

LJ. Srećec, A. Begić Hadžipašić, S. Brajčinović*

PROCJENA RIZIKA OD FIZIKALNIH ŠTETNOSTI U LJEVAONICAMA

UDK 621.74, 331.45:621.74
RECEIVED: 24.1.2025.
ACCEPTED: 15.3.2026.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: Fizikalne štetnosti obuhvaćaju buku, vibracije, svjetlost, zračenje i mikroklimatske uvjete prostora, koji predstavljaju potencijalni rizik za zdravlje i sigurnost radnika, ali i za okoliš. U današnje vrijeme polažu se veliki naponi kako bi se smanjio rizik od fizikalnih štetnosti i njihovih posljedica, međutim postoje djelatnosti u kojima je nemoguće ukloniti sve rizike. Ljevaonice su, u pravilu, zatvoreni prostori u kojima dolazi do isparavanja, dima, prašine, buke, povišene temperature, radnici rade u prisilnom položaju tijela, manipuliraju velikim i teškim predmetima, rastaljenim metalom, stoga posljedično dolazi do velikog naprezanja organizma. Nažalost, radna mjesta u ljevaonicama zbog prirode samog procesa imaju nepovoljne uvjete rada i svrstavaju se u poslove s posebnim uvjetima rada. Zaposlenici raspoređeni na radna mjesta s posebnim uvjetima rada u potencijalnom su riziku od razvoja profesionalne bolesti bez obzira na korištenje osobne zaštitne opreme. U ovom radu navedene su i поближе objašnjene fizikalne štetnosti koje nastaju tijekom radnih procesa u ljevaonicama uz osvrt i na druge opasnosti, štetnosti i napore s kojima se susreću zaposlenici tijekom metaloprerađivačkog procesa.

Cljučne riječi: procjena rizika, fizikalne štetnosti, ljevaonice, uvjeti rada

UVOD

Sigurnost pri radu, zaštita ljudskog zdravlja te očuvanje čistog okoliša osnovni su uvjeti rada bilo koje tehnološke cjeline, odnosno organizacije neovisno o djelatnosti koju obavlja. Poslodavci su obvezni na temelju važećeg propisa (*Zakon o zaštiti na radu*, *Centar zaštite na radu*) provoditi opća načela prevencije zaštite na radu koja obuhvaćaju:

- uklanjanje rizika za sigurnost i zdravlje zaposlenika,
- procjenjivanje preostalog rizika koji nije moguće otkloniti primjenom osnovnih pravila zaštite na radu,

- sprečavanje opasnosti na mjestu nastanka kako bi spriječili ugrozu za sigurnost i zdravlje zaposlenika,
- zamjenu opasnih radnih tvari ili sredstva rada bezopasnima ili manje opasnima,
- davanje prioriteta skupnim mjerama zaštite, a ne pojedinačnim,
- osiguravanje kontinuiranosti u prilagođavanju radnog procesa razvoju tehnologije i inovacija i
- kao posljednje sredstvo upotreba osobnih zaštitnih sredstava.

S obzirom na razvoj tehnologije i materijala te uočavanje problema onečišćenja okoliša, kao i zaštite ljudskog zdravlja, poslodavci ulažu dodatne napore kako bi svoje poslovanje učinili „zele-nim“. Promjeni stajališta pridonijeli su nacionalni

*Ljiljana Srećec, univ. mag. ing. sec., (srececlj@simet.unizg.hr), prof. dr. sc. Anita Begić Hadžipašić, (begic@simet.unizg.hr); (autor za dopisivanje), doc. dr. sc. Sandra Brajčinović, (smitic@simet.unizg.hr), Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 44000 Sisak, Hrvatska.

pravni akti utemeljeni na europskim direktivama i uredbama. Osnovni pravni akt, Ustav Republike Hrvatske je dokument iz kojeg proizlaze svi zakoni u Republici Hrvatskoj pa tako i Zakon o radu i Zakon o zaštiti na radu. Članak 70. Ustava Republike Hrvatske jasno navodi da osobitu pozornost treba posvećivati zaštiti zdravlja ljudi, prirode i ljudskog okoliša. Međutim, prava i obaveze radnika i poslodavaca definirane su Zakonom o radu u kojem je također navedeno osiguranje prava radnika na zdrav život i okoliš te osiguranje uvjeta za rad na siguran način. Neke od osnovnih obaveza poslodavca na temelju Zakona o radu je kontinuirano održavanje strojeva, uređaja, opreme, alata, u ispravnom stanju, odnosno mjesta rada, pristup mjestu rada i sam radni proces moraju biti uređeni na način da osiguravaju zaštitu života i zdravlja radnika, a sve u skladu s posebnim zakonima i drugim propisima te naravi posla koji se obavlja. Poslodavac prije zapošljavanja radnika mora upoznati s potencijalnim rizicima radnog mjesta te provesti osposobljavanje radnika za rad na način koji osigurava zaštitu života i zdravlja radnika, kao i kontinuirano preventivno djelovati kako bi spriječio nastanak nesreća na osnovi Zakona o zaštiti na radu.

Ovim radom proučavan je dio područja sigurnosti pri radu, očuvanja okoliša i zaštite ljudskog zdravlja kroz procjenu rizika od fizikalnih štetnosti u djelatnosti proizvodnje metala, odnosno u ljevaonicama metala.

LJEVAONICE I UVJETI RADA

Prema *Industrijskoj strategiji Republike Hrvatske za 2014. - 2020.* metaloprerađivačka industrija obuhvaća djelatnosti proizvodnje gotovih metalnih proizvoda osim strojeva i opreme (C25), a uključuje proizvodnju metalnih konstrukcija (C25.1), proizvodnju metalnih cisterni, rezervoara i sličnih posuda (C25.2), proizvodnju parnih kotlova, osim kotlova za centralno grijanje toplom vodom (C25.3), proizvodnju oružja i streljiva (C25.4), kovanje, prešanje, štancanje i valjanje metala, metalurgiju praša (C25.5), obradu i prevlačenje metala, strojnu obradu metala (C25.6), proizvodnju sječiva, alata i opće željezne robe (C25.7) i proizvodnju ostalih gotovih proizvoda od metala (C25.9).

Metaloprerađivačka industrija obuhvaća proizvodnju i doradu metalnih materijala koji se koriste za dobivanje raznovrsnih metalnih proizvoda potrebnih u drugim djelatnostima poput automobilske i građevinske industrije, dok se u manjem opsegu distribuiraju izravno krajnjim potrošačima. U ovom radu proučavan je manji segment metaloprerađivačke djelatnosti ljevaonice. Ljevaonice obuhvaćaju velik broj manjih tvrtki, gotovo 90 % poduzeća ima manje od 50 zaposlenika što predstavlja prednost i nedostatak. Naime, manje tvrtke brže prilagođavaju svoj asortiman u skladu s potrebama na tržištu, no teže pronalaze potrebna financijska sredstva za poslovanje. Izrazit je nedostatak vidljiv u području inovativnosti i razvoja novih tehnologija upravo zbog nedostatnog financiranja, ali i neprivlačnosti uvjeta rada (*Industrijska strategija RH 2014. - 2020.*).

Važno je istaknuti da je metaloprerađivačka industrija značajan potrošač energenata i onečišćivač okoliša. Općenito je to još djelatnost koja uključuje težak fizički rad u neprivlačnim uvjetima što često otežava pronalazak kvalitetne radne snage. Upravo iz takvih razloga nužno je osigurati zdravlje i sigurnije radno mjesto kroz prevenciju opasnosti, štetnosti i napora. Tehnologija se kontinuirano intenzivno razvija što izravno pridonosi poboljšavanju uvjeta rada, zahvaljujući automatizaciji procesa te smanjenju onečišćenja primjenom zelenih tehnologija.

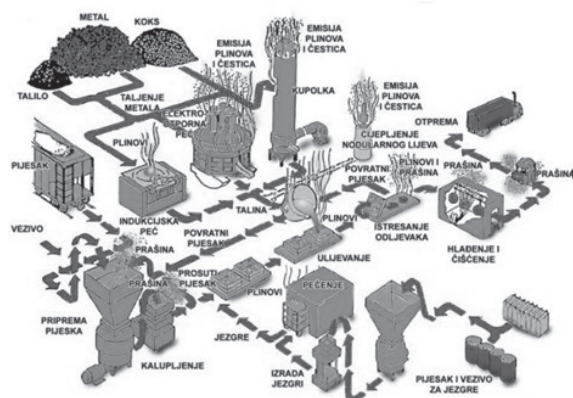
U ovom radu pobliže su proučavane fizikalne štetnosti koje nastaju tijekom radnih procesa u ljevaonicama metalnih proizvoda uz kratak osvrt i na druge opasnosti, štetnosti i napore s kojima se susreću zaposlenici tijekom metaloprerađivačkog procesa.

Ljevaonice kao sirovinu za rad koriste željezne i neželjezne legure te ih preoblikuju u proizvode ili poluproizvode pomoću lijevanja i skrućivanja rastaljenog metala ili legure u kalupu. Ljevaonice se mogu svrstati u „uslužne“ djelatnosti s obzirom da se proizvodi ili poluproizvodi nastali lijevanjem koriste u automobilskoj industriji, građevinskom sektoru te općenito u inženjerstvu. Velika potražnja za metalnim proizvodima dolazi iz automobilske industrije i kao takva ima velik utjecaj na procese u ljevaonicama. Naime, automobilska industrija teži lakšim vozilima, ekološki prihvatljivijim, stoga su ljevaonice pojačale proizvodnju

aluminijских i magnezijevih legura kako bi bile u skladu s novim zahtjevima tržišta. Postupak lijevanja metala uključuje različite metode kalupljenja i lijevanja različitih materijala unutar građevine koja je izgrađena od armiranobetonskih elemenata. U proizvodnoj hali izvode se procesi taljenja, lijevanja (niskotlačno, visokotlačno), izrade jezgri i kalupa, istresanja odljevaka iz kalupa, toplinske obrade odljevaka te postupci mehaničke obrade poput odrezivanja, skidanja srha, sačmarenja i sl. (slika 1); (*Ljearstvo – proizvodni postupci*).

Također prostor je ispunjen opremom potrebnom za navedene procese, a obuhvaća peći za taljenje, automatizirane strojeve za izradu jezgri, poluatomatizirane linije za gravitacijsko lijevanje, peći za održavanje temperature lijeva, automatizirane čelije za niskotlačno lijevanje, plinske peći za žarenje odljevaka u svrhu uklanjanja jezgri, elektropeći za toplinsku obradu odljevaka, uređaje za mehaničko istresanje jezgri te opremu za mehaničku obradu (sačmarilice, CNC obradni centri (eng. Computer Numerical Control, računalno numeričko upravljanje), ručni alati); (*Tehnička enciklopedija*).

S obzirom da se tehnološki proces lijevanja obavlja u zatvorenom prostoru, povećana je koncentracija različitih štetnih plinova, dimova i prašine. Zaposlenici u ljevaonicama također su izloženi i visokim temperaturama, kao i naglim promjenama temperature, buci i statodinamičkim naporima.



Slika 1. Shematski prikaz procesa u ljevaonicama

Figure 1. Schematic representation of foundry processes

Upravo zbog povećanih rizika ozljeda na radu (opeklina, mehaničke ozljede i dr.) od izrazite je važnosti kontinuirano unaprjeđivanje sustava sigurnosti na radu te osviještenost zaposlenika u svrhu poštovanja zaštitnih mjera. Naime, zaposlenici na proizvodnim linijama u ljevaonicama imaju beneficirani radni staž upravo zbog svih rizika s kojima dolaze u doticaj (*e-usmjerenje*).

OPASNOSTI, ŠTETNOSTI I NAPORI U LJEVAONICAMA

Opasnosti, štetnosti i napori na radnom mjestu predstavljaju potencijalni rizik nastanka ozljede na radu, razvoja profesionalne bolesti, bolesti u vezi s radom i/ili nastanka materijalne štete. U ljevaonicama su radna mjesta klasificirana kao „osobito teška i za zdravlje i radnu sposobnost štetna radna mjesta na kojima se staž osiguranja računa s povećanim trajanjem“, odnosno radna mjesta na kojima unatoč primjeni općih, posebnih i priznatih mjera zaštite na radu nije moguće ukloniti štetan učinak na zdravlje i radnu sposobnost radnika prema Zakonu o stažu osiguranja s povećanim trajanjem.

Radnici u ljevaonicama izloženi su ekstremnim uvjetima rada te mnogobrojnim rizicima: mehaničkim opasnostima (strojevi, alati, dizalice, transportna sredstva), termičkim opasnostima (peći, rastaljeni metal, visoke temperature), opasnostima od padova i rušenja, opasnostima od električne struje, opasnostima od požara i eksplozije (slika 2); (*Precizni lijev, Ljearstvo*). Uz niz opasnosti prisutne su kemijske i fizikalne štetnosti, a zbog same prirode posla koji radnici obavljaju, izražen je utjecaj statodinamičkih napora, kao i psihofizioloških napora na organizam radnika u ljevaonicama.

Statodinamički napori predstavljaju opterećenja kojima su radnici izloženi te mogućem razvoju bolesti koštano-mišićnog sustava. Statodinamički napori pojavljuju se pri ručnom rukovanju teretima, obavljanju ponavljajućih zadataka i statičkom naporu (dugotrajno stajanje).



Slika 2. Prikaz radnih postupaka u ljevaonicama
Figure 2. Presentation of working procedures in foundries

Psihofiziološki naponi prisutni su na poslovima koji nemaju kvalitetnu organizaciju rada i/ili su narušeni međuljudski odnosi, stoga rezultiraju negativnim psihološkim, fizičkim i socijalnim ishodima kod radnika. Pojedini opisi poslova po svojoj prirodi uzrokuju veći stres od drugih (intervencijske službe), no i u drugim djelatnostima radnici mogu biti izloženi psihofiziološkim naporima te dovesti do negativnog utjecaja na zdravlje radnika.

Kao posljedica rizika, statistički podaci Hrvatskog zavoda za zdravstveno osiguranje donose podatak da se u 2020. godini, od ukupnog broja prijavljenih ozljeda (14.424), najveći broj ozljeda (3.319) dogodio u prerađivačkoj industriji odnosno djelatnosti kojoj pripada prerada metala (ljevaonice); (*Analiza ozljeda na radu za 2020.*).

FIZIKALNE ŠTETNOSTI U LJEVAONICAMA

U fizikalne štetnosti koje mogu predstavljati potencijalni rizik za zdravlje i sigurnost radnika, a mogu utjecati i na okoliš, svrstavaju se buka, mehaničke vibracije, svjetlost, zračenja i mikroklima. U današnje doba, razvojem novih inovativnih tehnologija, polažu se veliki napori kako bi se smanjio rizik od fizikalnih štetnosti i njihovih posljedica. Međutim, postoje djelatnosti u kojima je nemoguće ukloniti sve rizike. Ljevaonice su, u pravilu, zatvoreni prostori u kojima dolazi do isparavanja, dima, prašine, buke, povišene temperature, radnici rade u prisilnom položaju tijela, manipuliraju velikim i teškim predmetima, rastavljenim metalom, stoga posljedično dolazi do velikog naprezanja organizma. Upravo iz navedenih radnih uvjeta proizlazi pravo radnika na staž s povećanim trajanjem („beneficirani radni staž“).

Tehnički propis za građevinske konstrukcije jasno propisuje uvjete konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata građevine, „koji moraju biti mehanički otporni i stabilni te je za njih potrebno dokazati otpornost, uporabljivost, trajnost i požarnu otpornost u skladu s njihovom namjenom u konstrukciji“. Kako je istaknuto u Okvirnoj direktivi o sigurnosti i zdravlju na radu 89/391, kod projektiranja same građevine, potrebno je primijeniti opća načela prevencije opasnosti, štetnosti i napora kako bi se osiguralo sigurno i zdravo radno mjesto (*Framework*). Nažalost, radna mjesta koja zbog prirode samog procesa imaju nepovoljne uvjete rada svrstavaju se u poslove s posebnim uvjetima rada. Zaposlenici raspoređeni na radna mjesta s posebnim uvjetima rada u potencijalnom su riziku od razvoja profesionalne bolesti bez obzira na korištenje osobne zaštitne opreme. Stoga je nužno na temelju Pravilnika o poslovima s posebnim uvjetima rada, provoditi obavezne zdravstvene preglede za izložene zaposlenike.

Radni okoliš u kojem postoje uvjeti koji mogu uzrokovati povišenje koncentracija štetnih tvari moraju se redovito nadzirati kako ne bi došlo do prekomjerne izloženosti radnika.

Mikroklimatski čimbenici

Mikroklimatskim uvjetima smatra se stanje zraka u prostoru koje je uvjetovano temperaturom, vlažnošću zraka, strujanjem zraka, toplinskim zračenjem i tlakom zraka. Iako je nužno projektirati radne prostore u skladu s Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije i Pravilnikom o zaštiti na radu za mjesta rada, priroda proizvodnih procesa ponekad onemogućuje adekvatnu primjenu općih načela zaštite na radu.

Mikroklimatski čimbenici u ljevaonicama mogu se podijeliti na toplinske i kemijske. Pod toplinskim čimbenicima podrazumijevaju se temperatura zraka, brzina strujanja zraka, tlak zraka i vlažnost zraka, dok se pod kemijskim podrazumijevaju prašina, dimovi, plinovi i pare. U ljevaonici, s obzirom na procese opisane u poglavlju 2 i 3, prisutna je izrazito nepovoljna mikroklima. Ispitivanje mikroklimatskih uvjeta obavlja se prije stavljanja radnog prostora u funkciju i minimalno svake dvije godine. Ispitivanje radnog

okoliša mogu obavljati samo ovlaštene ustanove koje sastavljaju zapisnik o ispitivanju i dostavljaju zaključak u kojem navode jesu li zadovoljeni propisani uvjeti te ako je potrebno, navode potrebne mjere poboljšanja na osnovi Pravilnika o ispitivanju radnog okoliša. Uređaj pomoću kojih se obavlja ispitivanje je multifunkcionalni uređaj koji u sebi ima integrirane senzore tlaka, brzine strujanja zraka, temperature i vlažnosti zraka.

Toplinski čimbenici

Zagrijavanje metala u pećima i rastaljeni metal u ljevaonici stvaraju iznimno visoke temperature u radnom okruženju. Zagrijavanje kalupa i jezgri, predgrijavanje lonca i toplinska obrada metalnih odljevaka stvaraju dodatne izvore topline. Radnici koji rade na peći ili loncu i oni koji rade s rastaljenim metalom doživljavaju najveću izloženost toplini. Upravo se toplinski stres smatra jednim od najčešćih problema s kojima se radnici susreću u ljevaonicama. Dobro je poznato da toplinski stres može predstavljati dodatno opterećenje na kardiovaskularni sustav, odnosno istraživanja pokazuju povišeni broj otkucaja srca pri istom radu u vrućem okruženju u odnosu na sobnu temperaturu. Stoga je za očekivati da se otkucaji srca povećavaju s porastom tjelesne temperature, odnosno rad u toplinski nepovoljnom okruženju predstavlja opterećenje za organizam (Rodahl, 2003.). Upravo stanje zraka, odnosno kombinacija različitih mikroklimatskih uvjeta uzrokuje nelagodu i ograničava radni učinak zaposlenika te može uzrokovati neželjene posljedice. Nastanak profesionalne bolesti ili bolesti u svezi s radom ovisi o svojstvima, intenzitetu i trajanju izloženosti fizikalnim štetnostima ako je izloženost takvim uvjetima zanemarena. U Tablici 1 prikazani su mikroklimatski uvjeti u pojedinim fazama rada ljevaonice (Gomes et al., 2002.).

Brzina strujanja zraka izravno utječe na toplinsku udobnost radnika. U Pravilniku o zaštiti na radu za mjesta rada definirano je sljedeće: "Brzina strujanja zraka na mjestima rada u zatvorenom prostoru ovisi o vrsti rada i tehnološkom procesu, a ne smije biti veća od 0,5 m/s, ako je temperatura

vanjskog zraka do 10 °C, 0,6 m/s ako je temperatura vanjskog zraka od 10 °C do 27 °C, odnosno 0,8 m/s ako je temperatura vanjskog zraka preko 27 °C".

Tablica 1. Prikaz mikroklimatskih uvjeta u ljevaonici

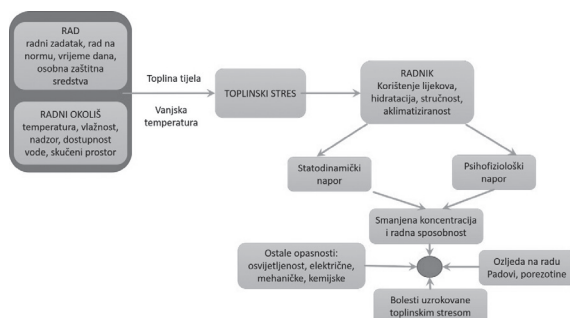
Table 1. Presentation of microclimatic conditions in the foundry

Radno mjesto	Temperatura, °C	Relativna vlažnost, %	Brzina strujanja zraka, m/s
peć	36,50 ± 1,80	43,38 ± 4,29	0,80 ± 0,53
kontinuirano lijevanje	35,81 ± 2,20	42,92 ± 2,66	0,10 ± 0,16
valjaonica	36,22 ± 2,15	51,20 ± 10,03	0,73 ± 0,57
mehanička radionica	32,64 ± 2,28	58,00 ± 8,48	1,19 ± 0,83

Međutim, u ljevaonicama zbog prirode procesa postoje mikroklimatski uvjeti koji nisu u mogućnosti zadovoljiti propisane vrijednosti, stoga je količina i način izmjene zraka uvjetovana količinom i vrstom onečišćenja, visinom temperature, vlage i sl. uz napomenu da je idealne uvjete rada nemoguće postići.

Relativna vlažnost u kombinaciji s temperaturom na radnim mjestima prikazana je u Tablici 1 te je jedan od važnih elemenata mikroklimatskih uvjeta o kojima ovisi kako će se radnik osjećati na radnom mjestu. Na temelju podataka iz Tablice 1 vidljivo je da kombinacija vlažnosti i temperature uzrokuje toplinski stres, što iziskuje provođenje organizacijskih zaštitnih mjera poput hidratacije radnika, češćih stanki i drugih primjenjivih postupaka s ciljem smanjivanja utjecaja toplinskog udara (slika 3); (Zavalić, 2016.). Jedna od korisnih mjera za smanjenje toplinskog stresa je aklimatizacija radnika. Aklimatizacija je proces kojim se organizam navikava na obavljanje radnih zadataka u uvjetima okoliša povišene ili snižene temperature. Istraživanja pokazuju da je potrebno minimalno 3-5 dana za aklimatizaciju radnika, međutim u pojedinom slučaju može biti potrebno

više vremena iz razloga jer je fizička i fiziološka reakcija svake osobe na toplinski stres drugačija (Zavalić, 2016.).



Slika 3. Shematski prikaz faktora koji uzrokuju toplinski stres i dovode do ozljede na radu

Figure 3. Schematic representation of factors that cause heat stress and lead to occupational injury

Kemijski čimbenici

Dimovi, prašine, pare i plinovi raznih štetnih tvari također su prisutni u procesima lijevanja, stoga se ne može zanemariti niti negativan kemijski učinak na zrak u ljevaonicama. Osim samih ulaznih materijala, u procesima lijevanja koriste se razna otapala i kiseline. Na primjer, prilikom proizvodnje taline potrebno je primijeniti neki od postupaka čišćenja/odmaščivanja samog uložnog materijala. Na uložnom materijalu se mogu nalaziti masti, ulja, polimerni materijali, boje lakovi i/ili korozijski produkti. Uobičajeno je korišćenje organskih otapala poput trikloretilena, acetona, etanola, metanola, benzena. Međutim, opasna karakteristika većine otapala je njihova zapaljivost, stoga upotreba predstavlja veliki izazov u već zahtjevnim mikroklimatskim uvjetima ljevaonica. Najčešći uzroci ozljeda i bolesti u ljevaonicama uzrokovani kemijskim čimbenicima su izloženost siliciju, mineralnoj vuni i vlaknima, kontaktom kože i kemikalija, udisanjem kemijske tvari i slično. Kemijske tvari mogu predstavljati opasnost kao rezultat kontakta s tijelom ili apsorpcijom u tijelo, kroz kožu, gutanjem ili udisanjem, obuhvaćaju niz toksikoloških opasnosti poput iritansa, alergena, karcinogena i/ili sistemskih otrova. Većina ovih opasnih tvari nastaje tijekom procesa lijevanja kada se rastaljeni metal lijeva u pješčane kalupe vezane zajedno s organskim vezivom. Drugi se dodaju specifičnim procesima i/ili nastaju kao otpad djelovanjem topline na kemikalije u raznim procesima proizvodnje metala (Sofilić et al., 2014., Ribeiro, 2006.).

Štetne tvari u procesima lijevanja prisutne su u raznim fazama procesa, stoga je važno da su radnici izloženi djelovanju tvari pravovremeno upoznati i osposobljeni za rukovanje opasnim tvarima kako bi se spriječilo onečišćenje okoliša, ali i uklonio potencijalan uzrok nastanka ozljede na radu. Sigurnosno-tehnički list (STL) obuhvaća sve podatke o kemikalijama koje zaposlenici u ljevaonicama trebaju imati na raspolaganju.

Važno je istaknuti da izloženost mikroklimatskim čimbenicima čini potencijalan uzrok raznim bolestima, stoga je nužno radnicima u takvim radnim uvjetima osigurati adekvatnu osobnu zaštitnu opremu te primijeniti sve dostupne tehničke i organizacijske mjere koje smanjuju rizik na prihvatljivu razinu.

Buka

Buka predstavlja glasan, neugodan ponekad i bolan zvuk za ljudski organizam. Svaka buka jačine od 85 do 90 dB nakon dulje izloženosti može uzrokovati trajna oštećenja sluha prema Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka.

Kao i kod ostalih fizikalnih štetnosti, nastanak neželjenih posljedica ovisi o intenzitetu, visini, trajanju, isprekidanosti ili kontinuitetu zvuka i osjetljivosti samog pojedinca. Direktnе posljedice prekomjerne buke za ljudski organizam očituju se kroz naglušost, gubitak sluha, šumove u uhu i razne probleme povezane s komunikacijom. Pod indirektnim posljedicama istraživanja navode se bolesti poput hipertenzije, endokrinoloških poremećaja, umora i psihičkih reakcija (razdražljivost) te posljedično smanjenje kvalitete rada i života.

U ljevaonicama je prisutna povišena razina buke s obzirom na procese koji se u njoj obavljaju uz pomoć sredstva rada poput peći za taljenje i lijevanje, raznih dizalica, kranova i drugih strojeva. U Tablici 2 prikazane su razine buke na pojedinim radnim mjestima u ljevaonici (Gomes et al., 2002.).

Mjerenje razine buke obavlja se uređajem zvukomjerom (bukomjerom) koji na sebi ima mikrofون za prikupljanje zvukova iz okoliša, dok ugrađeni procesor razinu buke pretvara u mjernu jedinicu decibel (dB) koja se prikazuje na zaslonu (display).

Tablica 2. Razine buke na pojedinim radnim mjestima u ljevaonici**Table 2. Noise levels at individual workplaces in the foundry**

Radno mjesto	Razina buke, dB
peć	96,9 ± 1,0
kontinuirano lijevanje	100,4 ± 3,0
valjaonica	93,2 ± 0,9
mehanička radionica	89,8 ± 1,9

S obzirom na značajnu razinu buke koja se nastaje u proizvodnom procesu, potrebno je osigurati osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha radnika izloženih negativnom utjecaju buke te redovito provoditi zdravstvene preglede radnika. Nažalost, ovakva razina buke može utjecati negativno i na okoliš, stoga je poželjno prostor ljevaonica ograditi negorivim akustičnim panelima kako bi emisija onečišćenja od buke prema okolišu bila na najmanjoj mogućoj razini. Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka propisane su maksimalno dopuštene granice razine buke u otvorenom prostoru, pri čemu je vidljivo da metaloprerađivačka industrija pa time i ljevaonice ulaze u 6. zonu - Zonu gospodarske namjene pretežito proizvodne industrijske djelatnosti. Za navedenu zonu je propisano da razina buke koja potječe od izvora buke unutar ove zone, a na granici s najbližom zonom 1, 2, 3 ili 4 u kojoj se očekuju najviše imisijske razine buke, buka ne smije prelaziti dopuštene razine buke na granici zone 1, 2, 3 ili 4.

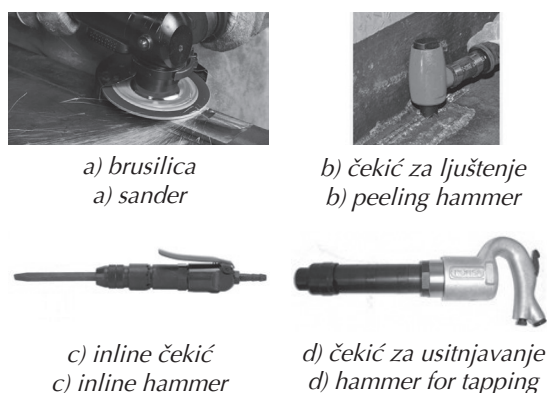
Prevenција zdravlja od prekomjerne izloženosti buci obuhvaća mjerenje intenziteta buke, primjenu inovativnih materijala, dizajna i tehnološkog procesa, izrada akcijskih planova za smanjenje razine buke uz provođenje zakonskih obaveza s ciljem sprječavanja ili smanjivanja štetnih učinaka na zdravlje ljudi.

Najčešće korištene mjere za zaštitu od buke obuhvaćaju:

- organizacijske mjere: odnose se na vremensko ograničavanje rada strojeva s povišenom razinom buke ili čestih pauzi, no u nekim slučajevima radnici moraju promijeniti radno mjesto zbog nemogućnosti rada u takvom okruženju,
- organizacijsko-tehničke mjere: obuhvaćaju korištenje strojeva sa smanjenom razinom buke, redovito servisiranje, automatizaciju procesa,
- građevinsko-planske mjere: obuhvaćaju pravilno raspoređivanje objekata i tehnoloških procesa, prostorno odvajanje buke i radnih mjesta,
- tehničke mjere: primjenjuju se na bilo kojem dijelu izvora buke, a obuhvaćaju konstrukcijske zahvate, zamjenu operacija povišene razine s onima smanjene razine buke, izolaciju, prigušivanje i slično (*Sever, 2009.*).

Vibracije

Vibracija predstavlja kretanje ili mehaničko osciliranje oko ravnotežnog položaja. Izloženost radnika vibracijama u ljevaonici proizlazi iz korištenja vibrirajućih alata. Kao rezultat procesa lijevanja u pijesak, odljevci se formiraju s viškom materijala koji je potrebno ukloniti. Višak metala nastaje kada rastaljeni metal ulazi između polovića kalupa, ulazi u otvore za ventilaciju ili šupljine u kalupu. Kako bi uklonili višak materijala s odljevaka, radnici koriste ručni alat koji uzrokuje vibracije poput ručnih brusilica, čekića za skaliranje (ljuštenje), inline čekića i čekića za usitnjavanje koji su prikazani na slici 4 (*Manufacturing, Air-componentsinc*). S obzirom na karakteristike navedenih alata, dolazi do opterećenja mišića, pogotovo gornjih ekstremiteta i ramena, dolazi do ponavljajućih pokreta ruku te su značajnim vibracijama najviše izloženi šake i ruke (*Armstrong et al., 2002.*).



Slika 4. Ručni alat u ljevaonicama

Figure 4. Hand tools in foundries

U Tablici 3 prikazane su prosječne vrijednosti korištenja alata i ocjene vibracija na radnike koji koriste navedene ručne alate tijekom redovnog radnog vremena (Armstrong et al., 2002.).

Istraživanja su pokazala da korištenje vibrirajućih alata uključuje izloženost ne samo vibracijama, već i ergonomska naprezanja. Svi alati obuhvaćeni analizom proizveli su razinu vibracija koja prelazi dopuštene vrijednosti. Stoga se može pretpostaviti da su tijela radnika na takvim radnim zadacima doživjela opterećenje koštano-mišićnog sustava, srednje do visoke razine ponavljajućih pokreta i nepravilnog držanja ramena i ruku zbog manipuliranja alatom. Iako su ovakve vrste istraživanja utjecaja vibracija napravljene na malom broju radnika, prikazuju značajan uvid u statodinamičke napore radnika u ljevaonicama, a pogotovo onih raspoređenih na poslove završne obrade (Armstrong et al., 2002.).

Vibracije se najčešće mjere akcelerometrom koji radi na načelu mjerenja ubrzanja, a izlaz mu

je naponski signal koji se prikazuje u mjernoj jedinici m/s^2 . Akcelerometri se postavljaju direktno na element stroja koji vibrira poput ležajeva kontrolirajućih elemenata, prijenosnika ili lopatica. Za mjerenje vibracija mogu se upotrijebiti i senzori pomaka, odnosno blizine (engl. displacement, proximity probe), a oni rade kao nekontaktni pretvornici koji mjere udaljenost prilikom vibracija. Primjenom ergonomskih mjera pri dizajniranju alata i strojeva, zamjenom alata/strojeva koji uzrokuju prevelike vibracije, redovitim održavanjem alata/strojeva može se umanjiti štetan utjecaj na organizam (Bolf, 2021.).

Osvjetljenost

Prema definiciji, „osvijetljenost je količina svjetla koja pada na određenu površinu u određenom vremenu, a mjeri se u luksima (lx)“ (Osvjetljenost, Hrvatska enciklopedija).

Prilikom obavljanja radnih zadataka potrebno je obratiti pozornost na rasvjetu radnog mjesta i radnih prostorija, jer kvalitetna rasvjeta osigurava bolji radni učinak. Odgovarajuća rasvjeta sprječava nastanak umora, utječe na smanjenje pogrešaka pri radu, odnosno povećava radni učinak, ali olakšava i kretanje. Ako je osvijetljenje radnog mjesta nezadovoljavajuće, dolazi do napora vida, odnosno zamora očiju, pa posljedično dolazi do umora cijelog tijela, stoga su moguće pogreške pri radu. Pojedina istraživanja smatraju da je uz pravilnu rasvjetu moguće povećanje produktivnosti za 10–50 % i smanjenje pogrešaka čak do 60 %. Također smatraju da osvijetljenost utječe na raspoloženje (Doko Jelinić et al., 2010.).

Prema Standardu „Svjetlo i rasvjeta-Rasvjeta radnih mjesta-1. dio: Unutrašnji radni prostori“

Tablica 3. Prosječno vrijeme korištenja alata i ocjena vibracija

Table 3. Average tool usage time and vibration rating

Alat	Vrijeme korištenja, %	Ocjena vibracija A(8), m/s^2	Dopuštena vrijednost dnevne izloženosti, A(8), m/s^2	Upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, A(8), m/s^2
brusilica	52,8 ± 8,9	3,3 ± 1,3	5	2,5
čekić za ljuštenje	40,6 ± 5,5	8,5 ± 3,1		
inline čekić	47,0 ± 7,3	11,8 ± 4,6		
čekić za usitnjavanje	36,5 ± 12,6	7,2 ± 4,2		

(HRN EN 12464-1:2021) posebnu pozornost treba posvetiti izbjegavanju nastanka direktnog i indirektnog bliještanja te kvalitetnom prikazu boje predmeta. Norma HRN EN 12464 omogućava izračunavanje faktora bliještanja u skladu s specifičnosti radnog procesa, odnosno UGRL-faktora. Pojedini radni procesi u normi imaju i definiran „uzvrat boje“ (Ra) koji za većinu procesa treba biti iznad vrijednosti 80. U Tablici 4 prikazane su vrijednosti osvijetljenosti u ljevaonicama (*Razina osvijetljenosti, Doko Jelinić et al., 2010.*).

Tablica 4. Razina osvijetljenosti prema HRN EN 12464 u ljevaonici i prilikom oblikovanja metala

Table 4. Illumination level according to HRN EN 12464 in the foundry and during metal forming

Tip interijera, zadatak ili aktivnost	Em, lx	UGRL	Ra
Tuneli ispod poda (veličina čovjeka), podrumi	50		20
Platforme	100	25	40
Pripreme za pjeskarenje	200	25	80
Svlačionica	200	25	80
Radna mjesta kod kupole i mješalice	200	25	80
Zona oblikovanja	200	25	80
Zona istresanja	200	25	80
Strojno kalupiranje	200	25	80
Ručno kalupiranje iz jezgre	300	25	80
Oblikovanje u kalupu pod pritiskom	300	25	80
Izrada modela	500	25	80

Legenda oznaka: Em(lx)-srednja horizontalna rasvijetljenost na radnoj površini; UGRL-faktor bliještanja, Ra-faktor uzvrata boje

Pravilna osvijetljenost radnog mjesta i prostora iznimno je važna s obzirom da se na taj način povećava sigurnost radnika i postižu pozitivni ekonomski učinci zbog povećane produktivnosti radnika.

Zračenje

Prema Zakonu o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti „Izvor ionizirajućeg zračenja jest svaki

uređaj, instalacija ili tvar koja proizvodi ili odašilje ionizirajuće zračenje, a koji nisu isključeni od primjene Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, uključujući i nuklearni materijal“.

Ljevaonice, kao ulazni proizvod često koriste metalni otpad te takvom oporabom materijala smanjuju negativno opterećenje okoliša. Tijekom taljenja, aditivi koji su potrebni za provedbu procesa lijevanja, prelaze u trosku ili mogu zaostati u talini. No, istraživanja pokazuju da takav metalni otpad može sadržavati i radioaktivne tvari. Izvori radioaktivnosti mogu dolaziti iz nuklearnih postrojenja, ali i iz industrije, kao i iz istraživačke djelatnosti. Najčešćim uzrokom smatra se korištenje radioaktivnih materijala u uređajima i strojevima (rendgen) te u kombinaciji s nepravilnim odlaganjem materijala ili strojeva i uređaja, pri čemu dolazi do potencijalne izloženosti radioaktivnim tvarima. Posljedice neodgovornog ponašanja imaju izrazito štetno djelovanje na ljude i okoliš. Stoga je izrazito važno, pravovremeno otkriti radioaktivne tvari u otpadu koji se oporabljuje u ljevaonicama. Iako istraživanjem nisu utvrđene značajne razine radioaktivnosti, određena količina radioaktivnih tvari je ipak prisutna u metalnom otpadu te je monitoring potreban kako ne bi došlo do povećanja koncentracije (*Lubenau et al., 1995., Sofilić et al., 2006., Sofilić et al., 2011.*).

PROCJENA RIZIKA I UPRAVLJANJE RIZICIMA U LJEVAONICAMA

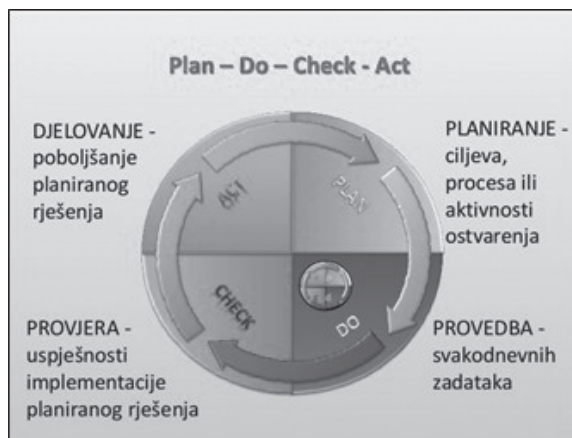
Upravljanje rizicima je proces koji se metodički provodi kroz sve segmente nekog poslovanja. Međutim, ne postoji jedna metoda za postizanje cilja osiguranja sustava procjene rizika na radnom mjestu. Ovisno o djelatnosti koja se evaluira, primjenjuje se metoda kojom će se postići najkvalitetniji rezultat. Europske smjernice za procjenu rizika ukazuju na nekoliko ključnih elemenata koje se bi se trebalo obuhvatiti procjenom rizika, a to su:

1. **Identifikacija opasnosti i ugroženih osoba** – promatranjem radnog procesa i sredstva rada nužno je uočiti sve rizike koji mogu uzrokovati ozljedu na radu, poremećaj u procesu rada te prisutnost osoba koje mogu biti izložene riziku.

2. **Procjena i određivanje prioriteta rizika** – određivanje prioriteta u skladu s opasnostima koje mogu nastati (veličina i vjerojatnost nastanka ozljede), prvenstveno se zaštićuje zdravlje radnika.
3. **Donošenje odluka o preventivnim mjerama** – u skladu s uočenim opasnostima nužno je rizik u potpunosti otkloniti ili svesti na najmanju moguću mjeru.
4. **Poduzimanje mjera** – primijeniti preventivne i zaštitne mjere u skladu s uočenim opasnostima.
5. **Praćenje i provjera** – zbog razvoja tehnologija nužno je osigurati praćenje i provjeravanje procjene rizika kako bi uvijek bila u skladu s procesom rada.

Naravno, vrsta postupka koji ćemo primijeniti te procjenjivanje rizika prvenstveno ovisi o prirodi radnog mjesta, vrsti radnog procesa (rad na normu, ponavljajući pokreti, nepovoljan položaj tijela), razvoju i primjeni nove tehnologije i slično.

Upravo je William Edwards Deming, pomoću metodologije koja se temelji na kontinuiranom poboljšavanju sustava, idealan primjer kako bi trebalo organizirati sustav procjene rizika unutar nekog radnog procesa ili organizacije. Naime, riječ je o poznatom PDCA krugu (eng. Plan-Do-Check-Act = planiranje-provedba-provjera-djelovanje) prikazanom na slici 5 (*Sigurnost hrane, Upravljanje kvalitetom*).



Slika 5. PDCA krug
Figure 5. PDCA circle

Metodičkim pristupom sustavu procjene rizika u području sigurnosti na radu, poslodavac osigurava visoku razinu zaštite zdravlja radnika, zaštite okoliša te time pospješuje svoje poslovanje. Također smanjeni su financijski gubitci koji nastaju na temelju potencijalnih ozljeda na radu i/ili zastoja u proizvodnom procesu. Organizacija takvim pristupom stječe reputaciju poželjnog poslodavca i podiže poslovni ugled na tržištu. Implementacija sustava upravljanja sigurnošću osigurava ispunjavanje svih zakonskih uvjeta iz područja zaštite na radu, zaštite od požara i zaštite okoliša.

S obzirom na brojne načine, metode i tehnike dostupne poslodavcima za prepoznavanje opasnosti i procjenu rizika na radnom mjestu, izbor pravilnog postupka/metode analize ima veliku važnost. Također važno je istaknuti da je u ožujku 2018. izdana norma ISO 45001; „*Occupational health and safety management systems*“ čiji je osnovni cilj i namjena uvođenje sustava upravljanja zaštitom zdravlja na radu kroz prevenciju ozljeda na radu i profesionalnih bolesti, te bolesti u svezi s radom, odnosno osiguravanje sigurnih i zdravih radnih mjesta (*Occupational health and safety*).

Norma ističe da je za neki radni proces (organizaciju) od ključne važnosti uklanjanje opasnosti i minimaliziranje rizika poduzimanjem učinkovitih preventivnih i zaštitnih mjera. Kada organizacija primjenjuje priznata pravila i mjere kroz svoj sustav upravljanja sigurnošću, posljedično dolazi do učinkovitijeg i djelotvornijeg radnog procesa, odnosno zdravog i sigurnog radnog mjesta.

Provedba sustava upravljanja sigurnosti na radu, koji je usklađen s normom ISO 45001, omogućuje organizaciji da upravlja svojim rizicima te poboljša svoje djelovanje na području sigurnosti pri radu, tj. pomaže organizaciji da ispuni svoje zakonske obaveze te poboljša sustav kvalitete.

U današnje vrijeme brzog razvoja tehnologije i usklađivanja tehnologija s postojećim procesima, može se zaključiti da ne postoji sigurno i zdravo radno mjesto u niti jednoj djelatnosti koja je poznata, već se govori samo o prihvatljivoj razini rizika. Sigurnost na radu i zaštitu zdravlja radnika može se osigurati isključivo ako se prepoznaju i uvažavaju sve okolnosti koje bi mogle do-

vesti do neželjene posljedice. U analizama rizika pozornost treba usmjeriti ne samo na tehnologiju procesa, već i na ljudski faktor, statodinamičke i psihofiziološke učinke u vezi s radom, poput radnih uvjeta, odnosa na poslu, sanitarnih uvjeta, osjetljivih skupina radnika, radnog opterećenja i sl., odnosno sprječavati mogućnosti nastanka prekomjernog fizičkog i psihičkog opterećenja ili stresa (*Praktična smjernica za procjenu rizika na radu, 2011.*).

Neovisno o djelatnosti koja se obavlja u nekoj organizaciji, poslodavac je obavezan utvrditi i obavljati poslove zaštite na radu u skladu sa Zakonom o zaštiti na radu, dostupnom tehnologijom i brojem osoba u organizaciji (posjetitelji, klijenti, dostavljači...). Procjena rizika je pisani dokument u kojem je navedena djelatnost organizacije, radna mjesta, sredstva rada te izloženost radnika opasnostima, štetnostima i naporima za svako radno mjesto unutar promatrane organizacije. Ukratko, Procjena rizika je neophodan osnovni dokument svake organizacije ako želi implementirati europski pristup sigurnosti na radu s ciljem sprječavanja nesreća na radu, profesionalnih bolesti i bolesti u svezi s radom.

Prema okvirnoj Direktivi EU 89/391/EEZ, analiza rizika podrazumijeva provođenje niza aktivnosti kako bi se utvrdile opasnosti, štetnosti i napori na radnom mjestu ili u svezi s radom, s ciljem procjene rizika od nastanka događaja koji za posljedicu ima ozljedu na radu, zagađenje okoliša ili oštećenje imovine uz jasno navedene mjere za sprječavanje neželjenih posljedica, kao i mjere poboljšanja (*Eur Lex.*)

Republika Hrvatska ulaskom u Europsku uniju obvezala se prilagoditi postojeće zakone europskoj regulativi, stoga su napravljene izmjene i dopune nacionalnog Zakona o zaštiti na radu te je danas uređeniji sustav sigurnosti na radnim mjestima.

Na temelju Zakona o zaštiti na radu, prihvaćen je Pravilnik o izradi procjene rizika koji propisuje uvjete, način i metode izrade Procjene rizika.

Svrha navedenog pravilnika je analiza poslovanja organizacije s težištem na procese i radna mjesta. Također pravilnik propisuje i minimalne

kompetencije stručnjaka kako bi se procjena rizika provela na neovisan i stručan način, a sve u svrhu osiguravanja kvalitetne analize unutar nekog sustava sigurnosti na radu.

Rizik se definira kao mogućnost nastanka nekog štetnog događaja i određenih posljedica koje proizlaze iz štetnog događaja, a mogu se iskazati kao ozljeda radnika, profesionalna i/ili bolest u svezi s radom, ali i šteta zbog zastoja u procesu rada i onečišćenja okoliša. Prihvatljivost rizika ovisi o djelatnosti, razini osviještenosti i implementaciji sustava sigurnosti pri radu. Upravo zbog brzog razvoja tehnologija, materijala i proizvodnih procesa, Procjena rizika nije generički dokument, odnosno mora se redovito ažurirati u skladu s uočenim opasnostima, štetnostima i naporima.

Na temelju Procjene rizika, u skladu s Matricom rizika (Tablica 5), radna mjesta svrstavaju se u nekoliko kategorija s obzirom na vjerojatnost nastanka neželjenog događaja te jačinu posljedica.

Tablica 5. Matrica rizika

Table 5. Risk matrix

Vjerojatnost	Veličina posljedica (štetnosti)		
	Malo štetno	Srednje štetno	Izrazito štetno
Malo vjerojatno	Mali rizik	Mali rizik	Srednji rizik
Vjerojatno	Mali rizik	Srednji rizik	Veliki rizik
Vrlo vjerojatno	Srednji rizik	Veliki rizik	Veliki rizik

Stručnom analizom mogućnosti nastanka neželjenih događaja osigurava se sigurnije radno mjesto, s obzirom da regulativa zahtijeva da je za uočene potencijalne rizike obavezno navesti mjere za uklanjanje ili smanjivanje opasnosti, poštujući prirodu radnog procesa. S obzirom da je za zaštitu na radu odgovoran poslodavac, poželjno je osigurati kvalitetne stručnjake iz područja zaštite na radu kako bi isti pravovremeno prepoznali opasnosti i u skladu s navedenom procijenili rizike te zajednički (uprava i stručnjak) usuglasili mjere za uklanjanje ili smanjivanje razine rizika prema Pravilniku o izradi procjene rizika.

Tablica 6. Analiza radnog mjesta ljevača s procjenom razine rizika od fizikalnih štetnosti**Table 6. Analysis of the foundry worker's workplace with an assessment of the level of risk of physical hazards**

Radno mjesto							
Ljevač							
OPASNOSTI, ŠTETNOSTI, NAPORI	VJEROJATNOST ŠTETNOG DOGAĐAJA			VELIČINA POSLJEDICA			RIZIK
	Malo vjerojatno	Vjerojatno	Vrlo vjerojatno	Malo štetno	Srednje štetno	Izrazito štetno	Procjena
3. FIZIKALNE ŠTETNOSTI							X
3.1. buka			x		x		Srednji rizik
3.1.1. kontinuirana buka		x		x			Mali rizik
3.1.2. diskontinuirana buka	x				x		Srednji rizik
3.1.3. impulsna buka	x			x			Mali rizik
3.1.4. ometajuća		x			x		Srednji rizik
3.2. vibracije			x		x		Srednji rizik
3.2.1. vibracije koje se prenose na ruke			x			x	Srednji rizik
3.2.2. vibracije koje se prenose na cijelo tijelo		x		x			Mali rizik
3.4. nepovoljni klimatski i mikroklimatski uvjeti			x		x		Srednji rizik
3.4.2. vrući okoliš			x			x	Veliki rizik
3.4.4. pojačano strujanje zraka		x		x			Mali rizik
3.4.6. česte promjene temperature		x			x		Srednji rizik
3.4.7. nepovoljni učinci umjetne ventilacije		x		x			Mali rizik
3.6.2. toplinsko zračenje			x			x	Veliki rizik
3.7. osvijetljenost		x			x		Srednji rizik
3.7.1. nedovoljna osvijetljenost		x				x	Srednji rizik
3.7.2. bliještanje		x			x		Srednji rizik
3.8. ostale fizikalne štetnosti		x		x			Mali rizik

U Tablici 6 prikazana je analiza radnog mjesta ljevača s procjenom razine rizika od fizikalnih štetnosti. Stavke fizikalnih štetnosti u Tablici 6 navedene su prema kategorizaciji iz Pravilnika o izradi procjene rizika. Iz podataka je vidljivo da je ljevač izložen malom riziku što se tiče kontinuirane i impulsne buke, vibracija koje se prenose na cijelo tijelo, pojačanog strujanja zraka, nepovoljnih učinaka umjetne ventilacije i ostalih fizikalnih štetnosti koje nisu obuhvaćene tablicom, dok je velikom riziku ljevač izložen pri vrućem okolišu i toplinskom zračenju. Za druge fizikalne štetnosti navedene u Tablici 6 procijenjeno je da je ljevač izložen srednjem riziku.

Sigurnost na radu i zaštita zdravlja radnika mogu se osigurati jedino na način da se uvažavaju sve okolnosti koje bi mogle dovesti do neželjenih posljedica. Prilikom analize rizika, potrebno je obratiti pozornost na ljudski faktor, mehaničke kvarove, nedostatak energenata potrebnih za ispravno funkcioniranje opreme, vremenske neprilike, terorizam i slično. Upravo je iz tog razloga nužno izabrati metodu za analizu rizika koja će pridonijeti poboljšanju sustava sigurnosti unutar organizacije.

U današnje vrijeme postoji niz metoda za analizu rizika, a metode koje se najčešće upotrebljavaju prilikom evaluacija rizika unutar organizacije su: ŠTO - AKO analiza (eng. What If analysis), HAZOP (eng. Hazard and Operability Study) – studija opasnosti i operativnosti, BIA (eng. Business Impact Analysis) – analiza utjecaja na poslovanje, FMEA (eng. Failure Mode and Effects Analysis) - analiza utjecaja i posljedica pogrešaka, FTA (eng. Failure Tree Analysis) – analiza pomoću stabla pogrešaka (Čičak, 2017.)

Svaka od navedenih analiza rizika temelji se na inženjerskim i operativnim metodama i primjenjiva je u proizvodnim procesima od jednostavnijih postrojenja do onih složenijih. Analiza rizika nije nikada završen proces, ali pridonosi kontroli rizika i svodi je na prihvatljivu ili podnošljivu razinu sigurnosti. Upravo iz navedenih razloga rezultati procjene rizika moraju udovoljiti kriterijima poput pouzdanosti, jednoznačnosti, objektivnosti i repetitivnosti, stoga su kroz godine razvijene različite metode (Šegudović, 2006.).

ZAŠTITA ZDRAVLJA I OKOLIŠA S ASPEKTA RADA U LJEVAONICAMA

Specifični radni procesi te pripadajuća radna mjesta u ljevaonicama zahtijevaju posebnu zdravstvenu sposobnost radnika, odnosno prethodne, periodičke i izvanredne zdravstvene preglede zbog izloženosti kemijskim, fizikalnim, biološkim štetnostima, mehaničkim i termičkim opasnostima, opasnostima od udara električne struje, opasnostima od požara i eksplozije te naporima koji mogu ugroziti njihovo zdravlje, njihov i/ili tuđi život, ali i izazvati materijalnu štetu. Radno mjesto ljevača izloženo je povećanom riziku od ozljeda na radu i razvoja profesionalnih bolesti bez obzira na sva primijenjena pravila sigurnosti na radu. Uvjeti za obavljanje poslova na takvim radnim mjestima definirani su Pravilnikom o poslovima s posebnim uvjetima rada, koji sadrži osnovne zahtjeve vezane za: dob života, spol, stručnu sposobnost, zdravstveno stanje i psihičku sposobnost. Uz zdravstvenu sposobnost radnika, s obzirom na proces koji se obavlja u ljevaonicama, osobna zaštitna sredstva primjenjuju se tijekom punog radnog vremena.

Radna sposobnost i zdravstveni pregledi

Radna sposobnost definirana je kao sposobnost radnika za obavljanje određenog posla uzevši u obzir specifične radne zahtjeve procesa, stručnu sposobnost i zdravstvenu sposobnost na temelju Zakona o zaštiti na radu. Cilj ocjene radne sposobnosti je prvenstveno očuvanje zdravlja radnika, sprječavanje nastanka invalidnosti, profesionalnih bolesti i bolesti povezanih s radom, kao i prevencija ozljeda na radu. Poslodavcima je ocjena radne sposobnosti radnika važna zbog pravilnog odabira radnika za pojedina radna mjesta i održavanja kontinuiteta procesa rada. Ako radnici rjeđe idu na bolovanja koja financijski opterećuju poslodavca, tada poslodavci ne moraju osigurati zamjenskog radnika te ne gube na prihodima zbog zastoja u proizvodnji. S obzirom da procjenu radne sposobnosti radnika obavlja specijalist medicine rada na temelju uputnice RA-1 (uputnica za utvrđivanje zdravstvene sposobnosti radnika) izdane od strane poslodavca, nužna je međusobna suradnja. Postoji nekoliko vrsta zdravstvenih pregleda na koje radnika upućuje poslodavac, a to su:

- Zdravstveni pregled – pregled specijalista medicine rada i sporta za donošenje ocjene radne sposobnosti za određeno radno mjesto.
- Prethodni zdravstveni pregled – klinički pregled i medicinska obrada prije zapošljavanja, odnosno raspoređivanja zaposlenika na nove poslove u cilju ocjene radne sposobnosti zaposlenika za predviđene radne zadatke.
- Periodični zdravstveni pregled – klinički pregled i medicinska obrada zaposlenika u određenim vremenskim intervalima zbog provjere, tj. ocjene radne sposobnosti za poslove koje zaposlenik obavlja.

Obveza zdravstvenih pregleda definirana je podzakonskim aktima koji reguliraju postupke za utvrđivanje radne sposobnosti i to: *Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada*, *Pravilnik o poslovima na kojima radnik može raditi samo nakon prethodnog utvrđivanja zdravstvene sposobnosti*, *Pravilnik o sadržaju, načinu i rokovima zdravstvenih pregleda noćnih radnika*.

Nakon zdravstvenog pregleda radnika upućenog od poslodavca, specijalist medicine rada izdaje uvjerenje o zdravstvenoj sposobnosti radnika s ocjenom radne sposobnosti: sposoban, privremeno nesposoban i nesposoban. Rezultat zdravstvenog pregleda ukazuje na dobru primjenu preventivnih mjera na mjestu rada ili iziskuje dodatne mjere za poboljšanje, ako dolazi do oštećenja zdravlja radnika pogotovo ako su radni uvjeti uzrok tom oštećenju. Zdravstveni pregledi radnika moraju se obavljati prije zapošljavanja na radno mjesto, pogotovo ako se rad obavlja na radnom mjestu s posebnim uvjetima rada, ali i periodički provjeravati kako bi se pratilo zdravstveno stanje osobe izložene rizicima radnog procesa

Osobna zaštitna oprema

Radno mjesto ljevača prema prirodi procesa svrstano je u poslove s posebnim uvjetima rada, stoga je nužno osigurati osobnu zaštitu opremu. Osnovna namjena osobne zaštitne opreme je omogućavanje obavljanja radnih zadataka u okolišu u kojem postoje opasnosti i štetnosti koje mogu uzrokovati ozljedu na radu. Osobna zaštitna oprema mora biti normirana u skladu sa

zahtjevima radnog procesa, a upotreba je regulirana zakonodavstvom Republike Hrvatske. Ako je osobna zaštitna oprema zadovoljila sve zahtjeve norme i ako se pravilno koristi, osigurava se prihvatljiva razina zaštite zdravlja radnika. Na slici 2 prikazano je zaštitno odijelo ljevača koje se sastoji od sigurnosnih naočala, zaštite za lice, kacige, zaštite za uši, jakne, pregače, rukavica, zaštite za noge, gamaša, a izrađeno je od aluminiziranog staklenog tkanja (*Precizni lijev*).

Ovakva vrsta osobne zaštitne opreme od aluminiziranog materijala odbija toplinsko zračenje od tijela radnika te također osigurava zaštitu od kapi talina i iskri.

Kako je već navedeno, tijekom procesa lijevanja javljaju se povišene razine buke, vibracije te kemijske štetnosti za koje je također nužno osigurati adekvatnu osobnu zaštitnu opremu. Dodatna osobna zaštitna oprema u ljevaonicama obuhvaća čepiće za zaštitu sluha, antivibracijske rukavice, polumasku s filtrom za zaštitu dišnih puteva itd. Dodatna zaštitna oprema koristi se i u drugim područjima nižeg rizika poput mehaničkih radionica. U prostorima nižeg rizika radnici nose radno odijelo otporno na plamen. Važnost nošenja ovakvih radnih odijela uvelike smanjuje mogućnost nastanka opeklina s obzirom da sintetički materijali gore ili se tope na visokoj temperaturi. Iako je u ljevaonicama povišena temperatura zbog prirode radnog procesa, osobna zaštitna oprema uzrokuje smanjenu pokretljivost, povećava osjećaj topline, no sprječava nastanak ozljeda i spašava život ako se pravilno koristi.

Zaštita okoliša

Metali su materijali koji se mogu reciklirati ili ponovno upotrijebiti za neku drugu svrhu, no u svojem kemijskom sastavu mogu sadržavati tvari koje nisu poželjne u procesu ili okolišu. Tijekom radnog procesa u ljevaonicama nastaju značajne količine otpada koje je nužno adekvatno zbrinuti u skladu s važećim zakonskim propisima. Pravnom legislativom utvrđene su mjere za sprječavanje ili smanjenje štetnog djelovanja otpada na zdravlje i okoliš uz mogućnost ponovnog korištenja (recikliranja) vrijednih svojstava otpada na temelju Zakona o zaštiti okoliša, Zakona o održivom gospodarenju otpadom i Zakona o

gospodarenju otpadom. Postupkom lijevanja nastaju i štetne prašine, dimovi i plinovi koji osim što mogu uzrokovati ozljedu radnika, mogu negativno utjecati na okoliš, stoga je nužno osigurati kvalitetnu ventilaciju prostora s adekvatnim filtrima koji bi sprječavali izlazak štetnih tvari u okoliš. Provedena istraživanja pokazuju da su u ljevaonicama radnici najčešće izloženi spojevima kao što su kristalni silicij, policiklički aromatski ugljikovodici (PAHS), formaldehid i prašine metala koje se smatraju najčešćim onečišćujućim tvarima u ljevaonicama. Kristalni silicij je dio pijeska koji se koristi u oblikovanju, miješanju i vibracijama koje nastaju tijekom operacije izrade kalupa. Koncentracija prašine u prostoru ovisi o načinu transportiranja materijala u procesu, obliku i veličini čestica te kemijskim svojstvima. Smanjenje koncentracije ovisi o korištenju ventilacijskih sustava kao tehničke zaštitne mjere sprječavanja povišene koncentracije onečišćujućih tvari u zraku. Onečišćeni zrak se u sustavu ventilacije treba pročistiti kako ne bi došlo do onečišćenja okoliša (Morteza et al., 2013.).

Dosadašnja istraživanja pokazuju da ljevaonice emitiraju štetne tvari te uzrokuju bolesti poput karcinoma i silikoze. U novije vrijeme ulaganje u sustave i održavanje ventilacije te sprječavanje širenja prašine u radnom okruženju smanjili su emisiju štetnih tvari od strane ljevaonica. Čestice prašine mikronske veličine imaju negativan učinak na čovjeka posebno na srce i pluća. Smanjenje koncentracije u industrijama omogućeno je korištenjem različitih vrsta filtra. Filtri za skupljanje čestica mogu biti od tkanine, elektrostatički filtri, mokri filtri i inercijski separatori (Krishnaraj, 2015.).

Najbolje raspoložive tehnike u proizvodnji metala

Tijekom posljednjih desetljeća sve stroži ekološki propisi natjerali su proizvodnu industriju na poduzimanje konkretnih koraka kako bi osigurali „zeleniju“ proizvodnju. Budući da ekonomski čimbenici imaju značajan utjecaj na metode koje će implementirati u proizvodnom procesu, najpoželjnije strategije prema „zelenijoj“ proizvodnji proizlaze iz kombinacije postignute koristi, ekoloških utjecaja i troškova implementacije. Najbolje raspoložive tehnike (NRT tehnike) mogu

uključivati zamjenu materijala, mjere za smanjenje potrošnje sirovina, energije i vode, oporabu/ponovnu uporabu procesnih ostataka ili tehnike na kraju proizvodnog procesa (tzv. „end-of-pipe“ tehnike). Zeleni pristup proizvodnom procesu donosi korist za okoliš, no veliko težište je na financijskom opterećenju koje donosi ovakva proizvodnja, odnosno tehnička izvedivost proizvodnje bez gubitka kvalitete konačnog proizvoda. Važan korak u proizvodnom procesu predstavlja ulazna sirovina i njezino podrijetlo te mogućnost ponovne uporabe ostataka iz procesa lijevanja. Literaturni podaci pokazuju da su najpozitivniji učinci na okoliš proizašli iz ponovne uporabe otpadnog pijeska i regeneracijom pijeska kroz smanjenje količine proizvedenog krutog otpada čak za 60–90 % (Yilmaz et al., 2014.). Održivi razvoj u ljevaonicama je itekako moguć, s obzirom da je metal materijal koji se može reciklirati. Važno je istaknuti da je stopa recikliranja u ljevaonicama vrlo visoka, odnosno novi metali često se proizvode uz niže operativne troškove, npr. ako se u procesu nalazi unos otpadnog metala ili korištenjem topline nastale prilikom procesa lijevanja za predgrijavanje ulazne sirovine. Za bakar, na primjer, sekundarno taljenje u usporedbi s primarnim ispušta 4 puta manje ugljičnog dioksida, troši 3 puta manje električne energije i 2,5 puta manje goriva za izgaranje. Međutim, potrebno je osigurati dodatna sredstva za recikliranje nekvalitetnih ostataka koji sadrže metal ili druge aditive potrebne u procesu, kako bi se zaštitio okoliš i dodatno poboljšala energetska učinkovitost (Yilmaz et al., 2014., *Best Available Techniques*, 2017.).

Kako bi se izabrao ekološki i ekonomski prihvatljiv postupak recikliranja mogu se koristiti računalom potpomognuti alati od kojih se ističu:

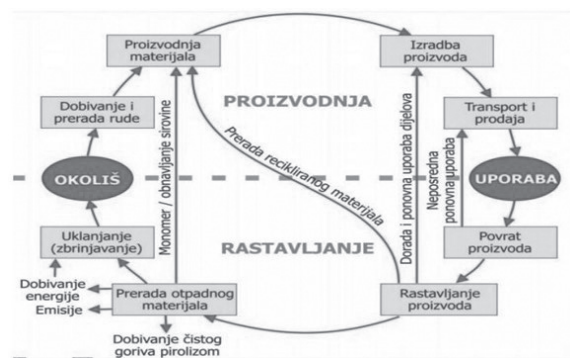
- modeliranje izdvajanja (eng. *Liberation modelling*),
- procjena životnog ciklusa (eng. *Life Cycle Assessment – LCA*),
- dizajn za održivost (eng. *Design for Sustainability*),
- upravljanje trajanja ciklusom (eng. *Life Cycle Management – LCM*).

Alati osiguravaju pregled trajanja proizvoda od ulazne sirovine, izrade i obrade proizvoda do uporabe proizvoda te nastanak otpada. Upravo se

takvim alatima omogućava identifikacija materijalnih i energetskih potreba proizvoda, njegovog otpada i/ili prekomjerne potrošnje materijala i energije u proizvodnji određenog proizvoda (Brodarac et al., 2022.).

Primjer dobre prakse prilikom recikliranja materijala prikazan je na slici 6 (Lučić, 2017.).

Posebnost recikliranja metala je da se mogu reciklirati bez gubitaka svojih važnih svojstava i gotovo neograničeno dugo. Stoga su recikliranje i uporaba metala od značajne važnosti za zaštitu prirodnih resursa, a time i ljudskog zdravlja.



Slika 6. Životni ciklus proizvoda

Figure 6. Product life cycle

ZAKLJUČAK

Metaloprerađivačka industrija ima ključnu ulogu u jačanju gospodarstva društva, temeljeno na činjenici da ljudi svakodnevno koriste proizvode proizašle iz ljevaonica. Ljevaonice svoje proizvode plasiraju u razne djelatnosti, prvenstveno u automobilsku industriju, ali i druge industrije koje se bave proizvodnjom pumpi, ventilatora i raznih drugih strojeva i alata.

U ovom radu prikazane su fizikalne štetnosti u ljevaonicama koje predstavljaju potencijalni rizik za zdravlje i sigurnost radnika te imaju značajan utjecaj na okoliš. Fizikalne štetnosti obuhvaćaju buku, osvjetljenost, vibracije, zračenje te mikroklimatske uvjete poput temperature, vlažnosti zraka, brzine strujanja zraka i tlaka zraka. Nažalost, prisutnost fizikalnih štetnosti u metaloprerađivačkoj industriji je izražena te osiguranje sigurnog i zdravog radnog mjesta, zbog prirode procesa proizvodnje, predstavlja izazov u implementaciji

mjera zaštite. Kako je u radu već prikazano, ekonomski čimbenici u ljevaonicama imaju značajan utjecaj na metode koje će se implementirati u proizvodnom procesu jer hrvatske ljevaonice, u pravilu, zapošljavaju mali broj radnika te nemaju osigurana značajna financijska sredstva za prilagođavanje procesa primjerima dobre prakse drugih zemalja članica Europske unije. Međutim, neosporna činjenica je da razvoj novih inovativnih tehnologija i primjena organizacijskih i tehničkih mjera smanjuje rizik od fizikalnih štetnosti i njihovih posljedica na prihvatljivu razinu. Daljnja istraživanja trebala bi obuhvaćati izradu studija utjecaja fizikalnih štetnosti na zdravstvene posljedice uzrokovane dugotrajnoj izloženosti, kako bi se preciznije odredile granice dopuštenih razina i prilagodile postojeće regulative, što je od iznimne važnosti za izradu kvalitetne procjene rizika.

Važno je istaknuti da zanemarivanjem sustava upravljanja sigurnošću u bilo kojoj organizaciji dolazi do direktnih i indirektnih troškova koji su mogli biti izbjegnuti primjenom neke od metoda prevencije rizika. Svaka organizacija može poboljšati svoju produktivnost bilo kroz smanjenje stope bolovanja uzrokovane neotklonjenim rizicima na radnom mjestu, kroz poboljšanje procesa rada i primijenjenih tehnologija.

Činjenica je da redoviti radni postupci u ljevaonicama predstavljaju značajan rizik za sigurnost i zdravlje zaposlenika i onečišćenje okoliša. Iz navedenog razloga ljevaonice i radni postupci prilikom proizvodnje odljevaka zahtijevaju kontinuirano praćenje radnika te je potrebno pronalaziti inovativnija rješenja za dostizanje prihvatljive razine rizika. Inovativnim rješenjima može se smatrati svaki postupak ili proces koji je usmjeren na poboljšanje automatizacije, digitalizacije, poboljšanje zaštitne opreme i prihvaćanje novih tehnologija u svrhu osiguravanja sigurnijih uvjeta rada. Upotreba robotskih i automatiziranih sustava u radnom okruženju smanjila bi potencijalne rizike u ljevaonicama poput izloženosti radnika opasnim uvjetima. Buduća istraživanja trebala bi obuhvatiti mjere sigurnosti na radnom mjestu koje su prilagođene manjim ljevaonicama s ograničenim izvorima financiranja, uključujući subvencije i porezne olakšice u svrhu poboljšanja sustava zaštite na radu. Također, preporuke za buduća istraživanja su analiziranje i prilagodba modela

upravljanja rizicima koji se koriste u tehnološki naprednijim ljevaonicama Europske unije te procjena mogućnosti njihove primjene u Hrvatskoj. Buduća istraživanja svakako bi trebala uključivati i češću analizu kombiniranih štetnih utjecaja, odnosno proučavati povezanost između nekoliko čimbenika koji pridonose pojavi raznih bolesti u ljevaonicama. Proučavanje i analiza obolijevanja zahtijeva kombinaciju medicinskih, epidemioloških i toksikoloških istraživanja, a češćim analizama omogućila bi se bolja identifikacija potencijalnih zdravstvenih rizika.

Svako djelovanje koje je protivno pravilima struke i važećoj legislativi može potencijalno izazvati neželjene posljedice, stoga je važan segment nadzor nad provedbom propisanih organizacijskih i tehničkih mjera. Kontinuiranim praćenjem rizika, prilagodbom radnih postupaka te osiguravanjem preventivnih mjera može se postići pozitivna promjena te osigurati zdravije radno mjesto.

LITERATURA

Air-componentsinc, dostupno na: <https://air-componentsinc.com/product/htc-11-4r/>, pristupljeno: 25.6.2024.

Analiza ozljeda na radu za 2020., dostupno na: <http://www.hzzsr.hr/wp-content/uploads/2021/05/Analiza-ozljeda-na-radu-za-2020.pdf>, pristupljeno: 30.5.2024.

Armstrong, T. J., Marshall, M. M., Martin, B. J., Foulke, J. A., Grieshaber, D. C., Malone, G.: Exposure to forceful exertions and vibration in a foundry, *International journal of industrial ergonomics*, 30, 2002., 163-179.

Best Available Techniques (BAT), Reference document for the non-ferrous metals industries, Industrial emissions directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), 2017.

Bolf, N.: Mjerenje i analiza vibracija, *Kemija u industriji*, 70, 2021., 1-2, 111-114.

Brodarac, Z. Z., Kožuh, S., Slokar, Lj.: *Recikliranje materijala*, predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2022.

Centar zaštite na radu, dostupno na: <https://centarznr.hr/osnovna-pravila-zastite-na-radu/>, pristupljeno: 25.5.2024.

Čičak, I.: *Metode procjene rizika*, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.

Doko Jelinić, J., Gorenc, M., Senta Marić, A.: Rasvjeta radnog okoliša u aluminijskoj industriji, *Sigurnost*, 52, 2010., 4, 381-386.

Eur Lex., dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:31989L0391&from=EN>, pristupljeno: 26.5.2024.

e-usmjeravanje, dostupno na: <https://e-usmjeravanje.hzz.hr/ljevac>, pristupljeno: 25.5.2022.

Framework, dostupno na: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/the-osh-framework-directive/the-osh-framework-directive-introduction>, pristupljeno: 30.5.2024.

Gomes, J., Lloyd, O., Norman, N.: The health of the worker in a rapidly developing country: effects of occupational exposure to noise and heat, *Occupational medicine*, 52, 2002., 53, 121-128.

Industrijska strategija Republike Hrvatske za 2014. - 2020., N.N., br. 126/14.

Krishnaraj, R.: *Foundry air pollution: hazards, measurements and control*, 2015., DOI: 10.1007/978-3-319-11906-9_9

Lubenau, J., Yusko, J.: Radioactive materials in recycled metals, *Health physics*, 68, 1995., 4, 440-451.

Lučić M.: *Postupci recikliranja stakla i keramike*, završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2017.

Ljevarstvo – proizvodni postupci, dostupno na: https://www.fsb.unizg.hr/atlantiss/upload/newsboard/15_02_2010__11943_ljevarstvo-proiz-post-2009.pdf, pristupljeno: 25.5.2024.

Ljevarstvo, dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/ljevarstvo/>, pristupljeno: 26.5.2024.

Manufacturing, dostupno na: https://www.3m.com.au/3M/en_AU/manufacturing-au/stories/full-story/?storyid=25e68eb2-9006-4876-9e12-0bd974822516, pristupljeno: 1.6.2024.

Morteza, M. M., Hossein, K., Amirhossein, M., Naser, H., Gholamhossein, H., Hossein, F.: Designing, construction, assessment, and efficiency of local exhaust ventilation in controlling crystalline silica dust and particles and Formaldehyde in a foundry industry plant, *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 64, 2013., 123-131.

Occupational health and safety, dostupno na: <https://www.iso.org/standard/63787.html>, pristupljeno: 21.4.2024.

Osvjetljenost, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=45822>, pristupljeno: 1.7.2024.

Praktična smjernica za procjenu rizika na radu, Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnosti na radu, Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranje, 2011.

Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša, N.N., br. 71/14., 118/14., 154/14. i 16/16, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_02_16_457.html, pristupljeno: 30.5.2024.

Pravilnik o izradi procjene rizika, N.N., br. 112/14. i 129/19., dostupno na: <https://uznr.mrms.hr/wp-content/uploads/propisi2/nacionalni/znr0041.pdf>, pristupljeno 26.5.2024.

Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka, N.N., br. 143/21., dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_12_143_2454.html, pristupljeno: 30.5.2024.

Pravilnik o poslovima na kojima radnik može raditi samo nakon prethodnog utvrđivanja zdravstvene sposobnosti, N.N., br. 70/10., dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_06_70_2127.html, pristupljeno: 23.1.2024.

Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada, N.N., br. 5/84., dostupno na: <http://hidra.srce.hr/arhiva/18/18255/www.hidra.hr/hidrarad/pobirac-upload/CD-1947-2000/023669.pdf>, pristupljeno: 30.5.2024.

Pravilnik o sadržaju, načinu i rokovima zdravstvenih pregleda noćnih radnika, N.N., br. 32/15., dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_03_32_669.html, pristupljeno: 23.4.2024.

Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada, N.N., br. 105/20, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_09_105_1965.html, pristupljeno: 30.5.2024.

Precizni lijev, dostupno na: <https://www.vrmetal.hr/precizni-lijev/>, pristupljeno: 26.5.2024.

Razina osvjetljenosti, dostupno na: <https://www.elteh.net/el-instalacije/rasvjeta/razine-osvjetljenosti.html>, pristupljeno: 26.6.2024.

Ribeiro, M. G, Filho, W. R. P.: Risk assessment of chemicals in foundries: The International Chemical Toolkit pilot-project, *Journal of hazardous materials*, A136, 2006., 432-437.

Rodahl, K.: Occupational health conditions in extreme environments, *Annals of occupational hygiene*, 47, 2003., 3, 241-252.

Sever, S.: *Fizikalne štetnosti*, IPROZ, Zagreb, 2009.

Sigurnost hrane, dostupno na: <https://sigurnosthrane.blogspot.com/2018/06/trebamo-puni-krug-za-dobrobit-graana.html>, pristupljeno: 21.4.2024.

Sofilić, T., Barišić, D., Sofilić, U., Živković, J.: Monitoring of radionuclides in carbon steel blooms produced by EAF process, *Journal of mining and metallurgy, Sect. B-Metall.*, 47, 2011., 2, 125-136.

Sofilić, T., Marjanović, T., Rastovčan – Mioč, A.: Potreba uvođenja nadzora radioaktivnosti u procesima proizvodnje čelika hrvatskih čeličana i ljevaonica, *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 57, 2006., 45-54.

Sofilić, T., Unkić, F.: Hazardous substances in foundries, *14th International Foundrymen Conference: Development and Optimization of the Castings Production Processes*, Opatija, 2014.

Svjetlo i rasvjeta-Rasvjeta radnih mjesta-1. dio: Unutrašnji radni prostori, HRN EN 12464-1:2021), dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/>

norm/HRN+EN+12464-1%3A2021, pristupljeno: 1.7.2024.

Šegudović, H.: *Prednosti i nedostaci metoda za kvalitativnu analizu rizika*, INFIGO, 2006, dostupno na: <https://dokumen.tips/documents/prednosti-i-nedostaci-metoda-za-kvalitativnu-analizu-rizika.html>, pristupljeno: 26.5.2022.

Tehnička enciklopedija, dostupno na: https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/mehanizacija_ljevaonica.pdf, pristupljeno: 25.5.2024.

Tehnički propis za građevinske konstrukcije, N.N., 17/17., 75/20., 7/22., dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_02_17_403.html, pristupljeno: 30.5.2024.

Upravljanje kvalitetom, dostupno na: <https://www.svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/948-pdca-krug>, pristupljeno: 21.4.2024.

Ustav RH, N.N., br. 56/90., 135/97., 8/98., 113/00., 124/00., 28/01., 41/01., 55/01., 76/01., 76/10., 85/10., 5/14., dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2010_07_85_2422.html, pristupljeno: 23.6.2024.

Yilmaz, O. et al: LCA as a decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting, *Journal of cleaner production*, 105, 2014., 1-11. DOI:10.1016/j.jclepro.2014.02.022

Zakon o gospodarenju otpadom: N.N., br. 84/21. i 142/23., dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/2848/zakon-o-gospodarenju-otpadom>, pristupljeno: 23.6.2024.

Zakon o održivom gospodarenju otpadom: N.N., br. 94/13., 73/17., 14/19., 98/19., dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_07_94_2123.html, pristupljeno: 23.6.2024.

Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, N.N., br. 141/13., 39/15., 130/17., 118/18.,

21/22. i 114/22., dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/289/Zakon-o-radiolo%C5%A1koj-i-nuklearnoj-sigurnosti>, pristupljeno: 26.6.2024.

Zakon o radu, N.N., br. 93/14., 127/17., 98/19., 151/22., 46/23., 64/23., dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/307/Zakon-o-radu>, pristupljeno: 23.4.2024.

Zakon o stažu osiguranja s povećanim trajanjem, N.N., br. 115/18., 34/21., dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_115_2234.html, pristupljeno: 25.5.2024.

Zakon o zaštiti na radu, N.N., br. 71/14., 118/14., 154/14., 94/14., 94/18., 96/18., dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/167/Zakon-o-za%C5%A1titi-na-radu>, pristupljeno: 23.4.2024.

Zakon o zaštiti okoliša, N.N., br. 80/13., 153/13., 78/15., 12/18., 118/18., dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/194/zakon-o-za%C5%A1titi-okoli%C5%A1a>, pristupljeno: 23.4.2024.

Zavalić, M.: *Program zaštite na radu na otvorenom*, Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost pri radu, 2016.

NOTE: The results of this work are integral parts of the bachelor/undergraduate thesis "Risk assessment of physical hazards in foundries"/"Procjena rizika od fizikalnih štetnosti u ljevaonicama" by student Ljiljana Srečec, M.Sc., which was awarded the best bachelor/undergraduate thesis in the field of safety and protection at work in 2022. The price was awarded by the Scientific and Professional Journal Sigurnost in cooperation with higher education institutions in the field of safety and protection in the Republic of Croatia, in accordance with the Regulations on Awarding Undergraduate and Graduate Theses in the Field of Safety and Protection, which entered into force in 2022.

RISK ASSESSMENT OF PHYSICAL HAZARDS IN FOUNDRIES

SUMMARY: Physical hazards include noise, vibrations, light, radiation and microclimatic conditions and can pose a potential risk to the health and safety of workers, but also to the environment. Nowadays, great efforts are made to reduce the risk of physical hazards and their consequences, but there are activities in which it is impossible to eliminate all risks. Foundries are closed spaces where evaporation, smoke, dust, noise, elevated temperatures occurred, workers work in a forced body position, manipulate with large and heavy objects, molten metal, which is resulting in great stress to the body. Unfortunately, jobs in foundries, due to the nature of the process itself, have unfavourable working conditions and are classified as jobs with special working conditions. Employees assigned to jobs with special working conditions are at potential risk of developing an occupational disease regardless of the use of personal protective equipment. In this paper the physical hazards that occur during work processes in foundries, with reference to other dangers, hazards and efforts encountered by employees during the metalworking process are discussed.

Key words: *risk assessment, physical hazards, foundries, working conditions*

*Review article
Received: 2025-01-24
Accepted: 2026-03-15*