

# TERENSKA ISTRAŽIVANJA

FIELD INVESTIGATIONS

СООБЩЕНИЯ ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА МЕСТАХ

ZDENKO TOPOLNIK, MIRKA FUGAŠ i VELIMIR B. VOUK

## ZAŠTITA RADNIKA U RUDNIKU ŽIVE U IDRIJI\*

Opisana je radna sredina rudnika žive u Idriji i dani su podaci o kvantitativnom određivanju opasnosti kod rada. Prikazana je metodika mjerenja toplinske okoline i određivanja žive u atmosferi radnih mjesta. Kao privremena zaštitna mjera predložena je upotreba respiratora protiv živinih para. Opisani su konstrukcija, te laboratorijska i terenska ispitivanja respiratora.

U sporazumu s bivšim Ministarstvom rada FNRJ preuzeo je Institut za higijenu rada zadatak, da prouči i ispita mogućnost zaštite radnika u rudniku žive u Idriji, koji su izvrnuti trovanju živinim parama.

Pristupajući rješavanju tog problema radna ekipa Instituta za higijenu rada izvršila je u oktobru 1949. informativan, a u maju 1950. detaljan pregled važnijih radnih mjesta rudnika žive u Idriji.

### I. RADNA SREDINA RUDNIKA ŽIVE U IDRIJI

#### *Tehnologija i higijenski problemi*

U Idriji dolazi živa u obliku cinabarita i crvenog živinog sulfida (HgS), a i kao samородna. Prosječni sadržaj žive u rudači je 0,7%. Cinabarit je najčešće uprskan u dolomitu, a rjeđe u pješčenjaku Wengenerske grupe. Samородna živa nalazi se na kontaktu dolomita i Geiltalskih bituminoznih škriljevaca, u škriljcima i pješčenjacima, a mnogo rjeđe dolazi u dolomitu. Kopanje samородne žive predstavlja jednu od glavnih opasnosti u Idriji.

Rudača se eksploatira miniranjem, ručnim iskapanjem i utovarom u vagonete, koji se voze do okana s pomoću ljudske snage. Bušenje i istraživački radovi u dolomitu vrše se pneumatskim čekićima. Kopanje samородne žive jedna je od glavnih opasnosti za radnike Idrije. Kopanje cinabarita je posve bezopasno zbog slabe topljivosti tog mine-

\* Neki dijelovi ovog izvještaja objavljeni su u časopisu »British Journal of Industrial Medicine«, 7 (1950) 168.

rala. Ventilacija jama pretežno je prirodna. Samo u nekim rovovima postoji umjetna ventilacija. Budući da se kod bušenja razvija velika količina prašine (suho bušenje), radnici na takvim mjestima nose respiratore protiv prašine (ne protiv živinih para!).

Prije ubacivanja u peći rudača se dijeli u bogate i siromašne vrste prema sadržaju na živi, i na grubu i finu rudaču prema veličini. Klasiranje se vrši u separaciji rudnika. Pri tom radu nema mnogo opasnosti od otrovanja živom, jer zgrada separacije ima dobru ventilaciju.

Metalna živa dobiva se iz cinabarita prženjem. Rudača se pomiješa s gorivom i uz prisutnost zraka prži. Pri tome se sumpor veže u obliku sumpornog dioksida s kisikom iz zraka, a metalna živa sublimira. Živine pare su vrlo razrijeđene plinovima, koji mogu sagorijevati, zrakom i sumpornim dioksidom. Opasnost otrovanja živom svakako kod tog procesa postoji. Potencijalna opasnost je i sumporni dioksid, ali on u poređenju sa živinim parama znatno zaostaje u higijenskom značenju.

U topionici Idrije upotrebljavaju se dvije vrste peći za prženje rudače. To su t. zv. jamaste peći, koje se upotrebljavaju za grubu rudaču, i presipne peći po Čermak-Špireku (ili Špirek-Slaviku), koje služe za preradu sitne prašinate rudače. Sada je u pogonu 6 jamastih i 4 presipne peći. Jamaste peći su starog tipa, a zatvarači peći na gornjem dijelu dosta su nesavršeni, tako da pri punjenju izlazi mnogo sumpornog dioksida i živinih para. Nešto su bolji zatvarači u obliku zvona, koji se upotrebljavaju na pećima novije konstrukcije. Pražnjenje peći je kod normalnog pogona bezopasno. Jedina opasnost je nepravilna promaja u samoj peći.

Kod pogona presipnih peći dolazi do malog broja otrovanja. To treba zahvaliti samoj konstrukciji peći, a i činjenici, da se u takvim pećima prerađuje samo sitna rudača, koja sama sprečava izlaz plinovima.

Nakon izlaska iz peći provode se razrijeđene živine pare kroz sistem kondenzatora. To su okrenute U-cijevi iz kamenštine i željeza, hladene vodom, a na njih se nadovezuje komora za kondenzaciju. Svaka peć ima svoj kondenzacioni sistem s komorom. Svaka pojedina komora spojena je kanalom s centralnom komorom, iz koje izlazi glavni dimovod. Dok su kondenzacijske cijevi cijele i u normalnom pogonu, nema opasnosti od otrovanja. Popravak i čišćenje kondenzacijskih cijevi i komora, koji se vrše jedamput na mjesec, a traju 6 sati, skopčani su s velikom opasnošću od otrovanja.

Kod kondenzacije nastaje uz metalnu živu i t. zv. štupa. To je smjesa fino dispergirane metalne žive i produkata nepotpunog sagorijevanja goriva (čada, katran, mineralna prašina i t. d.). Štupa sadržava oko 80% metalne žive, te se dalje prerađuje prešanjem u naročitim Exelijevim prešama uz dodatak vapna.

Punjenje žive u čelične boce za transport također je opasno, jer se pri tom radu stvaraju fine kapljice žive.

Najopasniji rad u topionici je kampanjsko čišćenje dimovoda i kondenzacijskih komora.

Radna mjesta rudnika Idrije možemo s higijenskog stajališta podijeliti u tri grupe, i to:

1. Jama »Delo«. Tu se kopa cinabarit u dolomitu. Rijetko dolazi samorodna živa, pa prema tome i nema opasnosti od otrovanja.

2. Jama »Borba«. Ti radovi su opasni, jer uz cinabarit dolazi u dolomitu, naročito na kontaktu cinabarita i škriljca, i samorodna živa.

3. Topionica. Opasni radovi su ovi: punjenje jamastih peći, prešanje štupe, punjenje čeličnih boca, mjesečno čišćenje kondenzacijskih cijevi i kampanjsko čišćenje dimovoda i kondenzacijskih komora.

Da bismo shvatili zamašnost higijenskog problema u Idriji, navodimo neke podatke o otrovanjima od 1946. do 1950. g. prema HRIBERNIKU (1). Godine 1946. ustanovljen je 81 slučaj otrovanja, od toga 7 teških; 1947. g. pao je broj oboljenja na 27, a 1948. je broj ponovo narastao na 51. Godine 1949. HRIBERNIK je našao 93 slučaja, a u prvoj polovici 1950. 53 otrovanja. Nijedno od tih otrovanja nije bilo akutno. Sva su otrovanja bila subakutna, kronična ili kronično-stacionarna.

#### *Kvantitativno određivanje opasnosti kod rada*

Kao prvu etapu u radovima na sanaciji rudnika i topionice u Idriji izvršili smo kvantitativno određivanje sadržaja žive u atmosferi radnih mjesta i ocijenili toplinsku okolinu. Istraživanja su izvršena na ukupno 28 radnih mjesta; uzeta su 43 uzorka atmosfere za određivanje žive.

#### *Analitička metodika*

a) *Mjerenje toplinskih faktora.* Mjerenje suhe i vlažne temperature izvršeno je rotacijskim higrometrom. Brzina kretanja zraka izmjerena je termoanemometrom po YAGLOU-u i katatermometrom (38–35° C). Iz dobivenih podataka izračunana je relativna vlaga i efektivna temperatura. Za izračunavanje efektivne temperature upotrebljen je nomogram za osnovnu efektivnu temperaturu po BEDFORDU (2), jer radnici u jama rade većinom svučeni do pasa.

b) *Određivanje žive.* Budući da živa u atmosferi može da dođe u tri različita oblika: kao para, kao aerosol i kao mineralna prašina onečišćena živom, trebalo je upotrebiti analitičku metodu, koja uzima u obzir cjelokupnu atmosfersku živu. U našem radu služili smo se, uz manje modifikacije, metodom, koju su opisali MILTON i DUFFIELD (3).

Uzorke smo uzimali tako, da smo zrak prosisavali kroz dvije ispiralice (Midget Impinger) spojene u seriju. U ispiralice smo stavili nešto sta-

klenih kuglica, da povećamo površinu apsorpcije i da spriječimo pjenjenje, i napunili ih sa 5 ml otopine natrijeva hipobromita. Brzina prosisavanja zraka iznosila je 0,5 do 1,65 l/min. Pri radu s ručnom pumpom iznosila je prosječna brzina prosisavanja 1,32 l/min, a kod električne pumpe 1,0 l/min, tako da je pojedini uzorak iznosio između 30 i 580 l zraka. Brzina strujanja kroz svaku pojedinu ispiralicu provjerena je naknadno s pomoću preciznog plinskog sata i manometra na pumpi.

U rudniku su uzete većinom 2-satne probe za 8-satnog radnog vremena ( $4 \times 30$  min naizmjenično na dva radna mjesta).

Na mjestima, gdje se razvijalo mnogo prašine (bušenje i istraživački radovi), stavljen je ispred ispiralice celulozni filter (»Whatman« filter-papir br. 42), da bi se tako odstranio najveći dio mineralne prašine, koja sadržava cinabarit.

U topionici su uzete 4-satne i 8-satne probe u vremenu od 6–12 sati s povremenim prekidima radi hlađenja motora pumpe.

Postupak kod analize uzoraka bio je ovaj: sadržaj ispiralice prenese se kvantitativno u odmjerne tikvice od 100 do 1000 ml, već prema koncentraciji žive, koju očekujemo. Dodaje se koncentrirane HCl dotle, dok se ne oslobodi sav brom (oko 2 ml). Zatim se dodaje kap po kap zasićene otopine hidrosilaminhidroklorida, dok se ne izgubi boja broma (otprilike 1 ml), i uzorak se neutralizira razrijeđenom otopinom NaOH (lakmus). Nakon toga se ponovo dodaje toliko 2 n HCl, dok otopina ne postane 0,1 n na kiselini. Alikvotni dio otopine mučka se postepeno s po 1 ml 0,005% otopine ditizona u kloroformu, dok se mjesto narančasto-žute boje živina ditizonata ne pojavi zelena boja ditizonske otopine. Ekstrakt u kloroformu nadopuni se kloroformom na 5 ml i promućka nekoliko puta sa 5% amonijakom, da bi se uklonio suvišak ditizona, suši se bezvodnim  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  i filtrira u kivetu fotometra.

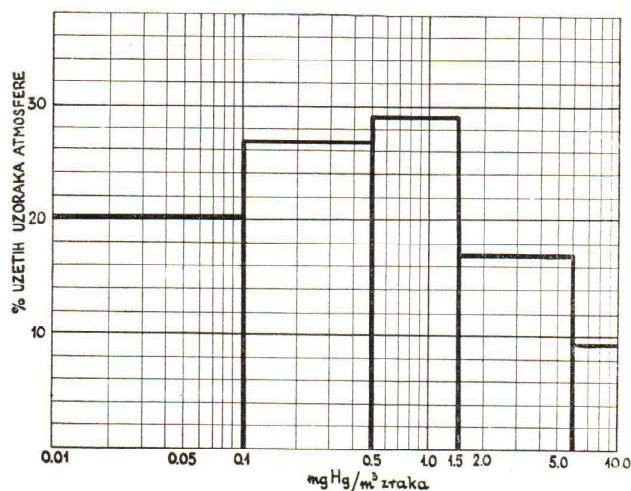
Kolorimetrijska mjerenja vršili smo Beckmanovim spektralnim fotometrom kod valne dužine od 450 m  $\mu$ .

Na nekim radnim mjestima, gdje je bilo električne struje, mjerili smo koncentraciju živinih para selen-sulfid papirom (General Electric Mercury Vapour Detector). Taj indikator reagira samo na živine pare, i ne uzima u obzir živine aerosole ili prašinu onečišćenu živom. Velika prednost tog indikatora jest u tome, što ne reagira na cinabarit.

### *Rezultati*

Detaljni brožčani podaci o rezultatima kemijske i fizikalne analize atmosfere na pojedinim radnim mjestima objavljeni su na drugom mjestu (4). Ovdje dajemo samo kratku diskusiju rezultata. Suha se temperatura zraka kretala između  $18,5^\circ$  i  $25^\circ$  C u jami »Borba«, između  $15,5^\circ$  C i  $20^\circ$  C u jami »Delo« i od  $18^\circ$  C do  $29^\circ$  C u topionici. Te su temperature razmjerno niske, naročito ako se uzme u obzir, da se ovdje radi o podzemnom radu, odnosno o radu kraj topioničkih peći. Podaci o

relativnoj vlazi nisu tako povoljni. Vrijednosti od 73–92% («Borba») i 91–96% («Delo») neobično su visoke. Krctanje zraka je razmjerno slabo (0,06–0,18 m/sek u »Borbi« i 0,15–0,25 m/sek u »Delu«), jer zavisi gotovo na svim radnim mjestima od prirodne ventilacije. Mehanička ventilacija (negativna) postoji samo na nekim radnim mjestima. Efektivne temperature kretale su se između 17 i 22,5° C u »Borbi« i 13,8° i 18,5° C u »Delu«. To pokazuje, da su klimatske prilike u »Delu« znatno bolje nego u »Borbi«. Ipak se čini, da efektivna temperatura ne daje pravu sliku o klimatskim prilikama u rovovima. Na nekim mjestima u »Borbi« imali smo izrazit osjećaj neugodnosti i sparine, premda efektivna temperatura nigdje nije bila ekstremno visoka. Držimo, da bi se pojačavanjem opće ventilacije u jami »Borba« znatno olakšao boravak i rad u jami. Poboljšana ventilacija povoljno bi djelovala i s obzirom na smanjivanje koncentracije žive na pojedinim radnim mjestima.



Sl. 1. Rezultati kemijske analize atmosfere u rudniku i topionici Idrije

Rezultati kemijske analize atmosfere u rudniku i topionici prikazani su grafički na sl. 1. Na apscisi nanese su u logaritamskom mjerilu koncentracije ukupne atmosferske žive. Pod ukupnom atmosferskom živom razumijevamo živu, koja se nalazi u zraku radnih mjesta u obliku para, i aerosola. Sve rezultate analiza zraka u Idriji, koje smo dosada izvršili, razdijelili smo u pet grupa prema koncentracijskim područjima: 1) od 0,01 do 0,1 mg/m<sup>3</sup>; 2) od 0,1 do 0,5 mg/m<sup>3</sup>; 3) od 0,5 do 1,5 mg/m<sup>3</sup>; 4) od 1,5 do 5,0 mg/m<sup>3</sup> i 5) od 5,0 do 10,0 mg/m<sup>3</sup>. Tako grupirani analitički podaci pokazuju, da je oko 20% uzoraka sadržavalo manje od

0,1 mg/m<sup>3</sup> atm. Hg, t. j. manje od maksimalno dopuštene koncentracije. Najčešće su koncentracije bile između 0,5 i 1,5, t. j. 5 do 15 puta veće od maksimalno dopuštene koncentracije. Oko 9% rezultata palo je u područje vrlo visokih koncentracija od 5,0 do 10,0 mg/m<sup>3</sup>.

Moglo bi se prigovoriti, da su rezultati općenito previsoki, jer smo našom analitičkom metodom mogli obuhvatiti i cinabaritnu prašinu. Mi smo nastojali da uklonimo tu mogućnost, koliko je to bilo moguće, upotrebom posebnih filtara za prašinu. Kao što je i prirodno, vrijednosti dobivene selen-sulfid indikatorom općenito su bile niže od vrijednosti dobivenih ditizonskom metodom, jer selen-sulfid indikator ne reagira sa živinim aerosolima. Inače se rezultati uglavnom pokrivaju s medicinskim iskustvom što se tiče opasnosti od otrovanja na pojedinim radnim mjestima. Rezultati, koje smo dobili u oktobru 1949. i u maju 1950., vrlo se dobro podudaraju.

## II. ZAŠTITNE MJERE

Opće higijenske prilike u rudniku i topionici Idrije su dobre. Radnici imaju mogućnost da se svakog dana poslije rada toplo kupaju. Garderobe su upravo na uzornoj visini. Radnici, doduše, ne dobivaju od poduzeća posebna radna odijela, ali rade u svojim ponošenim odijelima, koja ostavljaju poslije rada u garderobama. Prehrana je dobra. Radnici, koji rade na naročito opasnim mjestima, dobivaju dodatni obrok slanine. Zdravstveni nadzor u poduzeću vrši liječnik, koji dvaput na mjesec pregledava sve radnike, koji rade na opasnim mjestima. Na osnovu tog periodskog pregleda vrši se izlučivanje ili premještanje na neopasna radna mjesta svih radnika, kod kojih se nađu simptomi otrovanja živom. Nadalje, radnici se na opasnim mjestima mijenjaju vrlo često. (Na pr. na prvom horizontu jame »Borba« radnici se mijenjaju svaka 4 dana ili prije, ako oni to traže.) Svaki rad u atmosferi zagađenoj živom točno se registrira. Kao što smo prije naveli, radnici, koji vrše takve poslove, pri kojima se razvija mnogo prašine, nose respiratore (uglavnom »Pirelli« i M. S. A. tipa). Zasada se ne upotrebljavaju respiratori protiv živinih para.

Na osnovu podataka naših istraživanja trebalo bi provesti ove zaštitne mjere:

1. Poboljšanje ventilacije u jami »Borba«. To bi donekle smanjilo koncentraciju žive u zraku, a također bi poboljšalo i klimatske prilike u jami.
2. Upotreba respiratora protiv živinih para. Tu zaštitnu mjeru trebalo bi uvesti kod radova na kopanju samorodne žive, kod punjenja peći i čišćenja glavnog dimnjaka.
3. Upotreba cijevnih respiratora (za čišćenje kondenzatora).

4. Uvođenje mokrih metoda kod bušenja. To je jedini način, da se riješi problem prašine u rudniku. Respiratori, koji se sada upotrebljavaju, nikako ne mogu da trajno riješe to pitanje.

### *Filtar protiv živinih para*

#### *1. Priprema filtra*

Filtrovi punjeni aktivnim ugljenom ne mogu se upotrebiti, jer ne zadržavaju živine pare. Da bi se spriječilo prolaznije živinih para, treba aktivni ugljen naročito impregnirati. Za to su najprikladniji halogeni elementi vezani na podlogu s velikom specifičnom površinom. Važno je, da halogeni budu čvrsto vezani na aktivnu podlogu, jer inače oni sami predstavljaju opasnost za zdravlje radnika. Najčešće se upotrebljava jod kao djelotvorna komponenta mase za punjenje filtra.

Najprije su izvršeni pokusi s masom, koja se sastojala od  $CuJ + J_2$  istaloženog na silikagelu (5). Primijećeno je, da ta masa stajanjem otpušta jod, pa se stoga prešlo na masu, koju predlaže Strock (6), t. j. na masu, koja se sastoji od aktivnog ugljena s jodom. Koncentracija joda na aktivnom ugljenu ne smije da bude ispod 2%, jer inače masa nije dovoljno djelotvorna, a ne smije prijeći preko 12%, da ne dođe do otpuštanja joda.

Kod prvih pokusa masa je bila pripravljena tako, da je aktivni ugljen bio natopljen alkoholnom otopinom joda. Nakon duljeg stajanja alkohol je dekantiran, a ugljen lagano sušen kod 50°. Taj način pripreme zahtijevao je dosta vremena, pa se zato prešlo na drugi, jednostavniji način, kod kojeg je aktivni ugljen pomiješan s krutim jodom i zagrijavan uz neprestano miješanje, dok joda ne nestane. Kasnija ispitivanja pokazala su, da je tako priređeni aktivni ugljen isto tako dobar i homogen kao i ugljen dobiven pomoću alkoholne otopine joda.\*

#### *2. Ispitivanje filtra na propusnost Hg para*

##### *a) Određivanje malih koncentracija Hg para u atmosferi*

Da bi se mogla ispitati djelotvornost jodiranog aktivnog ugljena, odnosno filtra punjenog tom masom, trebalo je izraditi metodu za određivanje malih količina živinih para u atmosferi, koja bi bila brza, jednostavna, a opet dovoljno točna za serijska ispitivanja. Svim tim uvjetima odgovara potpuno samo metoda, koja se osniva na selektivnoj apsorpciji živinih para kod valne dužine 2536,5 Å (vidi na pr. [7] i [8]). Postoje komercijalni detektori za određivanje živinih para, koji se osnivaju na tom principu, ali Institut nije raspolagao takvim aparatom.

\* Takav način pripremanja jodiranog ugljena predložio je doc. ŠTUCIN s Medicinskog fakulteta u Ljubljani.

Zato je načinjen pokušaj, da se Beckmanov spektralni fotometar upotrebi za određivanje živinih para. Vodikova svjetiljka, kojom je snabdjeven taj aparat, daje kontinuirani spektar u ultra-violetnom području, tako da je unatoč dobrom monohromatoru nemoguće potpuno izolirati liniju s valnom dužinom 2536,5 Å. Trebalo je nabaviti niskotlačnu živinu svjetiljku, koja je gotovo monohromatski izvor svjetla s vrlo intenzivnom linijom kod 2536,5 Å. Takva svjetiljka izrađena je u laboratoriju Instituta. U kombinaciji s monohromatorom i stabilizatorom za voltažu dobiven je tako jedan strogo monohromatski izvor svjetla stabilne intenzivnosti, koji je potpuno odgovarao potrebama. Pošto su u pomanjkanju plinskih kiveta bile kivete za tekućinu adaptirane za uzimanje plinskih uzoraka, prešlo se na izrađivanje baždarne krivulje mjerenjem ekstinkcije poznatih koncentracija živinih para. Različite poznate koncentracije živinih para dobivene su na taj način, da je atmosfera jednog zatvorenog sistema zasićena parama žive kod različitih temperatura (između  $-28$  i  $10^{\circ}$  C).

#### b) Ispitivanje jodiranog ugljena

Kroz kolonu napunjenu ispitivanim ugljenom propuštali smo zrak sa cca  $10 \text{ mg Hg/m}^3$  (dakle sa dva puta većom koncentracijom od najveće, koja je nađena u Idriji) i brzinom od  $30 \text{ l/min}$ . Uzorke smo uzimali prije i poslije kolone. Na taj su način ispitani jodirani ugljeni s raznim koncentracijama joda uz razne debljine slojeva sa celuloznim filtrom i bez njega ispred sloja jodiranog ugljena. Na temelju tih ispitivanja ustanovljeno je, da je najpovoljnija koncentracija joda od  $5\%$  na težinu aktivnog ugljena, a debljina sloja jodiranog ugljena  $2 \text{ cm}$ . Uz te optimalne uvjete nisu kroz kolonu prošli ni tragovi živinih para u  $200$  sati neprekidnog ispitivanja. Tim ispitivanjem ujedno je ustanovljeno, da je celulozni filter prijeko potreban ispred sloja jodiranog aktivnog ugljena, jer on zadržava aerosole žive. Da se zadrže aerosoli žive bez upotrebe celuloznog filtra, bila bi potrebna nerazmjerno veća debljina sloja aktivnog ugljena.

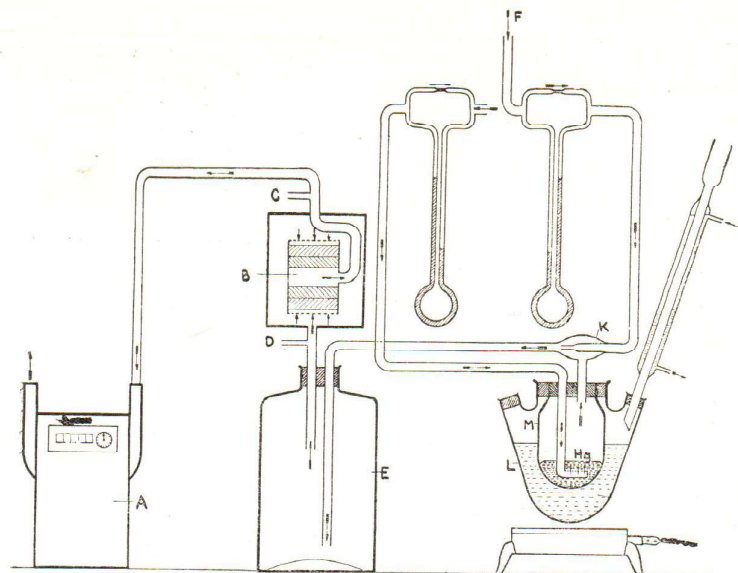
#### c) Ispitivanje filterova

Na temelju tih iskustava konstruiran je prvi filter za respirator živinih para. Sastojao se od celuloznog filtra, sloja jodiranog aktivnog ugljena od  $2 \text{ cm}$  i sloja čistog aktivnog ugljena od  $2 \text{ cm}$ . Sloj čistog aktivnog ugljena stavljen je zato, da bi apsorbirao jod, što bi ga mogao otpustiti jodirani aktivni ugljen.

Aparatura za ispitivanje filterova (vidi sl. 2) sastojala se od ispiralice sa živom (M), koja se nalazila u vodenoj kupelji (L) od  $100^{\circ}$  C. Iz kompresora je prolazio zrak (F) kroz ejektor (K) i vukao sa sobom zrak zasićen živinim parama, koji je dolazio iz ispiralice sa živom (M), brzinom od  $0,5 \text{ l/min}$ . Ukupna brzina zraka bila je  $30 \text{ l/min}$ . Iz ejektora (K)



je zrak strujao u bocu (E) i tu se dobro promiješao, tako da je u potpuno homogenom sastavu ulazio u kutiju s filtrom (B), prolazio kroz filter i zatim kroz plinsku uru (A). Uzorke zraka uzimali smo prije i poslije filtra (D i C). Koncentracija Hg para u zraku, koji je ulazio u filter, kretala se između 6 i 10 mg/m<sup>3</sup>.



Sl. 2. Aparatura za ispitivanje filtrova

Prvi uzorak filtra propuštao je stalno oko 0,2 mg Hg/m<sup>3</sup>, ali je izdržao više od 400 sati, a da mu se propusnost nije povećavala. Taj rezultat nije zadovoljavao, jer je propustljivost filtra bila veća od maksimalno dopuštene koncentracije žive u atmosferi. Budući da je propusnost padala i rasla sa smanjivanjem, odnosno povećavanjem koncentracije Hg para u zraku, koji je ulazio u filter, nastala je sumnja, da u filteru postoji kanal. Pregledom filtra nakon ispitivanja ustanovljena je na njemu mehanička pogreška: jedan dio zraka prolazio je direktno, a ne kroz jodirani aktivni ugljen. Ova pogreška je odstranjena u idućim uzorcima filtrova. Najveća teškoća je bila u tome, da se konstruira filter, koji će u struji zraka od 30 l/min imati otpor ispod 6 mm s. v. Postepenim usavršavanjem i ispitivanjem uzoraka filtera sedmi je uzorak bio potpuno nepropustan za živine pare, a otpor mu je bio ispod 5 mm s. v. Ispitivanje sedmog uzorka trajalo je ukupno 200 sati. Ispitivanje desetog uzorka vidi se iz tablice I. Propuštanje je počelo tek nakon otprilike 300 sati ispitivanja.

Tablica I

*Ispitivanje filtra protiv živinih para (Model broj 10)*

Početak ispitivanja 9. II. 1951. u 11,10 sati.  
 Svršetak ispitivanja 25. II. 1951. u 23,30 sati.  
 Filtar napunjen celuloznim filtrom (Vevče-P2), slojem 2 cm jodiranog aktivnog ugljena (5% J) i slojem čistog aktivnog ugljena od 2 cm. Otpor filtra 5 mm st. vode (30 l/min).

Broj sati ispitivanja	Koncentracija Hg prije filtra mg/m <sup>3</sup>	Koncentracija Hg poslije filtra mg/m <sup>3</sup>	Broj sati ispitivanja	Koncentracija Hg prije filtra mg/m <sup>3</sup>	Koncentracija Hg poslije filtra mg/m <sup>3</sup>
1	8,41	0,00	166	7,75	0,00
6	8,16	0,00	173	6,79	0,00
13	7,84	0,00	178	7,96	0,00
19	7,74	0,00	184	7,66	0,00
25	5,87	0,00	191	6,51	0,00
31	8,01	0,00	Prekinuto 17. II. 1951. u 14 h; filtari je podvrgnut dugotrajnijim potresima. Ispitivanje nastavljeno 20. II. 1951. u 9 h.		
36	9,15	0,00	196,5	7,28	0,00
41	8,37	0,00	200,5	7,82	0,00
46	8,03	0,00	207	7,89	0,00
52	7,91	0,00	213,5	7,07	0,00
60	8,15	0,00	219	5,50	0,00
67	7,85	0,00	225	7,82	0,00
73	6,95	0,00	230,5	7,74	0,00
77	7,78	0,00	237,5	7,80	0,00
83	5,49	0,00	247	7,45	0,00
88	5,24	0,00	254	7,12	0,00
93	7,65	0,00	263	6,82	0,00
prekid od 3 sata			267	10,43	0,00
94	6,77	0,00	274	10,32	0,00
99	7,28	0,00	279	10,07	0,00
105	7,90	0,00	285	10,44	0,00
112	7,76	0,00	295	9,50	0,096
118	7,28	0,00	298	10,08	0,095
124	7,70	0,00	303	10,25	0,03
130	8,16	0,00	311	10,67	0,14
136	7,70	0,00	317,5	11,17	0,10
143	7,69	0,00	327	9,39	0,14
149	7,88	0,00	333,5	9,39	0,15
154	8,10	0,00	340	7,40	0,27
160	7,94	0,00	350	—	0,18

III. ISPITIVANJA NA TERENU

Na temelju postignutih rezultata odlučili smo da izvršimo ispitivanja na terenu, t. j. u rudniku žive. U tu svrhu izrađeno je 6 pokusnih respiratora. Filtrovi tih respiratora bili su izrađeni u obliku ovalnih kutija. Filtrovi su imali tri sloja: celulozni filtari (M. S. A.), sloj od 2 cm jodiranog aktivnog ugljena (5% J) i sloj od 2 cm čistog aktivnog

ugljena. Površina filtra iznosila je 150 cm<sup>2</sup>, a otpor u struji zraka od 30 l/min iznosio je 7,5 mm stupca vode. Na svih 6 filterova ispitana je propusnost prostrujavanja zraka s koncentracijom živinih para od cca 10 mg/m<sup>3</sup>. Jednosatna ispitivanja pokazala su, da nijedan filter ne propušta ni tragove živinih para. S ovako priređenim respiratorima započelo se terensko istraživanje.

Glavna svrha terenskih ispitivanja respiratora bila je da se utvrdi, da li su ugodni kod nošenja i da li suviše ne smetaju kod rada. Terenska ispitivanja vršena su na ovaj način: U rudniku Idriji organizirane su dvije radne grupe. U prvoj grupi radila su dva rudara i dva člana Instituta za higijenu rada s respiratorima i jedan rudar bez respiratora. Zaštićeni radnici radili su 10 dana (6 sati na dan), a rudar bez respiratora radio je samo 5 dana i onda je na njegovo mjesto došao drugi radnik. Prosječna koncentracija živinih para na radnom mjestu iznosila je 1,2 mg/m<sup>3</sup>. Koncentracija je bila izmjerena selen-sulfidskim indikatorom.

Druga radna grupa sastojala se samo od dva rudara, koji su radili s respiratorom. Koncentracija živinih para na tom radnom mjestu bila je 2,0 mg/m<sup>3</sup> (selen-sulfidski indikator). Svakog učesnika istraživačkih radnih grupa pregledao je svaki dan tamošnji rudnički liječnik dr. HRIBERNIK. Izlučivanje žive u urinu pratili smo samo kvalitativno metodom, koju su opisali PINTER i RUŽDIĆ (9).

Ta prethodna ispitivanja dala su dobre rezultate u pogledu zaštitne moći respiratora, ali se pokazalo da treba izvršiti neke preinake u konstrukciji respiratora. Ni jedan od rudara, koji su radili pod respiratorom, nije pokazivao nikakvih kliničkih znakova otrovanja niti nakon 10 dana rada. Prvi rudar, koji je radio bez respiratora u prvoj radnoj grupi, počeo je izlučivati živu u urinu već prvog dana, a nakon 5 dana su se već toliko razvili simptomi otrovanja, da ga je trebalo zamijeniti. Drugi rudar, koji ga je zamijenio, radio je također 5 dana, ali se pokazao mnogo rezistentniji prema djelovanju živinih para. Počeo je izlučivati živu u urinu tek četvrti dan, a još peti dan, kad je ekspozicija prestala, nije pokazivao nikakvih znakova otrovanja.

Dva rudara iz prve radne grupe nastavila su rad pod respiratorom i nakon završenih ispitivanja i radila ukupno 20 dana. Ni nakon toga vremena nisu pokazivali nikakvih znakova otrovanja ili ekspozicije živinim parama.

Nakon tih prethodnih terenskih ispitivanja podvrgnuto je svih šest respiratora ponovo laboratorijskim ispitivanjima, koja su pokazala da su filteri još uvijek potpuno nepropusni za živine pare, ali da im je otpor porastao na preko 10 mm vodenog stupca zato, što su se celulozni filterovi zasitili prašinom. Na taj način su respiratori postali neupotrebljivi, iako bi jodirani ugljen mogao izdržati još mnogo duže.

Na temelju tih iskustava izvršene su neke preinake u konstrukciji respiratora. Punjenje filtra ostalo je isto kao i prije, samo su mu oblik i konstrukcija prilagođeni potrebama. Tri takva respiratora ispitana su

na terenu u trajanju od 7 radnih dana po 6 radnih sati na dan. Mjerenje koncentracije živinih para na radnom mjestu, gdje su respiratori ispitivani, pokazalo je  $2,4 \text{ mg/m}^3$  (ditizon  $4-5 \text{ mg/m}^3$ ). I kod tih ispitivanja nisu rudari, koji su nosili respiratore, pokazali nikakvih kliničkih znakova otrovanja živom, niti znakova ekspozicije živinim parama. Posljednje terensko ispitivanje izvršeno je za čišćenja kondenzacijskih komora Špirekovih peći. Dva su rudara radila s respiratorima 6 dana (5 sati na dan) na tom mjestu. Nisu nađeni nikakvi znakovi otrovanja kod njih, iako je koncentracija žive u atmosferi bila vrlo visoka i iznosila  $16,2-18,5 \text{ mg/m}^3$ . Zbog velike koncentracije živinih para povećan je sloj jodiranog ugljena na 4 cm, a koncentracija joda u ugljenu na 10%.

#### IV. PRIJEDLOG ZA KONSTRUKCIJU RESPIRATORA PROTIV ŽIVINIH PARA

Na temelju svih dosadašnjih ispitivanja i provjeravanja upotrebljivosti respiratora na terenu predložili smo, da se kao zaštita protiv živinih para upotrebi respirator prema ovom opisu:

Respirator za zaštitu od živinih para sastoji se od a) filtra, b) naramenice za nošenje filtra, c) gumene rebraste cijevi i d) obrazine (vidi slike 3, 4, 5 i 6).

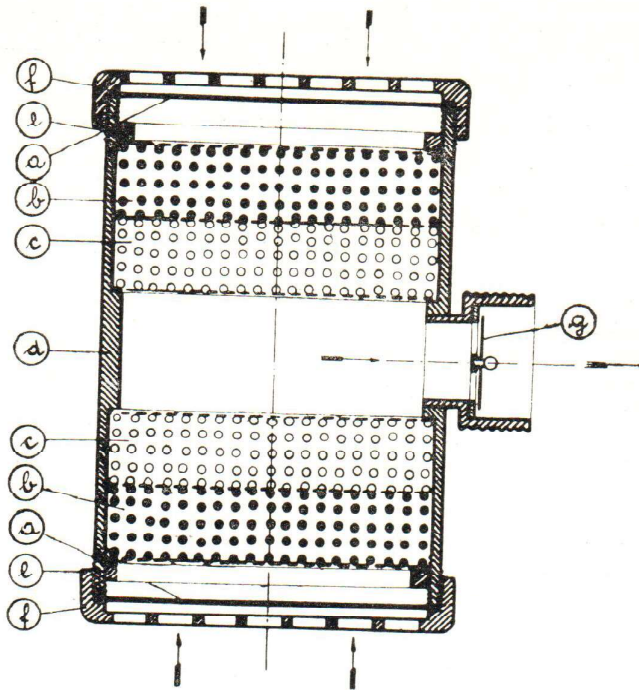
a) *Filtar*. Kutija filtra izrađena je iz silumina. Ona je cilindrična oblika. Cilindričan oblik filtra odabran je iz više sasvim praktičkih razloga. Potreba na respiratorima protiv živinih para ne će kod nas nikada biti tolika, da bi bilo ekonomično započeti serijsku izradu. Bit će najekonomičnije, da se 300 do 400 respiratora, koliko je potrebno, izradi pojedinačno, a s obožjem filtra, koje će se moći trajno upotrebljavati. Zato je odabrana konstrukcija, koja se može u cijelosti izraditi na osnovnom radnom stroju – tokarskom stolu. Cilindrični oblik filtra pruža mogućnost njegovog sastavljanja i rastavljanja, t. j. ponovnog punjenja, i to neograničen broj puta. Sve te prednosti nemaju ovalni oblici filtara, koji se obično, kad se zasite, bacaju. Na kraju, cilindrični oblik filtra omogućuje, da u njemu upotrebimo celulozne filterove, koji su određeni za respiratore protiv prašine.

Filtar se sastoji od dvije posve jednake polovice, da mu površina bude što veća, a otpor što manji. Ukupna površina filtra iznosi  $150 \text{ cm}^2$ .

U filtru se nalaze tri sloja: celulozni filtari (a), sloj jodiranog aktivnog ugljena sa 5% joda (b) i sloj čistog aktivnog ugljena (c). Slojevi aktivnog ugljena odijeljeni su mrežicama od pamuka. Na vanjskim granicama slojeva aktivnog ugljena nalaze se uz mrežice od pamuka i mrežice od žice.

Prvi sloj – celulozni filtari – zadržava aerosole žive i prašinu. On daje najveći otpor pri disanju. Sloj jodiranog aktivnog ugljena zadržava živine pare. Taj sloj je 2 cm deo. Sloj čistog aktivnog ugljena zadržava pare joda, koje eventualno može da otpusti jodirani aktivni ugljen. Taj sloj je također 2 cm deo. Oba sloja aktivnog ugljena

daju u struji zraka od 30 l/min otpor od 2 mm stupca vode. Prema tome vidimo, da će otpor cijelog filtra zavistiti pretežno od kvalitete celuloznog filtra. Filtar protiv živinih para imat će svega za 2 mm stupca vode veći otpor od respiratora protiv prašine s istim celuloznim filtrovima.



Sl. 3. Presjek filtra

U sredini obočja filtra (d) nalazi se malo odebljanje, na kojem leže mrežice od žice. Slojevi aktivnog ugljena stegnuti su sa dva prstena (e), koji se uvijaju u obočje filtra (d). Celulozni filtrovi (a) stegnuti su pomoću poklopaca (f), koji se navijaju na obočje filtra (d). Ako se pri radu razvija mnogo grube prašine, mogu se ispred celuloznih filtara umetnuti umeci od guste gaze, koji se mogu povremeno isprašiti, kad se na njima nakupi dosta prašine. Time će se produžiti trajanje celuloznih filtara.

U sredini filtra nalazi se prazan prostor s priključkom (g), na koji se navija rebrasta gumena cijev (i). U priključku (g) umetnut je nosač s gumenim ventilom (h), koji sprečava, da se izdahnuti zrak vraća kroz filter.

Kako jodirani aktivni ugljen traje mnogo duže od celuloznih filterova, koji se brže zatrpaju prašinom, mogu se celulozni filterovi lako zamijeniti novima, jednostavnim odvrtnjem poklopaca filtera, a da se pritom ne dira u sadržaj filtera.

Ukupna težina napunjenog filtera iznosi oko 800 grama.

b) *Gumena rebrasta cijev*. Gumena rebrasta cijev (i) priključuje se s jedne strane na filter pomoću holandske matice (k), a s druge strane na obrazinu. Rebrasta cijev prelazi preko lijevog ramena radnika, gdje je pričvršćena na naramenice, da ne klizi. Ona se daje rastezati, a to omogućuje, da radnik nesmetano okreće glavu. Unutrašnji promjer rebraste cijevi ne treba da bude manji od 25 mm.

c) *Naramenice*. Naramenice (l) izrađene su od kože ili kojeg drugog prikladnog materijala (juta). Sastoje se od unakrsnih remena, opasača i ploče, na koju se uzicom pričvršćuje filter. Naramenice su izrađene tako, da se dadu skratiti ili produžiti prema rastu nosioca.

d) *Obrazina*. Kao obrazina respiratora (m) upotrebljena je obrazina respiratora domaće produkcije (te obrazine izrađuje poduzeće »Ris« u Vrapču kod Zagreba).

Na obrazini respiratora odrezano je sjedište za zvjezdasti ventil, a u otvor je umetnut priključak (n) u obliku lule, na koji je priključena gumena rebrasta cijev (i). Na otvore respiratora, koji su predviđeni za kutije s celuloznim filterovima, umetnuti su nosači sa zvjezdastim ventilima (o), koji propuštaju izdahnuti zrak. Obrazina se pričvršćuje na glavu pomoću elastične gumene trake, kojoj se dužina može regulirati. Gumena traka pričvršćena je na obrazinu zakivanjem. Obrazina se izrađuje u tri razne veličine, a izrađena je od mekane gume.

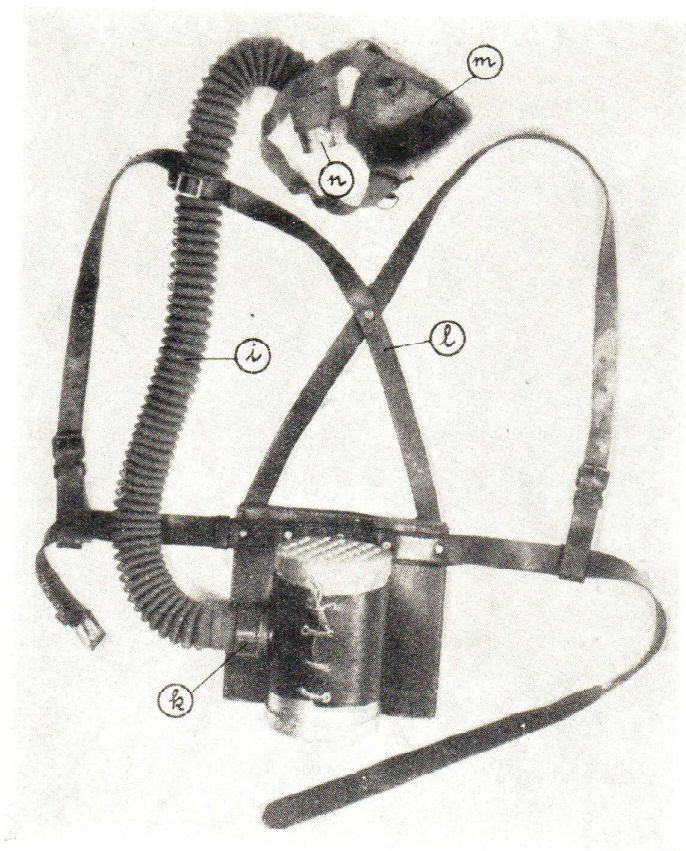
*Priredivanje jodiranog ugljena* (u laboratorijskom mjerilu).

Potrebna količina granuliranog aktivnog ugljena pomiješa se sa 5% elementarnog joda, stavi se u staklenu tikvicu i uz dobro miješanje grije na 60–70° C tako dugo, dok se sav jod ne adsorbira. (Važno je, da se dobro miješa, da bi kvaliteta jodiranog ugljena bila jednolična.)

*Institut za higijenu rada,*  
*Z a g r e b*

#### LITERATURA

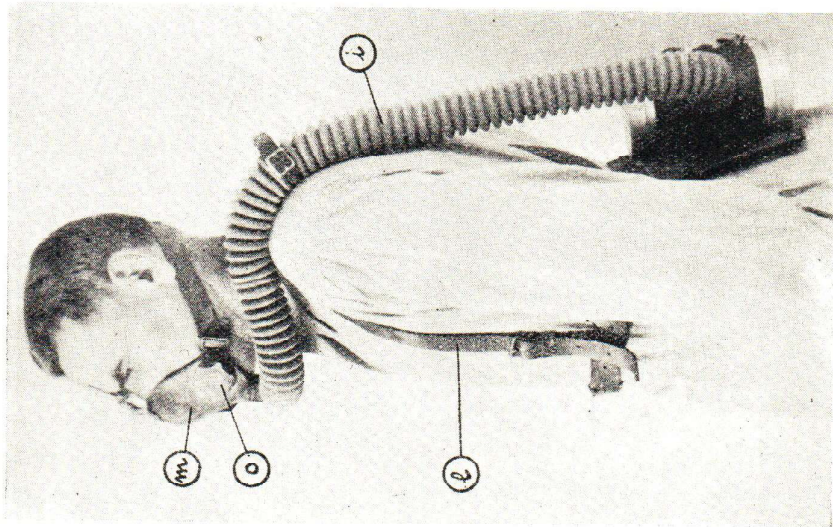
1. *Hribernik, I.*, Arh. hig. rada, 1 (1950) 291.
2. *Bedford, T.*, Environmental Warmth and its Measurement. Med. Res. Council, London, 1948, War Memo. No 17.
3. *Milton, R. F. and Duffield, W. D.*, Analyst, 72 (1947) 11.
4. *Uouk, U. B., Fugaš, M. and Topolnik, Z.*, Brit. J. Ind. Med., 7 (1950) 168.
5. *Uavorovskaya, S. F.*, Gigiena i Sanit., 11, No 6, 27 (1946).
6. *Stock, A.*, Ztschr. f. angew. Chem., 39 (1926), 461, 790; 47 (1934) 64; Naturwiss., 19 (1931) 501.
7. *Hughes, A. L. and Thomas, A. R.*, Phys. Rev., 20 (1927) 466;
8. *van Suchtelen, H., Warmholtz, N. und Wiggerinck, G. L.*, Philips Technische Rundschau, 11 (1949) 94.
9. *Pinter, T. i Ruždić, I.*, Liječnički Vjesnik, 64 (1942) 48.



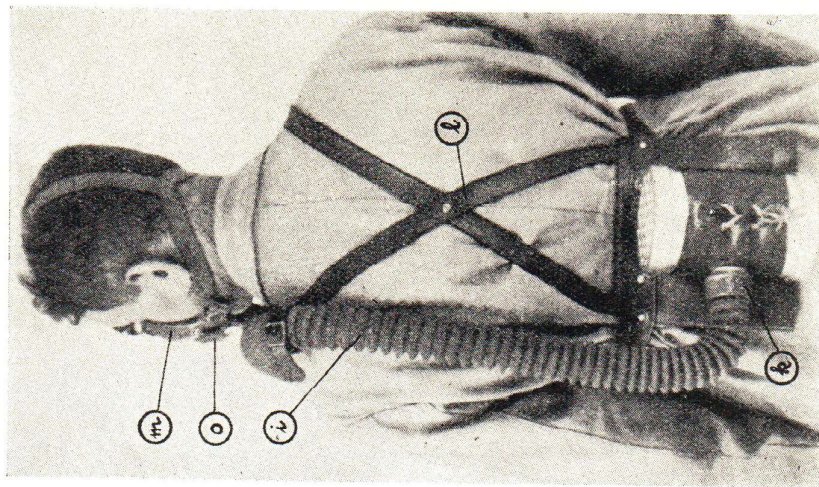
Sl. 4. Respirator protiv živinik para







Sl. 5. Respirator (pogled sa strane)



Sl. 6. Respirator (naramenice za nošenje respiratora)



RÉSUMÉ

PROTECTION DES OUVRIERS AUX MINES DE MERCURE  
D'IDRIJA

Les auteurs décrivent le milieu des mines de mercure d'Idrija et présentent des données sur la détermination quantitative des périls du travail. Ils décrivent la méthode dont ils se servent pour mesurer la température du milieu et déterminer la quantité de mercure dans l'atmosphère de l'endroit où le travail a lieu. Ils proposent comme mesure protectrice temporaire l'usage des respirateurs antimercuriaux et décrivent leur construction et leur vérification au laboratoire et dans le terrain.  
(Résumé de deux articles publiés dans le British Journal of Industrial Medicine en 1950 et 1952.)

*L'Institut pour l'hygiène du travail,  
Zagreb*