

# ORIGINALNI NAUČNI RADOVI

## ORIGINAL STUDIES

Institut za zaštitu zdravlja, Novi Sad

Originalni naučni rad  
Original study  
UDK 504.05:632.95

### ŽIVOTNA SREDINA I PESTICIDI

#### PESTICIDES AND THE ENVIRONMENT

Miroslava KRISTOFOROVIĆ-ILIĆ

**Sažetak** - U periodu 1981 - 2000. godine vršena su istraživanja sadržaja ostataka organohlorinih insekticida (OHI) u životnoj sredini i njihovog uticaja na zdravlje stanovništva. Analize su obuhvatale pijaću i površinsku vodu, vazduh, namirnice, gotove obroke, humani serum i obdukcioni humani materijal. U vodi za piće poreklom iz velikih distributivnih sistema u Vojvodini (prečišćena i kondicionara voda) najčešće nije utvrđeno prisustvo ostataka OHI, dok se u subarteškim bunarima povremeno nalaze ostaci HCH i aldrina. Površinska voda reke Dunav, prema kvantificiranim ostacima OHI pripada zahtevanoj klasi, izuzev za HCH 1990/91 g. kada je bila svrstana u III-IV klasu. Vazduh je kontrolisan u Novom Sadu, Zrenjaninu, Kikindi, Beočinu i Apatinu. U Zrenjaninu se redovno prate (1996-2000) ostaci OHI: najčešće je bio detektovan ostatak HCH (37.83% uzoraka), potom lindana (21.72% uzoraka), heptahlor (17.60% uzoraka) a ređe DDT i aldrina u Novom Sadu izuzetno retko je utvrđen aldrin ("u tragu"), heptahlor i HCH; u Kikindi je takođe retko bio utvrđen heptahlor, lindan i HCH. Pošto OHI imaju afinitet prema masnim tkivima, njihovi ostaci se i nalaze prvenstveno u namirnicama animalnog porekla. Termičkom obradom oni se ne eliminišu, što je potvrđeno analizom ostataka u kompozitnim dijetama obroka iz predškolskih objekata, omladinskih domova i gerontoloških ustanova: najčešće je bio detektovan izomer p,p'-DDE, ređe p,p'-DDT; potom, HCH i ređe lindan. I pored zabrane korišćenja OHI, svojom dugom perzistencijom u životnoj sredini, nalaze se u humanim tkivima što je i potvrđeno analizama humanog seruma. Analize humanog obdukcionog materijala su pokazale redovno nalaženje metabolita DDTa - p,p'-DDE kao i lindana u svim uzorcima (mozak, jetra, masno i tumorsko tkivo).

**Ključne reči:** Pesticidi + toksičnost; Insekticidi; Životna sredina; Zdravlje životne sredine; Štetne supstance; Rezidue pesticida

**Summary** - In the period 1981-2000, an investigation was conducted on organochlorine insecticide (OCI) residues in the environment and their effects on human health. The analyses encompassed drinking and surface waters, air, foodstuffs, ready-made meals, human serum and human autopsy material. OCI residues were not detected in drinking water originating from great distributive systems in Vojvodina (purified and conditioned water) but in some sub-artesian wells there were HCH and aldrin residues. OCI residues were quantified in surface water of the river Danube which is in the required group, except for HCH in 1990/91, when it was in the III-IV group. Air was analyzed in Novi Sad, Zrenjanin, Kikinda, Beočin and Apatin. OCI residues are regularly tested in Zrenjanin (1996-2000): the most frequently detected are: HCH residues (37.83% samples), lindane (21.72% samples), heptachlor (17.60% samples) and rarely DDT and aldrin; aldrin (in traces), heptachlor and HCH were detected in Novi Sad. Heptachlor, lindane and HCH were also rarely determined in Kikinda. OCI have an affinity for fat tissues and their residues can be found particularly in foodstuffs originating from animals. They are not eliminated by thermal processing and it was established in pre-school institutions, student restaurants and homes for the aging: most frequently detected was p,p'-DDE isomer, rarely p,p'-DDT as well as HCH and rarely lindane. Although use of OCI is forbidden, due to their long persistence in the environment, they can be found in human tissues, which was proved by human serum analyses. Analyses of human autopsy material indicated presence of DDT metabolite - p,p'-DDE as well as lindane in all analyzed samples (brain, liver, fat and tumorous tissues).

**Key words:** Pesticides + toxicity; Insecticides; Environment; Environmental Health; Hazardous Substances; Pesticide Residues

#### Uvod

Pesticidi su heterogena grupa hemijskih jedinjenja, neorganske i organske strukture, različitih hemijskih, fizičko-hemijskih i bioloških osobina. Namenjani su prevenciji, uništavanju, suzbijanju ili smanjenju količine insekata, miševa, nematoda, gljiva, korova i drugih bioloških formi označenih kao štetočine. Visoko su rezistentni u prirodi; pokazuju potencijalno prolongirano delovanje; rezistentni su na fizičku, hemijsku i mikrobiološku degrada-

#### Introduction

Pesticides are a heterogeneous group of chemicals of organic and inorganic origin, having different chemical, physical-chemical and biological characteristics. They are intended for prevention, elimination, control or reduction of insects, rodents, fungi, weeds and other biological forms known as pests. These compounds are highly resistant in nature and might have a prolonged activity. They are

Napomena: Skraćena verzija pristupne besede za vanrednog člana Akademije medicinskih nauka SLD u Beogradu, održane 17. marta 2003.

Anotation: A short version of a speech delivered upon becoming a member of the Academy of Medical Sciences of the Serbian Medical Association on march 17, 2003.

Adresa autora: Prof. dr Miroslava Kristoforović-Ilić, Institut za zaštitu zdravlja,  
21000 Novi Sad, Futoška 121, E-mail: kristof@Eunet.yu

**Skraćenice**

HCH	- heksahlorcikloheksan
DDT	- diklordifeniltrihloretan
ADI	- prihvatljiv dnevni
AMI	- prihvatljiv mesečni
TMDI	- teoretski maksimalni dnevni

ciju; visoke biokumulativnosti; potencijalne kancerogenosti i genotoksičnosti, dobro rastvorljiva u mastima, uljima, organskim rastvaračima, a relativno slabo rastvorljiva u vodi [1-8].

Postoji više različitih podela pesticida: prema biološkoj aktivnosti, prema stepenu otrovnosti, prema kancerogenosti, prema mutagenosti, teratogenosti, itd. [8-11].

Značajnost pesticida se ogleda ne samo u njihovoj primeni i važnosti po čoveka, nego i u pojavi neželjenih efekata: otrovnost, mutagenost, teratogenost i kancerogenost. Sve navedene neželjene pojave su uplivisane putevima unosa u organizam, dozom i vremenom trajanja ekspozicije, dijetnog nivoa (kod ingestije) u interakciji sa elementima doba, pola i stanja uhranjenosti osobe.

**Putevi ulaska i transporta u ljudskom organizmu**

U ljudski organizam pesticidi despevaju putem kože, ingestije ili inhalacije; preko osnovnih fizičkih osobina - difuzijom, osmozom i aktivnim transportom i podležu zakonima biohemije otrova u pogledu transporta, distribucije, depozicije, biotransformacije i eliminacije iz organizma.

Transport liposolubilnih pesticida u ljudskom organizmu se odvija putem lipoproteina, a ostalih putem plazma-proteina; retko kao kompleksi sa organskim kiselinama u plazmi. Biološko poluvreme apsorbovanih pesticida je različito: lipofilna jedinjenja se deponuju u masnom tkivu i tkivima bogatim lipidima, jetri i manje u ostalim. Hemijskom transformacijom početnih molekula pesticida može doći do njihove bioaktivacije ili detoksikacije (kada jedinjenje gubi toksičnost ili se ona smanjuje). Mehanizam toksičnosti se ogleda delovanjem: na genetski materijal i deobu ćelije interferencijom sa DNA i RNA izmenom tercijarne strukture ovih molekula; na hiperprodukciju slobodnih radikala, lipidnih peroksida i drugih prooksidanata; na strukturu ćelijskih zidova i membrana hidrolizom i precipitacijom specifičnih lipida i proteina; remećenjem proizvodnje energije blokadom oksidativne fosforilacije i ometanjem formiranja ATP; specifično inhibitorno dejstvo na aktivnosti enzima holinesteraze i transmisiju acetilholina; itd. [8,12-18].

**Pesticidi u životnoj sredini**

U svetu se danas koristi više od 1500 hemijskih jedinjenja, na bazi kojih je izrađeno više hiljada različitih preparata, čija godišnja proizvodnja premašuje više stotina miliona tona [3,19-23].

**Abbreviations**

HCH	- hexachlorocyclohexane
DDT	- dichlorodiphenyltrichlorethane
ADI	- acceptable daily intake
AMI	- acceptable monthly intake
TMDI	- theoretical maximum daily intake

resistant to physical, chemical and microbiological degradation and are characterized by high bioaccumulation potential carcinogenic activity and genotoxicity and are well soluble in fats, oils, organic solvents but are relatively insoluble in water [1-8].

There are various classifications of pesticides: by their biological activity, level of toxicity, carcinogenicity, mutagenicity and teratogenicity etc. [8-11].

The importance of pesticides is manifested not only due to their application and significance for human beings, but also due to their side effects: toxicity, mutagenicity, teratogenicity and carcinogenicity. All mentioned adverse effects depend on way of intake, dose and length of exposure, dietetic level and are interactive with age, gender and nutritional status.

**Ways in which pesticides enter the body (ways of transport)**

Pesticides enter the human body through the skin, by ingestion or inhalation; through basic physical processes: diffusion, osmosis and active transport and they also follow the rules of biochemistry of toxins concerning transport, distribution, deposition, biotransformation and elimination from the body.

In human body liposoluble pesticides are transported through lipoproteins of plasma and for others - through plasma proteins and rarely as complexes with organic acids in plasma. Biological half-time of absorbed pesticides is different: lipophilic compounds accumulate in fatty tissues and tissues rich in lipids, liver and rarely in others. Chemical transformation of initial pesticide molecules can result in their bioactivation or detoxication (when compound loses toxicity or when it is decreased). The toxicity mechanism affects the following: genetic material and cell division by interference from DNA and RNA by changing the tertiary structure of these molecules; hyperproduction of free radicals, lipid peroxides and other pro-oxidants; the structure of cellular barriers and membranes by hydrolysis and precipitation of specific lipids and proteins; energy production by blocking oxidative phosphorylation and formation of ATP; inhibiting enzyme cholinesterase activity and acetylcholine transmission; etc. [8,12-18].

**Pesticides in the environment**

Today, more than 1500 chemical compounds are used worldwide as well as thousands of various preparations, with annual production over hundreds of millions of tons [3,19-23].

Posebno začajan stepen zagađivanja prirodnih resursa nastaje primenom pesticida, budući da oko 50% primenjenih pesticida pada na površinu koja se tretira. Ostatak odlazi u atmosferu, pada na zemlju ili u vodu van tretirane površine, a vetrom može biti odnesen na udaljene ekosisteme, posebno ako se vežu za čestice prašine u vazduhu. Deo ovih hemijskih sredstava isparava, spira se kišom ili na drugi način odnosi sa mesta tretiranja, što uslovljava da na ciljanim mestima ostaje manje od 1% primenjenih količina. Do zagađivanja ekosistema dolazi i zbog prosipanja preostalih pesticida nakon završenog tretiranja useva, neadekvatnog postupka s ambalažom u kojoj se nalazio pesticid, kao i preko otpadnih voda nakon pranja uređaja korišćenih za primenu pesticida. Lancem ishrane u čijem središtu se nalazi - čovek postaje ugrožen [9,12,13,21-29].

Iz humanog organizma uneti pesticidi se gube ekskrecijom u obliku originalnih molekula, ili u obliku primarnih i sekundarnih metabolita putem digestivnog, urinarnog i respiratornog trakta kao i putem žlezda (mleko, znoj) itd. [8-10].

Ova grupa hemijskih jedinjenja je svrstana u grupu "perzistentnih toksičnih hemikalija" (POPs), što nas kao potpisnike Stokholmske deklaracije obavezuje na određene aktivnosti u smislu eliminisanja iz upotrebe. Navode se: pesticidi - dieldrin i aldrin, endrin, hlodran i heptahlor, DDT, toksafen, mireks, heksahlorbenzen; - industrijska jedinjenja: polihlorovani bifenili (PCB); - sporedni proizvodi: polihlorovani dibenzodiodoksini i furani (PCDD/F) [29].

#### *Nešto detaljnije o organohlornim insekticidima*

Organohlorni insekticidi su dobijeni uvođenjem nekoliko atoma hlora u molekule alifatskih i aromatskih ugljovodonika. Time se pojačava neurotropno delovanje, što se odražava depresijom CNS i opštim anestetičkim delovanjem. Položaj supstituenta u molekulu je veoma važan i supstitucija u para položaju daje najtoksičnije produkte.

Organohlorna jedinjenja se upotrebljavaju intenzivno od 1943. godine kao insekticidi, akaricidi i fumiganti. Istorijsku ulogu u suzbijanju vektora malarije i tifusa imala je primena upravo organohlornih insekticida, čime su nestale ove epidemije [8,18-20].

Dihlordifeniltrihloretan (DDT), metoksihlor i rotan ili TDE (DDE) pripadaju grupi derivata etana a dejstvo im je prvenstveno vezano za motorna i senzorna nervna vlakna. Jetra je jedini organ koji je značajno napadnut.

Prašinom i vodom se prenosi na udaljenosti preko hiljade kilometara (naden je i na antarktičkom snegu. Akumulira se progresivno (u ribama je za 10.000 puta veća koncentracija no u okolnoj vodi) [7,12,22-24]. Od 1. januara 1972. godine je njegova upotreba zabranjena. Može se jedino upotrebiti u vanrednim uslovima odbrane šuma od najezde određenih insekata (ne u četinarskim šumama, zbog visoke perzistentnosti u iglicama četinara) [25-27].

Pollution of natural resources is particularly significant due to pesticides, because around 50% of applied pesticide covers the treated area. The rest enters the atmosphere, soil or water, and is transferred to distant ecosystems by wind, especially dust particles in the air. A part of these chemicals is washed away with the rain or in other way is transferred from the treated location, because at the target places remains less than 1% of applied pesticides. Ecosystems are polluted by the remaining pesticides after treatment of crops, inadequate managing of pesticide waste and packaging as well as of waste waters after washing the equipment for pesticide application. The food chain is in danger, and so are humans, being in its center [9,12,13,21-29].

Pesticides are excreted from the body as original molecules or as primary and secondary metabolites through the digestive, urinary and respiratory tract, as well as through glands (milk, sweat) etc. [8-10].

This group of chemical compounds belongs to a group of "persistent toxic chemicals" (POPs) and as a signatory country to the Stockholm Convention, we are obliged to take measures and eliminate the following chemicals from use: pesticides - dieldrin and aldrin, endrin, chlordane and heptachlorine, DDT, toxafen, mirex, hexachlorbenzene; industrial compounds - polychlorinated biphenyl (PCB); secondary products - polychlorinated dibenzodioxins and furans (PCDD/F) [29].

#### *Some details on organic - chlorine pesticides*

Organochlorine insecticides are made from chlorine atoms and molecules of aliphatic and aromatic hydrocarbons. In this way neurotrophic activity increases, which causes CNS depression and general anesthetic activity. Position of substituent in a molecule is very important and substitution in para position results with toxicity.

Organochlorine compounds have been intensively used since 1943 as insecticides, acaricides and fumigants. In control of malaria and typhus vectors organochlorine insecticides played a historical role and epidemics were stopped [8,18-20].

DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane), methoxychlorine and rothane or TDE (DDE) belong to the group of ethane derivatives and their effects are primarily related to motor and sensor nervous fibers. Liver is the only organ that can be significantly damaged.

Pesticides can be transferred over great distances even 1.000 km (they were found in the Antarctic snow). They accumulate progressively (concentration is 10.000 times higher in fish than in the surrounding water) [7,12,22-24]. Since January 1972, their use is forbidden. They can only be used in emergency situations when extraordinary measures must be taken to protect woods from insect invasion (not in conifer woods due to high persistence in conifer needles).

Unet u organizam veoma brzo dospeva u cirkulaciju: jedan deo se izlučuje nepromenjen; drugi se nalazi u mokraći 2-4 dana kao DDA; jedan deo se posle konjugacije sa aminokiselinama izlučuje putem žuči; a najveći deo se izdvajanjem HCl dehidrohlorinacijom prevodi u liposolubilni DDE koji se potom akumulira u masnom tkivu. Poluživot DDTa je 6-12 meseci, a metoksihlora 7-14 dana. ADI za DDT (ukupne izomere) iznosi 0,005 mg/kg TM (FAO/WHO) [9,14,18-21,24].

Iz grupe derivata cikloheksana najvažniji je heksahlorcikloheksan (HCH), koji kao tehnički preparat dolazi u formi smese 8 izomera. Smatra se da su alfa i gama izomeri HCH konvulzivni otrovi, dok su beta i delta izomeri depresori CNS. Ako se gama izomer (lindan) nađe rastvoren u organskim rastvaračima, iskazuje povećanu toksičnost.

Lindan [4-6,28-32] je organohlorini insekticid i fumigant, te se koristi protiv insekata koji borave u tlu i hrane se biljkama (fitofagi). Koristi se u cilju zaštite semena od štetočina iz tla; štiti drvo; štiti proizvode u skladištima; značajan je u borbi protiv oboljenja koje prenose insekti na ljude. Koristi se takođe u losionima, kremama i šamponima protiv skabiesa. U prodaji se nalazi u vidu suspenzije, emulzije, praška, pudera i ULV (*ultra-low volumen*) tečnosti.

Poznat je po svojoj akutnoj (inhalacioni i dermalni putevi unošenja) i hroničnoj toksičnosti (*no observer effect* > 2 godine); dejstva na CNS: uzrokuje mentalna i motorna oštećenja, uslovljava pojavu toničnih i kloničnih grčeva, plućni edem i sl.; oštećenja jetre pri ADI od 5 mg/kg/dan; oštećenje pankreasa, testisa i membrane nazalne mukoze kod eksperimentalnih životinja, kao i imunog sistema, (premda su za ovu konstataciju neophodna dugogodišnja prospektivna istraživanja!).

Teratogeni efekti - Uticaj na reproduktivne efekte se još uvek istražuje na laboratorijskim životinjama.

Mutageni efekti - Na kulturi humanih limfocita (5-10 ppm) lindan indukuje promene na hromozomima (premda su neka oštećenja hromozoma uočena i pri nižim koncentraciji lindana - od 1 ppm).

Kancerogeni efekti - Dostupni podaci raznih studija su uglavnom kontradiktorni: počev od izveštaja da izomeri beta, gama i delta HCH u dozi od 64 mg/kg/dan nisu proizveli tumorozne promene kod 20 miševa, do toga da je samo alfa izomer identifikovan kod 100% ispitivanih miševa!

Putevi transporta i eliminacije - Nakon unošenja u organizam veoma je brza njegova distribucija i eliminacija u formi tri i tetrahlorfenola i konjugovan sa sulfatima ili glukoronidima; ili se eliminiše u vidu merkapturata (urinom). Poznato je "uskladištenje" gama HCH u masnom tkivu (više nego ostali izomeri HCH!), za šta je potrebno 2-7 dana (eksperimentalno, kod pacova).

Ekološki efekti - Lindan perzistira visoko u tlu i vodama sa poluživotom oko 15 meseci (ako je

Pesticides are absorbed in the body rather quickly: one part is excreted unchanged; the other stays in the urine 2-4 days - like DDA; after conjugation with amino-acids one part is excreted through the gall; by HCL dechlorination, the greatest part becomes liposoluble DDE, which later accumulates in fat tissues. Half-life of DDT is 6-12 months and 7-14 days of methoxychlorine. ADI for DDT (total isomers) is 0,005 mg/kg BW (FAO/WHO) [9,14,18-21,24].

In the group of cyclohexane derivatives the most important is technical hexachlorocyclohexane (HCH) which is a mixture of 8 isomers. It is considered that HCH alpha and gamma isomers are convulsive toxins, while beta and delta isomers are CNS depressants. If gamma isomer (lindane) is dissolved in organic solvents it shows increased toxicity.

Lindane [4-6,28-32] is an organochlorine insecticide and a fumigant which is used on a wide range of soil-dwelling and plant eating (phytophages) insects. It is used in seed treatment in wood protection; in warehouses; it is important against diseases transferred from insects to humans. It is also used in lotions, creams and shampoos against lice and mites (scabies). In the market, it can be found in the form of suspension, emulsion, powder and ULV (*ultra-low volume*) liquid.

Lindane is known for its acute (oral and dermal exposure) and chronic toxicity ("no observer effect" > 2 years); effects on CNS; causes motor and mental impairment, tonic, clonic convulsions, edema etc.; liver damage at ADI of 5 mg/kg/day; pancreas and testis injuries, nasal mucous membrane injuries in experimental animals as well as immune system damage (although long-term prospective investigations are necessary).

Teratogenic effects of lindane are still investigated in laboratory animals. Mutagenic effects: in human lymphocytes (5-10 ppm) it induces chromosomal changes (some chromosomal changes were noticed in lower concentrations of lindane as well - from 1 ppm). Carcinogenic effects: available data from various studies are mainly contradictory: from reports that isomers beta, gamma and delta HCH in 64mg/kg/day have not produced tumorous changes in 20 mice, to the fact that alpha isomers were identified in 100% mice.

Ways of lindane transport and elimination: after entering the body, its distribution and elimination is very fast in the form of conjugated tri and tetrachlorophenol with sulfates or glucuronides; it is eliminated in the form of mercapturate (by urine). Accumulation of gamma HCH in fat tissues is well known (more than other HCH isomers) which takes 2-7 days (experimentally in rats).

dispozicija površnja, poluvreme života je znatno kraće); pokazuje slab afinitet pri inkorporaciji sa zemljištem; može se kretati kroz tlo dobro navlaženo kišnicom. Ovo stvara rizik kontaminacije površinskih voda (manje od 1 mikrograma/L u površinskim vodama Italije, Amerike itd.). Stabilan je kako u slanim tako i u slatkim vodama. Metabolizam lindana u biljkama je dosta nepoznat. Biljke mogu da ga "pokupe" ne samo direktnom aplikacijom nego i putem vode i gasne faze. Perzistencija u biljkama je vidna kada one sadrže dosta masnih komponenti; više ga ima npr. u šargarepi (gde je poluživot >10 nedelja, a u zelenoj salati samo 3-4 dana.

#### *Primena i potrošnja*

Pesticidi se primenjuju u gotovo svim područjima proizvodnje hrane i izloženo im je gotovo celokupno stanovništvo što ih čini polutantom od globalnog značaja. Veliki broj ovih supstancija zadovoljava stroge toksikološke kriterijume.

Posle drugog svetskog rata potrošnja pesticida raste i u Jugoslaviji i dostiže maksimum 1985. godine kada je iznosila 15 396 tona, sa kasnijom tendencijom opadanja. Poslednjih decenija prošlog veka raste primena herbicida, posebno triazina u grupi insekticida karbamata. Izomer HCH (lindan) je u intenzivnoj primeni u našoj zemlji, dok je ukupan HCH kao i DDT van primene od 1. 1 1972. godine [1-3,8,12,13,23,24,30-33].

Tako je 1999. godine utrošeno 3 411 tona pesticida, od toga 2607 tona u preduzećima i zadrugama, a 804 tone u individualno poljoprivrednoj proizvodnji. Prema podacima za 1999. godinu u našoj zemlji se koristilo 675 registrovanih preparata formulisanih od 235 aktivnih materija i 84 kombinacije dveju i više aktivnih materija; a 2002. godine u našoj zemlji se koristio 641 pesticidni preparat sa 242 aktivne supstancije [8,20,31-33].

Ispitivanja perzistencije ovih jedinjenja u zemlji su pokazala da je procenat pesticida 20 godina nakon tretiranja bio sledeći: Toksafen 45%, Heptahlor 35%, Aldrin, Dieldrin i Endrin 12,8% i Hlordan 7,7%. Od ove količine rezidua 60-75% DDT-a i 90-95% Toksafena je bilo na dubini od 30 cm. Poluživot za Toksafen iznosi oko 10 godina, za DDT od 3 do 10 godina, Dieldrin 1-17 godina a Heptahlor 7-12 godina [31-40].

Ekotoksikološka procena se vrši na osnovu više parametara: akutne toksičnosti za organizme (pernatu divljač, pčele i dr. artropode, ribe dafnije i alge); toksičnosti za zemljišne gliste i mikroorganizme, rezistentnosti u životnoj sredini, biodegradaciji i bioakumulaciji u organizmu [8].

Na osnovu procene uslova ekspozicije, ekotoksikoloških svojstava i sudbine u spoljašnjoj sredini, a imajući u vidu namenu hemikalije, procenjuje se ekološki rizik, vrši klasifikacija i predviđaju mere prevencije radi umanjenja ili izbegavanja štetnih uticaja. Istraživanja bioakumulacije su od posebnog

Ekological effects: lindane is highly persistent in soils and waters with a half-life of around 15 months (on the surface the half-life is much shorter than when incorporated into the soil); it shows low affinity for soil binding; it may be mobile in soils with rainfall. It may pose a risk of groundwater contamination (less than 1 microgram/l in groundwater in Italy, America etc). It is very stable in salty and in fresh waters as well. Lindane metabolism in plants is not well understood. Plants may pick up residues from not only direct application, but through water and vapor phases. Persistence is seen when plants are rich in lipid content, and crops like cauliflower and spinach will build up less residue than crops like carrots (half-life in carrots > 10 weeks and in lettuce of only 3-4 days).

#### *Application and utilization*

Pesticides are used in nearly all areas of food production and practically complete population is exposed, which makes it a pollutant of global concern. A great number of these substances satisfies very strict toxicological criteria.

After the World War II utilization of pesticides has increased in Yugoslavia and has reached its maximum in 1985, when it reached 15.396 tons with a decreasing tendency. In last decades of the previous century application of herbicides has increased, particularly of triazine, from the group of carbamate insecticides.  $\gamma$  isomer HCH (lindane) is used in our country while total HCH as well as DDT are banned since January 1, 1972 [1-3,8,12,13,23,24,30-33].

In 1999, around 3411 tons of pesticides were used, out of which 2607 tons by collective farming and 804 tons by individual agricultural producers. According to the data from 1999, in our country there were 675 registered preparations composed of 235 active substances and 84 combinations of two or more active substances; in 2002 there were 641 pesticide preparations with 242 active substances [8,20,31-33].

Persistence investigations in our country indicated that a persistence 20 years after treatment was as follows: Toxaphene 45%, Heptachlorine 35%, Aldrin, Dieldrin and Endrin 12.8% and Chlordane 7.7%. Out of this, 60-75% DDT and 90-95% Toxaphene residues were found at 30 cm depth. The half-life of Toxaphene is around 10 years, of DDT 3-7 years, of Dieldrine 1-17 years and of Heptachlorine 7-12 years [31-40].

The ecotoxicological estimation is made on the basis of several parameters: acute toxicity to organisms (game birds, bees and other arthropods, daphnia and algae); toxicity to soil worms and microorganisms, environmental resistance, bio-degradation and bioaccumulation in organisms [8].

značaja za zaštitu populacije i zajednica na vrhu trofičke piramide, uključujući i čoveka.

Prema sadašnjim saznanjima polazi se od prihvatljivog dnevnog unosa (ADI) uz utvrđivanje pomoćnih parametara kao što su: teoretski maksimalni dnevni unos i međunarodno procenjeni dnevni unos, što treba da prate rezultati ispitivanja. ADI predstavlja količinu aditiva hrane i rezidue pesticida koji se može unositi dnevno putem hrane u toku života bez rizika i zasniva se na telesnoj masi. To je inače i osnova za utvrđivanje tolerancije i karenci. Pored ADI uvodi se i prihvatljiv mesečni unos - AMI [35-40]. Da bi se rizici od unosa toksičnih/opasnih supstancija prisutnih u hrani i vodi sveli na minimum, a time osigurala bezbednost potrošača i kvalitet proizvoda, preduzimaju se različite preventivne i kontrolne mere. Time se omogućava prikupljanje relevantnih kvantitativnih podataka za procenu o izloženosti čoveka. Ove aktivnosti se sprovode kako u Evropskoj uniji tako i u SAD. Cilj ovih kontrola je provera realizacije zakonskih propisa koji regulišu način primene i MDK pojedinih pesticida u primarnim i prerađenim poljoprivrednim proizvodima (EU: sveže voće, povrće i žitarice; SAD: sveže i prerađeno voće i povrće, mleko, soja, sirup od kukuruza - u 1988. godini) [40]. Programi monitoringa zagađivača se sprovode u Evropi na nacionalnom nivou već tridesetak godina, a celoviti pristup monitoringa od 1990. godine a od 1996. postoji koordinisano objedinjeni pristup (nazvan "usklađenom vežbom") [40].

Prema sadašnjim saznanjima polazi se od prihvatljivog dnevnog unosa (ADI) (Tabela 1) uz utvrđivanje pomoćnih parametara kao što su: teoretski maksimalni dnevni unos i međunarodno procenjeni dnevni unos, što treba da prate rezultati ispitivanja.

Radi izučavanja ostataka pojedinih organohlorinih insekticida u eko-sredinama i humanom tkivu pristupilo se njihovim analizama, a na bazi realizacije četiri višegodišnje naučne teme finansirane delom od Ministarstva za nauku Republike Srbije.

Navode se hronološkim redosledom istraživanja, nazivi naučnih tema:

1. Tema *Izučavanje sadržaja pesticida u vodi;*
2. Tema *Izučavanje sadržaja pesticida u namirnicama animalnog porekla;*
3. Tema *Izučavanje sadržaja organohlorinih insekticida u serumu osoba sa različitim nivoima lipoproteina;*
4. Tema *Ispitivanje sadržaja organohlorinih insekticida u životnoj sredini i njihovog uticaja na zdravlje stanovništva.*

### Materijal i metode

Poznavajući karakteristike organohlorinih insekticida, a na bazi važećih zakonskih propisa kod nas i u svetu i propisane/preporučene metodologije rada, vršene su analize ostataka OHI kao i interpretacija dobijenih rezultata [26,37-45].

Based on exposition, ecotoxicological characteristics and effects to the environment, having in mind the purpose of chemicals, the ecological risk is estimated and classified and preventive measures are planned to decrease and avoid harmful effects. Investigations of bioaccumulation are of specific importance for protection of population and communities at the top of the trophic pyramid, including human beings.

According to present knowledge, acceptable daily intake (ADI) is the starting point followed by determination of other parameters such as: theoretical maximum daily intake and international estimated daily intake. ADI is defined as the food additives and pesticide residues, that can be ingested daily in the diet without the risk and is expressed on a body weight basis. Apart from ADI, acceptable monthly intake is also introduced - AMI (35-40). In order to decrease risks of intake of toxic/harmful substances present in food and water to minimum and in that way to assure safety and quality, preventive and control measures are taken. In this way, relevant qualitative data collection is performed to estimate of human exposure. These activities are carried out in the European Union and in USA as well. The aim of these measures is to check if law regulations concerning Maximum Acceptable Concentrations (MAC) of particular pesticides in primary and processed agricultural products are enforced (EU: fresh fruit, vegetable and cereals; USA: fresh and processed fruit and vegetables, milk, soybean, maize syrup - in 1988) [40]. National monitoring network for pollutants in Europe has been maintained for over 30 years, general monitoring since 1990, and coordinated monitoring since 1996 [40].

The aim of this paper was to investigate organochlorine residues in ecosystems and human tissues, based on four long-term scientific studies partially financed by the Republic Ministry of Science of Serbia.

The studies are listed chronologically:

1. *Pesticides in water*
2. *Pesticides in food of animal origin*
3. *Organochlorine insecticides in serum of persons with different levels of lipoproteins*
4. *Organochlorine insecticides in the environment and their impact on population health.*

### Material and methods

Knowing the characteristics of organochlorine insecticides and regulations concerning their use in our country and abroad, we have analyzed OCI residues in the environment [26,37-45].

Tabela 1. Ostaci OHI u vodi Dunava kod Novog Sada

Table 1. Organochlorine residue in the Danube river near Novi Sad

Godina Year	HCH		Lindan Lindane		Heptahlor Heptachlor		Heptahlorepoxid Heptachlorepoxyde		Aldrin Aldrin		Dieldrin Dieldrine		DDT ukupni Total DDT		Atrazin Atrazine	
	mg/l	u.b./d.b.	mg/l	u.b./d.b.	mg/l	u.b./d.b.	mg/l	u.b./d.b.	mg/l	u.b./d.b.	mg/l	u.b./d.b.	mg/l	u.b./d.b.	mg/l	u.b./d.b.
1986	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1987	/	/	8	I-II	/	/	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	/	/
1988	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1989	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1990	60.5	III-IV	14.85	I-II	0	I-II	0.17	I-II	1.47	I-II	0	I-II	7.82	I-II	/	/
1991	45.53	III-IV	14.45	I-II	0	I-II	0	I-II	1.44	I-II	0	I-II	7.68	I-II	/	/
1992	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0.12	I-II	0	I-II	0	I-II	/	/
1993	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II
1994	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II	0	I-II
MDK*	20		56		18		18		17		17		80		/	/

Legenda/Legend: u.b. - utvrđeni bonitet - klasa/determined class; / - nije analizirano/no analysis

\* - Prema odluci o maksimalno dopuštenim koncentracijama radionuklida i opasnih materija u međurepubličkim vodotocima, međudržavnim vodama i vodama obalnog mora Jugoslavije (Sl.list SFRJ 8/78)/According to the decree on Maximum Concentrations of Radionuclides and Hazardous Chemicals in both domestic and international waters and Yugoslav sea waters (Offic. leaflet SFYR 8/78).

## Rezultati

### Ostaci organohlorinih insekticida u vodi

Kontrola je vršena svakog meseca u periodu od 1986. do 1994. godine, a rezultati analiza ostataka OHI u vodi reke Dunav ne beleže učestalost i redovnost nalaženja. Utvrđeni su najčešće ostaci: HCH, lindana, heptahlorepoksida, aldrina i ukupnog DDT. Utvrđene koncentracije nisu bile van vrednosti zahtevanog boniteta i klase, izuzev 1990. i 1991. godine za HCH (Tabela 2). Nalazi ostalih autora [46, 47] takode idu u prilog detekcije ostataka OHI u površinskim vodama.

Analize ostataka OHI u pijaćim vodama Vojvodine iz velikih distributivnih sistema (Novi Sad, Sombor, Subotica, Zrenjanin, Pančevo i Sremska Mitrovica), nisu pokazala pozitivan nalaz.

U vodama iz pojedinih subarteških bunara regiona Vojvodine tokom 1998. godine (N=12) utvrđeni su ostaci u 4 uzorka HCH (prosek 0,004 ppb; maksimum 0,0072; SD 0,00228) i aldrina (prosek: 0,0006 ppb; maksimum 0,0052; SD 0,00189). U 1,6% uzoraka utvrđeni su ostaci HCH "u tragovima". Lokalizacija ovih bunara su u oblasti najveće primene pesticida u poljoprivrednoj delatnosti Vojvodine.

### Ostaci organohlorinih insekticida u vazduhu komunalne sredine

Analiziran je kvalitet vazduha u nekoliko vojvodanskih urbanih mesta: Zrenjanin, Novi Sad, Kikinda, Apatin i Beočin.

Zastupljenost pojedinih organohlorinih insekticida u vazduhu komunalne sredine Zrenjanina tokom 1995/6. godine ukazuju na dominantnost ostataka HCH, lindana i heptahlora. I u periodu 1996-2000. takode su dominantni ostaci alfa, beta i delta HCH (u 22,27%) i lindan (u 10,71% uzoraka). Grafikonom 1 prikazane su utvrđene maksimalne koncentracije ostataka lindana i HCH (alfa, beta i delta) u Zrenjaninu tokom 1996-2000. godine.

## Results

### Organochlorine insecticide residues in water

Controls have been performed on a monthly basis in the period 1986-1994, and results of analyses show that OCI residues in the river Danube are neither frequent nor regular. The most frequent residues are as follows: HCH, lindane, heptachlorepoxyde, aldrin and total DDT. The established concentrations have not exceeded the recommended limits, except for HCH in 1990 and 1991 (table 1). Results of other authors [46,47] are in agreement with ours concerning OCI residues in surface waters.

OCI residues have not been detected in drinking water of Vojvodina water systems of Novi Sad, Sombor, Subotica, Zrenjanin, Pančevo and Sremska Mitrovica.

During 1998 in 4 samples from sub-artesian wells in the region of Vojvodina HCH residues were detected (N=12) (average 0,0040 ppb; maximum 0,0072; SD 0,00228) as well as aldrine (average: 0,0006 ppb; maximum 0,0052; SD 0,00189). Traces of HCH residues were found in 1,6% of samples. These wells are in the area where pesticides are used in agriculture in Vojvodina.

### Organochlorine insecticide residues in communal air

Air quality was analyzed at several urban locations in Vojvodina: Zrenjanin, Novi Sad, Kikinda, Apatin and Beočin.

Some organochlorine insecticides were detected in ambient air in Zrenjanin during 1995/6, mostly HCH, lindane and heptachlor residues. In the period 1996-2000, residues of alpha, beta and delta HCH (in 22.27%) and lindane were detected (in 10.71% of samples).

Tokom 1997. godine sezonskim praćenjem kvaliteta vazduha u pogledu detekcije OHI pokazala su uglavnom negativan nalaz u Novom Sadu (20 uzoraka mesečno sa različitih lokaliteta) i Kikindi (4 mesečna uzorka sa različitih lokaliteta). Kontrola kvaliteta vazduha septembra meseca iste godine u Apatinu (sa 4 lokaliteta), pokazala je negativne nalaze.

U periodu januar - decembar 1998. godine analiza ostataka OHI u vazduhu Novog Sada vršena je sa 20 mernih mesta u vidu kompozitnih mesečnih uzoraka (12 uzoraka godišnje) i u Kikindi sa 4 merna mesta u vidu kompozitnih mesečnih uzoraka (12 uzoraka godišnje). Beočin se uključuje u analizu praćenja ostataka OHI od 1999. godine na isti način, sa ukupno 12 uzoraka godišnje. Ostaci HCH se registruju tokom 1998. godine u Novom Sadu od "traga" do 0,0054 ppb; a u Kikindi od "traga" do 0,0053 ppb. Ostaci lindana su verifikovani u jednom uzorku vazduha u Kikindi u koncentraciji 0,0007 ppb; a aldrina u "tragu" u vazduhu Novog Sada. Nisu utvrđeni ostaci heptahlor i heptachlorepoksida.

Podaci WHO [15] i Bearda [36] idu u prilog konstataciji prisutnosti OHI u ambijentalnom vazduhu.

#### *Ostaci organohlorinih insekticida u hrani*

Naša prva sprovedena pilot istraživanja odnosila su se na istraživanja ostataka OHI u mleku i mlečnim proizvodima različitih proizvođača iz SFRJ, kada smo ustanovili da je u 54,5% uzoraka bio identifikovan p,p'DDE. Na osnovu ankete ishrane stanovništva Vojvodine sprovedene 1997. godine i utvrđenih ostataka pojedinih OHI u pregledanim namirnicama sa tržišta, pristupili smo određivanju ADI i TMDI (tabele 3 i 4).

Nadalje, analize 28 namirnica različitog porekla na ostatke OHI, pokazale su da ni u jednom uzorku namirnica utvrđene vrednosti rezidua pesticida nisu bile >MDK, ali je bilo značajno da su utvrđene u količinama od "u tragu" pa do mogućih numeričkih kvantifikacija (značajnih za utvrđivanje potencijalnih zdravstvenih rizika).

Na osnovu utvrđenih koncentracija rezidua OHI u navedenim namirnicama kao i na osnovu potrošnje istih u ishrani stanovništva Vojvodine za 1977. godine, izračunat je dnevni unos rezidua putem navedenih namirnica i to: lindana  $2,251 \cdot 10^{-5}$  mg;  $\alpha$ -HCH od  $2,279 \cdot 10^{-6}$  mg;  $\beta$ -HCH od  $2,069 \cdot 10^{-6}$  mg;  $\delta$ -HCH od  $1,859 \cdot 10^{-6}$  mg; DDE od  $2,052 \cdot 10^{-5}$  mg i DDT od  $2,052 \cdot 10^{-5}$  mg.

#### *Analize ostatka organohlorinih insekticida u dnevnom dijetama iz objekata društvene ishrane*

Analize ostataka OHI u celodnevnom dijetama društvene ishrane su vršene iz objekata predškolske ustanove, srednjoškolskih internata, studentskih restorana i gerontoloških centara u Novom Sadu [48].

Termičkom obradom insekticidi se ne eliminišu, što je potvrđeno analizom ostataka u kompozitnim dijetama obroka iz navedenih ustanova.

During 1997, air quality in regard to OCI were negative in Novi Sad (20 samples monthly from various localities) and Kikinda (4 samples monthly from various localities). Air quality control in September of the same year in Apatin (from 4 localities), indicated negative results.

In the period January - December 1998, air samples were taken in Novi Sad from 20 localities in composite monthly samples (12 samples per year) and in Kikinda from 4 localities in composite monthly samples (12 samples per year). In the same way, Beočin was included in the investigation of OCI residues since 1999, with 12 samples per year. Traces of HCH residues were detected during 1998 in Novi Sad, up to 0.0054 ppb; in Kikinda up to 0.0053 ppb. Lindane residues were confirmed in one air sample in Kikinda in 0.0007 ppb and traces of aldrin in the air of Novi Sad. Heptachlor and heptachlorepoxyde residues were not confirmed.

Data of WHO [15] and Beard [36] also confirm presence of OCI in ambient air.

#### *Organochlorine insecticide residues in food*

Our first pilot study investigated presence of OCI residues in milk and dairy products of various producers in Yugoslavia. p,p'DDE was identified in 54.5% of samples.

Based on the poll conducted in 1997 on nutrition of population of Vojvodina and confirmed presence of some OCI residues in analyzed foodstuffs from the market, we determined ADI and TMDI (tables 2,3).

Furthermore, analysis of 28 foodstuffs of animal and plant origin for OCI residues indicated that none of the food samples contained pesticide residue values > MAC, but they were confirmed in traces up to numerical quantifications (important in confirmation of potential health risks).

Based on confirmed concentrations of OCI residues in mentioned foodstuffs, as well as based on their consumption in Vojvodina in 1997, the daily intake of residue was calculated as follows: lindane  $2,251 \cdot 10^{-5}$  mg;  $\alpha$ -HCH from  $2,279 \cdot 10^{-6}$  mg;  $\beta$ -HCH od  $2,069 \cdot 10^{-6}$  mg;  $\delta$ -HCH from  $1,859 \cdot 10^{-6}$  mg; DDE from  $2,052 \cdot 10^{-5}$  mg i DDT from  $2,052 \cdot 10^{-5}$  mg.

#### *Evaluation of daily dietary intake of organochlorine insecticide residues in various public institutions*

Evaluations of daily dietary intake of OCI residues were conducted in pre-school institutions, boarding schools, student restaurants and homes for old people in Novi Sad [48].

Thermal treatment does not eliminate insecticides and it was confirmed by OCI analysis in composite diet samples from abovementioned institutions.

During 1995-96, in pre-school institutions, secondary boarding schools, student restaurants and homes for old people, HCH was identified most frequently (from traces to 0.0020 ppb in 3 samples). Lindane residues were confirmed in meals from

U kompozitnim obrocima celodnevnih dijeta tokom 1995-96. godine poreklom iz predškolskih ustanova, srednjoškolskih internata, studentskih restorana i gerontoloških centara, najčešće je bio identifikovan HCH (od "traga" do 0,0020 ppb u 3 uzorka). Ostaci lindana su bili verifikovani u obrocima iz tri obdaništa (0,0016 ppb). Ostaci heptahloro nisu bili utvrđeni. Aldrin i heptahlorepoksidi su bili utvrđeni u po jednom uzorku (0,0012 tj. 0,0011 ppb); dieldrin je bio utvrđen u dva kompozitna uzorka (0,0052; 0,0073 ppb). U identifikaciji dominira DDT sa svojim derivatima (min. 0,0019; max. 0,0083 ppb). Tabelom 5 prikazana je učestalost nalaza ostataka OHI u dnevnim dijetama.

Sprovedena istraživanja u 1997. godini u celodnevnoj dijeti učenika u domovima, utvrdila su da masnoće čine u proseku 32,88% KJ što je na gornjoj granici preporuka. U 25% celodnevnih dijeta (obroka n= 45) nije utvrđeno prisustvo ostataka OHI. Prema najčešćoj učestalosti pojavljivanja ističe se p,p'DDE (53,58%); lindan, podjednako alfa i delta HCH (14,28%); potom p,p'DDT (7,14%), dok beta HCH nije utvrđen. Tabelom 6 prikazane su numeričke vrednosti pojedinih ostataka OHI u kompozitnim uzorcima celodnevnih dijeta.

**Tabela 3.** Teoretski maksimalni unos ostataka OHI tokom konzumiranja namirnica animalnog porekla mg/n.j. u 1990.

**Table 3.** The Theoretical Maximum Daily Intake (TMDI) of OCI during consumption of food of animal origin in 1990./n.j.

OHI/OCI mg/dan/mg day	TMDI	ADI mg/kg <sup>TM</sup> mg/kg BM	ADI-WHO
α HCH	0	0,01	0,7
β HCH	0,01	1,64 x 10 <sup>-6</sup>	up to 0,70
δ HCH	0,01	"	"
Aldrin Aldrin	0	0	0,01
Total DDT	0 - 0,005	0	0 - 0,350

#### Ostaci organohlorinih insekticida u humanom serumu

Prva istraživanja (1990.) obuhvatala su analizu ostataka OHI kod 13 muškaraca i 14 žena (tabele 6,7), pacijenata Dispanzera za bolesti ishrane i dijabetes Instituta za zaštitu zdravlja u Novom Sadu. Kvantitativni sadržaji ostataka OHI su određeni gasnom hromatografijom uz primenu kapilarnih kolona i ECD.

**Tabela 4.** Učestalost pojedinih ostataka OHI u celodnevnoj dijeti pojedinih kategorija stanovništva (obroka N= 84) tokom 1995-1996.

**Table 4.** Occurrence of some OCI residue in whole day diet of certain population categories (meals N=84) during 1995-1996.

Nalaz/Results (%)	p,p'DDE	p,p'DDT	Lindane	alfa HCH	beta HCH	delta HCH
Pozitivan Positive	53,58	7,14	14,28	14,28	/	14,28
Negativan Negative	46,42	92,86	85,72	85,72	100	85,72

**Tabela 2.** Utvrđeni ADI ostataka OHI tokom konzumiranja namirnica animalnog porekla mg/n.j. u 1990.

**Table 2.** Acceptable daily intake (ADI) of OCI during consumption of food of animal origin mg/n.j. in 1990.

Hrana Food n=42	Dnevni unos g/dan/p.j. Daily intake g/day/n.u.	%masni fats%	Ukupni DDT Total DDT	gHCH	HCH (a, b)	Aldrin Aldrin
Mleko/Milk	309	3,2	0,06	0,07	*	*
Sir/Cheese	2,31	45,9	0,01	0	*	0
Buter/Butter	0,1	93	0	0	0	*
Jetra/Liver	2,42	3,8	0,03	*	*	*
Jetrena paštet Liver paste	4,1	28,3	*	*	*	0,01
Riblja konzerva Canned fish	0,63	23,3	0,01	*	*	*

\* ispod granice detekcije/under the detection limit

three kindergartens (0.0016 ppb). Heptachlor residues were not found. Aldrin and heptachlorepoide were confirmed in one sample each (0.0012 i.e. 0.0011 ppb); Dieldrin was confirmed in two composite samples (0.0052; 0.0073 ppb). DDT with its derivatives was most dominant (min. 0.0019; max 0.0083 ppb). Table 4. represents the occurrence of OCI residues in daily diet.

Investigations undertaken in 1997, considering the whole-day diet of pupils in boarding schools, confirmed that fats make up 32.88% KJ on average, which is the upper recommended limit. In 25% of whole-day diets (meals n=45) presence of OCI residues was not confirmed. Concerning the most frequent appearance, p,p'DDE (53.58%) is the most frequent; then lindane, alpha and delta HCH (14.28%); p,p'DDT (7.14%), while beta HCH was not confirmed. Table 5. presents the numerical values of particular OCI residues in composite samples of whole-day diets.

#### Organohloride insecticide residues in human serum

The first investigations (1990) included evaluation of OCI residues in 13 males and 14 females (Table 6), who were patients of Nutritional Dispensary and Diabetes, Institute of Public Health Novi Sad. The quantitative analysis of OCI residues was done using gas chromatography, and capillary columns and Electron Capture Detector (ECD).

#### Additional investigations of OCI residues in human serum

A group of 100 patients of the Nutritional Dispensary and Diabetes, Institute of Public Health Novi Sad was included in this investigation during 1996/7; their average age - females 60.8 and males 51.2. Their anthropometric status was determined to be ideal (IBM - females 54.1 kg; males 65.75 kg) as well as the relative body mass (RBM - females 132.91% and males 118.29%) and the BMI (females - 29.06 and males 26.68). p,p'DDE, p,p'DDT

### Potonja istraživanja ostataka OHI u humanom serumu

Odabrana je grupa od 100 pacijenata Dispanzera za bolesti ishrane i dijabetes Instituta za zaštitu zdravlja u Novom Sadu koji su tokom 1996/7. došli na proveru svog zdravstvenog stanja, prosečne starosti žena 60,8 godina i muškaraca 51,2. U okviru antropometrijskog statusa, kod svih je utvrđena idealna (ITM - u grupi žena 54,1 kg i muškaraca 65,75 kg) i relativna telesna masa (RTM - u grupu žena 132,91% i muškaraca 118,29%) kao i indeks telesne mase (BMI - u grupi žena 29,06 i muškaraca 26,68). Biohemijske - lipidske karakteristike kod ispitanika, prikazane su Tabelom 8. U serumu većine ispitanika (95,2%) bio je utvrđen p,p' DDE, potom p, p' DDT (46,3%) i lindan (0,41%).

### Ostaci organohlorinih insekticida u drugim humanim tkivima

Zahvaljujući kolegama iz Sremske Kamenice, Instituta za pulmologiju - Odeljenja za patologiju, uključenih u ova istraživanja, uspelo se prići istraživanjima ostataka OHI u humanom obdukcionom materijalu (mozak, jetra, masno i tumorozno tkivo (n=24)). Najčešće dijagnoze smrti su bile: *Ca microcellularae*, *Adenocarcinoma* i *Ca epidermoides*.

Nakon ekstrakcije i obrade uzorka, analize ostataka OHI vršene su na aparatu Varian 3400; kolona ov-101 30 m dužine x 0,32 x 1,5 uz temperaturni program i ECD. Detekcija je išla u pravcu dijagnostike ostataka HCH ( $\alpha$ HCH,  $\beta$ HCH i  $\gamma$ HCH), metabolita DDTa: p,p' DDE i p,p' DDT kao i aldrina.

Identifikacija ostataka OHI iz humanog obdukcionog materijal je pokazala redovno nalaženje metabolita DDTa - p,p' DDE kao i lindana u svim uzorcima (mozak, jetra, masno i tumorozno tkivo).

Detaljnije: Metabolit p,p' DDT je detektovan u svim uzorcima humanog tkiva. U tkivu mozga utvrđeni su najniži sadržaji koji su se kretali od minimum 2,2  $\mu$ g/kg do maksimum 5,6  $\mu$ g/kg. Tkivo jetre je sadržavalo veće koncentracije ovog metabolita (min. 13,3; max. 37,9  $\mu$ g/kg), dok su najveće utvrđene u masnom tkivu (min. 213,2; max. 383,2  $\mu$ g/kg).

U svim uzorcima tumoroznog tkiva utvrđeni su ostaci DDTa - izomer p,p' DDE (prosek: 17,27  $\mu$ g/kg; min. 1,53; max. 53,01  $\mu$ g/kg).

Najveći sadržaji p,p' DDE utvrđeni su u masnom tkivu (prosek 279,78  $\mu$ g/kg) potom u jetri (prosek 22,86  $\mu$ g/kg). Mozak je sadržavao najniže količine (prosek 3,88  $\mu$ g/kg). U 31,25% uzoraka humanog tkiva, utvrđeni su ostaci izomera p,p' DDT (prosek 8,35  $\mu$ g/kg; min.-u "tragu"; max. 15,66  $\mu$ g/kg).

Lindan ( $\gamma$ HCH) je bio utvrđen u jednom uzorku tumoroznog tkiva (1,40  $\mu$ g/kg). U svim izorcima masnog tkiva i jetre lindan je bio prisutan (minimum 0,90  $\mu$ g/kg u jetri; maksimum 12,41  $\mu$ g/kg u masnom tkivu).

U svim uzorcima masnog tkiva pored lindana je bio prisutan (max. 0,0030 ppm) i p,p' DEE (max: 0,0065 ppm).

(46,3%) and lindane (0,41%) were confirmed in the serum of most of analyzed patients (95,2%).

### Organochlorine insecticide residues in other human tissues

Colleagues from the Institute of Lung Diseases, Sremska Kamenica, Department of Pathology, also took part in this investigation and human autopsy tissues (brain, liver, fat and tumor tissue (n=24)) were analyzed for OCI residues. The most frequent causes of deaths were: microcellular carcinoma, adenocarcinoma and epidermoidal carcinoma.

After extraction and sample preparation, OCI residues were measured using Varian 3400; column ov-101 30 m. length x 0,32 x 1,5 followed by temperature program and ECD (electron capture detector). Evaluation of the content of HCH residues ( $\alpha$  HCH,  $\beta$  HCH and  $\gamma$  HCH), DDT metabolites: p,p' DDE and p,p' DDT as well as aldrin was performed.

OCI residues were detected in autopsy samples: DDT metabolites - p,p' DDE as well as lindane in all samples (brain, liver, fat and tumor tissue).

Tabela 5. Ostaci pojedinih OHI u kompozitnim uzorcima celodnevne dijeta (1997.g.) (45 obroka) u g/kg

Table 5. OCI residues in whole-day diets (during 1997) (45 meals) (in g/kg)

Ostaci pojedinih OHI Some OCI residues	Srednja vrednost Average value	Maksimum Maximum	SD
HCH/HC	0,01	0,07	0,02
Lindan/Lindane	0	0,03	0,01
Heptahlor/Heptachlor	0,22	2,75	0,59
Aldrin/Aldrin	0,08	0,56	0,177
Heptahlorepektid/Heptachlor epoxide	0	0,01	0,001
Dieldrin/Dieldrin	0	0	0

Description: Metabolite p,p' DDT was detected in all human tissue samples. The lowest values were confirmed in brain tissue ranging from minimal 2,2  $\mu$ g/kg to maximum of 5,6  $\mu$ g/kg. The liver tissue contained greater concentrations of this metabolite (min. 13,3; max. 37,9  $\mu$ g/kg).

DDT residues - p,p' DDE isomer (average value: 17,27  $\mu$ g/kg; min. 1,53; max.  $\mu$ g/kg) were confirmed in all tumor tissue samples.

The greatest concentration of p,p' DDE was confirmed in fat tissue (average value: 279,78  $\mu$ g/kg), and in the liver (average value: 22,86  $\mu$ g/kg). The lowest concentrations were measured in the brain (average value: 3,88  $\mu$ g/kg). In 31,25% of human tissue samples p,p' DDT isomer residues were detected (average value: 8,35  $\mu$ g/kg; min. - in trace; max. 15,66  $\mu$ g/kg).

However, lindane ( $\gamma$  HCH) was confirmed in one sample of tumor tissue (1,40  $\mu$ g/kg). Lindane was detected in all samples of fat tissue and liver (min. 0,90  $\mu$ g/kg in liver; max. 12,41  $\mu$ g/kg in fat tissue).

**Tabela 6.** Prikaz ostataka OHI u serumu grupe muškaraca (N=13) i žena (N=14) ( $\mu\text{g/l}$  seruma)**Table 6.** Survey of OCI residues in serum of females (N=13) and males (N=14) ( $\mu\text{g/l}$  serum)

Ostaci OHI/OCI Residues	Broj osoba sa pozitivnim nalazom/No of persons with positive results		Srednjavrednost/Average value		SD	
	M	Ž	M	Ž	M	Ž
$\alpha$ HCH	1	6	0,14	0,21	-	0,2
$\beta$ HCH	3	5	1,13	2,09	0,55	2,58
$\gamma$ HCH	10	7	0,12	0,23	0,11	0,15
Ukupno HCH/Total HCH	10	7	0,37	1,9	0,62	2,61
4,4 p' DDE	13	14	4,46	5,57	3,4	4,25
2,4 p' DDD	7	1	0,38	0,31	0,51	-
4,4 p' DDD	2	/	0,24	/	0,06	/
2,4 p' DDT	13	14	0,31	0,46	0,31	0,83
4,4 p' DDT	13	14	0,76	0,8	0,55	0,58
Ukupno DDT/Total DDT	13	14	5,98	6,86	3,6	4,7
Ukupno OHI/OCI Total	13	14	6,35	8,76	2,90	2,57

Legenda / - ispod granice detekcije metode/Legend. / - under the detection limit

$\alpha$ HCH i  $\beta$ HCH nisu bili utvrđeni ni u jednom analiziranom uzorku tkiva.

Samo je u jednom uzorku tumoroznog tkiva utvrđen ostatak aldrina u količini od 0,0035 ppm. Ostaci aldrina u ostalim tkivima, bili su utvrđeni u 18,75% uzoraka (u masnom tkivu prvenstveno, a redom u tkivu jetre i mozga).

Studije na humanom materijalu nisu česte u svetu. Podaci iz Indije ukazuju na sledeće: od ukupnog broja pregledanih osoba (2.205) u više od 80% uzoraka detektovane su rezidue DDT-a, alfa HCH, beta HCH, gama HCH i delta HCH (Aprea et al). Novosadska grupa na čelu sa Pavkov S, Vukavić T, Rončević N, i saradnicima utvrdila je u uzorcima venskog sistema seruma negravidnih i gravidnih žena, porodilja, serumu pupčanika, kolostrumu i zreloom humanom mleku rezidue organohlorinih kontaminanata:  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  HCH; o,p' DDE; p,p' DDE i p,p' DDT [12, 13,25,29,43].

## Zaključak

Dobijeni preliminarni rezultati višegodišnjeg istraživanja ostataka OHI u životnoj sredini prikazani u ovom radu, ukazuju na ugroženost ljudskog zdravlja, što je i potvrđeno nalazom ostataka pojedinih OHI u humanim tkivima.

Besides lindane (max. 0.0030 ppm), p,p'DDE was also measured (max. 0.0065 ppm) in all samples of fat tissue.

$\alpha$ -HCH and  $\beta$ -HCH were not detected in any of the analyzed tissue samples.

Aldrin residue was confirmed only in one sample of tumor tissue 0.0035 ppm. In other tissues Aldrin residues were confirmed in 18.75% of samples (primarily in fat tissue and rarely in liver and brain tissue).

Investigations on human tissues are not frequent worldwide. Data from India indicate the following: in total number of examined persons (2.205) residues of DDT, alpha HCH, beta HCH, gamma HCH and delta HCH (Aprea et al) were detected. A group from Novi Sad - Pavkov S, Vukavić T, Rončević N, and others, has confirmed residues of organochlorine contaminants -  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  HCH; o,p' DDE; p,p' DDE and p,p' DDT in samples of vein system serum of non-pregnant and pregnant women, child-bearing women, umbilical cord serum, colostrum and human milk [12,13,25,29,43] in more than 80% of samples.

## Conclusion

The preliminary results of a long-term study of OHI residues in the human environment indicate that they have harmful effects on human health which has been confirmed by their presence in human tissues.

## Literatura

1. Vitorović S. Pesticidi: propisi, promet i stanje u našoj zemlji. Hrana i Ishrana 1998;39(3-4)72-5.
2. Mikov IM. Pesticidi: zaštita, prva pomoć i lečenje trovanja. 3. izm. dop. izd. Beograd: Nova Prosveta; 1997.
3. Mikov ML, Mikov MM, Mikov IM. Primena pesticida, opšti principi i zdravstveni problemi zaštite čoveka i životne sredine. U: Mikov IM. Pesticidi: zaštita, prva pomoć i lečenje trovanja. 3. izm. dop. izd. Beograd: Nova Prosveta; 1997: 9.
4. Mirilov M, Kristoforović-Ilić M, Botić D, Vajagić L, Slavić M, Feliks R, et al. Content of toxic matter in the Danube

course through Yugoslavia: water quality assessment and management. Projecto Tejo: international seminar PCRH/T UNESCO. Lisboa, Portugal, WHO; 1989:189-97.

5. <http://www.fao.org/ag/magazine/9901spl.htm>

6. <http://www.ams.usda.gov/science/pdp>

7. Balač D, Bijelović S, Pavlović M, Kristoforović-Ilić M. Praćenje rezidua organohlorinih insekticida u namirnicama animalnog porekla u zavodu za zaštitu zdravlja u Subotici. Monografija Eko-konferencija '99: zaštita životne sredine gradova i prigradskih naselja I. Novi Sad; 1999:399-404.

8. Šovljanski R. Pesticidi simptomatologija i terapija trovanja. 2 dop. izm. izd. Novi Sad: Poljoprivredni fakultet; 2003.
9. WHO. Chemistry and specifications of pesticides. WHO Tech Rep Ser 1990;(798).
10. Vojvodić V. Toksikologija bojnih otrova. Beograd: Vojnoizdavački zavod; 1981.
11. Pimentel D, Edwards CA. Pesticides and Ecosystems. Bioscience 1982; 32: 595-600.
12. Mikov MM, Mikov MI, Mikov IM. Toksičnost pesticida. U: Mikov IM. Pesticidi: zaštita, prva pomoć i lečenje trovanja. 3. izm. dop. izd. Beograd: Nova Prosveta; 1997:13.
13. Pavkov S, Vojinović M, Rončević N, Toković B. Level of OCI in human colostrum collected in Novi Sad from 1982 to 1985. Hrana i Ishrana 1988;29:161-4.
14. Buzarov D, Vojinović-Miloradov M, Kristoforović-Ilić M, Mačvanin N, Hlpka J, Mirosavljev M. Residues of organochlorine insecticides in blood serum in correlation with the content of cholesterol and triglycerides. Proceedings of the 4th international symposium and exhib. on environmental contamination in central and eastern Europe. Warsaw'98; sep 15-18; Warsaw, Poland.
15. WHO Guidelines for drinking water quality. 1993;1; 1996;2.
16. Zimonjić D B. Mutageni/kancerogeni u ljudskoj ishrani i vodi za piće: mehanizmi interakcije sa naslednim materijalom i moguće posledice po njihovog dejstva. Hrana i Ishrana 1989; 30(2):101-8.
17. Vitorović S. Primena pesticida u poljoprivredi i njihovi ostaci u namirnicama: zbornik seminara "Hrana u zagađenoj životnoj sredini i mogući uticaj na zdravlje". Beograd; 1990: 55-63.
18. Jocić N, Savić M. Profesionalna ekspozicija pesticidima i efekti na zdravlje. U: Jocić N, urednik. Profesionalna toksikologija pesticida. Novi Sad: Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu radnika; Sekcija za medicinu rada DLV; 2002:1-32.
19. Jokanović M. Efekti dugotrajne izloženosti pesticidima. U: Mikov IM. Pesticidi: zaštita, prva pomoć i lečenje trovanja. 3. izm. dop. izd. Beograd: Nova Prosveta; 1997:17.
20. Vitorović S, Nešković N, Mojašević M, Lazić S. Stanje kontrole ostataka pesticida u Jugoslaviji. Pesticidi, 2000; 15, 101-10.
21. Jocić N, Savić M, Mikov I. Mere prevencije pri ekspoziciji pesticidima i zakonska regulativa. U: Jocić N, urednik. Profesionalna toksikologija pesticida. Novi Sad: Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu radnika; Sekcija za medicinu rada DLV; 2002:156-72.
22. Rodić V, Milić D. Uticaj pesticida na životnu sredinu. Eko - 2000. Monografija. Novi Sad; 2000:129-36.
23. Rodić-Strugar J, Prokeš B, Sudić J, Lomen I. Ambijentalni monitoring pesticida. U: Jocić N, urednik. Profesionalna toksikologija pesticida. Novi Sad: Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu radnika; Sekcija za medicinu rada DLV; 2002: 33-46.
24. Savić M, Mačvanin N, Jocić N. Ekološki značaj pesticida u privatnom sektoru poljoprivrede. U: V kongres ekologe Jugoslavije, Beograd 1996: zbornik rezimea, Beograd: Društvo ekologe Srbije - Društvo ekologe Crne Gore; 1996:123.
25. Rončević N, Pavkov S, Galetin-Smith R, Vukavić T, Vojinović M, Đorđević M. Serum concentrations of organochlorine compounds during pregnancy and in the newborn. Bull Environ Contam Toxicol 1987;38:117-24.
26. Kristoforović-Ilić M, Monarov E. Xenobiotics residues in human tissues. 16th international congress of nutrition; Montreal '97, Canada July 27 - August 1; Montreal, 1997; Pt 364, 243.
27. Polishuk ZW, Ron M, Wassermann M, Cucoc S, Wassermann D, Lemesh C. Organochlorine compounds in human blood plasma and milk. Pest Monit J 1977;10:121-9.
28. Leiss JK, Savitz D. Home pesticide use and childhood cancer: a case - control study. Am J Public Health 1995;85(2): 249-52.
29. Davis JR, Brownson RC, Garcia R, Bentz BJ, Turner A. Family pesticide use and childhood brain cancer. Arch Environ Contam Toxicol 1993;24(1):87-92.
30. <http://www.chem.unep.ch/pops>
31. Vukavić T, Vojinović-Miloradov M, Pavkov S, Nikolić D. Rezidue organohlorinih kontaminanata (OHK) u humanom kolostrumu. Hrana i Ishrana 1998;38(1-2):7-9.
32. UNEP/FAO/WHO GEMS: assesment of chemical contaminants in food. London; 1988.
33. Šovljanski R. Industrijski otrovi i zagađenost hrane. Eko - 2000. Monografija. Novi Sad; 2000:57-64.
34. Statistički godišnjak Jugoslavije 2000. Beograd: Savezni zavod za statistiku; 2000.
35. Chlordane and heptachlor in relation to man and the environment Washington DC US EPA 1976 (EPA 540/476005).
36. Beard J, Westley Wise V, Sullivan G. Exposure to pesticides in ambient air. Aust J Public Health Unit NSW Health 1995;19(4):357-62.
37. FAO/WHO Recommendations for the revision of the guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues, 1995.
38. WHO Guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues. Prepared by the Joint UNEP/FAO/WHO Food Contamination Monitoring Programme in collaboration with the Codex Committee on Pesticide Residues WHO Geneva.
39. WHO. Guidelines for the Study of Dietary Intakes of Chemical Contaminants, Publication No 87, Geneva, 1987.
40. WHO. Technical Report Series 880, Preparation and Use of Food-based Dietary Guidelines, Geneva, 1998.
41. Mojašević M, Karan V, Vitorović S. Monitoring ostataka toksičnih supstanci u hrani Hrana i ishrana 2002;43 3-6. P. 119-22.
42. Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koji se mogu nalaziti u namirnicama, Sl. list SRJ 5/92.
43. Pavkov S, Šek SJ, Vojinović BM, Dimitrijević LJ, Gaal FF. Gas-chromatographic determination of stable organohalogen residues in native samples-human milk and serum. Res Rev Fac Sci Univ Novi Sad. Chem Ser 1987;17,54,34-41.
44. Zwig G. Analytical methods for pesticides plant growth regulaturs and food additives. volume V, Academic Press. 151, 19.
45. Zakon o zdravstvenom nadzoru nad životnim namirnicama i predmetima opšte upotrebe ("Sl. glasnik SRS", br. 48/77, 29/88, 44/91 i RS 48/94).
46. Vojinović B M, Pavkov T S, Buzarov DD. Residues of Persistent Organochlorine Compounds in Selected Aquatic Ecosystems of Vopjvodina. Intern. Conf. on Water Pollution Control in the Basin of the River Danube, WPCRD, Novi Sad, June 1989; 99-103.

47. Milošev Ž. Voda, zemljište i agrikultura hemija, uvodni referat na savetovanju Voda, zemljište i agrikultura hemija. Zbornik radova Novi Sad, 1994:9-15.

48. Kristoforović-Ilić M, Švan K, Slavić M, Monarov E. Pesticide residues in nutrition VII Kongres toksikologa Jugoslavije, Igalo, 21-24 septembar 1998.g. Archives of toxicology kinetics and xenobiotic metabolism 1998;6(3):171-2.

#### Zahvalnost

Opisana istraživanja su bila pomognuta sredstvima Ministarstva za nauku i tehnologiju R Srbije tokom nekoliko istraživačkih projekata. Izražavam veliku zahvalnost kolegama Instituta za zaštitu zdravlja u Novom Sadu i Subotici, Instituta za plućne bolesti u Sremskoj Kamenici, kolegama iz Tehnološko-ekološkog centra u Zrenjaninu kao i Naučnog instituta za veterinarstvo iz Novog Sada, na neprocenjivom doprinosu u realizaciji ovog zadatka.

#### Acknowledgement

*These investigations were financed by Ministry of Science and Technology Republic of Serbia within several scientific projects. I wish to express my gratitude to colleagues from Institutes of Public Health in Novi Sad and Subotica, Institute of Lung Diseases in Sremska Kamenica, colleagues from the Center for Technology and Ecology in Zrenjanin and to colleagues from Scientific Veterinary Institute Novi Sad, for their outstanding contribution to realization of this investigation.*

Rad je primljen 19. III 2004.

Prihvaćen za štampu 29. III 2004.

BIBL ID.0025-8105:(2004):LVII:11-12:523-535.

Zavod za zdravstvenu zaštitu radnika Niš<sup>1</sup>  
Klinički centar Niš, Klinika za hirurgiju<sup>2</sup>

Originalni naučni rad  
Original study  
UDK 614.8.027.2:613.6-057.16

## UČESTALOST POVREDA NA RADU U ODNOSU NA ZDRAVSTVENO STANJE RADNIKA

### FREQUENCY OF OCCUPATIONAL INJURIES AND THE HEALTH STATUS OF WORKERS

Jovica JOVANOVIĆ<sup>1</sup> i Milan JOVANOVIĆ<sup>2</sup>

**Sažetak** - Svrha rada je analiza učestalosti povreda na radu u odnosu na zdravstveno stanje radnika. Ispitivanu grupu je činilo 3 750 radnika sa poremećajima zdravstvenog stanja a kontrolnu 1 800 zdravih radnika. Obe grupe su bile približno iste strukture u odnosu na prisustvo ostalih faktora koji mogu uticati na nastajanje povreda na radu. Radnici sa neurozama, psihomotornim i senzomotornim poremećajima, opstruktivnom *sleep apneom*, arterijskom hipertenzijom, šećernom bolešću, poremećajima organa čula vida i sluha, vertiginoznim sindromom se češće povređuju na radu u odnosu na radnike sa ostalim oboljenjima. Nađen je statistički značajno veći broj povreda na radu kod radnika ispitivane u odnosu na kontrolnu grupu.

**Ključne reči:** Povrede na radu + epidemiologija; Zdravstveni status; Metalurgija; Morbiditet; Apsentizam

#### Uvod

Povrede na radu su redovna i prateća pojava svake ljudske delatnosti i jedan od glavnih zdravstvenih, ekonomskih i privrednih problema modernog društva. Njihove posledice ne pogađaju samo povrednog radnika već i njegovu porodicu, radnu organizaciju i celokupno društvo. Oštećenja zdravlja, umanjene ili gubitak radne sposobnosti, materijalni troškovi zbog nadoknade bolovanja, lečenja, rehabilitacije, invalidnosti, umanjene životnih aktivnosti, poremećaji u porodici, ometanje radnog procesa, opadanje produktivnosti i kvaliteta rada izazvane povredama na radu čine problem profesionalnog traumatizma veoma aktuelnim [1-3].

Rad je imao za cilj da se ispita učestalost povreda na radu u odnosu na zdravstveno stanje radnika.

#### Materijal i metode

Obavljeni su preventivni zdravstveni pregledi 5550 radnika metaloprerađivačke industrije. Radnike su pregledali specijalista medicine rada, oftalmolog, psiholog, neuropsihijatar, otorinolaringolog i internista primenom raspoloživih dijagnostičkih testova i metoda neophodnih za otkrivanje poremećaja zdravstvenog stanja. Od svih radnika su uzimani podaci o godinama starosti, radnom stažu, školskoj spremi, bračnom stanju, radna, lična, porodična i socijalna anamneza, obavljena su antropometrijska merenja i izračunavanje indeksa uhranjenosti. Stepenu uhranjenosti je procenjivan na osnovu indeksa uhranjenosti po formuli:

Indeks telesne mase = težina (kg)/visina (m)<sup>2</sup>

Vrednosti indeksa ispod 18,4 su obeležje pot-hranjenih;

Vrednosti indeksa od 18,5 do 24,9 su obeležje normalno uhranjenih;

Vrednosti indeksa iznad 25 su obeležja gojaznih.

Sve radnike je pregledao multidisciplinarni tim. Obavljeno je psihološko testiranje, merenje brzine reakcije na akustičku i vizuelnu draž pomoću elektronskog reakciometra, snimljen je elektrokardiogram, audiogram i spirogram a po potrebi je radena reoencefalografija i elektromioneurografija.

Ispitivanu grupu je činilo 3 750 radnika kod kojih je na pregledu utvrđeno prisustvo bolesti ili poremećaja zdravstvenog stanja. Kontrolnu grupu je činilo 1 800 zdravih radnika. Praćene su povrede na radu kod ovih radnika tokom 2002. godine. Izvor podataka za praćenje povreda na radu je bio obrazac prijave povreda na radu koji se popunjava za svaku povredu koja se dogodi na radnom mestu, na putu od kuće do posla i obrnuto ili na službenom putu u slučaju da je prouzrokovala gubitak radne sposobnosti, najmanje jedan dan privremene nesposobnosti za rad ili smrt. Analizirana je stopa incidencije povreda, mesto i način povređivanja, težina povrede, broj izgubljenih radnih dana po jednom povrednom radniku u ispitivanoj i kontrolnoj grupi u odnosu na pol, bračno stanje, školsku spremu, stepen uhranjenosti. U ispitivanoj grupi su ovi parametri izračunavani i u odnosu na pojedine bolesti. Stopa incidencije povreda je izračunavana po formuli [4]:

Stopa incidencije = broj povredjenih radnika x 100/ broj eksponiranih radnika.

Težina povreda je procenjivana na osnovu broja izgubljenih radnih dana, na osnovu procene o oštećenju važnog dela tela ili organa, opasnosti po život i neophodnosti bolničkog lečenja. Statistička značajnost razlika ovih parametara je izračunavana primenom  $\chi^2$  i Studentovog t-testa.

#### Rezultati

Ispitivanu grupu su činili radnici sa oboljenjima i poremećajima zdravstvenog stanja a u kontrolnoj grupi nije bilo obolelih radnika. Analizom strukture