

Arh. hig. rada, 22 (1971) 143.

PRIMJENA OSOBNIH SAKUPLJAČA UZORAKA
ZA OCJENU EKSPOZICIJE RADNIKA
ŠTETNIM TVARIMA U ZRAKU

RANKA PAUKOVIĆ i MIRKA FUGAŠ

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

(Primljeno 30. IX 1971)

Raspravljani su bitni uvjeti za efikasno sakupljanje reprezentativnih uzoraka štetnih tvari iz zraka u svrhu ocjene ekspozicije radnika, i istaknuta je vrijednost osobnih sakupljača uzoraka. Na vlastitim rezultatima paralelnog određivanja olova u uzorcima zraka, sakupljenim osobnim i identičnim stacionarnim uređajima, pokazana je problematična vrijednost stacionarnog sakupljanja uzoraka, jer takvi uzorci daju različite rezultate od paralelnih osobnih uzoraka.

Da bi se omogućila šira primjena osobnih sakupljača uzoraka, potrebno je revidirati MDK i uskladiti ih sa novim podacima o odnosu ekspozicije izmjerene osobnim uređajem i biološkog djelovanja neke štetne tvari.

Jedini sigurni dokaz povećane ekspozicije radnika nekoj štetnoj tvari u zraku je nalaz specifičnih bioloških promjena ili prisutnosti te štetne tvari, odnosno produkata njene biotransformacije u organizmu, u količini većoj od tzv. normalne. Ali kako se ovi objektivni dokazi povišene ekspozicije često mogu utvrditi tek pošto je već nastupilo štetno djelovanje te tvari, a ponekad tek nakon što je došlo do ireparabilnih oštećenja, to se mjerenjem štetne tvari u zraku na radnom mjestu nekog radnika može pravovremeno uočiti opasnost od nepoželjnih posljedica i mogu se poduzeti tehničke mjere zaštite, prije nego li se te posljedice očituju.

Mjerenje koncentracije štetne tvari sastoji se od dva bitna dijela: 1. sakupljanja uzoraka i 2. analize uzoraka.

Analitičke metode se u posljednjih 20 godina sve više usavršavaju, pronalaze se i uvode sve rafiniranije tehnike koje omogućuju selektivno određivanje sve manjih količina pojedinih tvari. Ali niti najpreciznija analiza ne može dati upotrebljivi podatak ako uzorak nije ispravno sakupljen, a baš se sakupljanju uzoraka na žalost još uvijek ne pridaje dovoljno važnosti.

Na vrijednost uzoraka utječe efikasnost uređaja za sakupljanje uzoraka i reprezentativnost uzorka. U okviru ovog rada zadržat ćemo se na problemu dobivanja reprezentativnog uzorka, tj. takvog koji vjerno odražuje stvarnu ekspoziciju radnika.

Da bi se postigla reprezentativnost uzorka treba prethodno detaljno proučiti radni proces i kretanje radnika u toku radnog dana, analizirati trajanje pojedine karakteristične faze rada i obuhvatiti svaku od tih faza posebnim uzorkom, pa izračunati tzv. »vaganu« prosječnu ekspoziciju. Pri tome se uređaj za sakupljanje uzoraka mora uvijek nalaziti što bliže radniku u visini zone disanja. Uzorke treba sakupljati više puta u toku raznih godišnjih doba ili drugih perioda koje mogu utjecati na nivo ekspozicije. Ali, koliko god se nastojalo prilagoditi sakupljanje uzoraka položaju i kretanju radnika, stacionarni uzorak ne prati svaki pokret radnika i ne može dati pravu sliku njegove ekspozicije.

Korak naprijed značilo je uvođenje uređaja za sakupljanje uzoraka kojeg radnik nosi na sebi, pa prema tome snima stvarnu ekspoziciju radnika, kojoj su uzrok ne samo objektivni uvjeti rada nego i njegove radne navike. Ovakav je način sakupljanja uzoraka naročito prikladan kada se radi o štetnim tvarima kumulativnog djelovanja, kod kojih nemaju značajnija pojedini skokovi koncentracije u toku radnog dana, nego je bitna prosječna koncentracija u toku čitave radne smjene.

Prvi komercijalno proizvedeni instrument na tom principu je tzv. »osobni sakupljač uzoraka« koji je prema prototipu *R. J. Sherwooda* i *D. M. S. Greehalgha* (1) proizvela tvrtka Casella, London. Kasnije su konstruirani još neki tipovi osobnih sakupljača uzoraka, bilo kao vlastita improvizacija nekog laboratorija (2) bilo kao tvornički proizvod (3).

Unatoč očitim prednostima osobnih sakupljača uzoraka njihova primjena još uvijek nije raširena, djelomično zbog nepovjerenja prema novom, a djelomično i zbog toga što praćenje individualnih ekspozicija zahtjeva mnogo više uzoraka i analiza od ocjene radnog mjesta. Osim toga održavanje akumulatora i pumpi osobnog sakupljača uzoraka zahtijeva više posla i vremena nego li održavanje stacionarnih uređaja koji se priključuju na električnu mrežu. Ali najozbiljnija zapreka široj primjeni osobnih sakupljača uzoraka je činjenica da se higijenski standardi, tj. maksimalno dopuštene koncentracije štetnih tvari u atmosferi radnih prostora i radilišta (MDK) temelje na ranije sakupljenim podacima o odnosu bioloških promjena i ekspozicija radnika dobivene pretežno na osnovu analize stacionarnih uzoraka.

Prelaz na ocjenu ekspozicije radnika primjenom osobnih sakupljača uzoraka, bio bi znatno olakšan, kada bi postojao faktor konverzije kojim bi se mogli preračunati stari podaci dobiveni stacionarnim uređajem u nove i obratno, jer bi to omogućilo upotrebu postojećih MDK. U tu je svrhu potrebno sprovesti iscrpna paralelna određivanja ekspozicije radnika osobnim i stacionarnim uređajima.

Pregledom literature nađene su samo dvije publikacije koje se odnose na takva paralelna mjerenja. To je rad *Sherwooda* i *Greenhalgha* prilikom testiranja prototipa njihovog instrumenta (1), i rad *Lincha* i suradnika uz primjenu instrumenta vlastite improvizacije (2).

Sherwood i *Greenhalgh* nadzirali su osobnim sakupljačem ekspoziciju jednog radnika u toku 9 mjeseci i bilježili srednju tjednu ekspoziciju plutonija u odnosu na koncentracije Pu^{239} zabilježene stacionarnim monitorom, koji je bio tako smješten u radnoj prostoriji da se kontrolirani radnik kretao pretežno unutar 3 m udaljenosti od monitora. Rezultati su pokazali da je monitor u prosjeku pokazivao oko 5 puta niže koncentracije od osobnog sakupljača, a odnos izmjerenih koncentracija varirao je nepravilno od tjedna do tjedna.

Linch i suradnici sakupili su ukupno 82 uzorka sa 6 osobnih sakupljača uzoraka i 112 uzoraka sa fiksnim monitorima, mjereći ekspoziciju tetraetilolovu u jednoj američkoj tvornici. Osobni sakupljači uzoraka zabilježili su opet više koncentracije nego li najbliži fiksni monitori, a korelacije između dva paralelna niza rezultata praktički uopće nije bilo (koeficijent korelacije < 0.1).

Pretpostavili smo da je možda uzrok ovako velikom neslaganju između rezultata dobivenih stacionarnim i osobnim sakupljačima uzoraka činjenica, da su u navedenim radovima stacionarni uređaji zapravo mjerili neku srednju koncentraciju štetnog agensa u zraku prostorije i da bi se možda maksimalnim prilagođavanjem položaja stacionarnog uređaja položaju radnika u toku rada mogla ipak dobiti bolja korelacija između dva niza rezultata, što bi omogućilo barem grubu usporedbu starih i novih podataka.

U tu svrhu sakupljeno je ukupno 32 para uzoraka prašine na 5 različitih radnih mjesta u jednoj keramičkoj industriji, sve sa Casellinim osobnim sakupljačima uzoraka, ali tako, da je na svakom mjestu po jedan instrument bio pričvršćen na radnika, a drugi je služio kao stacionarni sakupljač uzoraka.

OPREMA I METODE

Osobni sakupljač uzoraka

Uređaj je na našem jeziku detaljno opisan u časopisu *Sigurnost* u pogonu (4). Sastoji se od male membranske pumpe, koju tjera motorić konstantne brzine okretaja napajan iz 6 V Cd-Ni akumulatora i naprave za sakupljanje uzoraka. Pumpa, motor, akumulator i brojač minuta nalaze se u plastičnoj kutiji $12,5 \times 9,0 \times 6,0$ cm a čitava oprema je teška oko 600 g i može se učvrstiti na pojas radnika. Naprava za sakupljanje uzoraka – ovisno o kemijskim svojstvima i agregatnom stanju tvari koju želimo sakupiti iz zraka – može biti plinska ispiralica s apsorpcijom otopinom, staklena cijev s krutim adsorbensom ili metalni, odnosno pla-

stični držač s filtarskim materijalom. Ta se naprava učvrsti na rever radnikova radna odijela ili na posebne naramenice i pomoću elastične cijevi spoji sa pumpom. Pri tome radniku ostaje potpuna mogućnost slobodnog kretanja i nesmetanog rada.

Stacionarni sakupljač uzoraka

Za sakupljanje stacionarnih uzoraka služio je identični uređaj, a bio je uvijek smješten najbliže moguće radnikovu nosu, što je konkretno značilo na udaljenosti od 30 do 150 cm od osnovnog položaja radnika.

Sakupljanje uzoraka

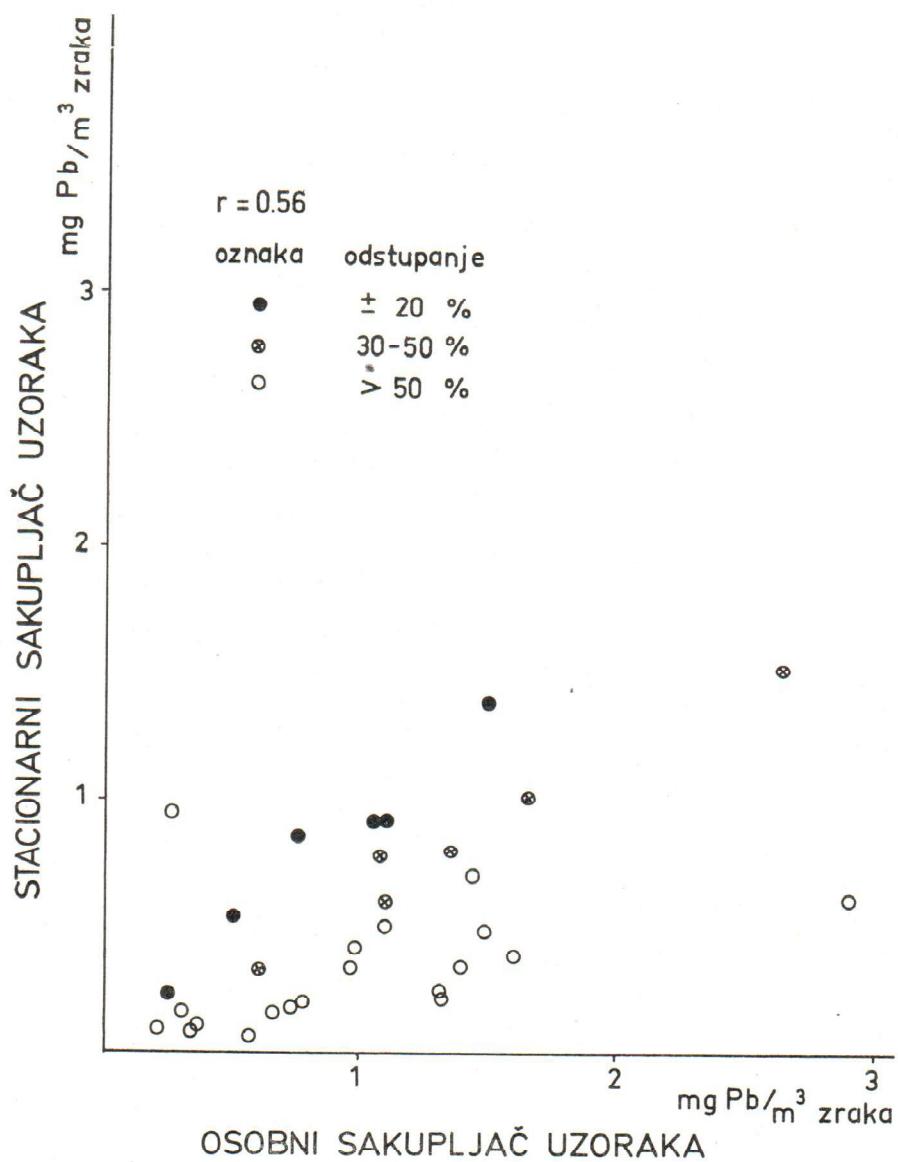
Uzorci prašine sakupljeni su na membranske filtre 3.7 cm promjera, korisne površine 7 cm² uz protok zraka oko 2 l/min. Točan protok zraka izmjeren je i zabilježen pomoću rotametra prije početka i na kraju sakupljanja uzoraka, a vrijeme sakupljanja uzoraka bilježio je automatski brojač minuta. Uzorci su sakupljeni u toku čitave radne smjene.

Analiza uzoraka

Membranski filter sa uzorkom stavi se u čašu od 50 ml, doda se 20 ml redestilirane dušične kiseline (1 : 1). Grijanjem na zračnoj kupelji uzorak se otopi, a membranski filter potpuno razori. Otopina se ispari do suha, istjeraju se pare slobodne kiseline, a ostatak se otopi u 1% EDTA uz 1–2 kapi amonijaka tako da pH otopine bude oko 9, jer je u tom području pH olovni kompleks najstabilniji. U ovako pripremljenoj otopini izmjeri se koncentracija olova atomskim apsorpcionim spektrofotometrom.

REZULTATI

Rezultati su pokazali da su razlike među paralelnim uzorcima u našem pokusu doduše manje od onih što su ih dobili ranije spomenuti autori (2, 3), ali ipak potpuno nepravilne (sl. 1). Koncentracije zabilježene osobnim sakupljačima uzoraka bile su u prosjeku 2 puta više od koncentracija dobivcnih analizom stacionarnih uzoraka. Samo je u jednom slučaju koncentracija uzorka sakupljenog stacionarnim uređajem bila značajno viša od koncentracije u paralelnom uzorku, sakupljenom osobnim sakupljačem. Šest rezultata stacionarnih uzoraka razlikovalo se za $\pm 20\%$ od paralelnih rezultata osobnih sakupljača, što još možemo smatrati dovoljnim slaganjem kada se radi o rezultatima terenskih mjerenja. Sedam rezultata stacionarnih uzoraka iznosilo je 50 do 70% vrijednosti izmjerene osobnim sakupljačem, a osamnaest rezultata 10 do 50%. Koeficijent korelacije je i unatoč raspršenosti rezultata bio statistički značajno različit od nule ($r = 0,54$, $P < 0,01$). Ipak se samo 29% varijabilnosti rezultata može obrazložiti međusobnom funkcionalnom ovisnošću (koefi-



Sl. 1. Odnos koncentracije olova u zraku određene u osobnom i paralelnom stacionarnom uzorku

cijent determinacije), pa smatramo da nema dovoljno osnove za preračunavanje ili direktnu usporedbu rezultata dobivenih analizom uzoraka sakupljenih osobnim odnosno stacionarnim uređajima.

DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Na odnos koncentracije neke tvari u zraku, određene analizom »osobnog« i paralelnog stacionarnog uzorka utječe niz promijenljivih veličina kao npr. položaj, oblik i veličina površine ili otvora iz kojeg štetna tvar dopire u atmosferu; količina, odnosno brzina i usmjerenje prodiranja štetne tvari u atmosferu; okolne zapreke, smjer i jačina strujanja zraka u prostoriji; udaljenost i relativni položaj osobe i stacionarnog uređaja u odnosu na izvor onečišćenja zraka; promjene u svim navedenim faktorima u toku radnog procesa; kretanje radnika u toku radnog dana, u odnosu na izvor onečišćenja atmosfere i u odnosu na stacionarni uređaj za sakupljanje uzoraka.

S obzirom na velik broj promijenljivih varijabli moglo se očekivati da će razlike između izmjerenih koncentracija uzoraka sakupljenih osobnim i stacionarnim uređajem biti slučajne. U našem su istraživanju mnogo češće dobiveni viši rezultati osobnim uređajem, što je vjerojatno uzrokovano specifičnim uvjetima situacije u kojoj su sakupljeni naši uzorci. Zanimljivo je da su i ranije spomenuti autori, osim u nekoliko iznimaka, dobivali sistematski više rezultate osobnim sakupljačima uzoraka. Ipak se to ne može generalizirati i tvrditi da se osobnim sakupljačima uzoraka u pravilu dobivaju viši rezultati, ali se sa sigurnošću može reći da osobni i stacionarni uređaj ne mjere isto, pa je jedino uzorak sakupljen osobnim uređajem reprezentativan za ekspoziciju radnika.

Pri uspoređivanju podataka o mjerenju ekspozicije radnika koji potječu iz raznih izvora treba dakle postupati vrlo oprezno i voditi računa o načinu sakupljanja uzoraka štetnih tvari iz zraka, na temelju kojih su navedeni podaci dobiveni. Za uspješnu primjenu osobnih sakupljača uzoraka nužno je potrebno izvršiti reviziju liste maksimalno dopuštenih koncentracija štetnih tvari u zraku, i njihovo usklađivanje sa novim odnosima bioloških promjena i ekspozicije izmjerene osobnim uređajima za sakupljanje uzoraka.

Literatura

1. Sherwood, R. J., Greenhalgh, D. M. S.: Ann. Occup. Hyg., 2 (1960) 127.
2. Linch, A. L., Wiest, E. G., Carter, M. D.: Amer. Ind. Hyg. Assoc. J., 31 (1970) 170.
3. Ingram, W. T.: Amer. Ind. Hyg. Assoc. J., 25 (1964) 298.
4. Abaffy, F.: Sig. Pog., XI (1969) S-44 i X (1968) S-319.

*Summary*APPLICATION OF PERSONAL SAMPLERS IN THE ASSESSMENT OF
WORKERS' EXPOSURE TO NOXIOUS SUBSTANCES IN AIR

The essential conditions for efficient collection of representative air samples are discussed. The advantage of personal air samplers for the assessment of workers' exposure is pointed out. Using as example the determination of lead in air in parallel samples collected by identical personal and stationary samplers, the questionable value of stationary samples is demonstrated. Stationary samples yield different values from those of parallel personal samples. To enable a wider application of personal samplers it is necessary to revise the threshold limit values on the basis of the relationship between the exposure levels as measured with personal samplers and biological effects.

*Institute for Medical Research
and Occupational Health, Yugoslav
Academy of Sciences and Arts, Zagreb*

*Received for publication
September 30, 1971*