

Zdravstveni učinci vlakana azbesta u vazduhu

VELJKO N. ĐUKIĆ, Centar za humane tehnologije,
Gradiška, Republika Srpska
BILJANA M. ĐUKIĆ, Centar za humane tehnologije,
Gradiška, Republika Srpska

Stručni rad
UDC: 614.878:666.961
615.9:666.961
614.2(497.6)
DOI: 10.5937/tehnika2101121D

Od početka 20. vijeka hiljade tona azbesta upotrebljavane su u svim razvijenijim zemljama u industriji i građevinarstvu. Nakon što su pouzdano utvrđena teška oboljenja i smrti izazvana udisanjem azbestnih vlakana, prve zabrane upotrebe azbesta propisala je Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) 1972. Azbest je u posljednjih 100 godina kriv za smrt velikog broja radnika u industriji i građevinarstvu kao i stanovništva. Prema procjeni Svjetske zdravstvene organizacije i u sljedećih 40 godina u svijetu se očekuje obolijevanje i smrt više od 500.000 ljudi zbog posljedica udisanja lebdećih čestica azbesta. Ta činjenica dovela je do potpune zabrane bilo kakve upotrebe azbesta u većini zemalja.

U radu je posebno naglašen pristup primjenjen u SAD-u da se svako teško topivo respirabilno vlakno smatra fibrogenim, a svako vlakno promjera $\leq 1\mu\text{m}$ i dužine $\geq 10\mu\text{m}$ potencijalno fibrogenim i karcinogenim, te u Njemačkoj da se svako anorgansko vlakno promjera $< 3\mu\text{m}$, dužine $> 5\mu\text{m}$, a odnosa dužine i promjera $> 3:1$ smatra potencijalno karcinogenim. Pitanje je, da li je opravdano za karcinogena vlakna propisati i primjenjivati granične vrijednosti, te treba li i u BiH drugačije postupati s karcinogenima koji djeluju genotoksičkim od onih koji djeluju epigenetskim mehanizmima.

Ključne riječi: azbest, zdravstveni rizik, karcinogena vlakna

1. UVOD

Azbest je prirodni, vlaknasti materijal iz skupine silikata. Nalazi se u prirodi, ima malu toplinsku i električnu vodljivost i otporan je na visoke temperature. Prisutan u prirodi i vazduhu, ugrađen je u građevine i građevinski materijal, a koristi se i u proizvodnji toplotne i električne izolacije, kao i za izradu zaštitne vatrogasne odjeće i obuće.

Dugo je bio na glasu kao „čudo od vlakana“ zbog svoje čvrstoće, otpornosti na toplotu, kiselinu i zbog svojih izolacijskih svojstava [1].

Upravo svojstva koja azbest čine korisnim i prihvatljivim u industriji su svojstva koja ga čine – opasnim za zdravlje. Kada vlakna azbesta dospiju u atmosferu oko nas, mogu uzrokovati rak pluća, mezoteliom, te azbestozu – hroničnu i progresivnu opstruktivnu bolest pluća, koja može biti i fatalna.

Osnovni problem je što su vlakna azbesta izuzetno

tanka do 1200 puta tanja od ljudske kose. To svojstvo ga čini korisnim materijalom jer zauzima vrlo malo mjesta, ali s druge strane kada se tako tanka vlakna udahnu mogu proći prirodni sistem filtriranja u ljudskom tijelu i zabiti se duboko u plućno tkivo.

Svako rušenje zgrada ili njihovih dijelova može ispustiti veliku količinu azbestnih vlakana u atmosferu. U razvijenim zemljama takva gradilišta se pažljivo izoliraju, radnici su posebno zaštićeni. Respiratorni simptomi kao što su nedostatak vazduha, bol u prsima ili abdomenu, teškoće gutanja mogu ukazati na primjene na plućima. Period od izloženosti do pojave bolesti može biti veoma dug [2].



Slika 1 - Rad s azbestom u kontrolisanim uslovima
(Izvor: <http://gminadobre.pl/wnioski--azbest>)

Adresa autora: Veljko Đukić, Centar za humane tehnologije, Gradiška, Miloša Crnjanskog 41a, Republika Srpska

e-mail: vljkuki@gmail.com

Rad primljen: 04.12.2020.

Rad prihvaćen: 22.01.2021.

Kada bi ljudi bili svjesni te opasnosti ne bi se događalo da zamijenjeni krovni pokrivač od azbestnih ploča završi kao improvizacija krovnog pokrivača za sve moguće nadstrešnice, spremišta, kao zaštita i krov za drva i pasje kućice i druge oblike zaštitu.

Procjena je da se samo manji dio (oko 5%) zamijenjenoga krovnog pokrivača odvozi na legalna odlagališta, a ostalo se koristi za spomenute i druge namjene. Mnogo ploča završava na divljim odlagalištima u prirodi, naročito u manjim mjestima (slika 1).

2. KLASIFIKACIJA VLAKANA

2.1 Teško topiva vlakna

Glavne grupe

Četri su glavne grupe teško topivih vlakana:

Prirodna mineralna vlakna

- azbest
- atapulgit
- erionit
- sepiolit
- volastonit.

Umjetna anorganska vlakna

- staklena vuna
- visoko otporna vlakna (keramička)
- mineralna vlakna (šljakna, kamena)
- fosfatna vlakna
- ugljena i grafitna vlakna.

Sintetska organska vlakna

- poliamidi (najlon, perlon, kevlar)
- poliuretani (likra)
- poliolefni (ulstron, meraklon)
- poliakrilonitril (akrilon, orlon, leakril)
- poliesteri (dakron, diolen, tergal, terilen)
- politetrafluoroetilen (teflon).

Vlakna vegetabilnog porijekla

- celulozna vlakna

U američkom pristupu svaka smjesa teško topivih aerosol koja sadrži značajan udio drugih tankih vlakana (prečnika $\leq 1 \mu\text{m}$ i dužine $\geq 10 \mu\text{m}$) smatra se potencijalno fibrogenom i karcinogenom.

Neka kratka vlakna mogu biti fibrogena uz visoke nivoe izloženosti, ali neće biti karcinogena. S druge strane, karcinogeno vlakno će vjerovatno biti fibrogeno [3].

Nemačka Komisija za MDK smatra sva anorganska vlakna dužine i prečnika $> 3:1$, duži od $5 \mu\text{m}$, prečnika $< 3 \mu\text{m}$ potencijalnim karcinogenima [4]. To je zasnovano na činjenici da su u intraperitonealnim ili intrapleuralnim primjenama na glodavcima gotovo sva

testirana anorganska vlakna izazvala karcinogene učinke. Dodatna indikacija karcinogenog potencijala su hromosomske aberacije. Pozitivni rezultati u intraperitonealnom, intrapleuralnom ili intrahealnom testiranju dovode do klasifikacije u grupu animalnih karcinogena. Vlakna bioperzistentna u respiratornom traktu, ali bez negativnih učinaka u intraperitonealnim, intrapleuralnim ili intrahealnim testovima, ne smatra se karcinogenim, na njih se može primjeniti MDK. Njemačka Komisija nije predložila MDK za umjetna mineralna vlakna jer njihovo karcinogeno djelovanje uzrokuje nepoznati mehanizam.

International Agency for Research on Cancer (IARC) je klasificirao staklenu vunu, šljaknu vunu i keramička vlakna u grupu mogućih karcinogena za čovjeka [5].

Nizozemski Ekspertni komitet za profesionalne standard (Dutch expert Committee on occupational Standards) predložio je sledeće granične vrijednosti za umjetna anorganska respirabilna vlakna: staklena vlakna 4.8 vl/ml , kamena vlakna $3,3 \text{ vl/ml}$, šljakna vlakna 21 vl/ml , keramička vlakna 1 vl/ml , mineralna vlakna kao grupa 3 vl/ml [Helt Concil,1995].

Prema Uredbi o vrijednostima kvaliteta vazduha Republike Srpske, u toku kalendarske godine granična vrijednost vlakana azbesta je 200 vl/m^3 [6].

3. SVOJSTVA VLAKANA I NJIHOV UTICAJ NA ZDRAVLJE

3.1 Dimenzije vlakana

Negativne učinke na zdravlje mogu izazvati samo vlakna koja su udahnuta i deponovana u respiratornom traktu. U propisima najvećeg broja zemalja, pa i u međunarodnim preporukama, danas se kao vlakno smatra čestica odnosa dužine i prečnika $\geq 3:1$. Takva se vlakna smatraju respirabilnim. Kriterij za razlikovanje kompaktnih čestica od vlakana, tj. minimalni odnos dužine i prečnika $\geq 3:1$ nije kriterij zasnovan na naučnim podacima. Taj je odnos uveden 1958. godine od Savjeta za istraživanje azbesta, Konzorcija triju britanskih industrija azbesta, da bi se standardizirale metode istraživanja i da bi se rezultati mogli upoređivati [7]. Eksperimenti su pokazali da implantirana vlakna azbesta odnosa dužine i prečnika odnosa dužine i prečnika $>10:1$ imaju značajna karcinogena svojstva. Na osnovu toga se može zaključiti da bi bilo opravdano za ocjenu $\leq 5:1$ nisu karcinogena, da je karcinogenost vlakna odnosa dužine i prečnika $\leq 10:1$ mala, te da tek vlakna ugroženosti odrediti vlakna odnosa dužine i prečnika $>10:1$ [8].

3.2. Bioperzistentnost

Bioperzistentnošću se smatra relativna netopivost pojedinog vlakna tj. trajanje njegova zadržavanja u

respiratornom traktu. Sve se više prihvaća da uz morfološke karakteristike vlakna treba pri ocjenjivanju opasnosti odrediti i Bioperzistentnost. Prema tome, bez obzira radi li se o prirodnim, umjetnim ili sintetskim vlaknima, anorganskim ili organskim, vlakna treba karakterizirati dimenzijama i bioperzistentnošću. Što je bioperzistentnost jače izražena, vjerovatnoća fibrogenog i karcinogenog učinka je veća [7], mada ima i mišljenja da vrlo dug boravak vlakna u respiratornom traktu nije uslov za uzrokovanje malignoma [9].

4. MJERA KARCINOGENOG POTENCIJALA IZLOŽENOSTI AZBESTU

Već davno je bilo poznato da inhalabilna vlakna azbesta mogu prouzrokovati tri ozbiljne bolesti: azbestozu, karcinom pluća te mezoteliom pleure odnosno peritoneuma. Te bolesti mogu uzokovati samo udahnuta vlakna, deponovana u respiratornom traktu. U širokoj komercijalnoj upotrebi bila su tri glavna tipa azbesta: amozit, krocidolit i krizotil. Svaki od njih može uzrokovati bilo koju od navedenih bolesti uz dovoljan nivo koncentracija i dužine izloženosti. Do danas, u vezi sa azbestom ima niz neodgovorenih pitanja. Jedno od tih pitanja jeste; ima li razlike u opasnosti od raznih tipova azbesta?

U pogledu tog pitanja naučnici su podjeljeni u dvije nepromisljive grupe. Većina vjeruje da je rizik, a posebno karcinogeni rizik, od izloženosti amfibolima, posebno krocidolitu, viši od rizika izloženosti krizotilu. To je potvrđeno i nizom ocjena međunarodnih organizacija. Međunarodni program za zaštitu od hemikalija (International programme on Chemical safety-IPCS, Zajednička organizacija Programa za zaštitu okoline Ujedinjenih nacija-UNEP, Međunarodna organizacija rada-MOR i Svjetska zdravstvena organizacija-WHO) je 1989. godine na sastanku o smanjenju azbesta u okolini zaključio da „u svakoj situaciji prioritet treba dati suzbijanju izloženosti vlaknima amfibola(krocidolit, tremolit, amozit)” [7].

Američke agencije (EPA-Environmental Protection Agency; OSHA-Occupational Safety and health Administration) sve svoje analize, ocjene i odluke zasnivaju na pretpostavci da razlike između opasnosti od raznih tipova azbesta nisu dovoljno dokazane. Sama EPA nekim svojim podacima ukazuje na znatne razlike u riziku za zdravlje od pojedinih vrsta azbesta.

Tabela 1 pokazuje modificirane EPA-ine vrijednosti koeficijenata K_L koji je prihvaćen kao mjera karcinogenog potencijala određene izloženosti azbesta; to je ocjenjeni porast incidencije ili mortaliteta od jednogodišnje izloženosti koncentraciji 1 vl/ml. Iz vrijednosti K_L prikazanih u tabeli 1 jasno se uočava da je rizik od karcinogenog učinka daleko

najniži pri izloženosti čistom krizotilu osim u proizvodnji tekstila. Izloženost samo vlaknima amozita, smjesama vlakana krizotila i amfibola, dovodi do mnogostruko višeg rizika. Visiki rizik pri izloženosti vlaknima samo krizotila u proizvodnji tekstila je više puta dokazan, a pripisuje se prisutnosti dugih vlakana u proizvodnji tekstila, koja su znatno više karcinogenosti od kratkih vlakana [10].

Na osnovu velikog broja podataka o znatnoj razlici u opasnosti između amfibolskog i serpentinskog (krizotil) azbesta kao zaključak se nameće:

1. uz dovoljno niske nivoe izloženosti krizotilu opasnost za čovjeka postaje prihvatljiva,
2. pri niskim koncentracijama krizotila postoji karcinogeni rizik samo u prisutnosti amfibola.

Tabela 1. Geometrijske sredine koeficijenata K_L (Izvor: US EPA, 2000)

Procesi	Vrsta azbesta	$K_L \times 10^4$
Proizvodnja tekstila	krizotil	200
Proizvodnja kočnica	krizotil	2.3
Rudarenje	krizotil	9.8
Proizvodnja izolacije	amozit	430
Različiti proizvodi	amozit	68
	krizotil	
	krocidolit	
Svi procesi	amozit	65
	krizotil	
	krocidolit	
Svi procesi osim rudarenja	amozit	100
	krizotil	
	krocidolit	
Tekstil i drugo	amozit	130
	krizotil	
	krocidolit	

Tabela 2. Izmjerene vrijednosti azbestnih vlakana na različitim lokacijama moguće izloženosti (Izvor: WHO, 2014)

Vrsta	Prosječna izmjerena količina u vazduhu (Vl/cm^3)
Rudnik krizolita	29
Hemijska industrija	0.1-0.34
Okolina urbanog područja	0.0001-0.001
Fabrika proizvođača ACM (do 300 m)	0.0022-0.31
Pri uklanjanju ACM od ovlaštenog sakupljača	0-0.2
Ručno piljenje ACM	5-10
Mašinsko rezanje ACM	15-25

ACM-materijal koji sadrži azbest

5. PROCJENA UTICAJA NA ZDRAVLJE

Procjena svih vrsta uticaja iz okoline na ljudsko zdravlje, zasniva se na kontinuiranom praćenju specifične materije u okolinu, te na praćenju zdravstvenih indikatora izložene populacije. Istovremeno, u zdravstvenoj procjeni rizika i preporuci mjera uzima se u obzir dodatni uticaj različitih elemenata (tabela 3).

Azbest je opasan samo ako se lomi i ako se, radi prisutnosti u vazduhu, vlakna u obliku azbestne prašine udišu. Opasna svojstva azbesta prvenstveno ovise o veličini vlakana. U skladu s načelom predostrožnosti, jednako zahtjevna postupanja nalažu se za sve vrste azbesta!

Simptomi azbestoze mogu se pojaviti i nakon 10 do 20 godina od izloženosti, a znakovi raka povezani s azbestom i nakon 40 godina. U Republici Hrvatskoj postoji Registar oboljelih izazvanih azbestom Hrvatskog zavoda za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu (HZZZSR) pri čemu su podaci javno dostupni putem godišnjih izvještaja [11].

Izloženost značajnim koncentracijama azbesta može uzrokovati rak pluća, mezoteliom (rak pleure), azbestozu i razne druge bolesti pleure. Pleura je ovojnica koja obavija pluća.

Azbestoza je hronična plućna bolest u kojoj dolazi do nastanka ožiljaka u plućnom tkivu i posljedičnom smanjenju plućne funkcije. Prema istraživanjima, potrebno je 15-40 godina izloženosti azbestnim vlaknima u vazduhu (koncentracije 0,125-30 vlakana/ml) da bi se razvile ove bolesti.

Bolesti povezane s azbestom najčešće nastaju kod osoba koje su dugotrajno ili često izložene azbestu, posebno većim koncentracijama, što se događa kod profesionalne izloženosti. Ukoliko je osoba izložena azbestu duže vrijeme i pušač je, njezin rizik za nastanak raka pluća je veći od jednostavnog zbira rizika od izlaganja azbestu i rizika od pušenja.

Nema uvjerljivih dokaza da ingestija (unošenje hranom ili pićem) azbestnih vlakana ima negativan uticaj na zdravlje

Tabela 3. Faktori rizika i preventivno korektivne mjere (Izvor: HZJZ 2018)

Pušenje duhana	Prestanak pušenja
Rukovanje materijalima na bazi azbesta kao s običnim materijalom	Uključiti ovlaštenog sakupljača ACM-a
Višekratno udisanje vlakana	Pravilno rukovanje, mjerenje količine vlakana i korištenje lične zaštitne opreme
Životna dob-period rasta i razvoja	Sprječavanje izloženosti djece i omladine
Zdravstveni status - postojeće bolesti dišnog i imunološkog sistema	Kontrola i terapija postojećih bolesti
Elementarne nepogode ili katastrofe (potres, poplava, požar, teroristički napad i sl.)	Pravilna i pravovremena sanacija oštećenih građevina s prisutnim azbestom

6. ZAKLJUČAK

U Republici Srpskoj nije donešena definicija vlakana niti su definisane dimenzije vlakana od zdravstvenog značaja. Zbog toga će trebati:

1. donijeti definicije aerogenih vlakana te normirati metode njihova sakupljanja i mjerenja,
2. propisati granične vrijednosti za neka vlakna koja će biti u češćoj upotrebi, pri čemu je dodatno pitanje treba li ih propisati za karcinogena vlakna. Ako da, treba donijeti odluku o graničnim vrijednostima za epigenetske karcinogene na nivou neznačajnog zdravstvenog rizika, a za genotoksičke donijeti posebne granične vrijednosti na nivou prihvatljivog rizika.

Potrebno je državno zakonodavstvo uskladiti s direktivama EU-a.

Treba uvesti sistemsko praćenje oboljelih od azbestoze kao i sve ostale mjere vezane za ostvarivanje svih prava oboljelih od azbestoze na osnovu pozitivnih

zakonskih propisa. Na nivou međunarodne zajednice bilo bi nužno osnovati instituciju koja će sistematski istraživati područje BiH.

Pitanje azbesta treba podignuti na veći nivo naučnih istraživanja, glasnije ukazivati na posljedice i rigoroznije kažnjavati one koji se ne pridržavaju zakonskih propisa a prije svega zabrane uporabe azbesta.

LITERATURA

- [1] Plavšić F. *Azbest je svuda oko nas*, Hrvatski zavod za toksikologiju, Zagreb, 2010.
- [2] Hrvatski zavod za javno zdravstvo. *Bolesti i stanja povezana sa azbestom*, Zagreb, 2015.
- [3] Vu V. T, Lai D. Y. Approaches to characterizing human health risks of exposure to fibres. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 105, Supplement 5: Particle Toxicity, pp. 1329-1336, Sep. 1997.

- [4] Greim HA, Ziegler-Skylakakis K. Strategies for setting occupational exposure limits for particles, Vol. 105, Supplement 5: *Particle Toxicity*, pp. 1357-1361, Sep. 1997.
- [5] IARC Monographs on Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, *Man-made mineral fibres and radon*, No. 43. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 1988.
- [6] *Uredba o vrijednostima kvaliteta vazduha*, Sl. Glasnik Republike Srpske, br.124/12.
- [7] Valić F, Skurić Z. Metodologija ocjenjivanja profesionalne izloženosti vlaknima azbesta. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, Vol. 39 No. 2, 1988.
- [8] Pott F. Some aspects on the dosimetry of the carcinogenic potency of asbestos and other fibrous dusts, *Staub - Reinhaltung der Luft*, Vol. 38, No. 12, pp. 486-490, 1978.
- [9] Nicholson W. The carcinogenicity of chrysotile asbestos, *Advances in modern environmental toxicology*. Princeton, Vol. XXII, pp. 407-423, 1996.
- [10] Lee R, Cork M. Exposure to airborne asbestos in buildings, *Reg Tox Pharmac*, 16, pp. 93-98, 1992.
- [11] Hrvatski zavod za javno zdravstvo. *Sažetak smjernica za ključne sudionike*, Nastavni zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“, Zagreb, 2018.

SUMMARY

HEALTH EFFECTS OF ASBESTOS FIBERS IN THE AIR

Since the beginning of the 20th century, thousands of tons of asbestos were used in all developed countries in industry and construction. After the serious illnesses and deaths caused by inhalation of asbestos fibers were reliably identified, the first asbestos use ban was prescribed by the World Health Organization (WHO) in 1972. Asbestos in the last 100 years to blame for the death of a large number of workers in industry and construction as well as the population. According to the World Health Organization in the next 40 years in the world is expected to illness and death of more than 500 000 people as a consequence of inhaling airborne particles of asbestos. That fact has led to a complete ban on any use of asbestos in most countries.

The paper is particularly pronounced approach applied in the US, according to which each of respirable difficult soluble fiber is considered fibrinogen, and every fiber diameter $\leq 1\mu\text{m}$ and length $\geq 10\mu\text{m}$ potentially fibrinogen and carcinogenic, and in Germany that any inorganic fiber diameter of $5\mu\text{m}$ and the ratio length and diameter of $> 3: 1$ is considered potentially carcinogenic. The question is whether it is justified to carcinogenic fibers prescribe and apply the limit values, and whether in BiH differently treated with carcinogens acting genotoxic than those operating epigenetic mechanisms.

Key words: *asbestos, health risk, carcinogenic fibers*