovnih oksida ili prašina metalnog olova raspršuje u prostoriju. Takve operacije nalazimo stalno u mješaonici, kad radnik sipa u mješalicu olovne okside i prašinu metalnog olova.

Mlin se proteže kroz dva sprata. U gornjem se ubacuju u mlin olovne kuglice, a u donjem se pune željezne bačve olovnom prašinom. Visok sadržaj olova u atmosferi nalazimo u času vaganja i zamjene punih bačava s praznima. Obje su prostorije prekrivene sitnom olovnom prašinom, koja ne dospijeva u većim količinama u atmosferu osim kod mijenjanja bačava, jer pretežni dio dana nema nikoga u prostoriji.

U frezi dolazi do raspršivanja prašine kod freziranja gotovih osušenih elektrodnih ploča.

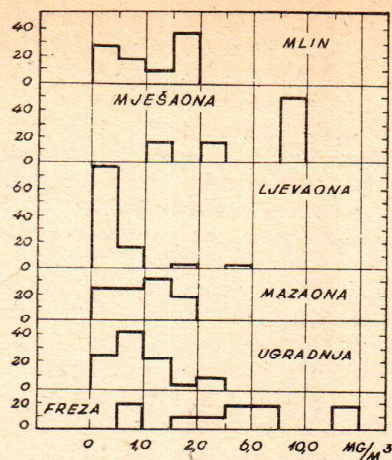
Ljevaonica pokazuje dosta jednoličan sadržaj olova (79,7% svih rezultata leži između $0,2$ — $0,5 \text{ mg/m}^3$). Povremeno i u toj prostoriji dolazi do naglog povećanja koncentracije olova u atmosferi zbog taljenja otpadaka olova u peći za taljenje otpadaka.

U mazaonici se atmosfera zagađuje olovnom prašinom, koja potječe od naslaganih namazanih elektrodnih ploča, koje se suše, i zbog sušenja mase, koja leži svuda u prostoriji, a naročito na radnim stolovima. Promjene u koncentraciji olova u atmosferi su slučajne i u vezi su s većim ili manjim dizanjem prašine.

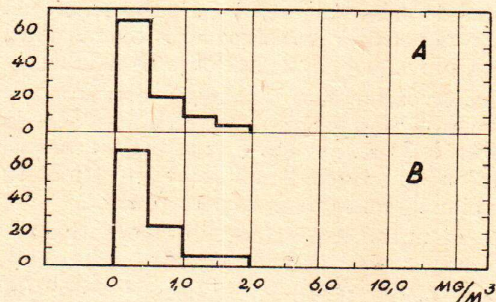
U radionici za ugrađivanje olovnih ploča dolazi do rezultata iznad 2 mg/m^3 uvijek, kad radnik potrese suhe elektrodne ploče prije lemljenja. U grupi niskih rezultata (ispod $2,0 \text{ mg/m}^3$) možemo opaziti, da su veoma česti rezultati između $0,5$ i $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Ostale prostorije pokazuju vrlo raznoličan sadržaj olova, i to od $0,3$ — 5 mg/m^3 . Moramo spomenuti koncentraciju od 5 mg/m^3 kod četkanja gotovih osušenih elektrodnih ploča čeličnom četkom.

Na slici 3. ucrtani su radi uporedbe i histogrami izrađeni prema podacima *Winna* i *Shroyera* (loc. cit.). Rezultati krivulje A prikazuju srednje vrijednosti u nekoj tvornici akumulatora, koju opisuju spomenuti autori, ne uzimajući u obzir one prostorije, u kojima radnici nose respiratore, a uzimajući u obzir one prostorije, u kojima se u to vrijeme zbog ratne produkcije prekomjerno zagađivala atmosfera. Na krivulji B su ta radna mjesta izostavljena. Uzmemo li u obzir njihove rezultate poslije 1942. godine, kad je poboljšana ventilacija, onda je na svim radnim mjestima



Sl. 2. Učestalost rezultata prema pojedinim radionicama
 Apscisa: sadržaj olova u miligramima na kubični
 metar zraka (mg/m^3)
 Ordinata: broj analiza i procenti ukupnog broja
 analiza (brojevi u zagradi)

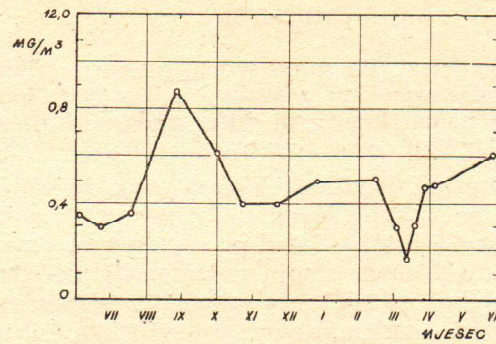


Sl. 3. Učestalost rezultata po podacima Winna i Shroyera
 (loc. cit.)

(krivulja A) u toj tvornici samo 15,8% koncentracija bilo između $0,5-2,0 \text{ mg}/\text{m}^3$, a 84,2% između $0,1-0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$.

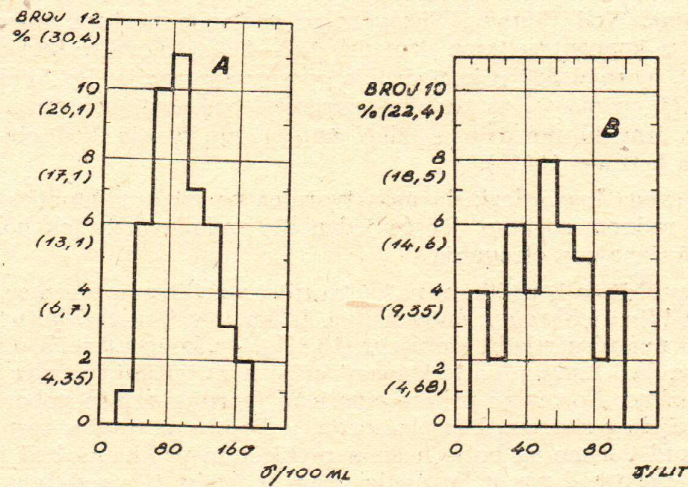
Slika 4. neka posluži kao ilustracija godišnjeg kretanja sadržaja olova u ljevaonici, u kojoj se rad odvija razmjerno najjednoličnije. Pojedine točke prikazuju srednje vrijednosti koncentracija u toj prostoriji u određenom radnom danu u razno doba radnog vremena i na raznim radnim mjestima. Maksimum u IX. mjesecu potječe od rada na peći za taljenje otpadaka olova. Minimum u IV. mjesecu posljedica je smanjene produkcije (rad samo na dva, odnosno na tri radna mjesta).

Rezultate dosad izvršenih analiza olova u krvi i urinu prikazujemo na slici 5. gdje nam ordinata pokazuje broj određivanja, koje nalazimo u intervalima po 20 γ olova na 100 ml krvi, odnosno u intervalima po 20 γ olova na litru urina. Najveći broj određivanja



Sl. 4. Vremenska ovisnost sadržaja olova u atmosferi od godišnjeg doba

Ordinata: mg/m³
Apscisa: mjeseci



Sl. 5. Frekvencije koncentracija olova u krvi (A) i u urinu (B)

Apscisa: sadržaj olova u $\gamma/100$ ml krvi ($\gamma/100$ ml) odnosno γ olova na litru urina (γ/lit)
Ordinata: broj analiza i procenti ukupnog broja analiza (brojevi u zagradi)

za krv leži između 60—100 γ na litru urina. Najviše određivanja olova u urinu nalazi se u području od 50—70 γ /100 ml, a 71,0% svih određivanja leži iznad 60 γ /l.

DISKUSIJA

Iz rezultata izlazi, da samo jedna prostorija (ljevaonica) normalno nema suviše zagađenu atmosferu, i da su uvjeti rada u tvornici takvi, da mora nakon kraćeg ili dužeg rada, već prema otpornosti radnika, svakako doći do otrovanja.

Kao maksimalno dopuštena koncentracija za olovo u atmosferi uzima se 0,15 mg/m³ (4) a *Winn* i *Shroyer* uzimaju kao normalne koncentracije do 0,5 mg/m³. Zasad ne raspolažemo dovoljnim brojem podataka o zdravstvenom stanju radnika, ali možemo reći, da su zdravi samo oni, koji su tek kraće vrijeme uposleni u tvornici. Dosad prikupljeni podaci o sadržaju olova u krvi (slika 5) vrlo su visoki i pokazuju, da je apsorpcija olova kod radnika visoka. U literaturi se uzima kao normalni sadržaj 50—100 γ olova na 100 ml krvi (5), a kod nas je veći dio rezultata viši od 80 γ na 100 ml (75,9%).

Rezultati za urin dobiveni primijenjenom metodom vrlo su niski, pa se ne mogu usporediti s onima, koji su dobiveni drugim metodama. Kod *Winn*a i *Shroyera* se područje prejake apsorpcije očituje u koncentracijama između 150—300 γ olova u litri urina (66,6%), a iznad 300 γ je područje opasne apsorpcije. Po *Levineu* i *Fahyu* (6) uzima se, za radnike izvrgnute opasnosti otrovanja, kao granica između normalnog izlučivanja i izlučivanja kod oboljelih 100 γ (a kod nas 100%).

Iz svega toga izlazi, da naša tvornica ne može računati s ustaljenom radnom snagom, jer će jedan dio radništva uvijek bolovati od profesionalnog otrovanja.

Usporedimo li prilike u našoj tvornici s prilikama tvornice, koju opisuju *Winn* i *Shroyer*, onda vidimo (slika 1) veliku razliku u tome, što kod nas nisu rijetki slučajevi (12,8%), da koncentracija olova u zraku prelazi 2 mg/m³, a te koncentracije u američkoj tvornici uopće ne nalazimo. Normalne prilike američke tvornice nakon poboljšanja ventilacijskog sistema, bez prostorija, u kojima se radi s respiratorima, kud i kamo su bolje nego u prosječnim prilikama kod nas, a i bolje, nego kod nas u ljevaonici, koja je što se tiče sadržaja olova najbolja. U američkoj tvornici leži, nakon uvođenja bolje ventilacije, 100% rezultata između 0,1—0,5 mg olova/m³ u onim prostorijama, u kojima se ne nose respiratori (loc. cit. slika 2, krivulja C od 1942. dalje); u cijeloj tvornici (krivulja A) u to vrijeme 55% rezultata leži ispod 1,0 mg, a 45% leži između 1,0—2,3 mg/m³.

Držimo, da bi se stanje, koje ne bi zaostajalo za stanjem u američkoj tvornici, moglo postići i u našoj tvornici, kad bi uprava tvornice provela neka poboljšanja radnih uvjeta. Nabrojiti ćemo ona poboljšanja, koja se mogu provesti bez ikakvih promjena tehnološkog procesa i bez uvođenja naročitih ventilacijskih ili drugih uređaja.

Trebalo bi provesti ove mjere: 1. dosljedno stavljati u pogon sve ventilacijske uređaje (freza, mješalica, ugrađivanje), koji već postoje ili su predviđeni, 2. svaki dan temeljito prati sve radionice, odstranjivati svu prašinu, koja se inače skuplja u prostorijama, te se svakim pokretom zraka ili trešnjom diže u atmosferu, 3. energično tražiti, da se nose respiratori kod svih operacija, koje ne traju dugo, a koje povlače za sobom jako dizanje prašine (punjenje mješalice, mijenjanje i vaganje bačava u mlinu, četkanje ploča), 4. po mogućnosti uvesti moderni uređaj četkanja ploča ekshaustorom (7), 5. uvesti stalnu propagandu i poučavati radnike u ličnoj higijeni (važnost pranja, naročito ruku) i u tome, da što više izbjegavaju sve, što dovodi do dizanja prašine ili širenja zagađene atmosfere s jednog radnog mjesta na drugo (zatvaranje vrata između prostorija i sl.).

Od uprave tvornice se kod toga očekuje, da će snabdjeti radnike dovoljnim brojem krpa za brisanje i sapunom, organizirati potrebnu propagandu i sl.

Uvjereni smo, da bi se tim mjerama zdravstveno stanje radništva mnogo popravilo i izbjegla sva otrovanja, do kojih dolazi zbog slučajne prejake apsorpcije olova. Otrovanja, do kojih dolazi kod osjetljivih ljudi u niskim koncentracijama između 0,1—0,5 mg/m³, ne bismo na taj način mogli izbjeći.

*Institut za higijenu rada,
Zagreb*

LITERATURA

1. Teisinger, J., Z. ges. exptl. Med., **98** (1936) 520
2. Reed, G. and Gand, V. A., Ind. med. **11** (1942) 107—109
3. Grant, S. Winn and Shroyer, C., Jour. Ind. Hyg. **29** (1947) 351
4. Jacobs, M. B., The Analytical Chemistry of Industrial Poisons, Hazards and Solvents, New York 1944, 163 and 629, Tab. 6.
5. Skramovsky, S. i Srbova, J., Časopis lékařu Českých **85** (1946) 1016
6. Levine, L. and Fahy, J. P., Jour. Ind. Hyg. **28** (1946) 98
7. Ind. Hyg. Newsletter, **9**, 10 (1949).

SUMMARY

DETERMINATION OF LEAD IN THE ATMOSPHERE OF A STORAGE BATTERY FACTORY

Environmental conditions in a storage battery factory are described. The results of lead determination in air are compared with similar analyses carried out by Winn and Shroyer. A polarographic method was used for the analysis of air samples. The lead content was found to be very high. Preventive methods are proposed for the control of atmospheric lead.

Lead concentration was also determined in blood of 46 workers, and found to be very high.

It was found that a method of urine analysis due to Reed and Gant, gave much lower values of lead concentrations, than other analytical methods.

Institute of Industrial Hygiene,
Zagreb