

# Procjena rizika od fizikalnih štetnosti u ljevaonicama

---

Srećec, Ljiljana

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:115:750476>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET  
UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

Ljiljana Srećec

ZAVRŠNI RAD

Sisak, rujan 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

Ljiljana Srećec

Procjena rizika od fizikalnih štetnosti u ljevaonicama

ZAVRŠNI RAD

Voditelj:  
prof.dr.sc. Anita Begić Hadžipašić

Članovi povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada:

Predsjednik: prof.dr.sc. Zdenka Zovko Brodarac

Član: prof.dr.sc. Anita Begić Hadžipašić

Član: doc.dr.sc. Ivan Jandrlić

Zamjenski član: doc.dr.sc. Ivana Ivanić

Sisak, rujan 2022.

## *Zahvala*

*Zahvaljujem se voditeljici prof.dr.sc. Aniti Begić Hadžipašić na uloženom trudu i vremenu te savjetima prilikom izrade ovog završnog rada, kao i na svim riječima podrške tijekom mog studiranja.*

*Hvala svim nastavnicima koji su doprinijeli svojim trudom i radom, te uspješno prenesenim znanjem završetku jedne faze mog života.*

*Na kraju, najveće hvala mom suprugu Tomislavu, djeci Dominiku i Tei, te mojim roditeljima, sestri i bratu i ostaloj obitelji. Hvala vam na svekolikoj podršci, riječima ohrabrenja i veliko hvala što ste vjerovali u mene!*

IME: Ljiljana  
PREZIME: Srećec  
MATIČNI  
BROJ: BS-16/2019-i

Na temelju članka 19. stavak 2. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu dajem sljedeću

## IZJAVU O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj **završni** / diplomski / doktorski rad pod naslovom:

Procjena rizika od fizikalnih štetnosti u ljevaonicama

izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Sisak, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)

\_\_\_\_\_  
*Izrazi koji se koriste u ovoj Izjavi, a imaju rodno značenje, koriste se neutralno i odnose se jednako i na ženski i na muški rod*

## ***Procjena rizika od fizikalnih štetnosti u ljevaonicama***

### **SAŽETAK**

Fizikalne štetnosti obuhvaćaju zvuk, buku, vibracije, svjetlost, rasvjetu, 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 pobliže će se obraditi 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.

**Ključne riječi:** *fizikalne štetnosti, ljevaonice, uvjeti rada*

## ***Risk assessment of physical hazards in foundries***

### **ABSTRACT**

Physical hazards include sound, noise, vibrations, light, lighting, 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:** *physical hazards, foundries, working conditions*

# SADRŽAJ

Popis slika .....	IV
Popis tablica .....	V
Popis oznaka, kratica i pokrata .....	VI
1. UVOD .....	1
2. UPRAVLJANJE RIZICIMA .....	2
3. PROCJENA RIZIKA .....	3
3.1. Pravilnik o izradi procjene rizika .....	4
3.2. Metode procjene rizika .....	5
4. METALOPRERAĐIVAČKA INDUSTRIJA .....	7
4.1. Općenito o metaloprađivačkoj industriji .....	7
4.2. Ljevaonice i uvjeti rada .....	7
4.3. Opasnosti, štetnosti i naponi u ljevaonicama .....	8
5. FIZIKALNE ŠTETNOSTI .....	9
5.1. Mikroklimatski čimbenici .....	10
5.1.1. Toplinski čimbenici .....	11
5.1.2. Kemijski čimbenici .....	12
5.2. Buka .....	13
5.3. Vibracije .....	15
5.4. Osvjetljenost .....	16
5.5. Zračenje .....	17
6. ZAŠTITA ZDRAVLJA I OKOLIŠA .....	18
6.1. Radna sposobnost i zdravstveni pregledi .....	18
6.2. Osobna zaštitna oprema .....	19
6.3. Zaštita okoliša .....	20
6.4. Najbolje raspoložive tehnike u proizvodnji metala .....	21
7. ZAKLJUČAK .....	23
8. LITERATURA .....	24
ŽIVOTOPIS .....	27

## Popis slika

Slika 1. PDCA krug [5].....	2
Slika 2. Okolnosti koje utječu na sustav sigurnosti na radu [7].....	4
Slika 3. Shematski prikaz procesa u ljevaonicama [14] .....	8
Slika 4. Prikaz radnih postupaka u ljevaonicama [18,19].....	9
Slika 5. Podjela mikroklimatskih čimbenika u ljevaonicama .....	10
Slika 6. Shematski prikaz faktora koji uzrokuju toplinski stres i dovode.....	12
Slika 7. Ručni alat u ljevaonicama [32-35].....	15
Slika 8. Osobna zaštitna oprema ljevača - aluminizirano odijelo [18] .....	19
Slika 9. Dodatna osobna zaštitna oprema .....	20
Slika 10. Životni ciklus proizvoda [56] .....	22



## Popis tablica

Tablica 1. Matrica rizika .....	5
Tablica 2. Metode procjene rizika [10] .....	6
Tablica 3. Prikaz mikroklimatskih uvjeta u ljevaonici [25] .....	11
Tablica 4. Razine buke na pojedinim radnim mjestima u ljevaonici [25] .....	13
Tablica 5. Dozvoljene razine buke u otvorenom prostoru [29] .....	14
Tablica 6. Prosječno vrijeme korištenja alata i ocjena vibracija .....	16
Tablica 7. Razina osvjetljenosti prema EN 12464 u ljevaonici i oblikovanju metala [38] ....	17

## Popis oznaka, kratica i pokrata

PDCA	eng. <i>Plan – do – check – act circle</i> – planiraj – provedi – provjeri – djeluj krug
HAZOP	eng. <i>Hazard and Operability Study</i> – studija opasnosti i operativnosti
BIA	eng. <i>Business Impact Analysis</i> – analiza utjecaja na poslovanje
FMEA	eng. <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> - analiza utjecaja i posljedica pogrešaka
FTA	eng. <i>Failure Tree Analysis</i> – analiza pomoću stabla pogrešaka
STL	sigurnosno - tehnički list
$L_{R,Aeq}$	ekvivalentna razina buke
$L_{day}$	dnevna razina buke
$L_{evening}$	večernja razina buke
$L_{night}$	noćna razina buke
$L_{den}$	razina buke za cjelodnevno razdoblje „dan-večer-noć“
A(8)	dopuštena vrijednost dnevne izloženosti vibraciji, 8 – satno vrijeme
$E_{m(lx)}$	srednja horizontalna rasvjetljenost na radnoj površini
UGRL	faktor bliještenja
Ra	faktor uzvrata boje
NRT	najbolje raspoložive tehnike

## 1. 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 obavezni temeljem važećeg propisa provoditi opća načela prevencije zaštite na radu koja obuhvaćaju:

- uklanjanje rizika po sigurnost i zdravlje zaposlenika,
- procjenjivanje preostalog rizika koji nije moguće otkloniti primjenom osnovnih pravila zaštite na radu,
- suzbijanje opasnosti na mjestu nastanka kako bi spriječili ugrozu po sigurnosti 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 upotrebljavanje osobnih zaštitnih sredstava.

Obzirom na razvoj tehnologije i materijala te uočavanja problema onečišćenja okoliša, kao i zaštite ljudskog zdravlja, poslodavci ulažu dodatne napore kako bi svoje poslovanje učinili „zelenim“. Promjeni stava pridonijeli su nacionalni 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 pažnju treba posvećivati zaštiti zdravlja ljudi, prirode i ljudskog okoliša [1]. 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 temeljem 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 [2]. 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 [3].

Ovim radom obuhvatit će se mali dio područja sigurnosti pri radu, očuvanja okoliša i zaštite ljudskog zdravlja kroz procjenu rizika fizikalnih štetnosti u djelatnosti proizvodnje metala, odnosno u ljevaonicama metala.

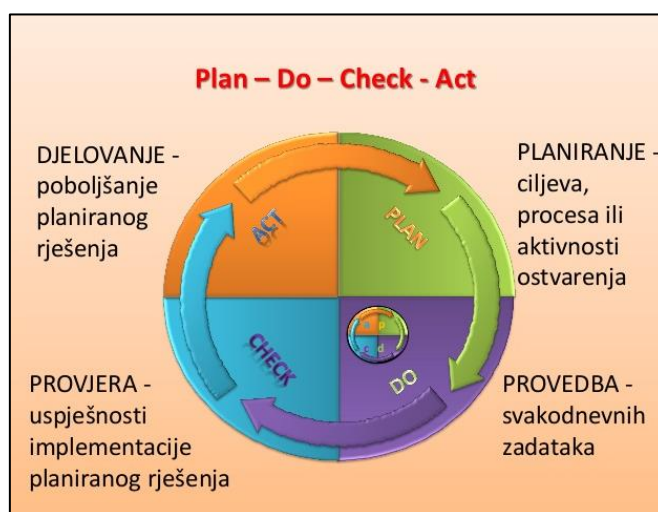
## 2. UPRAVLJANJE RIZICIMA

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 koju evaluiramo, primjenjujemo metodu kojom ćemo postići najkvalitetniji rezultat. Europske smjernice za procjenu rizika ukazuju na nekoliko ključnih elemenata koje bi trebali 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 koji mogu biti izloženi riziku.
2. **Procjena i određivanje prioriteta rizika** – određivanje prioriteta sukladno opasnosti 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 sukladno 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 prikazanom na slici 1 [4].



Slika 1. PDCA krug [5]

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 temeljem 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.

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 [6]. 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.

### **3. PROCJENA RIZIKA**

U današnje vrijeme brzog razvoja tehnologije i usklađivanja tehnologija s postojećim procesima, možemo zaključiti da ne postoji sigurno i zdravo radno mjesto u niti jednoj djelatnosti koju poznajemo, već govorimo samo o prihvatljivoj razini rizika. Sigurnost na radu i zaštitu zdravlja radnika možemo osigurati isključivo ukoliko prepoznamo i uvažimo sve okolnosti koje bi mogle dovesti do neželjene posljedice. U analizama rizika pozornost treba usmjeriti ne samo na tehnologiju procesa, već i na ljudski faktor, statodinamičke i psihofiziološke učinke vezane uz rad, odnosno sprječavati mogućnosti nastanka prekomjernog fizičkog i psihičkog opterećenja ili stresa (slika 2).



Slika 2. Okolnosti koje utječu na sustav sigurnosti na radu [7]

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 ukoliko 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 naponi 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 [8].

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 danas imamo uređeniji sustav sigurnosti na radnim mjestima.

### 3.1. Pravilnik o izradi procjene rizika

Temeljem Zakona o zaštiti na radu, usvojen je Pravilnik o izradi procjene rizika koji propisuje uvjete, način i metode izrade Procjene rizika [9]. Svrha navedenog pravilnika je analiza poslovanja organizacije s naglaskom 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 definiramo 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 zagađenja 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 sukladno uočenim opasnostima, štetnostima i naporima [9].

Temeljem Procjene rizika, sukladno Matrici rizika (tablica 1), radna mjesta svrstavamo u nekoliko kategorija obzirom na vjerojatnost nastanka neželjenog događaja te jačinu posljedica.

Tablica 1. Matrica rizika

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, obzirom da regulativa zahtijeva da za uočene potencijalne rizike obavezno je navesti mjere za uklanjanje ili smanjivanje opasnosti, poštujući prirodu radnog procesa. 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 sukladno navedenom procijenili rizike te zajednički (uprava i stručnjak) usuglasili mjere za uklanjanje ili smanjivanje razine rizika [9].

### 3.2. Metode procjene rizika

Sigurnost na radu i zaštitu zdravlja radnika možemo osigurati jedino na način da uvažimo 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 prikazanih u tablici 2 [10].

Tablica 2. Metode procjene rizika [10]

Metode procjene rizika	Opis metode
<p><b>ŠTO - AKO analiza</b> (<i>What If analysis</i>)</p>	<p>Provedbom metode analiziraju se poznati rizici i opasnosti, dosadašnje iskustvo i incidenti, poznate i postojeće mjere i kontrole, regulatorni zahtjevi i ograničenja. Ova metoda koristi iskustvo radnika koje uključuje aktivno u svoju analizu, ali je potrebna i interdisciplinarnost ispitivača obzirom na sve moguće potencijalno ugrožavajuće scenarije. No upravo to može biti i nedostatak ove metode obzirom da je za istu potrebno iskustvo i znanje uključenih dionika. Međutim metoda što – ako je lako prilagodljiva bilo kojoj vrsti procesa, brza, ali iz toga razloga neki potencijalni rizici mogu biti i izostavljeni.</p>
<p><b>HAZOP</b> (<i>Hazard and Operability Study</i>) – studija opasnosti i operativnosti</p>	<p>Predstavlja strukturiran i sustavni pregled budućih ili postojećih proizvoda, procesa, postupaka ili sustava. Metoda identificira rizike za ljude, radnu opremu, okoliš i organizacijske ciljeve. Cilj ove metode je pružanje rješenja za pojedinačni rizik, odstupanja, moguće uzroke, aktivnosti koje je potrebno provesti za eliminaciju identificiranih problema te osobe odgovorne za djelovanje.</p>
<p><b>BIA</b> (<i>Business Impact Analysis</i>) – analiza utjecaja na poslovanje</p>	<p>Analiza utjecaja na poslovanje prikazuje utjecaj poremećaja na poslovanje organizacije i identificira te kvantificira ključne upravljačke sposobnosti. Cilj ove metode je izvještaj potencijalnih rizika koji predstavljaju opasnost za organizaciju.</p>
<p><b>FMEA</b> (<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>) - analiza utjecaja i posljedica pogrešaka</p>	<p>Analitička metoda zasnovana na sustavu grešaka i rizika te pridonosi boljem funkcioniranju i produktivnosti organizacije. Analizom procesa otkriva potencijalne nedostatke, njihove uzroke i posljedice. Tijekom proizvodnog procesa identificiraju se greške u dijelovima sustava, načini sprječavanja pogrešaka, mehanizmi nastanka kvara. Cilj ove metode je odabir najboljeg proizvodnog procesa, ali se i dalje usavršava sa svrhom postizanja minimalnog rizika te maksimalne sigurnosti.</p>
<p><b>FTA</b> (<i>Failure Tree Analysis</i>) – analiza pomoću stabla pogrešaka</p>	<p>Stablo pogrešaka predstavlja analizu neželjenog stanja sustava na temelju niza. Koristi se u svrhu iznalaženja načina kojima se smanjuju rizici na područjima raznih industrija. Analizom stabla pogrešaka otklanjaju se pogreške i uzroci nastanka pogrešaka, ukazuje na sukladnost sustava sa sigurnošću i njenim zahtjevima, nadgleda i kontrolira sigurnosnu sukladnost sustava koji su složeni, a funkcionira kao metoda kojom se prepoznaju i ispravljaju uzroci mogućih događaja. Osim pozitivnog učinka, ova metoda ima i nedostatke, jer je izrazito zahtjevna, statična i koristi ulazne podatke koji su nesigurni kod korištenja za sustave koji zahtijevaju veliku pouzdanost.</p>

Svaka od navedenih analiza rizika temelji se na inženjerskim i operativnim metodama i primjenjiva je u proizvodnim procesima od jednostavnijih postrojenja do onih složenijih. Također, bitno je naglasiti da su navedene metode samo mali dio prihvaćenih metoda za procjenu rizika, dok je u tablici 2 prikazan popis metoda koje se najčešće upotrebljavaju prilikom evaluacija rizika unutar organizacije. Analiza rizika nije nikada završen proces, ali doprinosi 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 [11].



## **4. METALOPRERAĐIVAČKA INDUSTRIJA**

### **4.1. Općenito o metaloprerađivačkoj industriji**

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 praha (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 promatrat ćemo 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 sukladno 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 [12].

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

U ovom radu поближе će se obraditi 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.

### **4.2. Ljevaonice i uvjeti rada**

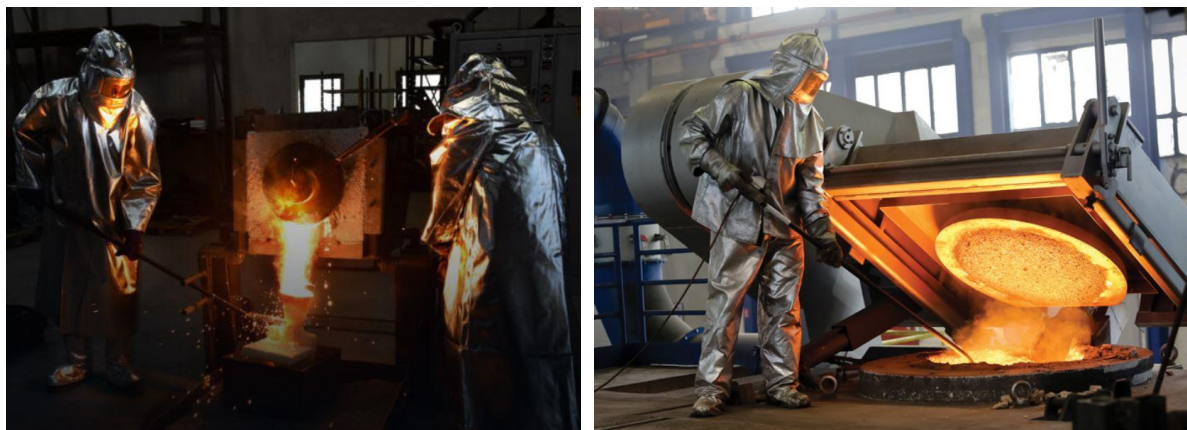
Ljevaonice kao sirovinu za rad koriste željezne i neželjezne legure te ih preoblikuju u proizvode ili poluproizvode pomoću lijevanja i skrućivanja rastaljenog metala ili legure u kalupu. Ljevaonice možemo svrstati u „uslužne“ djelatnosti obzirom da se proizvodi ili poluproizvodi nastali lijevanjem koriste u automobilske 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 aluminijskih i magnezijevih legura kako bi bile u skladu s novih zahtjevima tržišta.



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 [16].

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 4). 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 naponi predstavljaju opterećenja kojima su radnici izloženi te mogućem razvoju bolesti koštano – mišićnog sustava. Statodinamički naponi pojavljuju se pri ručnom rukovanju teretima, obavljanju ponavljajućih zadataka i statičkom naporu (dugotrajno stajanje). 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) [17].



Slika 4. Prikaz radnih postupaka u ljevaonicama [18,19]

## 5. FIZIKALNE ŠTETNOSTI

U fizikalne štetnosti koje mogu predstavljati potencijalni rizik za zdravlje i sigurnost radnika, a mogu utjecati i na okoliš, svrstavaju se zvuk, buka, mehaničke vibracije, svjetlost, rasvjeta, zračenja i mikroklima. U današnje doba, razvojem novih inovativnih tehnologija, 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. Upravo iz navedenih radnih uvjeta proizlazi pravo radnika na staž s povećanim trajanjem („*beneficirani radni staž*“) [16].

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*“ [20]. 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 [21]. 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 temeljem Pravilnika o poslovima s posebnim uvjetima rada, provoditi obavezne zdravstvene preglede za izložene zaposlenike [22]. 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.

### 5.1. Mikroklimatski čimbenici

Mikroklimatskim uvjetima smatramo stanje zraka u prostoru koje je uvjetovano temperaturom, vlažnošću zraka, strujanjem zraka, toplinskim zračenjem i zračnim tlakom. 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 [20,23].

Mikroklimatski čimbenici u ljevaonicama prikazani su na slici 5. U ljevaonicama, obzirom na procese opisane u poglavlju 4. Metaloprerađivačka industrija, prisutna je izrazito nepovoljna mikroklima.



Slika 5. Podjela mikroklimatskih čimbenika u ljevaonicama

Ispitivanje mikroklimatskih uvjeta obavlja se prije stavljanja radnog prostora u funkciju i minimalno svake dvije godine. Ispitivanja radnog okoliša mogu obavljati samo ovlaštene ustanove koje sastavljaju zapisnik o ispitivanju i dostavljaju zaključak u kojem navode jesu li zadovoljeni propisani uvjeti, te ukoliko je potrebno navode potrebne mjere poboljšanja. Uređaj pomoću kojih se obavlja ispitivanje je multifunkcionalni uređaj koji u sebi ima integrirane senzore tlaka, brzine strujanja zraka, temperature i vlažnosti zraka.

### 5.1.1. Toplinski čimbenici

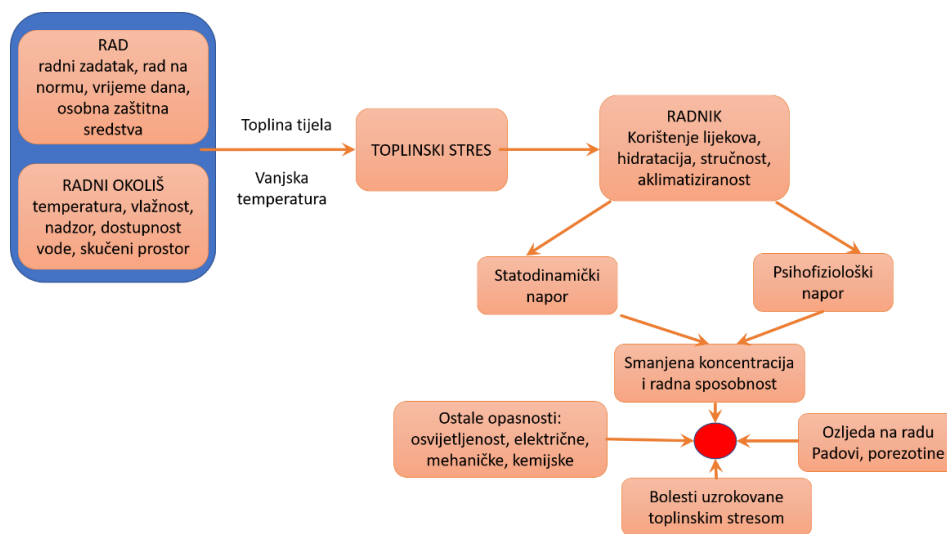
Zagrijavanje metala u pećima i rastaljeni metal u ljevaonici stvaraju izuzetno visoke temperature u radnom okruženju. Zagrijavanje kalupa i jezgri, predgrijavanje lonca i toplinska obrada metalnih odljevaka stvaraju dodatne izvore topline. Radnici koji rade na peći ili loncu i oni koji rade s rastaljenim 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 dokazuju 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 [24]. 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, ukoliko je izloženost takvim uvjetima zanemarena. U tablici 3 prikazani su mikroklimatski uvjeti u pojedinim fazama rada ljevaonica [25].

Tablica 3. Prikaz mikroklimatskih uvjeta u ljevaonici [25]

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

Brzina strujanja zraka izravno utječe na toplinsku udobnost radnika. U Pravilniku o zaštiti na radu za mjesta rada definirano je slijedeće: “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” [23]. 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 3 te je jedan od važnih elemenata mikroklimatskih uvjeta o kojima ovisi kako će se radnik osjećati na radnom mjestu. Temeljem podataka iz tablice 3 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 6). Jedna od korištenih 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 [26].



Slika 6. Shematski prikaz faktora koji uzrokuju toplinski stres i dovode do ozljede na radu [26]

### 5.1.2. 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/odmašćivanja samog uložnog materijala. Na uložnom materijalu se mogu nalaziti masti, ulja, polimerni materijali, boje lakovi i/ili korozijski produkti. Uobičajeno je korištenje 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 [27,28].

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 naglasiti da izloženost mikroklimatskim čimbenicima čini potencijalan uzrok raznim oboljenjima, 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.

## 5.2. 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 [29]. Kao i kod ostalih fizikalnih štetnosti, nastanak neželjenih posljedica ovisi o intenzitetu, visini, trajanju, isprekidanosti ili kontinuitetu zvuka i osjetljivosti samog pojedinca. Direktna posljedica prekomjerne buke za ljudski organizam očituju se kroz naglušost, gubitak sluha, šumove u uhu i razne probleme vezane za komunikaciju. 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 obzirom na procese koji se u njoj odvijaju uz pomoć sredstva rada poput peći za taljenje i lijevanje, raznih dizalica, kranova i drugih strojeva. U tablici 4 prikazane su razine buke na pojedinim radnim mjestima u ljevaonici [25].

Tablica 4. Razine buke na pojedinim radnim mjestima u ljevaonici [25]

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

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

Obzirom na značajnu razinu buke koja se odvija 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. Zakonskim aktima propisane su maksimalno dopuštene granice razine buke u otvorenom prostoru, tablica 5 [29].

Tablica 5. Dozvoljene razine buke u otvorenom prostoru [29]

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenjske razine buke $L_{R,Aeq}$ / dB(A)			
		$L_{day}$	$L_{evening}$	$L_{night}$	$L_{den}$
1.	Zona zaštićenih tihih područja namijenjena odmoru i oporavku uključujući nacionalni park, posebni rezervat, park prirode, regionalni park, spomenik prirode, značajni krajobraz, park-šuma, spomenik parkovne arhitekture, tiha područja izvan naseljenog područja	50	45	40	50
2.	Zona namijenjena stalnom stanovanju i/ili boravku, tiha područja unutar naseljenog područja	55	55	40	56
3.	Zona mješovite, pretežito stambene namjene	55	55	45	57
4.	Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem, s povremenim stanovanjem, pretežito poljoprivredna gospodarstva	65	65	50	66
5.	Zona gospodarske namjene pretežito zanatske. Zona poslovne pretežito uslužne, trgovačke te trgovačke ili komunalno-servisne namjene. Zona ugostiteljsko turističke namjene uključujući hotele, turističko naselje, kamp, ugostiteljski pojedinačni objekti s pratećim sadržajima. Zone sportsko rekreacijske namjene na kopnu uključujući golf igralište, jahački centar, hipodrom, centar za zimske sportove, teniski centar, sportski centar – kupališta. Zone sportsko rekreacijske namjene na moru i rijekama uključujući uređena kupališta, centre za vodene sportove. Zone luka nautičkog turizma uključujući sidrište, odlagalište plovni objekata, suha marina, marina.	65	65	55	67
6.	Zona gospodarske namjene pretežito proizvodne industrijske djelatnosti. Zone morskih luka državnog značaja na bitne djelatnosti, zone morskih luka osobitog međunarodnog gospodarskog značaja, zone morskih luka županijskog značaja. Zone riječnih luka od državnog i županijskog značaja.	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.			

\*legenda oznaka:  $L_{R,Aeq}$  – ekvivalentna razina buke,  $L_{day}$  – dnevna razina buke,  $L_{evening}$  – večernja razina buke,  $L_{night}$  – noćna razina buke,  $L_{den}$  - cjelodnevno razdoblje „dan-večer-noć“

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 obuhvaćaju [30]:

- a) 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,
- b) organizacijsko – tehničke mjere: obuhvaćaju korištenje strojeva sa smanjenom razinom buke, redovito servisiranje, automatizaciju procesa,
- c) građevinsko – planske mjere: obuhvaćaju pravilno raspoređivanje objekata i tehnoloških procesa, prostorno odvajanje buke i radnih mjesta,
- d) tehničke mjere: primjenjuju se na bilo kojem dijelu izvora buke, a obuhvaćaju konstrukcijske zahvate, zamjena operacija povišene razine s onima smanjene razine buke, izolacijom, prigušivanjem i slično.

### 5.3. 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 polovica 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 7. Obzirom na karakteristike navedenih alata dolazi do opterećenja mišića, pogotovo gornjih ekstremiteta i ramena, dolazi do ponavljajućih pokreta ruku te su značajnim vibracijama izloženi šake i ruke [31].



a) brusilica



b) čekić za ljuštenje



c) *inline* čekić



d) čekić za usitnjavanje

Slika 7. Ručni alat u ljevaonicama [32-35]

U tablici 6 prikazane su prosječne vrijednosti korištenja alata i ocjene vibracija na radnike koji koriste navedene ručne alate tijekom redovnog radnog vremena [31].

Tablica 6. Prosječno vrijeme korištenja alata i ocjena vibracija

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

Istraživanja su dokazala 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 [31].

Vibracije se najčešće mjere akcelerometrom koji radi na principu mjerenja ubrzanja, a izlaz mu je naponski signal koji se prikazuje u mjernoj jedinici m/s<sup>2</sup>. Akcelerometri se postavljaju direktno na element stroja koji vibrira poput ležajeva kotrljajućih elemenata, prijenosnika ili lopatica. Za mjerenje vibracija mogu se upotrijebiti i senzori pomaka, odnosno blizine (engl. displacement, proximity probe), a oni rade kao nekontaktne pretvornici koji mjere udaljenost prilikom vibracija. Primjenom ergonomskih mjera pri dizajniranju alata i strojeva, zamjenom alata/strojeva koji prouzrokuju prevelike vibracije, redovitim održavanjem alata/strojeva može se umanjiti štetan utjecaj na organizam [36].

#### 5.4. Osvijetljenost

Prema definiciji, „*osvijetljenost je količina svjetla koja pada na određenu površinu u određenom vremenu, a mjeri se u luksima (lx)*“ [37]. 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. Ukoliko je osvjetljenje 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 [38].

Prema normi HRN EN 12464-1:2021, *Rasvjeta radnih mjesta, unutrašnji radni prostori*, posebnu pozornost treba posvetiti izbjegavanju nastanka direktnog i indirektnog bliještanja te kvalitetnom prikazu boje predmeta. Norma HRN EN 12464, omogućava izračunavanje faktora bliještanja sukladno 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 7 prikazane su vrijednosti osvijetljenosti u ljevaonicama [39].

Tablica 7. Razina osvijetljenosti prema EN 12464 u ljevaonici i oblikovanju metala [39]

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 kalupovanje	200	25	80
Ručno kalupovanje iz jezgre	300	25	80
Oblikovanje u kalupu pod pritiskom	300	25	80
Izrada modela	500	25	80

\*Legenda oznaka: *Em(lx)*-srednja horizontalna rasvjetljenost na radnoj površini; *UGRL*-faktor bliještenja, *Ra*-faktor uzvrata boje

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

## 5.5. Zračenje

„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“ [40]. 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, 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 [41-43].

## **6. ZAŠTITA ZDRAVLJA I OKOLIŠA**

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, 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 definirana 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, obzirom na proces koji se odvija u ljevaonicama, osobna zaštitna sredstva primjenjuju se tijekom punog radnog vremena [22].

### **6.1. Radna sposobnost i zdravstveni pregledi**

Radna sposobnost je definirana kao sposobnost radnika za obavljanje određenog posla uzevši u obzir specifične radne zahtjeve procesa, stručnu sposobnost i zdravstvenu sposobnost [3]. Cilj ocjene radne sposobnosti je prvenstveno očuvanje zdravlja radnika, sprečavanje 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. Ukoliko 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. Obzirom da procjenu radne sposobnosti radnika obavlja specijalist medicine rada na temelju Uputnice RA-1 izdane od strane poslodavca, nužna je međusobna suradnja. Postoji nekoliko vrsta zdravstvenih pregleda na koje radnika upućuje poslodavac, a to su:

- a) Zdravstveni pregled – pregled specijalista medicine rada i sporta za donošenje ocjene radne sposobnosti za određeno radno mjesto.
- b) 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.

- c) Periodični zdravstveni pregled – klinički pregled i medicinska obrada zaposlenika u određenim vremenskim intervalima radi provjere, tj. ocjene radne sposobnosti za poslove koje zaposlenik obavlja.

Obaveza zdravstvenih pregleda definirana je podzakonskim aktima koji reguliraju postupke za utvrđivanje radne sposobnosti. 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, ukoliko 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 [22,44,45].

## 6.2. 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 sukladno zahtjevima radnog procesa, a upotreba je regulirana zakonodavstvom Republike Hrvatske. Ukoliko je osobna zaštitna oprema zadovoljila sve zahtjeve norme i ukoliko se pravilno koristi, osigurava se prihvatljiva razina zaštite zdravlja radnika. Na slici 8 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 [18].



Slika 8. Osobna zaštitna oprema ljevača - aluminizirano odijelo [18]

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 navedeno u prethodnim poglavljima, 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 prikazana je na slici 9.



a) čepići za zaštitu sluha [46]



b) antivibracijske zaštitne rukavice [47]



c) polumaska s filterom za zaštitu dišnih puteva [48]

Slika 9. Dodatna osobna zaštitna oprema

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 opekline 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 ukoliko se pravilno koristi.

### 6.3. Zaštita okoliša

Metali su materijali koji se mogu reciklirati ili ponovno upotrijebiti za neku drugu svrhu, no u svom 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 sukladno 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 [49,50].

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 filterima 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 se odvijaju 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 [51].

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 filtera. Filteri za skupljanje čestica mogu biti od tkanine, elektrostatički filteri, mokri filteri i inercijski separatori [52].

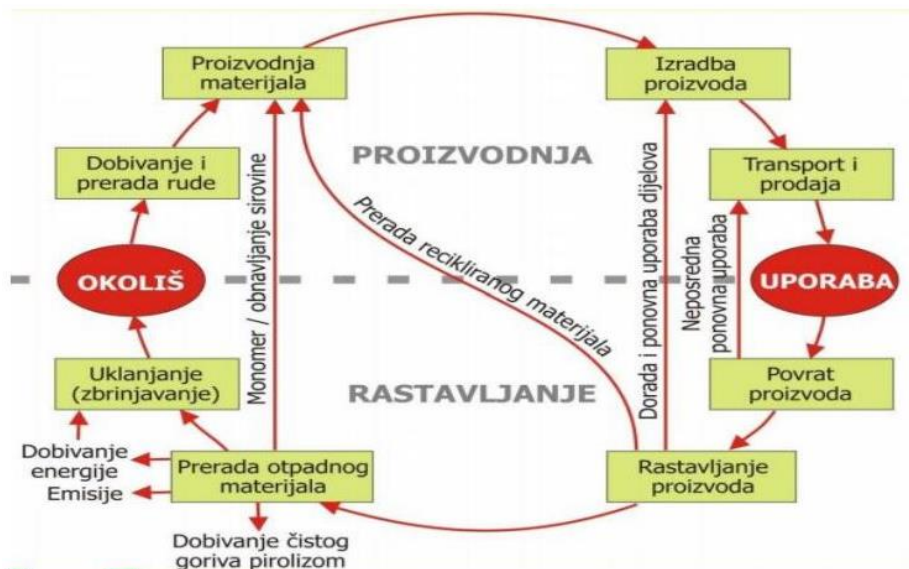
#### **6.4. Najbolje raspoložive tehnike u proizvodnji metala**

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) mogu uključivati zamjenu materijala, mjere za smanjenje potrošnje sirovina, energije i vode, uporaba/ponovna uporaba procesnih ostataka ili „end-of-pipe“ tehnike. Zeleni pristup proizvodnom procesu donosi korist za okoliš, no velik naglasak 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 njeno porijeklo 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 % [53]. Održivi razvoj u ljevaonicama je itekako moguć, obzirom da je metal materijal koji se može reciklirati. Važno je istaknuti da je stopa recikliranja u ljevaonicama vrlo visoka, odnosno novi metali se često proizvode uz niže operativne troškove, npr. ukoliko u procesu imamo 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 [53,54].

Kako bi izabrali ekološki i ekonomski prihvatljiv postupak recikliranja možemo koristiti računalom potpomognute alate od kojih se ističu:

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

Alati osiguravaju pregled životnog vijeka proizvoda od ulazne sirovine, izrade i obrade proizvoda do uporabe proizvoda te nastanak otpada. Upravo takvim alatima omogućavamo identifikaciju materijalnih i energetske potrebe proizvoda, njegovog otpada i/ili prekomjerne potrošnje materijala i energije u proizvodnji određenog proizvoda [55].  
 Primjer dobre prakse prilikom recikliranja materijala prikazan je na slici 10.



Slika 10. Životni ciklus proizvoda [56]

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.



## 7. 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 zvuk, osvjetljenost, vibraciju, 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 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.

Važno je naglasiti 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. 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 možemo postići pozitivnu promjenu te osigurati zdravije radno mjesto.

## 8. LITERATURA

- [1] Ustav RH, Narodne novine 56/90, 135/97, 8/98, 113/00, 124/00, 028/01, 041/01, 55/01, 076/01, 076/10, 85/10, 5/14
- [2] Zakon o radu, Narodne novine 93/14, 127/17, 98/19
- [3] Zakon o zaštiti na radu, Narodne novine 71/14, 118/14, 94/14, 94/18, 96/18
- [4] <https://www.svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/948-pdca-krug> (dostupno 21.4.2022.)
- [5] <https://sigurnosthrane.blogspot.com/2018/06/trebamo-puni-krug-za-dobrobit-graana.html> (dostupno 21.4. 2022.)
- [6] <https://www.iso.org/standard/63787.html> (dostupno 21.4. 2022.)
- [7] Praktična smjernica za procjenu rizika na radu, Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnosti na radu, Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranje, 2011.
- [8] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:31989L0391&from=EN> (dostupno 26.5.2022.)
- [9] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_09\\_112\\_2154.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_09_112_2154.html) (dostupno 26.5.2022.)
- [10] I. Čičak, Metode procjene rizika, završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.
- [11] H. Šegudović, Prednosti i nedostaci metoda za kvalitativnu analizu rizika, INFIGO, 2006, <https://dokumen.tips/documents/prednosti-i-nedostaci-metoda-za-kvalitativnu-analizu-rizika.html> (dostupno 26.5.2022.)
- [12] Industrijska strategija Republike Hrvatske za 2014. - 2020., Narodne novine 126/14
- [13] [https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/mehanizacija\\_ljevaonica.pdf](https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/mehanizacija_ljevaonica.pdf) (dostupno 25.5. 2022.)
- [14] [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/15\\_02\\_2010\\_11943\\_ljevarstvo-proiz-post-2009.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/15_02_2010_11943_ljevarstvo-proiz-post-2009.pdf) (dostupno 25.5.2022.)
- [15] <https://e-usmjeravanje.hzz.hr/ljevac> (dostupno 25.5.2022.)
- [16] Zakon o stažu osiguranja s povećanim trajanjem, Narodne novine 115/2018, 34/2021
- [17] Analiza ozljeda na radu za 2020. godinu, <http://www.hzzsr.hr/wp-content/uploads/2021/05/Analiza-ozljeda-na-radu-za-2020.pdf> (dostupno 30.5.2022.)
- [18] <https://www.vrmetal.hr/precizni-lijev/> (dostupno 26.5.2022.)
- [19] <https://tehnika.lzmk.hr/ljevarstvo/> (dostupno 26.5.2022.)
- [20] Tehnički propis za građevinske konstrukcije, Narodne novine 17/17, 75/20, 7/22
- [21] <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/the-osh-framework-directive/the-osh-framework-directive-introduction> (dostupno 30.5.2022.)
- [22] Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada, Narodne novine 5/84
- [23] Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada, Narodne novine 105/20
- [24] K. Rodahl, Occupational health conditions in extreme environments, Annals of occupational hygiene, Vol. 47, No. 3, pp. 241–252, 2003.

- [25] J. Gomes, O. Lloyd, N. Norman, The health of the worker in a rapidly developing country: effects of occupational exposure to noise and heat, *Occupational medicine*, Vol. 52, No. 53, pp. 121-128, 2002.
- [26] M. Zavalić, Program zaštite na radu na otvorenom, Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost pri radu, 2016.
- [27] T. Sofilić, F. Unkić, Hazardous substances in foundries, 14th International Foundrymen Conference: *Development and Optimization of the Castings Production Processes*, urednik: F. Unkić, Opatija, 2014.
- [28] M.G. Ribeiro, W.R.P. Filho, Risk assessment of chemicals in foundries: The International Chemical Toolkit pilot-project, *Journal of hazardous materials A136*, pp. 432–437, 2006.
- [29] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka, *Narodne novine* 143/21
- [30] S. Sever, *Fizikalne štetnosti*, IPROZ, Zagreb, 2009.
- [31] T.J. Armstrong, M.M. Marshall, B.J. Martin, J.A. Foulke, D.C. Grieshaber, G. Malone, Exposure to forceful exertions and vibration in a foundry, *International journal of industrial ergonomics*, Vol. 30, pp. 163–179, 2002.
- [32] [https://www.3m.com.au/3M/en\\_AU/manufacturing-au/stories/full-story/?storyid=25e68eb2-9006-4876-9e12-0bd974822516](https://www.3m.com.au/3M/en_AU/manufacturing-au/stories/full-story/?storyid=25e68eb2-9006-4876-9e12-0bd974822516) (dostupno 1.6.2022.)
- [33] <https://www.poseidonms.com/product/sf-scaling-hammer-scaleforce-handheld-scaling-hammer/> (dostupno 1.6.2022.)
- [34] <https://www.walmart.com/ip/ANGGREK-Air-Hammer-Professional-Handheld-Pneumatic-Rust-Remover-Shovels-Tools-CZ1-PT1-4in-With-Stainless-Steel-Metal-Shell-For-Removing-Or-Installing/676864210> (dostupno 25.6.2022.)
- [35] <https://air-componentsinc.com/product/htc-11-4r/> (dostupno 25.6.2022.)
- [36] N. Bolf, Mjerenje i analiza vibracija, *Kemija u industriji*, Vol. 70 (No. 1-2), pp. 111–114, 2021.
- [37] Osvjetljenost, Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=45822>, (dostupno 1. 7. 2022.)
- [38] J. Doko Jelinić, M. Gorenc, A. Senta Marić, Rasvjeta radnog okoliša u aluminijskoj industriji, *Sigurnost* Vol. 52 (No. 4) pp. 381 – 386, 2010.
- [39] <https://www.elteh.net/el-instalacije/rasvjeta/razine-osvjetljenosti.html> (dostupno 26.6.2022.)
- [40] Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, *Narodne novine* 141/13, 39/15, 130/17, 118/18, 021/22
- [41] J. Lubenau, J. Yusko, Radioactive materials in recycled metals, *Health physics*, Vol. 68 (No. 4), pp. 440 – 451, 1995.
- [42] T. Sofilić, T. Marjanović, A. Rastovčan - Mioč, Potreba uvođenja nadzora radioaktivnosti u procesima proizvodnje čelika hrvatskih čeličana i ljevaonica, *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, vol 57, 45-54, 2006.
- [43] T. Sofilić, D. Barišić, U. Sofilić, J. Živković, Monitoring of radionuclides in carbon steel blooms produced by EAF process, *Journal of mining and metallurgy, Sect. B-Metall.* Vol. 47 (No. 2) B, pp. 125 – 136, 2011.

- [44] Pravilnik o poslovima na kojima radnik može raditi samo nakon prethodnog utvrđivanja zdravstvene sposobnosti, Narodne novine 70/10
- [45] Pravilnik o sadržaju, načinu i rokovima zdravstvenih pregleda noćnih radnika, Narodne novine 32/15
- [46] <https://www.sigmat.hr/htz-oprema-za-zavarivanje/3472-kamasna-duga> (dostupno 10.6.2022.)
- [47] <https://www.unimex.hr/kategorija-proizvoda/zastita-ruku/rukavice-antivibracijske/> (dostupno 10.6.2022.)
- [48] <https://apismarket.hr/zastitne-maske/Zastitne-maske-polumaske-filteri/komplet-polumaska-s-filterima> (dostupno 10.6.2022.)
- [49] Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine 80/13, 78/15, 12/18, 118/18
- [50] Zakon o održivom gospodarenju otpadom Narodne novine 94/13, 73/17, 14/19, 98/19
- [51] M.M. Morteza, K. Hossein, M. Amirhossein, H. Naser, H. Gholamhossein, F. Hossein, 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, Vol 64, pp. 123 – 131. 2013.
- [52] R. Krishnaraj, Foundry air pollution: hazards, measurements and control, 2015., DOI: 10.1007/978-3-319-11906-9\_9
- [53] O. Yilmaz, 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, pp. 1 -11, 2014.
- [54] Best Available Techniques (BAT), Reference document for the non-ferrous metals industries, Industrial emissions directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), 2017.
- [55] Z. Zovko Brodarac, S. Kožuh, Lj. Slokar, predavanja Recikliranje materijala
- [56] M. Lučić, Postupci recikliranja stakla i keramike, završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2017.

# ŽIVOTOPIS

## **OSOBNI PODACI:**

Ime i prezime: Ljiljana Srećec

Datum rođenja: 01/05/1980

Državljanstvo: hrvatsko

Kontakt telefon: (+385) 0995080417

E – mail: [srececlj@simet.unizg.hr](mailto:srececlj@simet.unizg.hr)

## **RADNO ISKUSTVO:**

**10/1998. – 04/2002.: KEMIJSKA TEHNIČARKA – KATRAN D.D. Zagreb, Hrvatska**

*Opis poslova:* ispitivanje kvalitete gotovih hidroizolacijskih proizvoda (točka taljenja, viskoznost, duktilnost) u Laboratoriju za ispitivanje kvalitete proizvoda. Nakon polaganja pripravnčkog ispita, premještena u Laboratorij za unapređenje kvalitete proizvoda te obavlja poslove istraživanja novih polimernih bitumena te njihove primjene kao novih hidroizolacijskih materijala.

**01/02/2003. – TRENUTAČNO: TEHNIČKI SURADNIK – SVEUČILIŠTE U ZAGREBU METALURŠKI FAKULTET, Sisak, Hrvatska**

*Obaveze u nastavi i istraživanju:* priprema laboratorijske vježbe i sudjeluje u demonstraciji vježbi studentima, održava laboratorijsku opremu i nastavna pomagala, aktivno sudjeluje u istraživačkom radu, pogotovo u području utjecaja okoliša na koroziju metala te obavlja povjerene poslove u suradnji s gospodarstvom, sudjeluje u radu nekoliko istraživačkih projekata: „Metalurški aspekti degradacije metalnih i ugljičnih materijala“, šifra projekta: 0124006, 2004.-2006.; „Okolišem potpomognuta degradacija metala i adsorpcija na otpadnim C-materijalima“, šifra projekta: 124-1241565-1524, 2007. – 2013. i TP 167 „Dizajn i karakterizacija inovativnih inženjerskih legura“.

*Ostale obaveze:* obavlja poslove ovlaštenika dekana za zaštitu na radu od 2007. godine, odgovorna osoba za zaštitu i spašavanje, osoba zadužena za pružanje prve pomoći.

### ***EU projekti:***

- član projektnog tima "VIRTULAB" financiranog bespovratnim sredstvima europskih fondova ukupne vrijednosti 14.186.222,23 HRK, iznos EU sufinanciranja od 11.499.539,00 HRK (razdoblje provedbe projekta: 1.11.2018. – 10.7.2021.), broj KK.01.1.1.02.0022,
- projektni asistent infrastrukturnog projekta "Centar za ljevarstvo – SIMET" financiranog bespovratnim sredstvima europskih fondova ukupne vrijednosti 52.332.423,74 HRK, iznos EU sufinanciranja od 44.061.083,08 HRK (razdoblje provedbe projekta: 1.2.2019. – 31.7.2023.) u okviru Europskog fonda za regionalni razvoj Operativnog programa za koheziju i konkurentnost 2014. – 2020. u okviru poziva „Ulaganje u organizacijsku reformu i infrastrukturu u sektoru istraživanja, razvoja i inovacija“, broj KK.01.1.1.02.0020,

- voditelj operacije cjelovite obnove Metalurškog fakulteta u sklopu poziva za dodjelu bespovratnih financijskih sredstava „Obnova infrastrukture u području obrazovanja oštećene potresom" (razdoblje provedbe projekta: 2022. – 2026.).

**4/4/2022. – 3/5/2022. STRUČNA PRAKSA – HD USLUGE, Zagreb, Hrvatska**

*Opis poslova:* unos podataka o klijentima, obilazak poslovnih prostora klijenata i provjera dokumentacije vezane za zaštitu na radu i zaštitu od požara.

### **OBRAZOVANJE:**

1994. – 1996. – KEMIJSKI TEHNIČAR - Kemijska i geološka tehnička škola, Zagreb, Hrvatska

1996. – 1998. – KEMIJSKI TEHNIČAR – Tehnička škola Sisak, Sisak, Hrvatska

2005. – SPECIJALIST ZAŠTITE NA RADU – Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti, ZIRS učilište, Zagreb, Hrvatska

2021. – certifikat o osposobljavanju za INTERNOG AUDITORA ISO 22301:2019 – DNV Adriatica d.o.o., Zagreb, Hrvatska

2019. – upisala sveučilišni preddiplomski studij Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak, Hrvatska