

# Gospodarenje medicinskim otpadom

---

**Svorcina, Lucija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:149:098943>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Lucija Svorcina

**ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, rujan 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Lucija Svorcina

**GOSPODARENJE MEDICINSKIM OTPADOM**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vladimir Dananić

Članovi ispitnog povjerenstva:

izv. prof. dr. sc. Vladimir Dananić

prof. dr. sc. Mirela Leskovic

dr. sc. Andrej Vidak

Zagreb, rujan 2022.

*Najljepše se zahvaljujem mentoru, izv. prof. dr. sc. Vladimiru Dananiću, na vođenju te iznimnoj susretljivosti i pomoći pri izradi završnoga rada.*

*Posebno se zahvaljujem roditeljima i sestri na neizmjerne podršci i motivaciji te svim prijateljima, a posebno mojim tigricama, za svaku pruženu potporu tijekom proteklih godina studiranja.*

## SAŽETAK

Medicinski otpad obično se odnosi na nusproizvod zdravstvenih aktivnosti u bolnicama i drugim pružateljima zdravstvenih usluga, zdravstvenim istraživačkim centrima i medicinskim laboratorijima. Zajedno s rastom zdravstvene industrije i poboljšanjem zdravstvenih usluga, proizvodnja medicinskog otpada naglo se povećala u posljednjih nekoliko desetljeća. Gospodarenje otpadom je od velike važnosti zbog potencijalnih opasnosti za okoliš i zdravlje ljudi. Medicinski otpad sadrži potencijalno zarazne i opasne materijale (patogene mikroorganizme, virus humane imunodeficijencije, viruse hepatitisa B i C, antibiotike, citotoksične lijekove, otapala, teške metale i oksidanse). Nepravilna obrada i odlaganje takvog otpada može rezultirati ozbiljnim posljedicama za zdravlje ljudi koje proizlaze iz ozljeda, infekcija te onečišćenja okoliša. U mnogim zemljama u razvoju medicinski se otpad često miješa s krutim komunalnim otpadom i zatim se odlaže na odlagališta. Stoga je upravljanje medicinskim otpadom predmet velike brige stručnjaka za gospodarenje otpadom, regulatorne agencije za okoliš i stručnjaka za zdravlje okoliša. Ovaj završni rad daje pregled praksi gospodarenja medicinskim otpadom, uključujući definicije, klasifikaciju i stope stvaranja otpada, potencijalne rizike i putove te metode obrade odnosno zbrinjavanja.

*Ključne riječi:* medicinski otpad, gospodarenje otpadom, opasnost za okoliš, odlaganje, metode obrade

## **SUMMARY**

Medical waste usually refers to a by-product of healthcare activities in hospitals and other healthcare providers, healthcare research centers and medical laboratories. Along with the growth of the healthcare industry and the improvement of healthcare services, the production of medical waste has increased rapidly over the past few decades. Waste management is of great importance due to the potential risks to the environment and human health. Medical waste contains potentially infectious and hazardous materials (pathogenic microorganisms, human immunodeficiency virus, hepatitis B and C viruses, antibiotics, cytotoxic drugs, solvents, heavy metals and oxidants). Improper treatment and disposal of such waste can result in serious consequences for human health by injuries, infections and environmental pollution. In many developing countries, medical waste is often mixed with municipal solid waste and then disposed of in landfills. Therefore, medical waste management is a matter of great concern to waste management professionals, environmental regulatory agencies and environmental health professionals. This thesis provides an overview of medical waste management practices, including definitions, classification and generation rates of the waste, potential risks and pathways, treatment and disposal methods.

*Key words:* medical waste, waste management, risks to the environment, disposal, treatment methods

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. OPĆI DIO</b> .....	2
2.1 OTPAD.....	2
2.1.1. Podjela otpada prema mjestu nastanka.....	2
2.1.2. Podjela otpada po svojstvima .....	3
2.2. MEDICINSKI OTPAD .....	6
2.2.1. Neopasni medicinski otpad.....	7
2.2.2. Opasni medicinski otpad .....	7
2.2.3. Katalog medicinskog otpada .....	10
2.3. KOLIČINE MEDICINSKOG OTPADA .....	11
2.3.1. Količine medicinskog otpada u svijetu.....	11
2.3.2. Količine medicinskog otpada u republici hrvatskoj .....	14
2.4. UTJECAJ MEDICINSKOG OTPADA NA LJUDE I OKOLIŠ.....	17
2.4.1. Rizici povezani s opasnim medicinskim otpadom .....	19
2.5. ODVAJANJE, SKLADIŠTENJE I TRANSPORT MEDICINSKOG OTPADA ....	23
2.5.1. Sustavi odvajanja medicinskog otpada.....	23
2.5.2. Prikupljanje otpada unutar zdravstvene ustanove .....	25
2.5.3. Prijevoz otpada na licu mjesta .....	25
2.5.4. Središnje skladište unutar zdravstvenih ustanova .....	26
2.5.4.1 Skladištenje opasnog otpada.....	26
2.5.5. Prijevoz izvan lokacije.....	28
<b>3. RASPRAVA</b> .....	29
3.1. GOSPODARENJE MEDICINSKIM OTPADOM .....	29
3.1.1. Metode obrade i zbrinjavanja .....	31
3.1.1.1. Odabir metoda zbrinjavanja.....	31
3.1.1.2. Pregled tehnologija obrade otpada .....	31
3.1.1.3. Tehnologije obrade parom.....	32
3.1.1.4. Tehnologije mikrovalne obrade.....	33
3.1.1.5. Tehnologije kemijske obrade.....	34
3.1.1.6. Spaljivanje medicinskog otpada .....	35
3.1.1.7. Odlaganje medicinskog otpada.....	38
3.1.1.8. Primjena metoda obrade i odlaganja na specifične kategorije otpada .....	39
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	40
<b>5. LITERATURA</b> .....	42

## 1. UVOD

S razvojem društva i rastom gospodarstva, čovjek je počeo intenzivno mijenjati okoliš. U suvremenom društvu gotovo sve stvari, materijali, uređaji ili predmeti u kratkom vremenu ili nakon dužeg vremena postaju otpad, a potrošnja materijala je iz dana u dan sve veća. Kao rezultat toga, stvara se sve više i više otpada koji narušava prirodnu ravnotežu i predstavlja sve veću brigu za okoliš, gospodarstvo i zdravlje današnjice. Količina proizvedenog otpada povezana je s gospodarskom i tehnološkom razvijenošću te gospodarskom razinom zemlje. Razvijenije zemlje stvaraju mnogo veće količine otpada i stoga se suočavaju sa značajnim problemima gospodarenja otpadom. Ekonomski nerazvijene zemlje postaju odlagališta jer razvijene zemlje tamo dopremaju ogromne količine otpada. Broj stanovnika raste iz godine u godinu, što dovodi do povećanja potražnje za medicinskim uslugama, što zauzvrat stvara više medicinskog otpada. Zbog velike količine otpada nužno je i kvalitetnije gospodarenje medicinskim otpadom. Svjetska zdravstvena organizacija definira medicinski otpad kao otpad koji nastaje tijekom dijagnostike, liječenja i imunizacije ljudi ili životinja. U usporedbi s drugim vrstama otpada, medicinski otpad može sadržavati opasna svojstva koja predstavljaju veći rizik za ljudsko zdravlje te se stoga mora pravilno zbrinuti. Oko 85% ukupnog otpada koji nastaje medicinskim djelatnostima je neopasni otpad ekvivalentan kućnom otpadu. Preostalih 15% smatra se opasnim otpadom, a to može biti infektivni, farmaceutski, patološki i kemijski otpad. Nedostatak svijesti o zdravstvenim opasnostima povezanim s medicinskim otpadom, nedovoljna obuka o pravilnom gospodarenju otpadom, nedostatak sustava gospodarenja otpadom i odlaganja, nedostatni financijski i ljudski resursi te niska svijest o problemu najčešći su problemi povezani s medicinskim otpadom. Mnoge zemlje ili nemaju odgovarajuće propise ili ih ne provode.



## 2. OPĆI DIO

### 2.1 OTPAD

Otpad je svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Otpadom se smatra i svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa [1]. Danas otpad privlači veliku pozornost jer neodgovornim postupanjem ili odlaganjem tog otpada može dovesti do onečišćenja okoliša. Početkom 80-ih sve se više pažnje počinje posvećivati porastu volumena i toksičnosti otpada, a njegovo neprikladno odlaganje prouzročilo je niz slučajeva kontaminacije tla i vodotoka, kao i zdravstvenih problema izloženih populacija [2]. Dok su neke zemlje prepoznale prednosti gospodarenja otpadom, svaka se zemlja suočava s problemom rješavanja velikih količina otpada, dok se manje razvijene zemlje suočavaju s problemima poput pravilnog, ekološki prihvatljivog gospodarenja otpadom. Otpad može biti u krutom, tekućem i plinovitom agregacijskom stanju i može se podijeliti prema mjestu nastanka te prema svojstvima.

#### 2.1.1. Podjela otpada prema mjestu nastanka

##### *Komunalni otpad*

Komunalni otpad je kruti otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je sličan otpadu iz kućanstva. Miješani komunalni otpad je otpad u čijem se sastavu nalazi nerazvrstani materijali, te takav otpad može sadržavati različite materijale iz trgovina i industrija koji su slični otpadu iz kućanstva [3]. Glavne komponente komunalnog otpada su otpad od hrane, papir, plastika, krpe, metal i staklo, iako su često i građevinski ostaci uključeni u prikupljenom otpadu, kao i male količine opasnog otpada, kao što su električne žarulje, baterije i automobilski dijelovi.

##### *Medicinski otpad*

Medicinski otpad je otpad nastao prilikom pružanja njege, zaštite i očuvanja zdravlja ljudi i/ili životinja, otpad nastao u istraživačkim djelatnostima kao i otpad nastao prilikom pružanja različitih usluga kod kojih se dolazi u kontakt s krvlju i/ili izlučevinama ljudi i/ili životinja [4]. Otpad sličan kućnom otpadu može se odložiti, prikuplja se, reciklira i obrađuje na isti način kao i komunalni otpad. Ostalih 10% do 25% je naziva se opasnim medicinskim otpadom ili posebnim otpadom koji nosi zdravstvene rizike.

### *Industrijski otpad*

Industrijski otpad je otpad koji nastaje u proizvodnim procesima u industriji, gospodarstvu, obrtu, a po sastavu i svojstvima se razlikuje od komunalnog otpada [5]. Čvrsti industrijski otpad obuhvaća širok raspon materijala različite toksičnosti za okoliš. Ovaj otpad uključuje papir, materijale za pakiranje, otpad od prerade hrane, ulja, otapala, smole, boje i muljeve, staklo, keramiku, kamenje, metale, plastiku i gumu. Kao i kod komunalnog čvrstog otpada, baza podataka o industrijskom otpadu uglavnom je nepoznata. Proizvodnja industrijskog otpada se razlikuje, ne samo između zemalja u različitim fazama razvoja, već i između zemalja u razvoju.

### *Ambalažni otpad*

Ambalažni otpad je ambalaža preostala nakon što se proizvod raspakira, a obuhvaća sve predmete u obliku kutija, posuda, omota i druge oblike koji služe držanju drugog proizvoda u svrhu njegove zaštite, rukovanja, promidžbe i prodaje [5]. Ambalažni otpad dijeli se na sljedeće materijale: papir, plastika, drvo, metalni otpad, višeslojna ambalaža, staklena i tekstilna.

### *Građevinski otpad*

Građevinski otpad je otpad koji nastaje gradnjom, održavanjem i uklanjanjem građevina prema posebnom propisu [5]. Građevinski otpad koji sadrži azbest je opasni građevni otpad nastao prilikom građenja građevina, rekonstrukcije, održavanja ili uklanjanja postojećih građevina i uklanjanja građevinskih materijala koji sadrži azbest i azbestni otpad nastao od iskopanog materijala.

### *Električki i elektronički otpad*

Električki i elektronički otpad je bilo koja električka i elektronička oprema [5]. Sadržava vrijedne metalne i nemetalne sirovine koje se dobiju materijalnom uporabom, a mogu se koristiti i u energetske svrhe. Izdvajaju se i dijelovi koji se koriste za ponovnu uporabu.

## **2.1.2. Podjela otpada po svojstvima**

### *Inertni otpad*

Inertni otpad je otpad koji ne podliježe značajnim fizičkim, kemijskim ili biološkim promjenama, nije topiv, nije zapaljiv, na bilo koje druge načine fizikalno ili kemijski ne reagira niti je biorazgradiv, s tvarima s kojima dolazi u dodir ne djeluje tako da bi to utjecalo na zdravlje ljudi, životinjskog i biljnog svijeta ili na povećanje dozvoljenih emisija u okoliš. Vodotopivost, sadržaj onečišćujućih tvari u vodenom ekstraktu i ekotoksičnost eluata inertnog otpada mora

biti zanemariva i ne smije u nijednom propisanom parametru ugrožavati kakvoću površinskih ili podzemnih voda [6].

#### *Neopasni otpad*

Neopasni otpad je otpad koji ne posjeduje niti jedno od opasnih svojstava [1]. Neopasni otpad nije opasan za okoliš i po svojstvima je sličan komunalnom otpadu. Ako se neopasni otpad ne prikuplja i ne odvaja od opasnog otpada, zbrinjava se kao opasni otpad.

#### *Opasni otpad*

Opasni otpad je otpad koji posjeduje jedno ili više opasnih svojstava [6]. Svojstva otpada koja ga čine opasnim:

H 1 Eksplozivno: tvari i pripravci koji mogu eksplodirati pod utjecajem vatre ili koji su osjetljiviji na udarce i trenje od dinitrobenzena.

H 2 Oksidirajuće: tvari i pripravci koji pokazuju visoko egzotermne reakcije u dodiru s drugim tvarima, posebice zapaljivim tvarima.

H 3-A Jako zapaljivo:

– tekuće tvari i pripravci koji imaju plamište ispod 21°C (uključujući i izuzetno zapaljive tekućine)

– tvari i pripravci koji se mogu zagrijavati i na kraju zapaliti u dodiru sa zrakom na sobnoj temperaturi bez primjene energije

– krute tvari i pripravci koji se lako mogu zapaliti u kratkom dodiru s izvorom zapaljenja i koji nakon uklanjanja izvora zapaljenja nastavljaju gorjeti ili se trošiti

– plinovite tvari i pripravci koji su zapaljivi na zraku kod normalnog tlaka

– tvari i pripravci koji u dodiru s vodom ili vlažnim zrakom otpuštaju jako zapaljive plinove u opasnim količinama.

H 3-B Zapaljivo: tekuće tvari i pripravci koji imaju temperaturu plamišta jednaku ili višu od 21 °C odnosno nižu ili jednaku 55 °C.

H 4 Nadražujuće: nenagrizajuće tvari i pripravci koji u neposrednom, dužem ili ponovljenom dodiru s kožom ili sluznicom mogu prouzročiti upalnu reakciju.

H 5 Opasno: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu prouzročiti ograničeni rizik za zdravlje.

H 6 Toksično: tvari i pripravci (uključujući vrlo otrovne tvari i pripravke) koji, ako ih se udiše ili ako prodru u kožu, mogu prouzročiti ozbiljni rizik za zdravlje, pa čak i smrt.

H 7 Karcinogeno: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu uzrokovati rak ili povećati njegovu učestalost.

H 8 Nagrizajuće: tvari i pripravci koji u kontaktu mogu uništiti živo tkivo.

H 9 Zarazno: tvari i pripravci koji sadrže održive mikroorganizme ili njihove toksine za koje se vjeruje ili se pouzdano zna da uzrokuju bolesti kod ljudi i drugih živih organizama.

H 10 Reproduktivno toksično: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu uzrokovati nenasljedne urođene deformacije ili povećati njihovu učestalost.

H 11 Mutageno: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili proguta ili ako prodru u kožu, mogu uzrokovati nasljedne genetske defekte ili povećati njihovu učestalost.

H 12 Otpad koji u dodiru s vodom, zrakom ili kiselinom oslobađa toksične ili vrlo toksične plinove.

H 13 Senzibilizirajuće: tvari i pripravci koji, ako ih se udiše ili ako prodru u kožu, imaju sposobnost izazvati reakciju hipersenzibilizacije tako da kod daljnjeg izlaganja toj tvari ili pripravku dolazi do karakterističnih štetnih učinaka.

H 14 Ekotoksično: otpad koji predstavlja ili može predstavljati neposredne ili odgođene rizike za jedan ili više sektora okoliša.

H 15 Otpad sposoban na bilo koji način, nakon zbrinjavanja, rezultirati drugom tvari, primjerice ocjedna voda, koja posjeduje bilo koje od gore navedenih svojstava [7].

Opasni otpad je zbog lakše kontrole označen zelenom (farmaceutski), žutom (kemijski), crvenom (infektivni) te A ili B listom otpada. Većina opasnog otpada su nusproizvodi industrijskih, poljoprivrednih i proizvodnih procesa, nuklearnih postrojenja, bolnica i zdravstvenih ustanova. Za pravilno rukovanje otpadom u svakoj zdravstvenoj ustanovi treba postojati organizirano i kontrolirano izdvajanje odnosno sistematiziranje pojedinih vrsta otpada, osobito opasnog otpada. U tom je smislu vrlo važna i ambalaža u koju se pojedina vrsta

otpada pakira kako bi se vizualno razlikovao i sukladno tomu otpremao na mjesto njegove obrade te potom odložio [2]. Posebno mjesto u kategoriji opasnog otpada zauzima medicinski otpad.

## **2.2. MEDICINSKI OTPAD**

Medicinski otpad je otpad nastao prilikom pružanja njege, zaštite i očuvanja zdravlja ljudi i/ili životinja; otpad nastao u istraživačkim djelatnostima kao i otpad nastao prilikom pružanja različitih usluga kod kojih se dolazi u kontakt s krvlju i/ili izlučevinama ljudi i/ili životinja [4]. Medicinski otpad može biti vrlo opasan i pogrešno rukovanje može dovesti do ozljeda kao što su radijacijske opekline ili ubodi oštrim predmetima, trovanja lijekovima, posebno antibioticima i citotoksičnim proizvodima, otpadnom vodom ili otrovnim elementima poput žive. U Europskoj uniji u ljudskoj medicini koristi se oko 3000 različitih farmaceutski aktivnih spojeva različitih medicinskih klasa. Antibiotici i estrogene samo su dvije od brojnih vrsta farmaceutika za koje se sumnja da opstaju u okolišu, bilo zato što se ne mogu prirodno biološki razgraditi ili zbog njihova trajnoga ispuštanja. Sljedeća opasnost koja prijete je opasnost od širenja, odnosno kada se medicinski otpad iz zdravstvenih ustanova pronađe u prirodu [8]. Ukoliko se želi da pacijenti primaju zdravstvenu njegu i oporavljaju se u sigurnom okruženju, otpad se mora sigurno zbrinuti. Potreba za upravljanjem medicinskim otpadom sada seže dalje od bolnica i medicinskih centara do manjih proizvođača otpada, kao što su klinike, fakulteti i sveučilišta, dijagnostički laboratoriji, farmaceutske i biotehnoške tvrtke, pogrebna poduzeća, strukovne/tehničke škole, liječničke ordinacije i druge zdravstvene ustanove. Količina otpada koja se proizvodi u bolnici ovisi o gospodarskoj razvijenosti zemlje i vrstu dotičnog objekta. Sveučilišna bolnica u zemlji s visokim dohotkom može proizvesti do 10 kg otpada (sve vrste) po krevetu dnevno. Bolnica Međunarodnog odbora Crvenog križa sa 100 kreveta dat će prosjek od 1,5 do 3 kg otpada po pacijentu dnevno (sve vrste otpada uključujući komunalni otpad [9]). Zemlje s visokim dohotkom u prosjeku stvaraju do 0,5 kg opasnog otpada po bolničkom krevetu dnevno; dok zemlje s niskim dohotkom u prosjeku stvaraju 0,2 kg. Međutim, u zemljama s niskim dohotkom medicinski otpad se obično ne odvaja na opasni i neopasni otpad pa je stvarna količina opasnog otpada puno veća. S obzirom na količinu nastalog otpada, ustanove se dijele na velike i male izvore. Veliki izvor je proizvođač medicinskog otpada koji godišnje proizvodi više od 200 kilograma opasnog medicinskog otpada i koji je sukladno Zakonu o otpadu dužan izrađivati plan gospodarenja otpadom proizvođača otpada. Mali izvor je proizvođač medicinskog otpada koji godišnje proizvodi 200 kilograma i manje opasnog medicinskog otpada i koji sukladno Zakonu o otpadu nije dužan izrađivati plan

gospodarenja otpadom proizvođača otpada [10]. Otpad koji nastaje u zdravstvenim ustanovama može se klasificirati po svojstvima (neopasni i opasni medicinski otpad) i agregatnom stanju (kruti, tekući i plinoviti otpad).

### **2.2.1. Neopasni medicinski otpad**

Neopasni medicinski otpad je otpad koji nema opasna svojstva te stoga ne predstavlja opasnost za ljude i okoliš. Neopasni medicinski otpad po prirodi je sličan komunalnom otpadu i uključuje papir, karton, staklo, ostatke hrane, jednokratnu odjeću, pelene, platno, zavoje.

Prema Pravilniku o gospodarenju otpadom Kliničkog bolničkog centra Zagreb, neopasan medicinski otpad dijele na nezarazni, patološki, farmaceutski i kemijski neopasan otpad. Nezarazni medicinski otpad je otpad čije sakupljanje i odlaganje nije podvrgnuto specijalnim zahtjevima radi prevencije infekcije kao što je rublje, zavoji od gipsa, jednokratna posteljina. Patološki otpad čine dijelovi ljudskog tijela-amputati, tkiva i organi odstranjeni tijekom kirurških zahvata, tkiva uzeta u dijagnostičke svrhe te drugi anatomske otpad definiran od strane stručnog osoblja u zdravstvu kao patološki otpad te koji zbog etičkih razloga zahtijeva posebne uvjete gospodarenja kad potječe iz humane medicine. Farmaceutski otpad su farmaceutski proizvodi, lijekovi i tvari uključujući i njihovu primarnu ambalažu, koji su postali neuporabljivi ili su bili proliveni, rasipani ili im je istekao rok uporabe ili se ne mogu koristiti zbog drugih razloga. Kemijski neopasni otpad su kemikalije koje nemaju svojstva opasnih kemikalija [11].

### **2.2.2. Opasni medicinski otpad**

Opasni medicinski otpad je otpad opasnih svojstava koji šteti zdravlju ljudi i okolišu, a čini 10-25% ukupnog otpada. Ova vrsta otpada posebno je opasna za životinjski i biljni svijet te zdravlje ljudi jer sadrži patogene mikroorganizme. Može se klasificirati prema svojstvima i mogućim rizicima.

#### *Infektivni otpad*

Infektivni medicinski otpad je otpad kontaminiran krvlju i drugim tekućinama, kulture i zalihe infektivnih uzročnika iz laboratorijskog rada ili otpad od pacijenata s infekcijama [12].

#### *Oštri predmeti*

Oštri predmeti su sav medicinski otpad s oštricama ili šiljatim završecima koji sadržava korištene zaražene i/ili potencijalno zaražene igle, štrcaljke, skalpele i tome slične oštre predmete koji su bili u kontaktu s pacijentom i/ili potencijalno zaraznim materijalom [13].

### *Farmaceutski otpad*

Farmaceutski otpad su svi lijekovi i tvari, uključujući i njihovu primarnu ambalažu, koji su postali neupotrebljivi zbog isteka roka valjanosti, prolijevanja, rasipanja, pripremljeni pa neupotrebljeni ili se ne mogu koristiti zbog drugih razloga [13].

### *Kemijski otpad*

Kemijski otpad je opasni medicinski otpad koji sadržava toksične ili opasne kemikalije kao što su laboratorijski reagensi, razvijajući filma, dezinficijensi koji nisu upotrebljivi ili kojima je istekao rok valjanosti, otapala, otpad s visokim sadržajem teških metala i slično [13].

### *Citotoksični i citostatski otpad*

Citotoksični i citostatski otpad je opasni medicinski otpad koji nastaje zbog primjene, proizvodnje i pripravljanja farmaceutskih tvari s citotoksičnim i citostatskim efektom, uključivo primarnu ambalažu i sav pribor korišten za pripremu i primjenu takvih tvari [13].

### *Patološki otpad*

Patološki otpad su dijelovi tijela, amputati, tkiva i organi odstranjeni tijekom kirurških zahvata, tkiva uzeta u dijagnostičke svrhe, placente i drugi anatomske otpad definiran od strane stručnog osoblja u zdravstvu ili u javnosti te koji zbog etičkih razloga zahtjeva posebne uvjete zbrinjavanja kad otpad potječe iz humane medicine, a ovakav otpad koji potječe iz veterinarske medicine mora se zbrinjavati u skladu s posebnim propisima [10].

### *Amalgamski otpad iz stomatološke zaštite*

Amalgamski otpad iz stomatološke zaštite je otpad koji sadrži amalgam- sadrži i srebro i živu, i oba ova elementa, kada se odlažu, predstavljaju opasan otpad.

### *Radioaktivni otpad*

Radioaktivni otpad sadrži radioaktivne izotope takvih aktivnosti koje prekoračuju vrijednosti propisane pripadajućom zakonskom regulativom i zato za takvu vrstu otpada vrijedi poseban režim gospodarenja. Zajednička osobina radioaktivnim izotopima je ionizirajuće zračenje.

Primjeri ovih vrsta otpada, a i druge vrste navedene su u Tablici 1.

**Tablica 1.** Podjela opasnog medicinskog otpada

<b>1</b>	<b>Oštri predmeti</b>	→ Otpad koji nosi opasnost od ozljeda- šprice, igle, jednokratni skalpeli i oštrice
<b>2</b>	<b>a. Otpad koji nosi rizik od kontaminacija</b>	→ Otpad koji sadrži krv, izlučevine ili izlučevine koje predstavljaju opasnost od kontaminacije.
	<b>b. Patološki otpad</b>	→ Dijelovi tijela, tkiva koji predstavljaju opasnost od kontaminacija
	<b>c. Infektivni otpad</b>	→ Otpad koji sadrži velike količine materijala, tvari ili kultura koje uključuju opasnost od širenja uzročnika infekcije (kulture uzročnika zaraze, otpad od zaraznih bolesnika koji su smješteni u izolaciji)
<b>3</b>	<b>a. Farmaceutski otpad</b>	→ Proliveni/neiskorišteni lijekovi, lijekovi kojima je istekao rok trajanja i korištene posude za lijekove
	<b>b. Citotoksični otpad</b>	→ Citotoksični lijekovi kojima je istekao rok trajanja ili ostaci, oprema kontaminirana citotoksičnim tvarima
	<b>c. Otpad koji sadrži teške metale</b>	→ Baterije, otpadna živa (slomljeni termometri ili manometri, kompaktne fluorescentne svjetlosne cijevi)
	<b>d. Kemijski otpad</b>	→ Otpad koji sadrži kemijske tvari: ostaci laboratorijskih otapala, dezinfekcijskih sredstava
<b>4</b>	<b>Spremnici pod tlakom</b>	→ Plinske boce, limenke aerosoli
<b>5</b>	<b>Radioaktivni otpad</b>	→ Otpad koji sadrži radioaktivne tvari: radioaktivni nuklidi koji se koriste u laboratorijima ili radioaktivni lijek, urin ili izlučevine liječenih pacijenata



### 2.2.3. Katalog medicinskog otpada

Katalog medicinskog otpada pregledan je priručnik koji sadrži važne dodatne informacije o svim oznakama otpada te daje uvid u vrste i karakteristike medicinskog otpada te mjesto njegovog nastanka u zdravstvenim ustanovama. U katalogu je medicinski otpad označen brojem 18 i podskupovima koji su prikazani na Slici 1.

18	OTPAD KOJI NASTAJE KOD ZAŠTITE ZDRAVLJA LJUDI I ŽIVOTINJA I/ILI SRODNIH ISTRAŽIVANJA (osim otpada iz kuhinja i restorana koji ne potječe iz neposredne zdravstvene zaštite)	
18 01	otpad od njege novorođenčadi, dijagnosticiranja, liječenja ili prevencije bolesti kod ljudi	
18 01 01	oštri predmeti (osim 18 01 03*)	V125
18 01 02	dijelovi ljudskog tijela i organi, uključujući vrećice krvi i posude gdje se nalazila krv (osim 18 01 03*)	V125
18 01 03*	otpad čije je sakupljanje i odlaganje podvrgnuto specijalnim zahtjevima radi prevencije infekcije	V125
18 01 04	otpad čije sakupljanje i odlaganje nije podvrgnuto specijalnim zahtjevima radi prevencije infekcije (npr. rublje, zavoji od gipsa, posteljina, odjeća za jednokratnu primjenu, pelene...)	V125
18 01 06*	kemikalije koje se sastoje od opasnih tvari ili ih sadrže	V126
18 01 07	kemikalije koje nisu navedene pod 18 01 06*	V126
18 01 08*	citotoksici i citostatici	V127
18 01 09	lijekovi koji nisu navedeni pod 18 01 08*	V127
18 01 10*	amalgamski otpad iz stomatološke zaštite	O50
18 02	otpad od istraživanja, dijagnosticiranja, liječenja ili prevencije bolesti u životinja	
18 02 01	oštri predmeti (osim 18 02 02*)	V128
18 02 02*	ostali otpad čije sakupljanje i odlaganje podliježe specijalnim zahtjevima radi prevencije infekcije	V128
18 02 03	otpad čije sakupljanje i odlaganje ne podliježe specijalnim zahtjevima radi prevencije infekcije	V128
18 02 05*	kemikalije koje se sastoje od opasnih tvari ili ih sadrže	V129
18 02 06	kemikalije koje nisu navedene pod 18 02 05*	V129
18 02 07*	citotoksici i citostatici	V130
18 02 08	lijekovi koji nisu navedeni pod 18 02 07*	V130

*Slika 1.* Katalog medicinskog otpada [14]

## 2.3. KOLIČINE MEDICINSKOG OTPADA

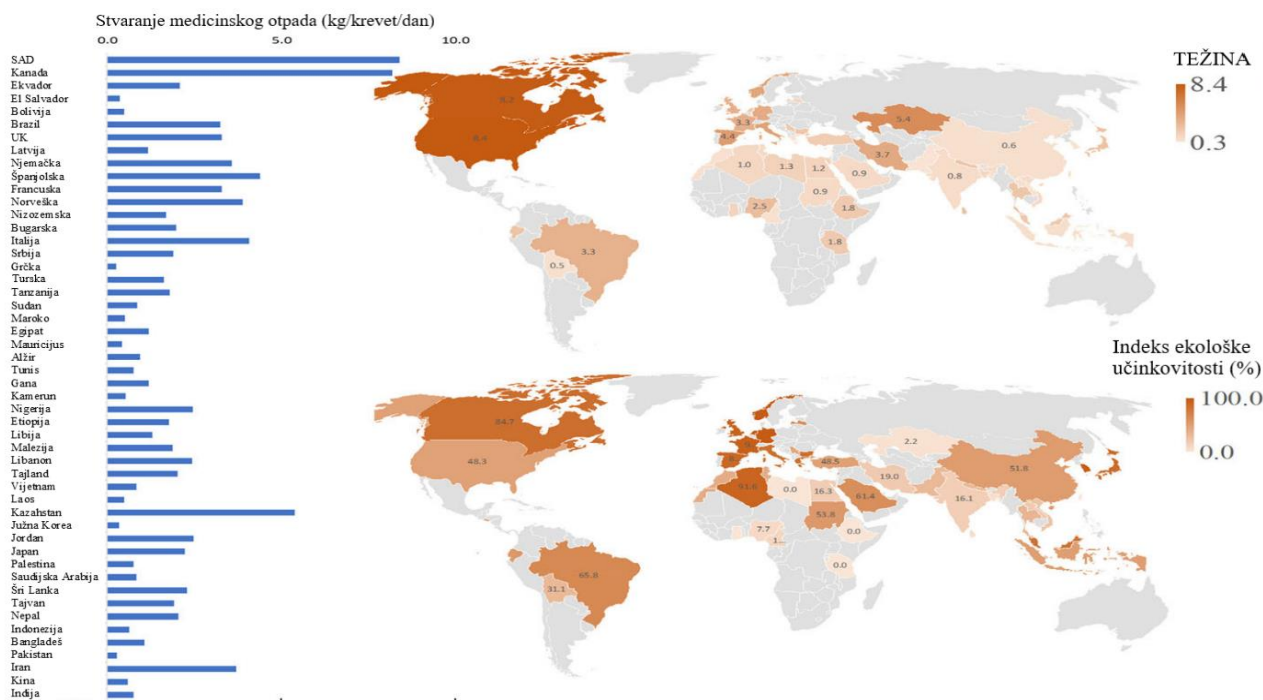
### 2.3.1. Količine medicinskog otpada u svijetu

Tehnološki napredak u društvenim mrežama, transportu i trgovini potaknuli su globalni gospodarski rast što je rezultiralo širenjem zdravstvenih sustava i popratnim povećanjem potražnje za medicinskom opremom i zalihama [15]. Istovremeno, u mnogim zemljama, nesigurno odlaganje i loše upravljanje medicinskim otpadom koji nastaje u zdravstvenim ustanovama također postupno raste. Prema međunarodnoj organizaciji, Health care without harm, zdravstvena industrija smatra se petim najvećim proizvođačem stakleničkih plinova u cijelom svijetu, što je ekvivalentno 4,4% globalnih neto emisija. Globalna stopa rasta medicinskog otpada procjenjuje se da će troškovi upravljanja porasti s 11,92 milijarde dolara u 2019. na 18,34 milijarde dolara u 2027 uz ukupnu godišnju stopu rasta od 5,3% [16]. Mnoge zemlje s gospodarstvom u razvoju očekuje veliki rast medicinskog otpada zbog njihovih strogih državnih propisa i trenutne pandemije COVID-19. Studije su pokazale da je prije pandemije COVID-19 više od polovice svjetskog stanovništva već bilo u opasnosti uzrokovano nesigurnim odlaganjem medicinskog otpada [17]. Istraživanje 24 zemlje s rastućim gospodarstvom pokazala su da 18% do 64% ustanova zdravstvene zaštite ne koriste odgovarajuće tehnike zbrinjavanja medicinskog otpada. Izvješće je zaključeno da je u prosjeku samo 58% objekata iz 24 zemlje s niskim dohotkom imalo odgovarajuće sigurno odlaganje medicinskog otpada. Među svim zemljama članicama, regija jugoistočne Azije uključujući Bangladeš, Butan, Indiju, Nepal i Šri Lanku pokazali su najnižu sigurnost odlagališta, pri čemu samo 44% objekata ima sustav za sigurno odlaganje prikupljanje, zbrinjavanje i uništavanje medicinskog otpada [18]. Indeks ekološke učinkovitosti kontroliranog krutog otpada je postotak proizvedenog otpada iz kućanstava i komercijalnog otpada koji se skuplja i obrađuje na način koji je siguran za okoliš. Siguran način obrade uključuje: recikliranje, kompostiranje, anaerobnu digestiju, spaljivanje ili odlaganje na sanitarno odlagalište. Poredak zemalja prema Indeksu ljudskog razvoja (HDI) jedan je od najboljih kriterija za procjenu dobrobiti ljudi, uključujući dug i zdrav život, pristojan životni standard, za razliku od bruto domaćeg proizvoda koji se fokusira samo na gospodarski rast zemlje. Očekivani životni vijek pokazuje životni vijek novorođenčeta od rođenja. Izdaci za zdravstvo po glavi stanovnika predstavljaju ukupni iznos bruto domaćeg proizvoda koji pripada javnim i privatnim zdravstvenim ustanovama. Stopa stvaranja medicinskog otpada u zemljama definirana je kao zavisna varijabla, dok su Indeks ekološke učinkovitosti kontroliranog krutog otpada, Indeks ljudskog razvoja, očekivani životni vijek i izdaci za zdravstvo nezavisne varijable.

**Tablica 2.** Podaci o stopi stvaranja medicinskog otpada, indeksu ekološke učinkovitosti indeksu ljudskog razvoja, očekivani životni vijek i izdaci za zdravstvo po stanovniku [19]

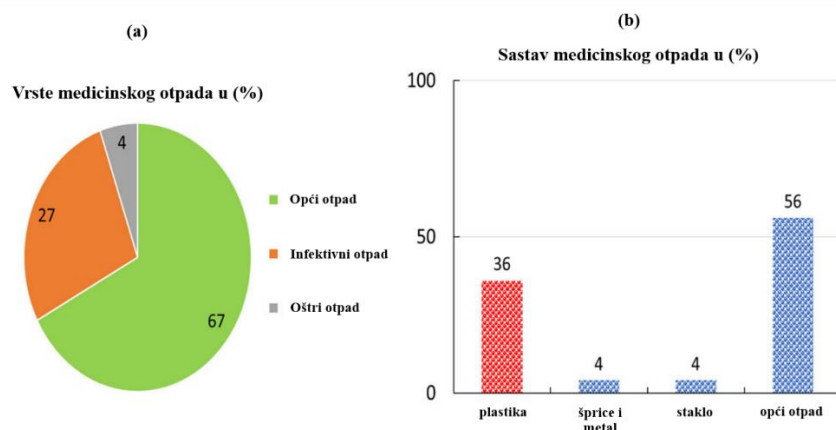
Regija	Zemlja	Stopa stvaranja medicinskog otpada (kg/krevet/dan)	Indeks ekološke učinkovitosti (%)	Indeks ljudskog razvoja (2015.)	Očekivani životni vijek (ljudi rođeni 2015.)	Izdaci za zdravstvo (\$)
Azija	Indija	0.8	16.1	0.63	68.6	59.0
	Kina	0.6	51.8	0.74	75.9	392.8
	Iran	3.7	19.0	0.79	75.8	375.1
	Pakistan	0.3	31.1	0.55	66.6	37.9
	Bangladeš	1.1	5.0	0.59	71.5	31.8
	Indonezija	0.7	49.8	0.70	70.8	100.4
	Nepal	2.1	30.5	0.57	69.5	45.1
	Šri Lanka	2.3	4.4	0.77	76.3	151.4
	Japan	2.3	86.5	0.91	83.8	3733.7
	Kazahstan	5.4	2.2	0.81	72.0	316.4
Afrika	Etiopija	1.8	0.0	0.45	65.0	24.9
	Nigerija	2.5	7.7	0.53	53.1	97.8
	Gana	1.2	0.0	0.59	62.8	82.4
	Tunis	0.8	39.6	0.73	75.9	268.2
	Alžir	1.0	91.6	0.75	76.1	290.5
	Egipat	1.2	16.3	0.69	71.3	180.8
	Maroko	0.5	39.6	0.66	75.7	147.4
	Sudan	0.9	53.8	0.50	64.4	158.0
	Turska	1.6	48.5	0.80	76.5	454.6
Europa	Grčka	0.3	83.0	0.87	81.0	1464.7
	Italija	4.1	83.7	0.88	82.5	2708.8
	Nizozemska	1.7	100.0	0.93	81.5	4674.7
	Norveška	3.9	97.6	0.95	82.3	7565.5
	Francuska	3.3	94.8	0.89	82.3	4204.1
	Španjolska	4.4	89.0	0.89	82.8	2351.5
	Njemačka	3.6	97.9	0.93	80.6	4617.5
	Brazil	3.3	65.8	0.76	75.0	776.2
Amerika	Bolivija	0.5	31.1	0.69	70.3	201.6
	El Salvador	0.4	55.5	0.66	72.4	283.3
	Kanada	8.2	84.7	0.92	81.9	4539.1
	SAD	8.4	48.3	0.92	81.0	9538.1

Prosječna stopa stvaranja medicinskog otpada u svakoj zemlji u usporedbi s indeksom ekološke učinkovitosti kontroliranog gospodarenja krutim otpadom u dotičnoj zemlji prikazan je na Slici 2. Rezultati pokazuju da je stopa proizvodnje medicinskog otpada u zemljama s niskim i srednjim dohotkom znatno niža nego u razvijenim i zemljama s visokim dohotkom. Sveukupno, prosječna stopa stvaranja medicinskog otpada kreće se od 0,3 do 8,4 kg/krevet/dan. Sjedinjene Države i Kanada proizvode najveću količinu medicinskog otpada (8,4 odnosno 8,2 kg/krevet/dan). Kazahstan i Iran, u Aziji, stvaraju najveću količinu medicinskog otpada (4,6 kg/krevet/dan), dok u Europi, Španjolska i Italija stvaraju najveću količinu otpada (4,4 i 4,1 kg/krevet/ dan). Pakistan i Grčka pokazuju najmanju količinu stvorenog medicinskog otpada (oko 0,3 kg/krevet/dan). Zemlje s rastućim gospodarstvima imaju puno nižu stopu proizvodnje medicinskog otpada u usporedbi s bogatim zemljama [20]. To bi se moglo pripisati boljim zdravstvenim uslugama i sve starijem stanovništvu u bogatim zemljama koje koristi najviše zdravstvenih materijala i usluga. Slika 2 prikazuje stopu stvaranja medicinskog otpada s indeksom ekološke učinkovitosti. Indeksi ekološke učinkovitosti značajno variraju, od 0 u Tanzaniji, Etiopiji, Libiji i Palestini do 100 u Nizozemskoj. Većina bogatih zemalja ima više indekse ekološke učinkovitosti, dok zemlje s niskim i srednjim dohotkom imaju niže. Stoga, unatoč najvećoj stopi proizvodnje medicinskog otpada, bogatije zemlje imaju bolje kontrolirano gospodarenje otpadom te se u konačnici proizvedeni medicinski otpad pravilno zbrinjava [21].



**Slika 2.** Količina medicinskog otpada proizvedenog u različitim zemljama i njihov indeks ekološke učinkovitosti [19]

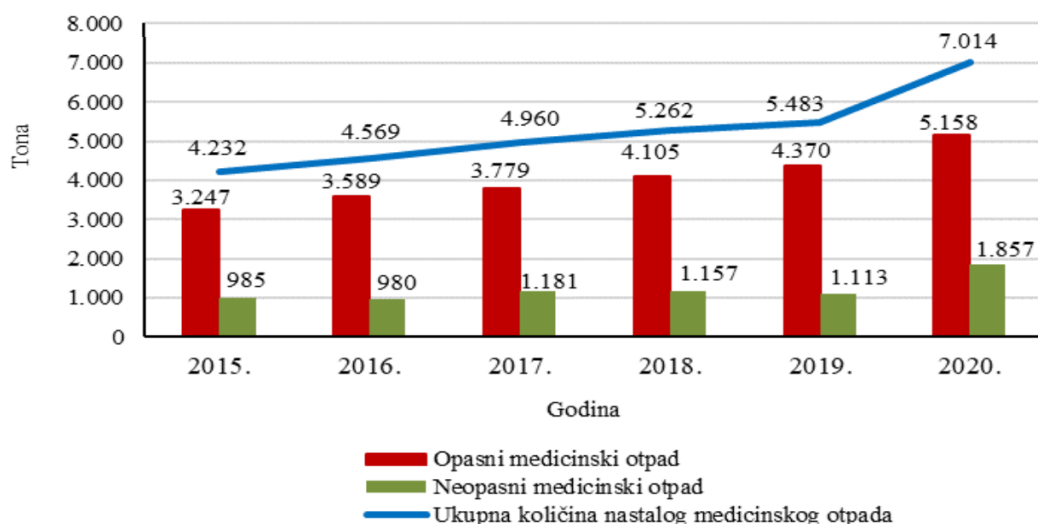
Na Slici 3. prikazane su prosječne količine medicinskog otpada i njihov sastav. Proizvedeni medicinski otpad sadrži približno 67% neopasnog otpada, 27% zaraznog ili toksičnog otpada i otprilike 4% oštih predmeta.



**Slika 3.** Prosječni postotak različitih vrsta i sastava medicinskog otpada [22]

### 2.3.2. Količine medicinskog otpada u Republici Hrvatskoj

Između 2015. i 2019. prijavljen je porast količine medicinskog otpada uz prosječan godišnji porast od 8%. U 2019. godini ukupna količina medicinskog otpada povećana je u odnosu na prethodnu godinu 4% ili 221 tona, od čega se količina opasnog medicinskog otpada povećala 6%, odnosno 265 tona, a neopasnog medicinskog otpada smanjila za 4% odnosno 44 tone [13]. U 2020. godini nastalo je 7 014 tona medicinskog otpada od čega 74% ili 5.157 tona opasnog i 26% ili 1.857 tona neopasnog medicinskog otpada (Slike 4). U odnosu na prethodnu godinu, radi se o povećanju od 28 % ili 1.531 tona. Pripisuje se povećanoj potrošnji medicinskih proizvoda zbog pandemije COVID-19. Izračunato je povećanje opasnog medicinskog otpada od 18%, odnosno 788 tona te smanjenje neopasnog otpada za 67% ili 744 tone (Slika 4).



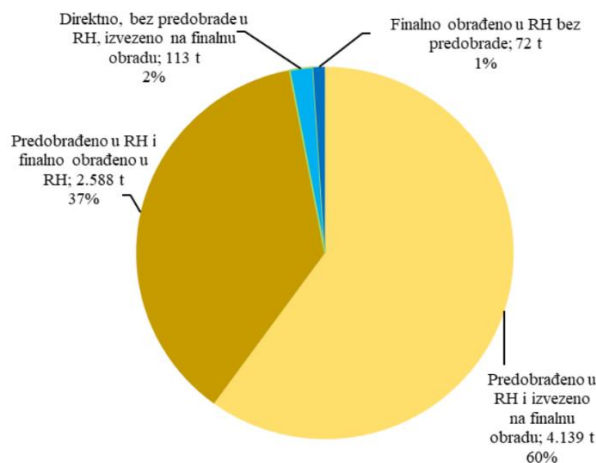
**Slika 4.** . Količine nastalog medicinskog otpada u razdoblju od 2015. do 2020. godine [23]

Od ukupno proizvedene količine medicinskog otpada, najveći udio od 70%, odnosno 4.933 tone bio je otpad čije prikupljanje i zbrinjavanje podliježe posebnim zahtjevima zbog opreza od infekcije, nakon kojih slijedi otpad s 20% ili 1420 tona čije sakupljanje i odlaganje ne podliježu posebnim zahtjevima za sprječavanje infekcije - npr. rublje, gipsani zavoji, posteljina, jednokratna odjeća, posteljina, pelene. Sav preostali medicinski otpad proizveden kao postotak ukupne proizvodnje čini 10 % ukupnog medicinskog otpada odnosno 661 tona.

Najveća količina medicinskog otpada nastala je u djelatnosti pružanja zdravstvene zaštite od čega najviše bolnice (80%) od kojih najviše proizvodi Klinički bolnički centar Zagreb, čak 19% odnosno 925 tona) [23].

#### *Obrađene količine medicinskog otpada*

U 2020. godini od proizvedenih 7.014 tona medicinskog otpada prerađeno je 6.912 tona (99%), a u skladištu prerađivača ostalo je 102 tone (1%). Od 6.912 tona prerađenog medicinskog otpada, 4.139 tona (60%) prethodno je obrađena u Republici Hrvatskoj i izvezeno na završnu obradu, a 2.588 tona (37%) prethodno je obrađeno i konačno obrađeno u Republici Hrvatskoj. U Republici Hrvatskoj je 113 tona (2%) izvezeno izravno na završnu preradu, a 72 tone (1%) konačno je prerađeno u Republici Hrvatskoj bez prethodne obrade (Slika 5.)



**Slika 5.** Udjeli količina obrađenog medicinskog u 2020. godini [23]

Najveća količina prerađenog medicinskog otpada završilo je na finalnoj preradi u izvozu (4.252 tone ili 62%) i na odlagalištima otpada u Republici Hrvatskoj (2.614 tona ili 38%). Od 6.727 tona medicinskog otpada koji je predobrađen u RH, postupcima zbrinjavanja je predobrađeno 3.441 tona (51 %), a oporabom 3.286 tona (49 %). U predobradi zbrinjavanjem, najveća količina otpada (2.172 tone ili 63%) je autoklavirana.

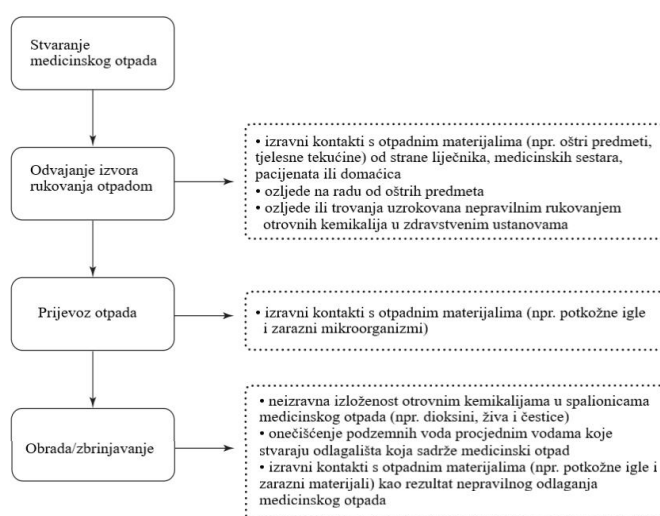
Od medicinskog otpada koji je autoklaviran najveći udio (2.139 tona ili 98%) čini prikupljeni otpad čije prikupljanje i zbrinjavanje podliježe posebnim zahtjevima zbog opreza od infekcije. Kod predobrađe oporabom, najveća količina otpada (2.870 tona ili 87%) sterilizirana je i zatim se šalje u izvoz na finalnu obradu – energetska oporabu [23]. U steriliziranom medicinskom otpadu koji se izvozi za energetska oporabu najveći dio (2.717 tona ili 95%) je otpad čije prikupljanje i zbrinjavanje podliježe posebnim zahtjevima zbog opreza od infekcije. Na završnu preradu izvezeno je ukupno 4.252 tone medicinskog otpada, od čega je najveći dio (3.728 tona ili 88%) energetska oporabljen (postupak R 1) i sitnije frakcije (524 tone ili 12 %) spaljene.

#### *Izvezene količine medicinskog otpada*

Količinu izravnog izvoza otpada iz Republike Hrvatske teško je precizno utvrditi jer neke od pošiljki ne sadrže samo medicinski otpad, već mješavinu različitih vrsta otpada. Prema podacima o količini izvezenog otpada 2020. godine, 113 tona medicinskog otpada direktno je izvezeno od čega su 54 tone zbrinute postupkom D10- spaljivanje otpada na kopnu i 59 tona oporabljen postupkom R1-korištenje otpada uglavnom kao goriva ili drugog načina dobivanja energije. Nema uvoza medicinskog otpada u 2020. godini.

## 2.4. UTJECAJ MEDICINSKOG OTPADA NA LJUDE I OKOLIŠ

Medicinski otpad može izazvati niz ozbiljnih učinaka na zdravlje. Takav otpad sadrži potencijalno zarazne i štetne mikroorganizme koji mogu zaraziti brojne skupine poput zdravstvenih radnika (osobito medicinskih sestara), pacijenata, bolničkog osoblja, posjetitelja zdravstvenih ustanova, osoba koje rukuju otpadom, radnika u postrojenjima za obradu i odlaganje otpada ili čak javnost putem izravnih ili neizravnih putova izloženosti. Potencijalni putovi izlaganja zaraznim i otrovnim kemikalijama u medicini otpad od skupljanja do obrade i zbrinjavanja prikazani su na Slici 6.



**Slika 6.** Potencijalne opasnosti i putevi izlaganja zaraznim materijalima u medicinskom otpadu [24]

Slučajna izloženost zaraznim materijalima posebno može predstavljati značajnu prijetnju ljudskom zdravlju. Na primjer, koristi se oštri predmeti koji su često kontaminirani pacijentovom krvlju, posebice potkožne igle, mogu ne samo uzrokovati ubode i posjekotine, već i zaraziti rane. Do izravnog izlaganja može doći u kontaktu s tjelesnim tekućinama i izlučevinama pacijenata koji su podvrgnuti kemoterapiji. Rukovatelji otpadom izloženi su neposrednoj opasnosti od ozljeda oštrim predmetima i potencijalne izloženosti zaraznim mikroorganizmima ili otrovnim kemikalije kada rukuju otpadom. U zemljama u razvoju, pojedinci koji rade na otvorenim odlagalištima otpada s medicinskim otpadom su pod značajnim rizikom od infekcije. U afričkim, azijskim i nekim europskim zemljama u posljednje vrijeme raste zabrinutost oko pojava zaraznih bolesti kao što su virus hepatitisa B, virus



hepatitisa C, HIV, tuberkuloza, difterija, kolera i mnoge druge, vjerojatno uzrokovano kontaktom s otpadnim materijalima. Mnoge od ovih infekcija u zemljama u razvoju povezane su s ponovnom uporabom jednokratne igle štrcaljke bez odgovarajuće sterilizacije ili nepravilno odlaganje medicinskog otpada. Neizravni zdravstveni rizici također se mogu pojaviti ispuštanjem otrovnih kemikalija u okoliš ili nesigurnim odlaganjem medicinskog otpada. Sve je veća zabrinutost javnosti zbog mogućih učinaka na zdravlje povezanih s emisijom otrovnih kemikalija (npr. čestica, teški metali, kiseli plinovi i dioksini) u spalionicama medicinskog otpada. Odlaganje medicinskog otpada bez odgovarajućih spremnika procjedne vode koja je uobičajena u mnogim zemljama u razvoju može potencijalno dovesti do onečišćenja podzemnih voda. Od ključne je važnosti da se upravitelji institucije uključe shvaćanje rizika infektivnog i medicinskog otpada u svoj plan upravljanja ustanovom. Upravitelji su odgovorni za osiguranje sigurnog radnog mjesta i sprječavanje onečišćenja okoliša. Ako se njihova institucija smatra nemarnom, mogu se osobno smatrati odgovornima zbog svojih odgovornosti za donošenje odluka. Razborito je da se administratori redovito savjetuju s odvjetnikom svoje ustanove, upraviteljem rizika, direktorom za sigurnost, službenikom za biološku sigurnost, upraviteljem opasnih materijala i osobljem za kontrolu infekcija. Trebali bi poticati te stručnjake da budu u toku razvoja kroz kontinuirano obrazovanje i pregled literature. Rizik se mjeri kao umnožak posljedice događaja i njegove vjerojatnosti. Što se tiče otpada, posljedica može biti u obliku odštetnih zahtjeva radnika, novčane kazne, tužbe, gubitak akreditacije ili čak kazne za rukovoditelje. Općenito se rizici od otpada mogu klasificirati kao profesionalni, okolišni, pravni, politički, društveni ili ekonomski.

### *Rizici za okoliš*

Rizici za okoliš uključuju mogućnost ispuštanja otpada u podzemne vode, površinske vode ili zrak. Odlaganje otpada bez ograničenja također stvara ekološku opasnost za zajednicu zbog mogućnost ozljede ili prijenosa bolesti izravnim kontaktom. Metode obrade otpada nose značajne rizike za okoliš. Primjena sterilizacije parom (autoklaviranje) zahtijeva posebne mjere opreza kako bi se spriječilo ispuštanje zaraznih agenasa u zrak putem ispuha pare ili u kanalizaciju preko odvodne cijevi. To vrijedi i za spalionice, posebice one izgrađene prije 1970. ili one koje su loše vođene [25]. Spalionice možda neće uništiti uzročnike zaraze kako se očekuje, već će ih umjesto toga osloboditi u zrak, u pepeo ili putem otpadnih voda iz uređaja za čišćenje. Otrovnne tvari proizvedene izgaranjem, koje se može emitirati iz dimnjaka ili koncentrirati u pepelu, mogu biti još jedan ozbiljan problem spaljivanja otpada. Dibenzo-p-dioksini i dibenzofurani nastaju ljudskim djelovanjem i izgaranjem organske tvari, au literaturi

se obično nazivaju dioksini. Dioksini su vrlo opasne tvari koje se lako šire u okolišu. Svojim djelovanjem dioksini ulaze u hranidbeni lanac i tako se šire ekosustavom. Konzumacija hrane ili čak majčinog mlijeka u takvom okruženju izlaže osobu riziku od dioksina [26]. Spaljeni materijali koji sadrže klor ili su njime tretirani mogu stvarati dioksine i furane, koji su karcinogeni za ljude i povezuju se s nizom štetnih učinaka na zdravlje. Spaljivanje teških metala ili materijala s visokim sadržajem metala (osobito olova, žive i kadmija) može dovesti do širenja toksičnih metala u okolišu. Samo moderne spalionice koje rade na 850-1100 °C i opremljene posebnom opremom za pročišćavanje plinova mogu zadovoljiti međunarodne standarde emisija za dioksine i furane. Opasnost po okoliš od postupaka odlaganja dobro je poznata. Čak i mala količina laboratorijskih otapala, kada se odlože na odlagalište, mogu iscuriti u pitku vodu. Odlaganje neobrađenog medicinskog otpada na odlagalištima može dovesti do onečišćenja pitkih, površinskih i podzemnih voda ako ta odlagališta nisu pravilno izgrađena. Neki zarazni otpad može ostati zarazan mnogo godina ako se odloži bez sterilizacije.

#### **2.4.1. Rizici povezani s opasnim medicinskim otpadom**

Zdravstveni rizici povezani s opasnim medicinskim otpadom mogu se podijeliti u pet kategorija: rizik od traume, rizik od infekcije, kemijski rizik, opasnost od požara ili eksplozije i opasnost od radioaktivnosti.

##### *Rizik od traume*

Medicinski otpad izvor je potencijalno opasnih mikroorganizama koji mogu zaraziti bolničke pacijente, osoblje i širu javnost. Postoji mnogo različitih puteva izloženosti: kroz ozljedu (posjekotina, ubod), kroz kontakt s kožom ili sluznicom, udisanjem ili putem gutanja. Tablica 3 daje primjere infekcija koje mogu biti izazvane medicinskim otpadom.

**Tablica 3.** Primjeri infekcija koje mogu biti izazvane opasnim medicinskim otpadom

<b>Vrsta infekcije</b>	<b>Uzročnik infekcije</b>	<b>Prijenos infekcije</b>
<b>Gastrointestinalne infekcije</b>	Enterobakterije ( <i>Salmonella</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Shigella</i> )	Stolica, povraćanje
<b>Respiratorne infekcije</b>	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Streptococcus pneumoniae</i> , SARS virus (teški akutni respiratorni sindrom), virus ospica	Udahnuti sekret, slina
<b>Infekcije oka</b>	Herpes simpleks virus	Očni sekret
<b>Infekcije kože</b>	<i>Streptococcus</i>	Gnoj
<b>Antraks</b>	<i>Bacillus anthracis</i>	Kožni sekret
<b>Meningitis</b>	<i>Neisseria meningitidis</i>	Moždana spinalna tekućina
<b>AIDS</b>	Virus humane imunodeficijencije	Krv, spolne izlučevine, ostale tjelesne tekućine
<b>Hemoragijska groznica</b>	Lassa, Ebola, Marburg, Junin virus	Krv i sekret
<b>Virusni hepatitis A</b>	Hepatitis A virus	Stolica
<b>Virusni hepatitis B i C</b>	Hepatitis B i Hepatitis C virus	Krv i druge biološke tekućine
<b>Ptičja gripa</b>	H5N1 virus	Krv, stolica

Neka slučajna izloženost krvi ili drugoj tjelesnoj tekućini primjeri su slučajnog izlaganja opasnom medicinskom otpadu. Što se tiče virusnih infekcija kao što su AIDS i hepatitis B i C, medicinsko osoblje je ono koje je u najvećem riziku od infekcije kroz kontaminirane igle. Godine 2000. Svjetska zdravstvena organizacija procijenila je da se na svjetskoj razini obračunavaju nezgode uzrokovane oštrim predmetima za 66.000 slučajeva infekcije virusom hepatitisa B, 16.000 slučajeva zaraze virusom hepatitisa C i 200 do 5000 slučajeva HIV infekcije među osobljem zdravstvene ustanove. Neki otpad, poput patološkog otpada, ne predstavlja nužno rizik za zdravlje ili rizik za okoliš, ali se moraju tretirati kao posebni otpad iz etičkih ili kulturnih razloga. Daljnji potencijalni rizik je širenje mikroorganizama izvan zdravstvenih ustanova koji su prisutni u tim objektima.

### Opstanak mikroorganizama u okolišu

Patogeni mikroorganizmi imaju ograničenu sposobnost preživljavanja u okolišu. Preživljavanje ovisi o svakom mikroorganizmu i uvjetima okoline (temperatura, vlaga, sunčevo zračenje, dostupnost organskog supstrata, prisutnost dezinficijensa). Bakterije su manje otporne nego virusi. Za sada se vrlo malo zna o preživljavanju priona i uzročnika degenerativnih neuroloških bolesti, koji su izgleda otporniji od virusa. Tablica 4 daje sažetak onoga što je poznato o preživljavanju različitih patogena [9].

**Tablica 4.** Primjeri vremena preživljavanja određenih patogena

<b>Patogeni mikroorganizam</b>	<b>Promatrano vrijeme preživljavanja</b>
<b>Hepatitis B virus</b>	→ nekoliko tjedana na površini na suhom zraku → 1 tjedan na površini na 25°C → nekoliko tjedana u osušenoj krvi → 10 sati na 60°C → preživljava 70% etanol
<b>Infektivna doza Hepatitis B i C virusa</b>	→ 1 tjedan u kapi krvi u potkožnoj igli
<b>Hepatitis C virus</b>	→ 7 dana u krvi na 4°C
<b>Virus humane imunodeficijencije</b>	→ 3 – 7 dana u okolnom zraku → inaktiviran na 56°C → 15 minuta u 70% etanolu → 21 dana u 2 µl krvi na sobnoj temperaturi → sušenje virusa smanjuje njegovu koncentraciju za 90-99% u sljedećih nekoliko sati

Koncentracija mikroorganizama u medicinskom otpadu, s izuzetkom laboratorijske kulture uzročnika i izlučevina zaraženih pacijenata, općenito je malo veća nego kod kućnog otpada. Međutim, medicinski otpad sadrži više vrsta mikroorganizama. S druge strane, vrijeme preživljavanja mikroorganizama prisutnih u medicinskom otpadu je kratak.

### *Biološki rizici povezani s izloženošću kućanskom otpadu*

Budući da su uvjeti izloženosti često isti za zaposlenike koji se bave kućnim otpadom i one koji se bave medicinskim otpadom, utjecaj na zdravlje se mogu usporediti. Razne studije provedene u zemljama s visokim dohotkom su pokazale da u odnosu na opću populaciju, osoba zaposlena na obradi otpada iz kućanstva izložena je: 6 puta većem riziku od infekcije, 2,6 puta većem riziku od obolijevanja od alergijskih bolesti, 2,5 puta većem riziku obolijevanja od kroničnog bronhitisa te 1,2 puta većem riziku od zaraze hepatitisom [9]. Plućne bolesti i bronhitis uzrokovani su izlaganjem aerosolu sadržanom u zraku na mjestima gdje se otpad odlaže, skladišti ili prerađuje.

### *Kemijski rizici*

Mnogi kemijski i farmaceutski proizvodi koriste se u zdravstvenim ustanovama. Većina njih predstavlja rizik za zdravlje s obzirom na njihova svojstva (otrovno, kancerogeno, mutageno, nadražujuće, korozivno, eksplozivno, zapaljivo). Postoje različiti načini ovakvim tvarima: udisanje plina, para ili kapljica, kontakt s kožom ili sluznicom ili gutanje. Neke tvari (kao što su klor i kiseline) mogu stvarati otrovne plinove kada se miješaju. Identifikacija potencijalnih opasnosti uzrokovanih određenim tvarima ili kemijskim pripravcima može se lako provesti kroz označavanje: simboli, izjave upozorenja ili izjave opasnosti (Slika 7).



**Slika 7.** Piktogrami opasnosti [27]

Živa je teški metal u tekućem obliku na sobnoj temperaturi i tlaku. Lako isparava i može ostati do godine dana u atmosferi. Akumulira se u sedimentima, gdje se pretvara u otrovniji organski derivat. Živa se nalazi uglavnom u termometrima, manometrima, zubarskim legurama, određenim vrstama baterija, elektroničkim komponentama. Zdravstvene ustanove su jedne od glavnih izvora žive u atmosferi zbog spaljivanja medicinskog otpada. Ovi objekti su također odgovorni za onečišćenje površinskih voda živom. Srebro je još jedan otrovni element koji se

nalazi u bolnicama (fotografski razvijajući). Bakterije koje mogu razviti otpornost na srebro, također se smatraju otpornim na antibiotike. Trgovina i uporaba lijekova kojima je istekao rok trajanja također predstavlja rizik za javno zdravlje kad god se ova vrsta otpada ne kontrolira.

### *Rizici od spaljivanja*

U nekim slučajevima, osobito kada se otpad spaljuje na niskim temperaturama (manje od 800°C) ili kada se plastika koja sadrži polivinil klorid spaljuje, solna kiselina (koja uzrokuje kisele kiše), dioksini, furani i razni stvaraju se druga toksična onečišćivala koja se prenose zrakom. Pronađeni su u emisijama, ali i u zaostalom i drugom pepelu koji se prenosi zrakom te u otpadnim plinovima koji se oslobađaju kroz dimnjake spalionica. Izloženost dioksinima i furanima može imati štetne učinke na zdravlje. Ove tvari su postojane, odnosno molekule se ne raspadaju u okolini i one se nakupljaju u hranidbenom lancu. Najveći dio ljudske izloženosti na dioksine i furane odvija se unosom hrane. Čak i u visoko temperaturnim spalionicama (preko 800°C) postoje hladniji dijelovi procesa spaljivanja gdje mogu nastati dioksini i furani. Spaljivanje metala ili materijala s visokim sadržajem metala (osobito olova, žive i kadmija) može dovesti do ispuštanja metala u okoliš.

### *Rizici povezani s nekontroliranim odlaganjem*

Osim gore navedenih rizika, zakapanje i nasumično odlaganje na nekontroliranim mjestima može imati izravan utjecaj na okoliš, odnosno onečistiti vodu i tlo.

### *Rizici povezani s ispuštanjem u kanalizaciju*

Loše upravljanje otpadnim vodama i kanalizacijskim muljem može dovesti do kontaminacije vode i tla patogenim mikroorganizmima ili otrovnim kemikalijama. Izlijevanje kemijskog i farmaceutskog otpada u odvod može narušiti rad bioloških postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda ili septičkih jama. Antibiotici i njihovi se metaboliti se izlučuju urinom i stolicom pacijenata na liječenju i završavaju u kanalizaciji. Otpadne vode bolnica sadrže 2 do 10 puta više bakterija otpornih na antibiotike nego kućne otpadne vode.

## **2.5. ODVAJANJE, SKLADIŠTENJE I TRANSPORT MEDICINSKOG OTPADA**

### **2.5.1. Sustavi odvajanja medicinskog otpada**

Najjednostavniji sustav odvajanja otpada je odvajanje cjelokupnog opasnog otpada od veće količine neopasnog općeg otpada. Međutim, kako bi se osigurala minimalna razina sigurnosti za osoblje i pacijente, dio opasnog otpada obično se odvaja na dva dijela: korišteni oštri predmeti i potencijalno zarazni predmeti. Najveću količinu obično čine cijevi, zavoji,

medicinski artikli za jednokratnu upotrebu, brisevi i maramice. Posljedično, odvajanje općeg, neopasnog otpada, potencijalno zaraznog otpada i rabljenih oštih predmeta u posebne spremnike često se naziva "sustav s tri spremnika". Ostale vrste spremnika mogu se koristiti za druge kategorije otpada, kao što je kemijski i farmaceutski otpad, ili za odvajanje patološkog otpada koji treba zbrinjavati na različite načine od ostalog otpada.

#### *Spremnici za otpad, oznake boja i naljepnice*

U idealnom slučaju, isti sustav odvajanja trebao bi biti na snazi u cijeloj zemlji, a mnoge zemlje imaju nacionalno zakonodavstvo koje propisuje kategorije odvajanja otpada koje se trebaju koristiti i sustav kodiranja boja za spremnike za otpad. Tamo gdje ne postoji nacionalno zakonodavstvo, dostupna je shema Svjetske zdravstvene organizacije (Tablica 5.). Označavanje bojama olakšava medicinskom osoblju i bolničkim radnicima odlaganje otpada u odgovarajući spremnik i održavanje odvajanja otpada tijekom prijevoza, skladištenja, obrade i odlaganja. Označavanje bojama također pruža vizualni pokazatelj potencijalnog rizika koji predstavlja otpad u tom spremniku.

**Tablica 5.** Tablica odvajanja otpada koju preporučuje Svjetska zdravstvena organizacija

<b>Vrsta otpada</b>	<b>Boja spremnika i oznaka</b>	<b>Vrsta spremnika</b>
<b>Visoko zarazni otpad</b>	Žuta s oznakom "visoko zarazno" i simbolom biološke opasnosti	Čvrsta, nepropusna plastična vrećica ili spremnik koji je moguće staviti u autoklav
<b>Ostali zarazni otpad, patološki otpad</b>	Žuta sa simbolom biološke opasnosti	Nepropusna plastična vrećica ili spremnik
<b>Oštri predmeti</b>	Žuta s oznakom "Oštro" i simbolom biološke opasnosti	Spremnik otporan na probijanje
<b>Kemijski i farmaceutski otpad</b>	Smeđa s odgovarajućim simbolom opasnosti	Plastična vrećica ili čvrsti spremnik
<b>Radioaktivni otpad</b>	Simbol radijacije	Olovna kutija
<b>Opći zdravstveni otpad</b>	Crna	Plastična vrećica

Označavanje spremnika za otpad koristi se za identifikaciju izvora, bilježenje vrste i količine otpada proizvedenog u svakom području i omogućavanje praćenja problema s odvajanjem otpada do medicinskog područja. Jednostavan pristup je pričvrstiti naljepnicu na svaki napunjeni spremnik s podacima o medicinskom području, datumu i vremenu zatvaranja spremnika i ime osobe koja ispunjava naljepnicu. Također se preporučuje korištenje međunarodnog simbola opasnosti na svakom spremniku za otpad.

### **2.5.2. Prikupljanje otpada unutar zdravstvene ustanove**

Vremena prikupljanja trebaju biti fiksna i primjerena količini otpada koja nastaje u svakom dijelu zdravstvene ustanove. Opći otpad ne treba skupljati u isto vrijeme ili u ista kolica s infektivnim ili drugim opasnim otpadom. Vreće za otpad i spremnici za oštre predmete ne smiju biti napunjeni više od tri četvrtine. Plastične vrećice nikada se ne smiju spajati, ali se mogu zavezati ili zapečatiti plastičnom pločicom ili vezicom. Anomalije između odjela sa sličnim medicinskim uslugama ili tijekom vremena na jednoj lokaciji mogu pokazati razlike u recikliranju ili probleme poput lošeg odvajanja i preusmjeravanja otpada za neovlaštenu ponovnu uporabu. Skupljanje većine otpada trebalo bi biti svakodnevno, s vremenskim rasporedom prikupljanja koji odgovara obrascu stvaranja otpada tijekom dana.

### **2.5.3. Prijevoz otpada na licu mjesta**

#### *Opći zahtjevi*

Prijevoz na licu mjesta trebao bi se odvijati u vrijeme manje gužve kad god je to moguće. Treba koristiti postavljene rute za sprječavanje izloženost osoblja i pacijenata te minimizirati prolaz natovarenih kolica kroz njegu pacijenata. Ovisno o dizajnu zdravstvene ustanove, za interni transport otpada treba koristiti zasebne etaže, stubišta ili dizala što je dalje moguće [28]. Prijevozno osoblje treba nositi odgovarajuću osobnu zaštitnu opremu, rukavice, čvrste i zatvorene cipele, kombinezone i maske. Opasni i neopasni otpad uvijek treba prevoziti odvojeno. Općenito, postoje tri različita transportna sustava:

- kolica za prijevoz općeg otpada trebaju biti obojena u crno, koristiti samo za vrste neopasnog otpada i jasno označena s “Opći otpad” ili “Neopasni otpad”.
- infektivni otpad može se transportirati zajedno s rabljenim oštrim otpadom. Zarazni otpad ne smije se prevoziti zajedno s drugim opasnim otpadom, kako bi se spriječilo moguće širenje



uzročnika zaraze. Kolica bi trebala biti obojena odgovarajućom bojom za infektivni otpad (žuto) i trebala bi biti označena oznakom "Zarazno".

- Ostali opasni otpad, poput kemijskog i farmaceutskog otpada, treba transportirati odvojeno u kutijama do središnjih skladišta.

#### **2.5.4. Središnje skladište unutar zdravstvenih ustanova**

Središnja skladišta su mjesta unutar zdravstvene ustanove gdje se različite vrste otpada trebaju dovesti radi sigurnog zadržavanja dok se ne obrade ili prikupe za transport izvan lokacije.

##### **2.5.4.1 Skladištenje opasnog otpada**

###### *Skladištenje zaraznog otpada*

Mjesto skladištenja mora biti označeno kao područje zaraznog otpada znakom biološke opasnosti. Podove i zidove treba zatvoriti ili popločiti kako bi se omogućila laka dezinfekcija. Ako postoji, skladište treba biti spojeno na poseban kanalizacijski sustav za zarazne bolničke otpadne vode. Oštri predmeti mogu se skladištiti bez problema, ali drugi infektivni otpad treba držati na hladnom ili u hladnjaku na temperaturi po mogućnosti ne višoj od 3 °C do 8 °C ako se skladišti dulje od tjedan dana.

###### *Skladištenje patološkog otpada*

Patološki otpad i rast patogena koje on može sadržavati smatraju se biološki aktivnim otpadom te treba očekivati stvaranje plina tijekom skladištenja. Kako bi se ove mogućnosti svele na najmanju moguću mjeru, skladišta bi trebala imati iste uvjete kao i ona za infektivni i oštri otpad.

###### *Skladištenje farmaceutskog otpada*

Farmaceutski otpad treba odvojiti od ostalog otpada i slijediti lokalne propise za konačno odlaganje. Općenito, farmaceutski otpad može biti opasan ili neopasan te tekuće ili krute prirode, a sa svakim treba postupati drugačije. Mogu se razlikovati dolje navedeni tokovi farmaceutskog otpada:

- farmaceutski otpad s neopasnim svojstvima koji se može skladištiti u neopasnom skladištu (vitamini, soli)

- opasni otpad koji treba skladištiti sukladno svojim kemijskim svojstvima (genotoksični lijekovi)

### *Skladištenje kemijskog otpada*

Prilikom planiranja skladišnih mjesta za opasni kemijski otpad, moraju se uzeti u obzir karakteristike različitih kemikalija koje se skladište i zbrinjavaju (zapaljive, korozivne, eksplozivne). Mjesto skladištenja treba biti ograđen prostor i odvojeno od ostalih skladišta otpada (Slika 8). Prilikom skladištenja tekućih kemikalija, skladište treba biti opremljeno rezervoarom otpornim na tekućine i kemikalije.



Napredno skladištenje kemikalija u različitim sigurnosnim odjeljcima



Skladištenje tekućeg kemijskog otpada u plastičnim spremnicima otpornim na kemikalije



Sigurnosni ormar za zapaljive tvari



Unutrašnjost sigurnosnog ormarića za zapaljive tvari

**Slika 8.** Primjeri skladištenja kemijskog otpada [30]

### *Skladištenje radioaktivnog otpada*

Radioaktivni otpad treba skladištiti u spremnicima koji sprječavaju raspršivanje zračenja i skladištiti iza olovne zaštite. Otpad koji se skladišti tijekom radioaktivnog raspada treba biti označen vrstom radionuklida, datumom, vremenskim razdobljem prije potpunog raspada i detaljima potrebnih uvjeta skladištenja. Vrijeme skladištenja radioaktivnog otpada zbog raspada razlikuje se od skladištenja drugog otpada jer je cilj skladištenja radioaktivnog otpada da se radioaktivnost značajno smanji i da se može sigurno zbrinuti kao uobičajeni otpad.

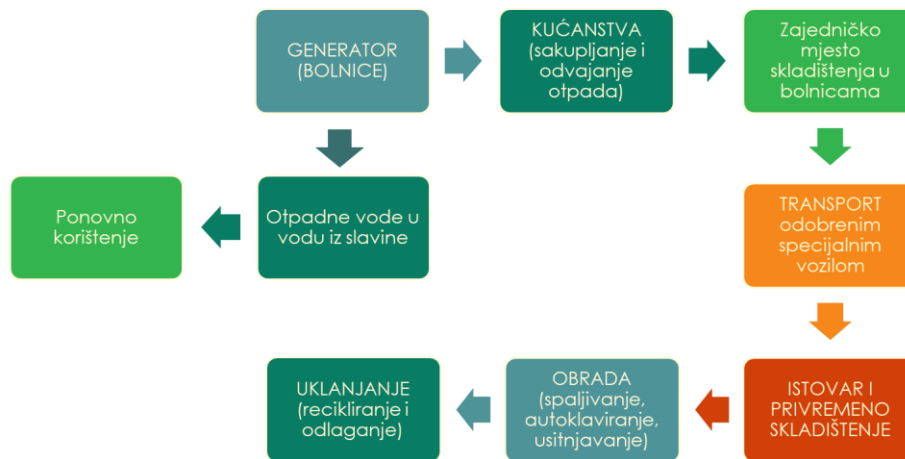
### **2.5.5. Prijevoz izvan lokacije**

Prijevoz izvan lokacije je prijevoz medicinskog otpada javnim ulicama dalje od zdravstvene ustanove. Prijevoz opasnog zdravstvenog otpada trebao bi biti u skladu s nacionalnim propisima i međunarodnim sporazumima ako se otpad prevozi preko međunarodne granice na obradu. Tamo gdje ne postoje nacionalni propisi, nadležna tijela mogu se pozvati na preporuke o prijevozu opasnih tvari koje su objavili Ujedinjeni narodi. Temeljni je zahtjev da vozilo koje prevozi opasni otpad bude ispravno za promet i da ima naljepnicu koja označava njegov teret, a nosivost mora biti osigurana kako bi se smanjio rizik od nesreća i izlijevanja. Vozila ili spremnici koji se koriste za prijevoz medicinskog otpada ne smiju se koristiti za prijevoz bilo kojeg drugog materijala. Vozila treba držati zaključana cijelo vrijeme, osim tijekom utovara i istovara, i pravilno održavati.

### 3. RASPRAVA

#### 3.1. GOSPODARENJE MEDICINSKIM OTPADOM

Hijerarhija gospodarenja otpadom uključuje smanjenje, ponovnu upotrebu, recikliranje i oporabu otpada. Oni su poznati kao upravljanje 4R. Smanjenje i sprječavanje nastajanja otpada je nipoželjnija i najdjelotvornija opcija, kojom se izuzima potreba kontrole, sanacije i zbrinjavanja nastalog otpada direktno u izvoru. I ponovna uporaba i recikliranje doprinose očuvanju sirovina njihovim ponovnim korištenjem te očuvanju neobnovljivih izvora sirovina energije koji bi se trošili za proizvodnju novih. Ponovnom upotrebom proizvod ili materijal duže cirkulira u potrošnom krugu čime se također izbjegava nastajanje i proizvodnja novih proizvoda te potencijalna proizvodnja novog otpada. Razlika je u tome što se pri ponovnoj uporavi proizvod izravno koristi u procesu proizvodnje ili uporavi, a pri recikliranju je potrebna prethodna prerada da bi proizvod bio iskoristiv. Regeneracija materijala i energije iz otpada primjenjuje se samo na otpad koji nije moguće smanjiti, ponovno upotrijebiti i reciklirati, te je posljednja opcija u hijerarhiji. Pri gospodarenju medicinskog otpada gdje su glavni proizvođači otpada bolnice, mora se u obzir uzeti i medicinski otpad nastao u kućanstvima, koji se zajedno prikupljaju u posebno namijenjenim i propisima dopuštenim skladištima smještenih u bolnicama. Transportom specijalnim i zakonski propisanim vozilima se po potrebi istovare i skladište prije obrade i konačnog uklanjanja ili ponovnog iskorištavanja. Također, preradom putem specijaliziranih procesa, otpadne vode bolnica potencijalno onečišćene infektivnim tvarima se ponovno iskorištavaju kao voda iz slavine ili u drugim procesima (Slika 9). Odgovornosti zdravstvenih ustanova koje se odnose na gospodarenje otpadom trebaju biti u skladu s nacionalnim zakonodavstvom i međunarodnim konvencijama. Zakon predviđa petogodišnji plan za proizvođače medicinskog otpada. Osim utvrđivanja provedbe i uspješnosti plana, potrebno je imenovati voditelja koji će nadzirati plan, osigurati financijske i ljudske resurse, razgraničiti odgovornosti i zadatke te izvršiti reviziju provedbe. Osim nadzora prikupljanja, skladištenja i prijevoza, upravitelji otpada nadziru one koji obavljaju te aktivnosti. Obrazuje, provodi zaštitne mjere, istražuje i prijavljuje incidente. U procesu rada medicinsko osoblje mora izgraditi svijest o značaju pravilnog gospodarenja medicinskim otpadom. Kontinuirano obrazovanje i obuka su načini da se poveća osjetljivost zdravstvenih radnika na otpad [30].



**Slika 9.** Dijagram toka gospodarenja medicinskim otpadom

Glavne medicinske sestre, kao i medicinske sestre za kontrolu bolničkih infekcija, trebale bi obučiti osoblje kako ispravno razvrstavati, skupljati i skladištiti otpad. Za postupanje s kemikalijama zaduženi su laboratorijski tehničari, a ljekarničke službe trebaju pratiti količinu i rok trajanja lijekova, kao i otpad koji sadrži teške metale. Opasni medicinski otpad kao što je citotoksični treba pohraniti u hermetički zatvorene spremnike i vratiti proizvođaču, dok se radioaktivni otpad mora pohraniti na licu mjesta dok ne postane neaktivan prema vremenu poluraspada. Smanjenje ukupne količine medicinskog otpada može se postići uporabom jednokratne opreme, uporabom opreme bez žive, osiguranjem količina lijekova i materijala [30]. Mogućnosti poput recikliranja papira, baterija, stakla, metala, plastike, kompostiranja biorazgradivih materijala iz kuhinja i/ili otpada od održavanja bolničke okoline, doprinose smanjenju količine otpada. Količina kemijskog i farmaceutskog otpada može se smanjiti odabirom dobavljača koji mogu isporučivati lijekove u dovoljno malim količinama (ICRC 2011). Osim prednosti za okoliš, mogućnost povrata lijekova kojima je istekao rok trajanja ili dugoročnih isporuka ima i financijski smisao za agenciju. Način na koji medicinske ustanove surađuju u razmjeni određenih materijala i lijekova koji se ne mogu iskoristiti u zadanom roku može pridonijeti smanjenju određenih vrsta otpada s jedne strane i ekonomskom utjecaju s druge strane. Metode obrade i konačnog zbrinjavanja medicinskog otpada ovise o vrsti, kulturnim i vjerskim običajima, mogućnostima skladištenja, financijskim i zakonskim odredbama otpada.

### 3.1.1. Metode obrade i zbrinjavanja

#### 3.1.1.1. Odabir metoda zbrinjavanja

Odabir sustava obrade uključuje razmatranje karakteristika otpada, tehnoloških mogućnosti i zahtjeva, čimbenika zaštite okoliša i sigurnosti te troškova – od kojih mnogi ovise o lokalnim uvjetima. Čimbenici koje treba razmotriti uključuju: karakteristike otpada, količinu otpada za obradu i odlaganje, sposobnost zdravstvene ustanove za rukovanje količinom otpada, vrste otpada za obradu i odlaganje, tehnološke mogućnosti i zahtjevi, lokalnu dostupnost opcija i tehnologija zbrinjavanja, kapacitet sustava, učinkovitost zbrinjavanja, okolišne i sigurnosne čimbenike, ispuštanja u okoliš.

#### 3.1.1.2. Pregled tehnologija obrade otpada

##### *Toplinski procesi*

Toplinski procesi koriste toplinsku energiju za uništavanje patogena u otpadu. Ova se kategorija dalje može podijeliti na dizajne s niskom i visokom toplinom. Ova potklasifikacija je korisna zbog izrazitih razlika u termokemijskim reakcijama i fizičkim promjenama koje se odvijaju u otpadu tijekom njegove obrade u različitim vrstama opreme [31]. Toplinski procesi s niskom toplinom su oni koji koriste toplinsku energiju na povišenim temperaturama koje su dovoljno visoke da unište mikroorganizme, ali nisu dovoljne da izazovu izgaranje ili pirolizu otpada. Općenito, termalne tehnologije niske topline rade između 100 °C i 180 °C. Procesni niske topline odvijaju se u vlažnim ili suhim toplinskim okruženjima. Vlažna toplinska obrada uključuje upotrebu pare za dezinfekciju otpada i obično se izvodi u autoklavu.

##### *Kemijski procesi*

Metode kemijske obrade koriste dezinficijense kao što su otopljeni klor dioksid, izbjeljivač (natrijev hipoklorit), peroctena kiselina, otopina vapna, ozon ili suhe anorganske kemikalije (npr. prah kalcijevog oksida). Kemijski procesi često uključuju usitnjavanje, mljevenje ili miješanje kako bi se povećala izloženost otpada kemijskom agensu. U tekućim sustavima, otpad može proći kroz odjeljak za odvodnjavanje kako bi se uklonilo i recikliralo dezinfekcijsko sredstvo. Osim kemijskih dezinficijensa, postoje i spojevi za kapsuliranje koji mogu skruti oštre predmete, krv ili druge tjelesne tekućine unutar čvrste matrice prije odlaganja.

### *Tehnologije zračenja*

Zbrinjavanje zračenjem obuhvaća dizajne koji koriste zračenje iz elektronskih zraka, kobalta-60 ili ultraljubičastih izvora. Ove tehnologije zahtijevaju zaštitu kako bi se spriječilo povećano izlaganje elektromagnetskom zračenju. Učinkovitost uništavanja patogena ovisi o dozi koju apsorbira masa otpada. Zrake elektrona su dovoljno snažne da prodru kroz vreće i kontejnere za otpad.

### *Biološki procesi*

Ti se procesi nalaze u prirodnim živim organizmima, ali se posebno odnose na razgradnju organske tvari kada se primjenjuju na obradu medicinskog otpada. Neki sustavi biološke obrade koriste enzime za ubrzavanje uništavanja organskog otpada koji sadrži patogene. Kompostiranje i vermikultura (probava organskog otpada djelovanjem crva) biološki su procesi i uspješno se koriste za razgradnju bolničkog kuhinjskog otpada, kao i drugog organskog probavljivog otpada.

### *Mehanički procesi*

Postupci mehaničke obrade uključuju nekoliko tehnologija usitnjavanja, mljevenja, miješanja i zbijanja koje smanjuju volumen otpada, iako ne mogu uništiti patogene. U većini slučajeva, mehanički procesi nisu samostalni procesi obrade zdravstvenog otpada, već nadopunjuju druge metode obrade. Mehaničko uništavanje može učiniti otpad neprepoznatljivim i može se koristiti za uništavanje igala i štrcaljki (ovisno o vrsti usitnjavanja). U slučaju procesa toplinske ili kemijske obrade, mehanički uređaji kao što su drobilice i miješalice također mogu poboljšati brzinu prijenosa topline ili izložiti veću površinu otpada obradi otpada.

#### 3.1.1.3. Tehnologije obrade parom

### *Autoklavi*

Autoklavi su uređaji sposobni za obradu niza infektivnog otpada, uključujući kulture i zalihe, oštre predmete, materijale kontaminirane krvlju i ograničene količine tekućina, izolacijski i operativni otpad, laboratorijski otpad (isključujući kemijski otpad) i "meki" otpad (uključujući gazu, zavoje, zastori, haljine i posteljina). Autoklav se sastoji od metalne posude dizajnirane da izdrži visoke tlakove, sa zabrtvljenim vratima i rasporedom cijevi i ventila kroz koje se para uvodi u posudu i uklanja iz nje. Neki su autoklavi dizajnirani s parnim omotačem koji okružuje posudu; para se uvodi u vanjski plašt i u unutarnju komoru. Grijanje vanjske jakne smanjuje

kondenzaciju na unutarnjoj stijenci komore i omogućuje korištenje pare na nižim temperaturama. Autoklavi za obradu otpada moraju tretirati zrak koji se uklanja na početku procesa kako bi se spriječilo oslobađanje patogenih aerosola. Posljedično, autoklavi se mogu podkategorizirati prema metodi uklanjanja zraka. Tri uobičajena tipa su:

- gravitacijsko-potisni autoklavi
- predvakuumski ili visokovakuumski autoklavi
- tlačni impulsni autoklavi.

Gravitacijski autoklav koristi prednost činjenice da je para lakša od zraka. Zbog toga se para pod pritiskom uvodi u komoru, tjerajući zrak prema dolje u izlazni otvor komore. Predvakuumskim autoklavima potrebno je manje vremena za dezinfekciju zbog njihove veće učinkovitosti u uklanjanju zraka i dezinfekciji otpada. Tipična operacija za autoklav uključuje skupljanje otpada, predgrijavanje, stavljanje otpada, evakuacij zraka, obradu parom, ispuštanje pare, istovar, dokumentaciju i mehaničku obradu. Obrađeni otpad iz autoklava zadržava svoj fizički izgled. Rad autoklava zahtijeva odgovarajuću kombinaciju temperature/tlaka i vremena izlaganja kako bi se postigla dezinfekcija.

#### 3.1.1.4. Tehnologije mikrovalne obrade

Mikrovalna tehnologija je u biti proces koji se temelji na pari gdje se obrada odvija djelovanjem vlažne topline i pare koju stvara mikrovalna energija. Voda sadržana u otpadu brzo se zagrijava mikrovalnom energijom na frekvenciji od oko 2450 MHz i valnoj duljini od 12,24 cm. Općenito, sustavi mikrovalne obrade sastoje se od područja za obradu ili komore u koju se mikrovalna energija usmjerava iz mikrovalnog generatora (magnetron). Općenito se koristi 2 do 6 magnetrona s izlaznom snagom od oko 1,2 kW svaki. Neki su sustavi dizajnirani kao šaržni procesi, a drugi su polukontinuirani [32]. Tipični polukontinuirani mikrovalni sustav sastoji se od automatskog sustava punjenja, lijevka, drobilice, pužnog transportera, generatora pare, mikrovalnih generatora, puža za pražnjenje, sekundarnog usitnjivača i kontrole. Vreće za otpad uvode se u spremnik, gdje se također može ubrizgati para. Kako bi se spriječilo oslobađanje patogena u zraku, zrak se izvlači kroz visokoučinkoviti filter za upijanje čestica dok se vreće za otpad pune. Nakon zatvaranja poklopca spremnika, otpad prolazi kroz usitnjivač. Čestice otpada prenose se kroz puž (transportni puž), gdje se dalje izlažu pari i zagrijavaju na 100 °C pomoću četiri ili šest mikrovalnih generatora. Neki sustavi imaju dio za zadržavanje kako bi se postiglo minimalno vrijeme ekspozicije. Sekundarna sjeckalica može se koristiti ako tretirani



oštri predmeti zahtijevaju finije usitnjavanje. Veliki, polukontinuirana mikrovalna jedinica sposobna je obraditi oko 250 kg/sat (3000 tona godišnje). Vrste otpada koje se obično obrađuju u mikrovalnim sustavima identične su onima koje se obrađuju u autoklavima.

#### 3.1.1.5. Tehnologije kemijske obrade

Kemijska obrada obično rezultira dezinfekcijom, a ne sterilizacijom. Kemijska dezinfekcija najprikladnija je za obradu tekućeg otpada poput krvi, urina, stolice ili bolničke kanalizacije. Čvrsti, čak i vrlo opasni, zdravstveni otpad, uključujući mikrobiološke kulture i oštre predmete, također se može dezinficirati kemijski, uz sljedeća ograničenja:

- usitnjavanje ili mljevenje otpada obično je potrebno prije dezinfekcije
- potrebni su snažni dezinficijensi, koja mogu biti opasni i treba ih koristiti samo dobro obučeno i adekvatno zaštićeno osoblje
- učinkovitost dezinfekcije ovisi o radnim uvjetima unutar opreme za obradu
- dezinficirati će se samo površina netaknutih predmeta krutog otpada.

Kemijska obrada krutog infektivnog otpada potencijalno je problematična zbog varijabilnosti kemijske učinkovitosti na temelju karakteristika. Brzina i učinkovitost kemijske dezinfekcije ovisit će o radnim uvjetima, uključujući:

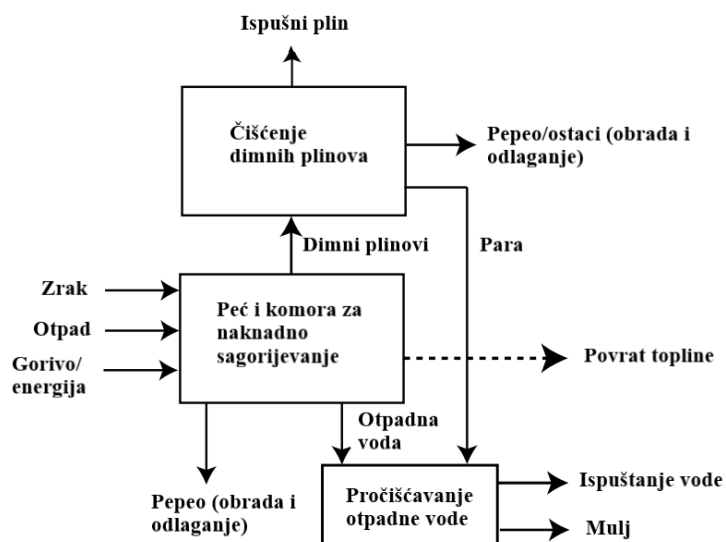
- vrsta korištene kemikalije
- količina korištene kemikalije
- vrijeme kontakta između dezinficijensa i otpada
- opseg kontakta između dezinficijensa i otpada
- organsko opterećenje otpada
- radna temperatura, vlažnost, pH

Vrste kemikalija koje se koriste za dezinfekciju medicinskog otpada uglavnom su spojevi klora, aldehidi, prašci ili otopine na bazi vapna, plin ozon, amonijeve soli i fenolni spojevi. Sustavi za kemijsku obradu na bazi vapna koriste suhi prah ili otopine kalcijevog hidroksida. Peroctena kiselina također se koristila za dezinfekciju medicinskih instrumenata. Glavne skupine mikroorganizama od najviše do najmanje otpornih su: spore bakterija, mikobakterije, hidrofilni virusi, lipofilni virusi, vegetativne gljive i spore gljiva i vegetativne bakterije.

Dezinficijens za koji je poznato da je učinkovit protiv određene skupine mikroorganizama također će biti učinkovit protiv svih grupa koje su manje otporne. Alkalna hidroliza ili alkalna probava je proces koji pretvara životinjske lešine, dijelove ljudskog tijela i tkiva u dekontaminiranu vodenu otopinu. Baze također uništavaju fiksative u tkivima i razne opasne kemikalije, uključujući formaldehid, glutaraldehid i kemoterapijske agense. Tehnologija koristi spremnik od nehrđajućeg čelika s parnim omotačem i košaru. Nakon utovara otpada u koš, spremnik se hermetički zatvara te se dodaje lužina (natrijev ili kalijev hidroksid) u količinama proporcionalnim količini tkiva u spremniku zajedno s vodom. Sadržaj se zagrijava između 110 °C i 127 °C ili više i miješa. Pokazalo se da proces uništava i prionski otpad.

### 3.1.1.6. Spaljivanje medicinskog otpada

Spaljivanje je proces suhe oksidacije na visokoj temperaturi koji organski i zapaljivi otpad pretvara u anorganske, nezapaljive tvari i rezultira značajnim smanjenjem volumena i težine otpada. Visokotoplinski toplinski procesi odvijaju se na temperaturama od oko 200 °C do više od 1000 °C. Oni uključuju kemijsku i fizičku razgradnju organskog materijala kroz procese izgaranja, pirolize ili rasplinjavanja. Nedostatak ovih tehnologija je ispuštanje nusproizvoda izgaranja u atmosferu i stvaranje zaostalog pepela. Izgaranje zdravstvenog otpada proizvodi uglavnom plinovite emisije, uključujući paru, ugljični dioksid, dušikove okside, niz hlapljivih tvari (metali, halogene kiseline, proizvodi nepotpunog izgaranja) i čestične tvari, plus krute ostatke u obliku pepela. Slika 10 prikazuje jednostavnu shemu procesa spaljivanja.



**Slika 10.** Pojednostavljena shema toka procesa spaljivanja [30]

Procesi pirolize i rasplinjavanja rade s substehiometrijskim razinama zraka. Razlika između pirolize, rasplinjavanja i spaljivanja pojašnjena je u Tablici 6.

**Tablica 6.** Tipični reakcijski uvjeti i produkti pirolize, rasplinjavanja i spaljivanja

	<b>Piroliza</b>	<b>Rasplinjavanje</b>	<b>Spaljivanje</b>
<b>Temperatura reakcije (°C)</b>	250-700	500-1600	800-1450
<b>Tlak (bar)</b>	1	1-45	1
<b>Atmosfera</b>	Inertno / dušično	Sredstvo za rasplinjavanje: O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Zrak
<b>Stehiometrijski omjer</b>	0	<1	>1
<b>Proizvodi dobiveni tehnološkim postupkom:</b>			
<b>Plinska faza</b>	H <sub>2</sub> , CO, C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> , H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>
<b>Čvrsta faza</b>	Pepeo, koks	H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
<b>Tekuća faza</b>	Ulje za pirolizu, voda	Šljaka, pepeo	Šljaka, pepeo

Spaljivanje otpada je pristupačno i izvedivo samo ako “ogrjevna” (ili “kalorična”) vrijednost otpada doseže najmanje 2000 kcal/kg (8370 kJ/kg). Dok vrijednost bolničkog otpada koji sadrži visoke razine plastike može premašiti 4000 kcal/kg (16 740 kJ/kg), neki zdravstveni otpad može sadržavati visok udio mokrog otpada i imati mnogo niže kalorične vrijednosti.

Spalionice se kreću od iznimno sofisticiranih pogona koji rade na visokim temperaturama do vrlo jednostavnih jedinica za izgaranje. Sve vrste spalionica, ako se pravilno koriste, trebale bi eliminirati patogene iz otpada i smanjiti otpad na malu količinu pepela. Obično se koriste tri vrste spalionica za obradu medicinskog otpada:

- dvokomorne spalionice bez zraka, koje rade u načinu rada bez zraka (ispod stehiometrijskih uvjeta) u primarnoj komori i dizajnirane su za spaljivanje zaraznog medicinskog otpada
- višekomorne spalionice, uključujući linijske spalionice i retortne spalionice koje se koriste za patološki otpad, koje rade u režimu viška zraka (iznad stehiometrijskih uvjeta)
- rotacijske peći, koje obično mogu postići temperature koje razgrađuju genotoksične tvari i kemikalije otporne na toplinu

### *Pirolitičko spaljivanje*

Spaljivanje bez zraka često je korišten proces spaljivanja medicinskog otpada. Proces je također poznat kao spaljivanje s kontroliranim zrakom, pirolitičko spaljivanje, dvostupanjsko spaljivanje. Zrak za izgaranje koji se koristi za spaljivanje manji je od stehiometrijskog (to jest, količina kisika manja je od idealnog omjera potrebnog za spaljivanje ugljika i vodika). Spalionica bez zraka sastoji se od primarne komore i sekundarne komore za naknadno izgaranje. U primarnoj komori otpad se termički razgrađuje procesom izgaranja na srednjoj temperaturi (800 do 900 °C) bez kisika, pri čemu nastaje čvrsti pepeo i plinovi. Plinovi proizvedeni u primarnoj komori spaljuju se na visokoj temperaturi (u rasponu od 1100 do 1600 °C) u sekundarnoj komori, koristeći višak zraka kako bi se smanjio dim, ugljični monoksid i mirisi.

### *Višekomorne spalionice*

Spalionice s više komora bile su češće u prošlosti i još uvijek se koriste u nekim zemljama za patološki otpad. Postoje dvije glavne vrste: linijske spalionice i retortne spalionice. Spalionice u liniji pravokutnog su dizajna i imaju veliku primarnu komoru s pomičnom rešetkom, sekundarnu komoru za spaljivanje hlapljivih organskih spojeva u dimnom plinu i dodatne komore koje tjeraju plin da se okreće u različitim smjerovima kako bi se uklonile čestice kao ostaci pepela. Retortne spalionice imaju primarnu i sekundarnu komoru raspoređenu u obliku slova "U". Dimni plin iz primarne komore (ložišta) općenito se provodi ispod primarne komore kako bi se dodala toplina ložištu. Obje vrste spalionica rade u načinu rada s viškom zraka i koriste dodatno gorivo za postizanje temperatura od oko 800–1000 °C.

### *Rotacijske peći*

Rotacijska peć ima rotirajuću peć i komoru za naknadno izgaranje. Ove peći mogu biti posebno dizajnirane za spaljivanje kemijskog otpada i također mogu biti prikladni kao velike regionalne spalionice medicinskog otpada ako se koriste odgovarajuće temperature i oprema za čišćenje. Moguće su temperature spaljivanja između 900 i 1200 °C, dostupni su kapaciteti spalionice do 10 tona na sat, troškovi dodatne opreme i rada su visoki, kao i potrošnja energije te sustav zahtijeva dobro obučeno osoblje [30].

Projektiranje uređaja za čišćenje dimnih plinova pretpostavlja normalan rad spalionice, posebice temperaturu i dovode zraka. Ovisno o vrsti spalionice, vjerojatno će proizvesti između 25 i 30 kg prašine po toni otpada (poznatog kao leteći pepeo). Tri postupka –; mokri, polusuhi

i suhi dostupna su za uklanjanje kiselina kao što su fluorovodična kiselina, klorovodična kiselina i sumporna kiselina. U mokrom postupku plinovi se ispiru u tornju za prskanje otopinom sode ili vapna. U polusuhom postupku, suspenzija vapna se ubrizgava u plinsku kolonu. U suhom postupku, prah vapna se ubrizgava u plinsku kolonu, a soli nastale tijekom neutralizacije moraju se ukloniti.

### 3.1.1.7. Odlaganje medicinskog otpada

U svim sustavima otpada, uklanjanje preostalog medicinskog otpada nakon minimiziranja ili obrade zahtijevat će pristup zemljištu za konačno odlaganje. Postoje dvije različite vrste odlaganja otpada na tlo:

- Nekontrolirano odlaganje otpada karakterizira raštrkano, nekontrolirano odlaganje otpada na nekoj lokaciji. To je praksa koja gotovo uvijek dovodi do akutnih problema onečišćenja, požara, većeg rizika od prijenosa bolesti. Medicinski otpad ne bi se trebao odlagati na ili oko nekontroliranih odlagališta. Rizik za ljude i životinje koji dolaze u kontakt sa zaraznim patogenima ili opasnim materijalima je očit, uz daljnji rizik od naknadnog prijenosa bolesti izravnim kontaktom, ranama, udisanjem ili gutanjem, kao i neizravno kroz hranidbeni lanac ili patogenu vrstu domaćina.
- Kontrolirano odlaganje otpada predstavlja različite vrste odlaganja na zemljište koje karakterizira bolja operativna praksa i poboljšanja dizajna za smanjenje utjecaja na zdravlje i okoliš. Prvi korak ka poboljšanju je "kontrolirano odlaganje", gdje mala poboljšanja mogu ograničiti posljedice za okoliš i fizički pristup otpadu. Nakon toga slijedi "projektirano odlagalište" gdje se koriste sve veći standardi inženjeringa za poboljšanje geološke izolacije otpada od okoliša i omogućavanje svakodnevnog pokrivanja otpada.

Odlaganje određenih vrsta zdravstvenog otpada (infektivni i male količine farmaceutskog otpada) na izgrađenim odlagalištima moguće je unutar ograničenja lokalnih propisa. Ako općina ili zdravstvena ustanova nemaju sredstva za obradu otpada prije odlaganja, korištenje odlagališta je realna opcija za zaštitu javnog zdravlja. Polazna točka može biti korištenje lokacije kojom se upravlja na kontrolirani način, a koja možda već postoji za komunalni otpad. U nekim zemljama mogu postojati i prikladna mjesta privatnih operatera. U razvijenijim situacijama gdje se obrađuje medicinski otpad, preostali materijal obično se odlaže na odlagališta.

### 3.1.1.8. Primjena metoda obrade i odlaganja na specifične kategorije otpada

Metode obrade oštih predmeta općenito uključuju: uništavanje igala mehaničkim rezačima, usitnjavanje obrađenih plastičnih dijelova, zakopavanje metalnih komada u jame za oštre predmete i pretaljivanje plastike za recikliranje. Alternativno, otpad od oštih predmeta može se zbrinjavati u autoklavu, usitniti i zatim inkapsulirati u cementne blokove koji kasnije postaju korisni predmeti kao što su bolničke klupe.

Postupanje s patološkim otpadom može biti vezano sociokulturnim, vjerskim i estetskim normama i praksama. Postoje dvije tradicionalne opcije: sahranjivanje na grobljima ili posebnim grobnicama i spaljivanje u krematorijima ili posebno projektiranim spalionicama.

Za male količine farmaceutskog otpada postoji nekoliko opcija: povrat lijekova kojima je istekao rok trajanja darivatelju ili proizvođaču, inkapsulacija i zatrpavanje na sanitarnom odlagalištu, kemijska razgradnja u skladu s preporukama proizvođača, razrjeđivanje u velikim količinama vode i ispuštanje u kanalizaciju za umjerene količine relativno blage tekućine. Za velike količine farmaceutskog otpada dostupne opcije uključuju: inkapsulacija i zatrpavanje na sanitarnom odlagalištu, spaljivanje u pećima, razrjeđivanje i ispuštanje u kanalizaciju za relativno bezopasne tekućine kao što su intravenske tekućine.

Citotoksični otpad je vrlo opasan i nikada se ne smije odlagati ili ispuštati u kanalizaciju. Mogućnosti zbrinjavanja uključuju: vraćanje originalnom dobavljaču, spaljivanje na visokim temperaturama te kemijsku razgradnju u skladu s uputama proizvođača.

Opasni kemijski otpad različitog sastava treba skladištiti odvojeno kako bi se izbjegle neželjene kemijske reakcije. Opasni kemijski otpad ne smije se ispuštati u kanalizaciju. Velike količine kemijskog otpada ne bi se smjele zakopavati jer mogu iscuriti iz svojih spremnika. Opcija za zbrinjavanje opasnih kemikalija je vraćanje izvornom dobavljaču.

Otpad koji sadrži živu ili kadmij ne smije se spaljivati. Kadmij i živa isparavaju na relativno niskim temperaturama i mogu uzrokovati onečišćenje atmosfere.

Obrada i odlaganje radioaktivnog otpada općenito je u nadležnosti nuklearne regulatorne agencije, koja definira razine čišćenja i klasifikacije otpada prema razinama aktivnosti i vremena poluraspada prisutnih radionuklida.

#### 4. ZAKLJUČAK

Danas je otpad globalni problem s kojim se suočavaju sve populacije. Medicinski otpad je otpad nastao prilikom pružanja njege, zaštite i očuvanja zdravlja ljudi i/ili životinja; otpad nastao u istraživačkim djelatnostima kao i otpad nastao prilikom pružanja različitih usluga kod kojih se dolazi u kontakt s krvlju i/ili izlučevinama ljudi i/ili životinja. Globalna stopa rasta medicinskog otpada procjenjuje se da će troškovi upravljanja porasti s 11,92 milijarde dolara u 2019. na 18,34 milijarde dolara u 2027 uz ukupnu godišnju stopu rasta od 5,3% . Sveukupno, prosječna stopa stvaranja medicinskog otpada kreće se od 0,3 do 8,4 kg/krevet/dan. Zemlje s rastućim gospodarstvima imaju puno nižu stopu proizvodnje medicinskog otpada u usporedbi s bogatim zemljama. U Hrvatskoj je između 2015. i 2019. prijavljen je porast količine medicinskog otpada uz prosječan godišnji porast od 8%. U 2020. godini nastalo je 7 014 tona medicinskog otpada što povećanje od 28 % ili 1.531 tona u odnosu na prethodnu godinu.

Medicinski otpad može izazvati niz ozbiljnih učinaka na zdravlje. Takav otpad sadrži potencijalno zarazne i štetne mikroorganizme koji mogu zaraziti brojne Rizici za okoliš uključuju mogućnost ispuštanja otpada u podzemne vode, površinske vode ili zrak. Svjetska zdravstvena organizacija procijenila je da se na svjetskoj razini obračunavaju nezgode uzrokovane oštrim predmetima za 66.000 slučajeva infekcije virusom hepatitisa B, 16.000 slučajeva zaraze virusom hepatitisa C i 200 do 5000 slučajeva HIV infekcije među osobljem zdravstvene ustanove

Danas su dostupni mnogi sustavi za obradu medicinskog otpada. Odabir tehnologije ovisi o karakteristikama otpada zdravstvene ustanove, mogućnostima i zahtjevima tehnologije, čimbenicima zaštite okoliša i sigurnosti te troškovima. Tehnologije obrade koriste toplinske, kemijske, radijacijske, biološke ili mehaničke procese. Uobičajene vrste tehnologija zbrinjavanja su: autoklavi, tehnologije mikrovalne obrade, tehnologije kemijske obrade i spalionice. Autoklavi dolaze u velikom rasponu veličina i mogu se klasificirati prema metodi uklanjanja zraka. Spalionice mogu varirati od malih serijskih jedinica do velikih složenih postrojenja za obradu. Spalionice bi trebale imati sustave za pročišćavanje dimnih plinova kako bi se smanjilo ispuštanje onečišćujućih tvari i zadovoljile nacionalna ili međunarodna ograničenja emisija. Spaljivanje u malim razmjerima je prijelazni način zbrinjavanja medicinskog otpada. Pri ulaganju u nove tehnologije prednost treba dati tehnologijama koje ne proizvode dioksine ili furane. Bez obzira na tehnologiju, zdravstvena ustanova treba imati godišnji proračun za periodično održavanje i popravke. Zdravstvene ustanove mogu surađivati

s općinskim vlastima i drugim dionicima na postupnom poboljšanju odlaganja otpada na odlagalištima. U okolnostima kada sanitarna ili projektirana odlagališta nisu dostupna, moguće su različite opcije za smanjenje prijenosa infekcija i štetnih utjecaja na okoliš od opasnog zdravstvenog otpada.



## 5. LITERATURA

- [1] Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine, NN 94/2013
- [2] Marinković, N., Vitale, K., Janev Holcer, N. i Džakula, A., Medical Waste Management: the Law and Its Application. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, Zagreb, str. 339*
- [3] Uredba o gospodarenju komunalnim otpadom, Narodne novine, NN 50/2017
- [4] Pravilnik o gospodarenju medicinskim otpadom, Narodne novine, NN 50/2015
- [5] Zakon o otpadu, Narodne novine, NN 151/2003
- [6] Zakon o gospodarenju otpadom, Narodne novine, NN 84/2021
- [7] Uredba o izmjenama i dopunama Uredbe o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada, Narodne novine, NN 39/2009
- [8] Kaštelan-Macan, M., Petrović, M., Analitika okoliša, HINUS i Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2013.
- [9] International Committee of the Red Cross, Medical waste management, Geneva, 2011.
- [10] Pravilnik o gospodarenju medicinskim otpadom, Narodne novine, NN 72/2007
- [11] Upravno vijeće Kliničkog bolničkog centra Zagreb, Pravilnik o gospodarenju otpadom Kliničkog bolničkog centra Zagreb, Zagreb, 2017.
- [12] World health organisation, Health-care waste, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste> (pristup 20.8.2022.)
- [13] Pregled podataka o gospodarenju medicinskim otpadom za 2019. godinu, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Zagreb, 2021.
- [14] Pravilnik o katalogu otpada, Narodne novine, NN 90/2015
- [15] Bloom, D. E., Khoury, A., & Subbaraman, R. , The promise and peril of universal health care, *Science*, 361 (6404), 2018.
- [16] Data, R. R. A. , Medical Waste Management Market Size, Share, Demand, Analysis, By Waste Type (Sharps), By Treatment Site (On-site), By Treatment Type (Chemical), By Service Type (Recycling), By Nature of Waste (Hazardous & Non- hazardous), By Waste Generator (Hospitals), And Segment Forecasts To 2027., <https://www.reportsanddata.com/report-detail/medical-waste-management-market> (pristup 30.8.2022.)

- [17] Pachauri, A., Shah, P., Almroth, B. C., Sevilla, N. P., & Narasimhan, M., The BMJ, Safe and sustainable waste management of self care products, 2019
- [18] World health organisation , Water, sanitation and hygiene in health care facilities: Status in low and middle income countries and way forward, Geneva, 2015.
- [19] Singh, N., Ogunseitan, O.A., Tang, Y., Medical waste: Current challenges and future opportunities for sustainable management, u: Lena Q Ma, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2021, 2000-2022
- [20] Ansari, M., Ehrampoush, M. H., Farzadkia, M., & Ahmadi, E., Dynamic assessment of economic and environmental performance index and generation, composition, environmental and human health risks of hospital solid waste in developing countries; A state of the art of review, u: Nieuwenhuijsen, M., Covaci, A., Coulon, F., Huong, T., Environment International (132), 2019.
- [21] Zamparas, M., Kapsalis, V., Kyriakopoulos, G., Aravossis, K., Kanteraki, A., Vantarakis, A., Kalavrouziotis, I., Medical waste management and environmental assessment in the Rio University Hospital, u: Kümmerer, K., Sustainable Chemistry and Pharmacy (13), 2019.
- [22] United States Environmental Protection Agency, Medical Waste, <https://www.epa.gov/rcra/medical-waste> (pristup 30.8.2022.)
- [23] Pregled podataka o gospodarenju medicinskim otpadom za 2020. godinu, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Zagreb, 2021.
- [24] Jang, Y.C., Infectious/Medical/Hospital Waste: General Characteristics, u: Nriagu, J., Encyclopedia of Environmental Health, 2011., str. 661-665
- [25] Reinhardt, P.A., Gordon, J.G., Infectious and Medical Waste Management, CRC Press, Boca Raton, 2018.
- [26] Singh, S., Prakash, V., Toxic environmental releases from medical waste incineration: a review, Springer Science + Business Media B.V, 2007.
- [27] Princeton University, Environmental Health and Safety, [https://ehs.princeton.edu/sites/ehs/files/styles/640x360\\_horizontal\\_custom\\_user\\_wide\\_1x/public/media\\_files/GHSPictograms3.png?itok=-mHP9I2A&timestamp=1472486033](https://ehs.princeton.edu/sites/ehs/files/styles/640x360_horizontal_custom_user_wide_1x/public/media_files/GHSPictograms3.png?itok=-mHP9I2A&timestamp=1472486033) (pristup 2.9.2022.)
- [28] Facility Guidelines Institute, Guidelines for design and construction of hospital and health care facilities, Chicago, 2010.

- [29] Diaz da Silva, P., Gonçalves, S., Soares, A., Componogara, S., Segabinazzi Saldanha, V., Prodocimi Menegat, R., Camponogara Rossato, G., Waste Management: a descriptive exploratory study in the emergency room of a teaching hospital, str. 964-974., 2013.
- [30] Chartier, Y., Emmanuel, J., Pieper, U., Prüss, A., Rushbrook, P., Stringer, R., Townend, W., Wilburn, S., Zghondib, R., Safe management of wastes from health care activities (2), Geneva, 2014.
- [31] United States Department of Energy, Thermal treatment technologies, Argonne, 2012.
- [32] Emmanuel, J., Stringer, R., For proper disposal: a global inventory of alternative medical waste treatment technologies, Arlington, 2007.

## ŽIVOTOPIS

Lucija Svorcina [REDACTED] U istom gradu završila je OŠ Augusta Harambašića te VII. gimnaziju. 2017. godine upisala je preddiplomski sveučilišni studij Kemijsko inženjerstvo te se 2019. godine prebacila na preddiplomski sveučilišni studij Ekoinženjerstvo na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Stručnu praksu odradila je u srpnju 2022. godine u Plivi, na odjelu Zaštite okoliša. Tečno govori engleski jezik, dobro se služi njemačkim jezikom, posjeduje vozačku dozvolu B kategorije i računalno je pismena.