

# SIGURNOSNI SUSTAVI I ZAŠTITA OD POŽARA U DRVNOJ INDUSTRIJI

---

Šramek, Denis

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac  
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:372600>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied  
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Denis Šramek

# **SIGURNOSNI SUSTAVI I ZAŠTITA OD POŽARA U DRVNOJ INDUSTRIJI**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Denis Šramek

# **SAFETY SYSTEMS AND FIRE PROTECTION IN THE WOOD INDUSTRY**

FINAL PAPER

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

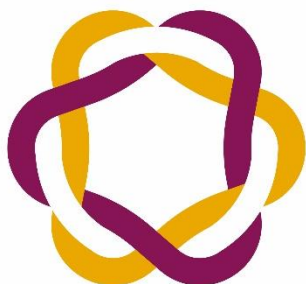
Denis Šramek

# **SIGURNOSNI SUSTAVI I ZAŠTITA OD POŽARA U DRVNOJ INDUSTRIJI**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Zvonimir Matusinović, v. pred.

Karlovac, 2024.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: Sigurnost i Zaštita  
Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2024.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Denis Šramek

Matični broj: 0415619071

Naslov: Sigurnosni sustavi i zaštita od požara u drvnoj industriji

Opis zadatka: Obrada teme sigurnosnih sustava i zaštite od požara u drvnoj industriji.

Zadatak zadan:  
10. travnja 2023.

Rok predaje rada:  
31. siječnja 2024.

Previđeni datum obrane:

Mentor:  
dr. sc. Zvonimir Matusinović, v. pred.

Predsjednik Ispitnog Povjerenstva:  
Lidija Brcković, mag. ing. cheming., pred.

## **PREDGOVOR**

Potaknut brojnim požarima koji su se dogodili u drvnoj industriji kroz povijest, odlučio sam odabrati temu ovoga rada. Cilj je prikazati sigurnosne sustave i zaštitu od požara u drvnoj industriji kakvima trenutno doista jesu, te navesti neke potencijalne prijedloge za poboljšanje istih u budućnosti.

Zahvaljujem se dr. sc. Zvonimiru Matusinoviću, v. pred., na mentorstvu, pomoći i usmjeravanju prilikom pisanja završnog rada.

I na kraju, zahvaljujem se svojoj obitelji koja je bila uz mene tijekom studiranja i čija mi je podrška bila od neizmjerne pomoći.

## SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Ovaj završni rad obrađuje problematiku požara i eksplozija u drvnoj industriji i sigurnosnih sustava za zaštitu od istih na temelju Zakona i Pravilnika donesenih od strane Republike Hrvatske.

Rad donosi odredbe kojih se moraju pridržavati sva poduzeća drvne industrije, te prikazuje rizike od požara u drvnoj industriji, analizu rizika od požara, sigurnosne sustave za zaštitu od požara i eksplozija, vatrodojavu i gašenje požara, kao i smjernice za siguran rad. Ključni se pojmovi protežu i pojašnjavaju kroz cijeli rad.

**Ključni pojmovi:** drvna industrija, požar, eksplozija, sigurnosni sustavi

## SUMMARY AND KEYWORDS

This final thesis deals with the issue of fires and explosions in the wood industry and safety systems for protection against them based on the Law and Regulations adopted by the Republic of Croatia.

The paper provides provisions that all wood industry companies must comply with, and presents the risk of fire in the wood industry, fire risk analysis, safety systems for fire and explosion protection, fire alarm and fire extinguishing, as well as guidelines for safe work. Key terms are extended and clarified throughout the entire paper.

**Keywords:** wood industry, fire, explosion, security systems

## SADRŽAJ

ZAVRŠNI ZADATAK .....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK .....	III
SADRŽAJ .....	IV
1. UVOD .....	1
1.1. Predmet i cilj rada .....	2
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja .....	2
2. DRVNA INDUSTRIJA I NJEZINA POVIJEST U REPUBLICI HRVATSKOJ ....	3
2.1. Pilane na pogon vodom .....	4
2.2. Pilane na parni pogon .....	5
2.3. Pilanarstvo Hrvatske u 20. stoljeću .....	6
2.4. Razdoblje nakon stjecanja Hrvatske neovisnosti i danas .....	6
3. POŽARNE OPASNOSTI PRI PROIZVODNJI I PRERADI DRVA.....	8
3.1. Ponašanje drva i drvenih konstrukcija u požaru .....	8
3.2. Požarne opasnosti za vrijeme tehnološkog procesa obrade drva .....	11
3.3. Požarne opasnosti pri dopremi i skladištenju sirovina .....	17
3.4. Požarne opasnosti od električne energije .....	17
3.5. Požarne opasnosti kod odvođenja piljevine u silos .....	17
3.6. Požarne opasnosti kod nesmotrenosti radnika.....	18
3.7. Procjena rizika od požara.....	19
3.8. Utvrđivanje uzroka požara .....	20
4. SIGURNOSNI SUSTAVI ZA ZAŠTITU OD POŽARA .....	22
4.1. Sustavi telefonskih i radio veza .....	22
4.2. Razvod plina, zapaljive tekućine i hidrantske mreže .....	23



4.3. Smjernice za siguran rad u drvnoj industriji.....	24
4.4. Zakonska regulativa i sigurnosni sustavi za zaštitu od požara .....	25
5. PRIMJER POŽARA U DRVNOJ INDUSTRIJI .....	27
6. ZAKLJUČAK .....	29
7. LITERATURA .....	31
8. PRILOZI.....	33
8.1. POPIS SLIKA.....	33
8.2. POPIS TABLICA .....	33

# 1. UVOD

Prerada drva kao i proizvodnja namještaja su važan dio gospodarstva Republike Hrvatske (RH). Njihov se razvoj temelji na iskorištavanju domaće sirovine, te je tradicionalno usmjerena na izvoz. S socijalnog i gospodarskog stajališta posebno su važna obilježja vrlo visokog udjela domaće sirovine u svim fazama prerade, trajna usmjerenost na izvoz s visokim neto priljevom, tendencija porasta potrošnje drvnih proizvoda u svijetu, široka disperzija poduzeća i profitnih centara u svim županijama RH i visok stupanj zapošljavanja u malim mjestima gdje je to gotovo jedini izvor dohotka stanovnika. Drvna industrija sudjeluje u bruto domaćem proizvodu (BDP) između 3 i 5%, a čini 10% ukupnog izvoza zemlje.[1]

U ovom radu naglasak je na zaštiti od požara u drvnoj industriji. Prema definiciji, požar je samopodržavajući proces gorenja koji se nekontrolirano širi u prostoru. Prema Zakonu o zaštiti od požara, sustav zaštite od požara podrazumijeva prvotno planiranje zaštite od požara, zatim propisivanje mjera zaštite od požara, provođenje tih mjera, financiranje zaštite od požara te osposobljavanje i davanje ovlasti za obavljanje poslova zaštite od požara. Cilj je zaštita života, sigurnosti i zdravlja ljudi i životinja, te dakako, okoliša, prirode i materijalnih dobara uz gospodarski i društveno prihvatljiv požarni rizik.[2]

Požar jest uzročnik nekontrolirane vatre, a više od tri četvrtine svih požara uzrokuje subjektivni čimbenik. Među njima su nepoštivanje propisanih mjera, nepažnja i nedostatak znanja. Drvna industrija predstavlja jednu od najznačajnijih gospodarskih djelatnosti te je visokorizična kada su u pitanju požari. Stoga sustav zaštite od požara u ovakvoj industriji treba biti na visokoj razini.[2]

Rad prikazuje povijest drvne industrije u RH. Nadalje, navedene su požarne opasnosti u drvnoj industriji, smjernice za siguran rad, sigurnosni sustavi za zaštitu od požara u skladu sa zakonskom regulativom, primjer zaštite od požara u drvnoj industriji Spačva d.d., te konkretan primjer požara u drvnoj industriji. Rad se sastoji od pet glavnih poglavlja i zaključnog dijela u kojemu su sintetizirane sve glavne misli ovoga rada.

## **1.1. Predmet i cilj rada**

Predmet ovoga rada su sigurnosni sustavi i zaštita od požara u drvnoj industriji sa svim pripadajućim važnim sastavnicama i Zakonskoj regulativi donesenoj na razini Republike Hrvatske.

Cilj ovoga rada je prikazati rizik od požara u drvnoj industriji, sustave i zaštitu od požara u skladu sa Zakonskom regulativom te načine njegove prevencije.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Tijekom pisanja rada, korištena je adekvatna i dostupna domaća i strana stručna literatura. Ista je pretraživana prema ključnim riječima na relevantnim bazama podataka kao što su Hrčak i Google Scholar. Svi podatci dobiveni pretraživanjem korišteni su na akademski prihvatljiv način. Kroz rad se proteže metoda deskripcije kako bi se detaljnije i jasnije prikazali pojmovi važni za razumijevanje rada, zatim metoda analize koja je posebno naglašena u trećem i četvrtom poglavlju. Metoda komparacije prisutna je u trećem poglavlju gdje se navodi usporedba požarne opasnosti. Sve metode korištene su radi lakšeg razumijevanja teme i glavnih pojmova, te za konstrukciju zaključka.

## 2. DRVNA INDUSTRIJA I NJEZINA POVIJEST U REPUBLICI HRVATSKOJ

Pilanska obrada drva podrazumijeva mehaničku obradu drva prilikom čega dolazi do mijenjanja prvotnih dimenzija i oblika drva kao sirovine, ali kemijska i anatomska građa se ne mijenjaju. Različiti alati i strojevi se upotrebljavaju za proces obrade, najčešće je riječ o pilama, prema kojima je i sama obrada dobila naziv.[3]

Drvena industrija predstavlja naziv za industrijske djelatnosti prerade drva i proizvodnje namještaja. Pod djelatnosti prerade drva podrazumijeva se:

- proizvodnja piljene građe, željezničkih pragova, iverja i sječenog drva, te sušenje građe i impregnacija drva,
- proizvodnja nesastavljenog materijala za podove, drveno brašno i vuna,
- proizvodnja panel-ploča, šperploča, ploča iverice, furnira i drugih,
- proizvodnja građevne stolarije (prozori, stubišta, vrata, grede, ograde, krovne konstrukcije i drugi),
- proizvodnja montažnih kuća i elemenata,
- proizvodnja drvene ambalaže,
- te proizvodnja ostalih drvnih proizvoda (metle, vješalice, dijelovi alata i slično).[1]

Proizvodnja namještaja jest industrijska djelatnost koja obuhvaća:

- proizvodnju stolaca i sjedala,
- proizvodnju namještaja za prodajne i poslovne prostore,
- proizvodnju kuhinjskog namještaja,
- te proizvodnju madraca.[1]

Svjetski najveći proizvođači piljene građe su Sjedinjene Američke Države (SAD), Kina, Indija i Brazil, a europski velikani jesu Rusija, Francuska, Turska i Njemačka. U proizvodnji namještaja najvažniji europski proizvođači su Italija, Njemačka, Francuska i Velika Britanija.[1]

## 2.1. Pilane na pogon vodom

Pilane na pogon vodom možemo smatrati prvi začetnicima industrijskog načina proizvodnje u pilanskoj obradi drva. U Hrvatskoj je podignuta prva pilana potočara u Crikvenici godine 1428. od strane Pavlina. Nakon toga, Zrinski su u Zadru podigli pilanu 1651. godine. Prve pilane na pogon vodom su bile male, snage između 1,5 – 6 kW, a godišnji kapacitet im je iznosio 900m<sup>3</sup> piljenog drva. Takve su se pilane nastavile razvijati, te ih je u 18. stoljeću u Gorskom kotaru bilo sedam. Prema povijesnim podacima, 1837. godine u Lici je bilo 39 takvih pilana, a najveći procvat se dogodio te iste godine u Gorskom kotaru kada ih je bilo 40. U Slavoniji i sjevernoj Hrvatskoj se prve pilane na vodeni pogon pojavljuju u skromnom broju. Prva pilana na vodeni pogon je u Slavonskom kraju podignuta u Kraljevjoj Velikoj 1754. godine. Daljnjim se razvojem pilana potočara razvile pilane koje su za pogon koristile vodena kola promjera 4m, te su bile širine do jednog metra kako je vidljivo na slici 1. U takvih se potočara energija s vodenog kola prenosila na jaram pomoću zupčanika te je jaram imao veću brzinu. Pilane potočare su dostigle svoj najveći domet ugradnjom vodenih turbina umjesto vodenih kola uz pomoć kojih se voda trošila ekonomičnije. Kasnije je elektrifikacijom u nekim potočarima uz turbine ugrađen i elektromotor za pokretanje jarma za slučajeve kada nema dovoljno vode za pokretanje turbine. Tako jer u Gorskom kotaru do 1860. godine bilo 50 – 60 pilana s 80 – 100 jarmova čiji je kapacitet piljene građe iznosio od 25 000 – 30 000 m<sup>3</sup>. [3]



Sl.1. Pilana na vodeni pogon. [3]

## 2.2. Pilane na parni pogon

Daljnji povijesni preokret predstavljaju pilane na parni pogon, a vezane su uz usavršavanje parnog stroja kao izvora pogonske energije. Na taj su način pilane mogle biti u pogonu cijele godine, te imati veće kapacitete. Parni pogon je omogućavao i obavljanje raznih drugih radova u parnim pilanama mehanizira, osim piljenja, te je time znatno olakšan posao radnicima. Pilane su funkcionirale na način da se pogon od parnog stroja do pila prenosio sustavom glavnog vratila, a daljnjim prijenosom uz pomoć remenja se prenosio do pilanskih strojeva i drugih pomoćnih strojeva. Parne se pilane počinju graditi tek nakon izgradnje željezničkih pruga u nekim krajevima što i jest razumljivo jer su veliki industrijski kapaciteti zahtijevali veće transportne kapacitete. Zbog toga se prve parne pilane podižu u Gorskom kotaru, a odmah nakon toga i u Slavoniji. U Prezidu (Gorski kotar) je izgrađena prva pilana 1849. godine, zatim slijedi Crni Lug 1850. godine, Ravna Gora 1860. godine, Lokve 1874. godine, a u Slavoniji je 1858. godine podignuta pilana u Kirvaji kod Orahovice.[3]

Razvoj pilana na parni pogon se uglavnom temeljio na stranom kapitalu. Podizanje parnih pilana se najviše isplatilo u podravsko-slavonskom području zbog velikih kompleksa šuma, uz bogatstvo hrastovine koja je bila izuzetno cijenjena. Za njezinu su obradu zaslužni Francuzi koji su prvi uveli specifičnu tehniku piljenja hrastovine u Slavoniji. Svoj je kapital u podizanje triju pilana uložilo jedno francusko crkveno društvo u posljednjoj četvrtini 19. og stoljeća. Svaka je pilana imala četiri ili više vertikalnih jarmača, a najvažnija i najveća pilana je podignuta u Vrbanji, dok su druge dvije bile podignute u Normancima kod Osijeka, te u Zagrebu.[3]



Sl.2. Pilana na parni pogon.[3]

### **2.3. Pilanarstvo Hrvatske u 20. stoljeću**

Glavno obilježje razvoja drvne industrije u Hrvatskoj početkom 20. stoljeća je bila relativno dobro razvijena pilanska obrada drva, odnosno, proizvodnja izrađevina nižeg stupnja obrade koja je u Slavoniji dosegla vrhunac u to vrijeme. Tada je u Slavoniji djelovalo 56 šumskih poduzeća, te 18 pilana. Od 1919. godine, pa sve do početka Drugog svjetskog rata, u Hrvatskoj je pilanska obrada drva zauzimala glavno mjesto i po vrijednosti proizvodnje i po broju zaposlenih. Tada su se pilane na parni pogon počele mijenjati elektromotornim pogonom, a prva takva pilana je izgrađena u Gorskom kotaru u Skradu od strane vlasnika Josipa Lončarića. U tom se razdoblju sve više pilanskih kapaciteta smjestilo bliže mjestima potrošnje i glavnim prijevoznim rutama (cestama, rijekama i željeznici), a ne središtima sirovina zbog jeftinije dopreme sirovina. Godine 1938., na parni pogon je radila većina malih pilana, njih 185, dok je 127 malih pilana radilo na motorni pogon. Tijekom razdoblja druge polovice 20. stoljeća, u Hrvatskoj se ističu tri značajnija perioda. U vremenu nakon Drugog svjetskog rata, pa sve do 1952. godine, tada su osposobljeni gotovo svi oštećeni kapaciteti. Zatim od 1953. pa do 1960. godine, zbog sve veće potrebe za kvalitetnijim piljenicama u industriji, došlo je do proširenja i djelomične modernizacije kapaciteta. U razdoblju od 1960. pa sve do 1984. godine, rekonstruiraju se gotovo sve pilane prema načelima suvremene tehnologije. Uvodi se maksimalan stupanj mehanizacije u sve faze proizvodnog procesa.[3]

### **2.4. Razdoblje nakon stjecanja Hrvatske neovisnosti i danas**

Tijekom Domovinskog rata, od 1991. pa sve do 1995. godine, na području Republike Hrvatske su prouzročena velika oštećenja na području drvne industrije i njihovih pogona. U Hrvatskoj se sve do 1989. godine kontinuirano povećavala proizvodnja piljene građe, no kako je Hrvatska bila usko vezana za tržište bivše Jugoslavije, u kojima je imala svoja predstavništva, skladišta i prodaju, došlo je do značajnog pada proizvodnje. Rat je donio velika materijalna razaranja. Procjenjuje se da je 25% proizvodnih kapaciteta drvne industrije potpuno uništeno ili je pretrpjelo velika materijalna razaranja. Područje pod upravom Hrvatskih šuma je zbog okupacije

smanjeno za 25%. Dodatno pogoršanje ionako lošeg stanja prouzročili su i potezi države koja nije mogla pomagati razvoj proizvodnje.[3]

Trenutno stanje drvne industrije u Republici Hrvatskoj najbolje se može iščitati uvidom u stvarne brojke. U 2019. godini, ukupna vrijednost industrijskih proizvoda koju su prodala poduzeća što su se bavila industrijskom proizvodnjom (bez obzira na to gdje je poduzeće registrirano) u Republici Hrvatskoj iznosi 139 474 514 milijuna kuna. U usporedbi s prethodnom godinom, vrijednost prodaje manja je za 1 402 milijuna kuna, što iznosi 1,0%. Vrijednost prodaje na inozemno tržište iznosi 57 782 milijuna kuna, što je 41,4% od ukupne vrijednosti prodaje industrijskih proizvoda. Ako usporedimo industrijsku prodaju 21 županije Republike Hrvatske, najveći udio u vrijednosti prodaje industrijskih proizvoda mjerene prema djelatnosti proizvoda ostvarili su Grad Zagreb, u iznosu od 23 912 milijuna kuna (21,0%) i Primorsko-goranska županija, u iznosu od 11 857 milijuna kuna (10,4%). Najmanju vrijednost prodaje industrijskih proizvoda ostvarila je Dubrovačko-neretvanska županija, samo 322 milijuna kuna (0,3%).[4]



### **3. POŽARNE OPASNOSTI PRI PROIZVODNJI I PRERADI DRVA**

Prilikom obrade drva prvu fazu čini mehanička faza u kojoj se stabla sijeku (režu) na komade određenih dimenzija. Naziv za pogon u kojem se ovaj proces odvija jest pilana. Sam je proces automatiziran. Ispod mjesta sječenja se skuplja otpadna strugotina, i od tamo se transportira do središnjeg mjesta u kojemu se sakuplja strugotina ("cikloni" ili bunker). Sirova se građa nakon sječenja suši na način da se isječena građa složi i ostavi da se prirodnim putem i postupno osuši. Sušnice mogu biti tunelske (drvo se složeno na vagonu kreće kroz zagrijan tunel) ili komorne (drvo stoji, a topli se zrak kreće). Takvo se osušeno drvo može upotrebljavati na različite načine, kao primjerice za izradu raznih predmeta i namještaja, bilo da je riječ o preradi u obrtničkim radionicama ili o industrijskim potrebama.[5]

Suvremena tehnologija koristi se "komadnim" drvima, ali i nekim drugim formama kao što su furniri (listovi ili daščice od drveta), panel ploče (ako se za srednji sloj umjesto furnira upotrebljava letva), šperploče (dobivaju se lijepljenjem listova furnira u slojevima i to do neparnog broja listova, pod kutom od 90°), te iverica koja se dobiva prešanjem mase sastavljene od strugotine i iverja (otpadaka izmiješanih ljepilom). Najviše se kao ljepila upotrebljavaju ona umjetnog podrijetla (polikondenzirane smole) te ona životinjskog podrijetla (kazein, albumin i tutkalo). Daljnja se obrada sastoji u krojenju drva te izradi željene forme i oblika. Kako bi drvo bilo oplemenjeno, izvodi se bojanje i lakiranje. Takvi se predmeti ostave na cijedenju neko izvjesno vrijeme, te potom idu na sušenje. Kada je sušenje završeno, izvodi se daljnja obrada drva kao što je montaža, tapeciranje i slično. Gotovi se proizvodi pakiraju i skladište u skladištima gotove robe.[5]

#### **3.1. Ponašanje drva i drvenih konstrukcija u požaru**

Kako bi se drvo zapalilo, potrebna je velika količina energije. Njegova se zapaljivost može povećati impregnacijom, te se ne mogu učiniti nezapaljivima nanošenjem sloja zaštitnog sredstva i/ili pasivnim mjerama zaštite (obloge). Kada je riječ o opanosti od zapaljenja, drvo se može smatrati materijalom vrlo solidnih svojstava s obzirom na to da je masivno drvo teško. O botaničkoj vrsti drva, sadržaju vlage, kao i o odnosu obujma presjeka i presjeka elemenata ovise stvarne vrijednosti svojstva zapaljivosti.

Vatra gori površinom zapaljenog drva te se širi na način da svako zapaljenje stvara novu točku paljenja. O vrsti i načinu procesa zagrijavanja, gustoći drva, postojanju kisika i veličini i obujmu elemenata ovisi mjera za izražavanje provodljivosti topline. Čitav niz vrlo povoljnih svojstava drva dolazi do izražaja pri izloženosti punom požaru. Ukoliko je toplinski tok dovoljno velik, zapaliti će se površina drva. Ono u početku gori vrlo jako, no kasnije se stvara sloj drvenog ugljena koji sprječava prodor topline u unutrašnjost drva. Drvo je loš vodič topline pa sukladno tome vrlo mala količina topline prelazi u ostatak neizgorjelog materijala. Difuzijom vrućih plinova se odvija širenje topline u drvo, a sukladno rastu temperature raste i napredovanje plinova. Temperatura gorenja raste do vrijednosti koje dovode do pougljenja drva na način da izazivaju toplinsko razaranje. Struktura drvenog ugljena na mikroskopskoj razini jest kopija strukture drva. U odnosu na drvo, toplina sagorijevanja drvenog ugljena je gotovo dvostruko veća. Također, ugljeni sloj štiti površinsku masu drva od toplinskog napada. Može se zaključiti kako drvo ima značajno veću otpornost na požar nego što se to smatra jer je provodljivost topline drva niska, te je temperatura presjeka drva niža od one na njegovoj površini.[6]

U prosjeku, toplinska provodljivost ugljena iznosi 60% ukupne provodljivosti topline drva okomito na njegova vlakna, te manje od 50% paralelno s vlaknima. Do porasta specifične topline s temperaturom dolazi u drvenom ugljenu, stoga on štiti nezapaljenu tvar ispod sebe u fazi sagorijevanja s usijanjem. Toplina ne mijenja u potpunosti fizikalna svojstva drva. Posljedica smanjene nosivosti elemenata drva nastaje zbog sagorijevanja, no čvrstoća i krutost su gotovo zanemarive prilikom istog procesa. Na ponašanje drva u požaru imaju utjecaj njegova veličina, presjek, opseg i površina. Također, o odnosu volumena i površine ovisi zapaljivost drva, to jest, što je požar veći, širenje požara je brže. Agresivnost požara povećava raspucanost drva, a oštri rubovi i hrapavost površine utječu nepovoljno na njegovo ponašanje u požaru. Različite vrste drva različito reagiraju na požar, a vrijeme koje je potrebno da se od sagorijevanja razvije požar ovisi o gustoći drva. Utjecaj vlage na sagorijevanje drva je zanemariv jer je područje u kojemu prevladava vrlo malo, a u prosjeku sadržaj vlage u konstrukcijama se kreće između 8 do 15%.[6]

Prilikom gorenja krutih organskih tvari, poput drva, događa se niz kemijskih promjena. Jednim se dijelom organska tvar raspada u jednostavnije kemijske spojeve, dok se preostali dio obogaćuje ugljikom. Gorenje drva na zraku se provodi

prethodnim sušenjem, zatim raslojavanjem i sublimacijom hlapivih tvari koje sa zrakom stvaraju upaljive smjese. Naveden smjese gore difuznim homogenim plamenom pri čemu se male čestice ugljika uvuku u strujanje zraka. Neke čestice stvaraju dim, dok neke gore plamenom. Ostatak tvrdog ugljena koji je dobiven raspadanjem i hlapljenjem, gori žarom. Gorenje se odvija u dvije faze:

1. U prvoj fazi se drvo zagrijava, isparavaju vlaga i smola, voda se apsorbira, te dolazi do razlaganja drva i promjene njegove boje.
2. U drugoj fazi je karakterističan ubrzani proces razlaganja s izdvajanjem topline kao i ispravanje produkata raspadanja kako je prikazano u tablici 1.[6]

Tab.1. Proces izgaranja drva.[6]

<b>TEMPERATURA U °C</b>	<b>POSLJEDICE POVEĆANJA TEMPERATURE</b>
do 110	isparavanje vlage i smole
110 - 115	isparavanje kapilarne i apsorbirane vode, te razlaganje drva i promjena boje
150 - 200	pojava nezapaljivih produkata razlaganja: vode i ugljikovog dioksida
>200 - 300	razgradnja celuloze i lignina
oko 270 - 275	temperatura paljenja (hrast, bukva, bor, jela)
400 - 450	završen proces razlaganja drva i izdvajanje zapaljivih plinova, nastanak pougljenog drva
500	znatno ubrzano izgaranje ugljena

Sa svakim daljnjim stupnjem obrade raste i opasnost od požara, iz razloga što:

- drvo postaje sve usitnjenije, a goriva površina sve veća te mogućnost zapaljenja sve prisutnija,
- znatno požarno opterećenje povećava i uporaba boja i lakova, posebno utječe na mogućnost zapaljenja zbog oslobađanja lakozapaljivih para,

- broj mogućih izvora zapaljenja kao i gorivih oblika raste (početno je to bila samo čvrsta goriva tvar, potom se javlja prašina i kasnije tekuća zapaljiva tvar, odnosno, pare zapaljivih tekućina).[5]

### **3.2. Požarne opasnosti za vrijeme tehnološkog procesa obrade drva**

Mogući izvori zapaljenja u pogonima za obradu su:

- statički elektricitet,
- neodgovarajući grijaći uređaji,
- neodgovarajući alati,
- neodgovarajući elektrouređaji i instalacije,
- nehat (upotreba otvorene vatre, pušenje i slično),
- samozapaljenje,
- atmosfersko pražnjenje (grom),
- te pregrijavanje pojedinih strojeva.[5]

Za vrijeme tehnološkog procesa obrade drveta moguće su požarne opasnosti u slijedećim slučajevima:

- zbog nagomilavanja drvene piljevine i otpadaka nastalih za vrijeme tehnološkog procesa,
- zbog stvaranja eksplozivne smjese od drvne prašine,
- zbog preopterećenja i prevelikog zagrijavanja dijelova strojeva koji nisu pravilno podmazani i zaštićeni,
- zbog preopterećenja instalacija i elektromotora,
- zbog nepravilnog funkcioniranja sustava za odvod piljevine,
- zbog nepažnje radnika,
- zbog neodgovarajuće mehaničke zaštite elektrovođiča,
- zbog upotrebe nedovoljno naoštrenih alata,
- zbog nedovoljne zategnutosti pogonskog remenja.[5]

Opasnosti od požara za vrijeme tehnološkog procesa diktira sam tehnološki proces mehaničke obrade drva. Takve se požarne opasnosti ne mogu otkloniti, no moguće ih je spriječiti ili svesti na minimum poduzimanjem pravilnih preventivnih mjera.[5]

#### a) Stovarište trupaca

Stovarište trupaca bi trebalo biti udaljeno dovoljno od svih skladišta ili pogona, te bilo kojih drugih objekata kako bi se prijenos eventualnog požara spriječio. Potrebno je rasporediti "pakete" trupaca, odnosno, složiti ih na više manjih hrpa, a ne samo na jednu veliku. Na taj se način eventualni materijalni gubitci smanjuju te se prijenos i žestina potencijalnog požara smanjuju. Osim toga, potrebno je ostaviti dovoljno prostora između "paketa" trupaca, te iste održavati prohodnima i čistima, je upravo ti prolazi omogućavaju pristup u slučaju požara vatrogasnim vozilima.[6]

#### b) Pilana

Postoji velika opasnost od nastanka i širenja požara u pilanama. Naime, prilikom piljenja trupaca oko i ispod stroja za piljenje se gomilaju veće količine piljevine i krupnih drvnih otpadaka – okoraka. No, najčešći uzroci nastanka požara u pilanama jesu iskre električnog i mehaničkog porijekla, te ljudski čimbenik i neispravne električne instalacije. Vlažna piljevina je teža od suhe te se kao takva taloži na bilo koju čvrstu površinu, a samim time ne može doći do lebdenja i vitlanja sitnih čestica drvene prašine u zraku koji je osnovni preduvjet za eksploziju. Stoga je važno ukloniti nataloženu piljevinu prije nego li se osuši. Isto tako, drvena se piljevina može upaliti procesom zapaljenja, odnosno, dovodenjem topline iz nekog vanjskog izvora, no postoji i mogućnost razvoja procesa samozapaljenja do kojega najčešće dolazi uslijed oslobađanja topline kemijskih reakcija u strukturi tvari. Samozapaljenje je rjeđi uzročnik požara od zapaljenja, no nije zanemariv.[7]

#### c) Sušara piljene građe

Proces sušenja piljene građe se može odvijati prirodnim putem na otvorenom prostoru ili u zatvorenom prostoru, odnosno, u sušarama. U buntovima piljene građe koja se nalazi na otvorenom prostoru, mogućnost nastanka požara je minimalna, slično kao i na stovarištima trupaca samo što je ispiljena građa manjih dimenzija pa ju je stoga lakše zapaliti. Nad piljenom se građom ne vrši tehnološki proces,

odnosno, ona je u stanju mirovanja, pa eventualni uzrok požara može biti prijenos požara sa okolnog zapaljivog materijala (drvni otpaci, suha trava) ili potpaljivanje plamenom namjerno. Kako bi se prijenos požara izbjegao, najbolje je postaviti na betonskoj, asfaltnoj ili nekoj drugoj vrsti podloge buntove piljene građe koji se suše. Ukoliko se buntovi nalaze na travnatoj ili nekoj drugoj zapaljivoj podlozi, tada prostor između i u krugu njih mora biti redovno održavan i kontroliran. Uz ljudski je čimbenik, najčešći uzrok požara u sušarama, kao i u drugim pogonima u kojima se koriste sustavi sušenja, su iskre električnog porijekla, to jest, kvar električnih instalacija. Rjeđi je uzrok eksplozija parnog kotla za pripremu vruće pare.[7]

Neke vrste sušara koriste kotlovnice u koja se vruća para za sušenje drvne građe priprema. Kako bi se do određene temperature kotlovi zagrijali, koristi se najčešće drvni otpad nastao u pogonu i pilani ručne i strojne obrade.[7]

#### d) Pogon strojne i ručne obrade

Pogon strojne i ručne obrade, uz lakirnicu, predstavlja najveću opasnost vezanu uz nastanak eksplozije i požara. Suhi drvni otpad nastaje rezanjem, brušenjem, bušenjem i slično, te je sama građa suha pa postoji veća mogućnost zapaljenja i eksplozije prašine. Osim navedenog, u pogonu strojne i ručne obrade najčešći su uzrok požara zagrijane površine strojeva i alata koji se koriste, te pojava statičkog elektriciteta. Pile, bušilice, brusilice i ostali alati uzrokuju zagrijavanje prilikom korištenja (trenje između dodirnih površina materijala). Neovisno da li je u pitanju alat ili stroj, svako čvrsto tijelo koje je zagrijano do neke temperature može biti izvor zapaljenja. U normalnim radnim uvjetima, mnogi od njih ne dostižu temperaturu paljenja zapaljivog materijala, no, ta ih prividna bezopasnost čini vrlo opasnima. Ukoliko dođe do dužeg zagrijavanja zapaljive smjese na zagrijanoj površini, tada može doći do reakcije prilikom koje nastaju lakše zapaljivi produkti koji uzrokuju požar. Najčešće do takve pojave dolazi uslijed nemara, nepravilnog korištenja ili nepažnje.[7]

Tijekom tehnološkog procesa, zapaljenje nataložene prašine jest čest slučaj. Unatoč maksimalnom pročišćavanju, izvjesna količina prašine zaostane te se s vremenom nataloži na okolne strojeve i alate. U tablici 2. prikazana je temperatura tinjanja za

procjenu opasnosti od zapaljenja nataložene prašine. Temperatura tinjanja neke prašine jest zapravo najniža temperatura zagrijane podloga na kojoj počne tinjati sloj prašine debeo oko 5 centimetara.[7]

Tab. 2. Temperatura tinjanja.[7]

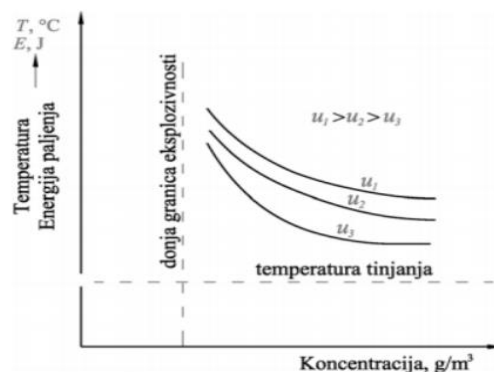
<b>VRSTA PRAŠINE</b>	<b>TEMPERATURA TINJANJA NATALOŽENE PRAŠINE (°C)</b>	<b>TEMPERATURA SAMOPALJENJA NATALOŽENE PRAŠINE (°C)</b>
aluminij	320	490
željezo	240	430
rašeno brašno	325	440
kakao	245	460
drvo	325	450

Statički elektricitet nastaje kao popratna pojava određenih ljudskih aktivnosti, te može biti uzrokom eksplozije ili požara. Može se dogoditi u različitim uvjetima: kod prematanja i odmatanja materijala, drobljenja i prešanja tvari, kod remenskog prijenosa vrtnje i transportnih traka, kod mljevenja, kod filtriranja plinova i zraka i slično. Obično nastaje zbog uzajamnog djelovanja (trenja) normalno neutralnih tijela.[7]

#### e) Eksplozija prašine

Kako bi se jednostavnije shvatio način nastanka eksplozije prašine, važno je pojasniti osnovne pojmove vezane uz eksploziju i prašinu. Eksplozija je trenutačno oslobađanje energije koje je popraćeno naglom eksplozijom para ili plinova, bez obzira da li su te pare ili plinovi već prije eksplozije bili nazočni u stlačenom obliku ili su nastali u eksploziji kao proizvod trenutnog izgaranja eksplozije smjese ili raspada eksplozivne tvari. Prema tome, svaka se eksplozija prašine odvija u dvije međusobno povezane faze. Tijekom prve se faze plamenom upali izvjesna količina najfinijih

čestica prašine. Takva razvijena toplina izaziva pojavu isplinjavanja i suhe destilacije uz izdavanje gorivih produkata. Za vrijeme druge faze, gorivi produkti se nakupljaju i zapale, te se taj proces ponavlja većom brzinom u vrlo kratkim vremenskim razmacima. Na taj se način prašina koja kruži dalje, pali vlastitim razvojem vatre i topline. Tlak se povećava naglim porastom topline te dolazi do pojačanog dodira čestica prašine sa molekulama kisika, čime se ubrzava dalje izgaranje. Tlak i toplina se stalno povećavaju, a njihovim se međusobnim djelovanjem povećava brzina gorenja kojom se eksplozija širi u eksplozivnoj smjesi. Tijekom te reakcije nastaje tlačni val koji prašinu uzvitrava i mijenja fizikalne uvjete smjese, a time i brzinu širenja plamena kroz smjesu. Plamen se prenosi brzinom koja ovisi o visini tlaka i temperature plina ili pare, ili disperzije prašine. Tlak eksplozije može se prenijeti preko mjesta gdje nema uopće prašine i preko mjesta gdje je ima malo, te tako na drugom mjestu ponovno uzvitrati prašinu. Stoga eksplozija prašine može prostrujati cijelim prostorom, dok se eksplozija pare ili plina događa tamo gdje se plin nalazi. Osim eksplozije prašine unutar pogona, unutar ventilacijskog sustava također je konstantno prisutna eksplozivna atmosfera.[7]



Sl.3. Granice eksplozivnosti.[7]

#### f) Lakirnica

Tekućine koje se koriste prilikom lakiranja također predstavljaju opasnost od nastanka eksplozija i požara. Općenito, lakirnica je prostor koji je izdvojen od ostalih dijelova pogona. Zapaljive tekućine brzo i lako isparavaju, a njihove se pare pomiješane sa zrakom lako zapale i često eksplodiraju ukoliko je prisutan uzrok paljenja (cigareta, otvoreni plamen, električna iskra, iskra nastala trenjem i slično). Važno je znati kako zapaljive tekućine ne gore, gore plinovi pare iznad njih.



Isparavanje tekućina se može odvijati sporije ili brže, što je uvjetovano različitim čimbenicima. Ukoliko je para zapaljive tekućine dostatna za stvaranje potrebnog zapaljivog omjera između zraka i para tada dolazi do gorenja iznad tekućina. Količina para iz tekućina ovisi o temperaturi tekućine. Prema tome, na određenoj temperaturi iz tekućine isparava onolika količina para koja je potrebna da se zrakom stvori zapaljivi omjer. Kod tekućih tvari je brzina otpuštanja pare veća nego kod krutih iz razloga što tekućine imaju manje gusto poredane molekule te imaju mogućnost otpuštati paru u širokom području temperature. Zapaljive se tekućine mogu zapaliti samo ako se zagriju do temperature na kojoj se iznad površine zapaljive tekućine nalazi para u koncentraciji da sa zrakom načini zapaljivu smjesu.[7]

#### g) Skladište zapaljivih tekućina

Skladište zapaljivih tekućina jest građevina ili dio građevine u kojemu se obavlja skladištenje zapaljivih tekućina. To skladištenje može biti povremeno ili trajno u posude i/ili spremnike čiji je ukupni obujam preko 20l zapaljive tekućine prve skupine, te preko 2000l zapaljive tekućine druge i treće skupine.[7]

Općenito, zapaljive se tekućine mogu skladištiti u spremnicima, bočicama ili posudama. Moraju biti izrađeni od materijala koji ne podržava gorenje te u obliku koji ne utječe na njihovu čvrstoću, stabilnost i nepropusnost pri prijevozu i skladištenju. Prijenosni spremnici mogu biti izrađeni od plastičnog materijala ili kovinski. Moraju imati oznaku norme prema kojoj je spremnik izrađen i broj potvrde sukladnosti. U skladištima se zapaljivih tekućina mogu nalaziti samo potpuno zatvorene i neoštećene posude. Oštećene posude kod kojih može doći ili je već došlo do propuštanja zapaljivih tekućina ili para moraju se odmah ukloniti iz skladišta na posebno određeno mjesto na kojemu se odlažu privremeno i gdje u slučaju požara ne predstavljaju opasnost za ljude i susjedne objekte. Ukoliko se skladište zajedno dvije ili više zapaljivih tekućina različitih skupina, za sigurnu se udaljenost skladišta uzima najveća vrijednost sigurnosne udaljenosti za pojedinu skupinu zapaljivih tekućina. Skladišta se štite hidrantskom mrežom te određenim brojem vatrogasnih aparata tipa S-9 i prijevoznih aparata tip S-50. Vatrogasni aparati moraju biti zaštićeni od insolacije i padalina. Bilo bi dobro kada bi prostorije imale stabilne sustave za gašenje. U prostoriji mora biti proveden sustav za odvođenje topline i dima izvan

objekta, ako nije predviđen automatski sustav za gašenje. Prostorija u kojoj se skladište zapaljive tekućine se obično smješta u prizemlje, a može se i iznimno nalaziti u podrumu, ovisno u vrsti i skupini zapaljive tekućine.[7]

### **3.3. Požarne opasnosti pri dopremi i skladištenju sirovina**

Za vrijeme dopreme sirovine, požarne su opasnosti minimalne, jer se radi o trupcima grube obrađenosti i dosta velikom količinom vlage, te se stoga vrlo teško pile. Kao što je već rečeno, za skladištenje trupaca koriste se veći slobodni prostori, koji su dovoljno izdvojeni s dovoljnim rastojanjem od skladišnih, proizvodnih i drugih objekata. Na takvim se prostorima drvo u trupcima slaže prema vrstama i obično se zadržava po nekoliko mjeseci prije obrade. No, na tim je prostorima potrebno provoditi osnovne mjere zaštite od požara.[5]

### **3.4. Požarne opasnosti od električne energije**

Gotovo pa najčešći uzrok nastalih požara jest električna energija. Nastaje uslijed raznih nepravilnosti prilikom instaliranja vodova s napajanjem potrošača. Osim toga, električna energija i u proizvodnoj hali predstavlja niz požarnih opasnosti, a to su:

- nepravilno priključenje elektromotora,
- nepravilno dimenzioniranje vodova, te stavljanje osigurača koji su neodgovarajući što dovodi do povećanog zagrijavanja vodova i starenja vodova prije vremena, a sve navedeno može dovesti do kratkog spoja,
- nemarno i nestručno stezanje spojeva u razvodnim ormarima i na drugim spojnim mjestima,
- nepravilno uzemljenje i preopterećenje električnih vodova,
- nepravilna zaštita vodiča od mehaničkog djelovanja,
- i neredovito podmazivanje ležaja na elektromotorima.[5]

### **3.5. Požarne opasnosti kod odvođenja piljevine u silos**

Postoji niz požarnih opasnosti koje se javljaju kod sustava odvođenja piljevine u silos. Najčešće se događaju zbog kvarova na sustavu i zbog nesmotrenosti radnika koji

rade na strojevima za odsis piljevine. Neke od potencijalnih opasnosti od nastanka i širenja početnog požara unutar ovog sustava su:

- prilikom procesa prerezivanja postoji mogućnost od uvlačenja metalnih predmeta u sustav odsisavanja (lomovi pile i metalni predmeti u trupcima), što posljedično može dovesti do iskrenja pri udaranju metalnih predmeta o stjenku ventilacijskih cijevi,
- do oštećenja ležaja može dovesti neredovita kontrola ležaja na odsisnim ventilatorima, a samim time može dovesti i do udaranja lopatica rotora o kućište ventilatora pri čemu dolazi do iskrenja,
- postoji mogućnost uvlačenja požara u sustav cijevi za odvođenje piljevine,
- do iskrenja i početnog požara može doći prolaskom piljevine kroz cijev i stvaranjem statičkog elektriciteta.[5]

### **3.6. Požarne opasnosti kod nesmotrenosti radnika**

Gotovo je nemoguće provesti takav sustav zaštite koji bi u potpunosti onemogućio nastajanje požara. Već je navedeno kako požarne opasnosti ovise o karakteru proizvodnje i radu koji se odvija, te o poduzetim zaštitnim mjerama. Poduzimanje zaštitnih mjera protiv požara nije volja pojedinca, već je regulirano zakonskim propisima koji su nastali kao rezultat stručne analize kako bi se požarne opasnosti svele na minimum. Stoga je važna edukacija djelatnika kako bi znali slijedeće:

- kako nastaje požar,
- veličinu opasnosti na radnom mjestu kao i u susjedstvu,
- tko će požar ugaziti,
- na koji način i kojim sredstvima je dozvoljeno gasiti požar [5].

Svaki će radnik isto naučiti ako prođe tečaj zaštite na radu i zaštite od požara te je upoznat sa osnovama protupožarne zaštite. Radnici moraju biti osposobljeni za izvršavanje svojih zadataka u skladu s uvjetima donesenim u proizvodnom procesu u kojemu rade. Nepoštivanje pravila može dovesti do opasnosti po život i zdravlje radnika te opasnosti od požara.[5]

### **3.7. Procjena rizika od požara**

Prvotno je potrebno prikazom postojećeg stanja imati uvid u trenutne mjere zaštite od požara u drvnj industriji. Prikaz se sastoji od niza elemenata sukladno Pravilniku o izradi procjene ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije. Građevine u zoni drvne industrije moraju imati vatrogasne pristupe i interne manipulativne površine za vatrogasna vozila sa dvije strane objekta. Zgrade drvne industrije potrebno je podijeliti na građevine s obzirom na djelatnost koja se u njima odvija i prema požarnim sektorima i požarnim opterećenjima građevine. Nadalje, potrebno je odrediti količinu tvari po proizvodnim i skladišnim prostorima i navesti podatke o tvarima koje se koriste kako bi se dobio uvid u količinu gorive tvari. Važno je detaljno pregledati skladišta zapaljivih tekućina, plinova i drugih opasnih tvari, zatim pregledati opasne zone glede ugroženosti od nastanka tehnološke eksplozije i vjerojatnosti nastanka i širenja požara. Osim toga, potrebno je ispitati pouzdanost sustava za zagrijavanje prostora ili pripremu tehnološke pare, vode ili drugog medija glede opasnosti od nastanka i širenja požara. Obzirom na opasnost nastajanja i širenja požara potrebno je odrediti pouzdanost i vrijeme eksploatacije tehnološkog postrojenja i građevina, kao i stanje građevinskog dijela građevine i izolacijskog materijala. Svaka drvna industrija bi trebala imati detaljan uvid u razvod plina, zapaljive tekućine, vodovoda, hidrantske mreže i sustava za dojavu požara, pregled sustava telefonskih i radio veza, te ne bi trebala biti na udaljenijim mjestima od vatrogasnih postrojbi. U svakoj je prostoriji je važno istaknuti brojeve službi za gašenje požara i pružanje prve pomoći. Svaka industrija mora imati dokumentirane požare koji su se dogodili unazad 10 godina s naznačenim uzrokom požara, kao i provedenu kvantitativnu analizu požarne ugroženosti primjenom bodovne metode TVRB 100 [8]. Ovdje je riječ o Austrijskoj metodi procjene pod nazivom TRVB 100 te je ista ograničena nizom čimbenika. Metoda je objavljena 1997. godine, a riječ je o učinkovitoj metodi za određivanje mjera zaštite od požara za neke građevine uz prethodno poštivanje svih mjera i pravilnika za zaštitu građevina od požara. Metoda se sastoji od niza čimbenika koje je potrebno zbrojiti, pomnožiti i podijeliti, a na kraju se dobije rezultat čija vrijednost upućuje na to koje mjere dodatno treba poštovati prilikom gradnje, ali koje, realno, nisu potrebne uvijek. Navedene se mjere označavaju oznakama od S1 do S5, te se dodatno iščitavaju mjere zaštite od požara ovisno o dobivenoj vrijednosti i otpornosti građevine na požar. Metodu TRVB 100

smiju i mogu primjenjivati isključivo stručnjaci određene kategorije edukacije i određenim iskustvom iz područja zaštite od požara. Njome se jamči kritička procjena upotrijebljenih brožanih vrijednosti i računskih rezultata, a neki se korisnici njome služe neovisno o tome što da se nerijetko dobivaju nelogični rezultati te time bespotrebno opterećuju investitore.

Kvantitativna bodovna metoda TRVB je primjenjiva, odnosno nije primjenjiva, u slijedećim slučajevima:

- primjenjuje se na slučajeve u kojima potrebne mjere zaštite od požara nisu još jasno definirane zakonom ili drugim propisom,
- nije primjenjiva na visoke objekte i slične zgrade,
- nije primjenjiva za skladišta s prostorijama nutarnje visine veće od 9 m,
- nije primjenjiva za požarne sekcije čije je požarno opterećenje veće od 35 GJ/m<sup>2</sup>.<sup>[9]</sup>

Smjernica je predviđena da ju primjenjuju samo stručnjaci s odgovarajućom naobrazbom i iskustvom na poslovima zaštite od požara koji mogu osigurati kritičku procjenu upotrijebljenih brožanih vrijednosti i računskih rezultata.<sup>[10]</sup>

### **3.8. Utvrđivanje uzroka požara**

U industrijskim objektima, utvrđivanje uzroka požara obavlja se na temelju pregleda mjesta događaja, te ispitivanjem i pregledom električnih instalacija uređaja u postrojenju. O navedenoj proceduri trebaju voditi računa kriminalistički tehničari i istražitelji prilikom i prije pregleda mjesta događaja. Tako primjerice u CFIV-u "Ivan Vučetić" (Centar za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja Ivan Vučetić) tijekom istrage sudjeluje nekoliko vještaka strojarske, elektrotehničke i kemijske struke. Svaki od njih pregledava mjesto događaja te traži karakteristične tragove u objektu, na instalacijama i na opremi, a zajedno su utvrđuju mjesto nastanka požara. Prije pregleda mjesta događaja, potrebno je dobiti informacije vezane s nastankom požara poput vremena i mjesta nastanka, prikupiti izvještaje vatrogasaca i očevidaca, te uzeti izvještaje zaposlenih. Nadalje, treba pregledati snimke videonadzora i utvrditi postoji li u objektu neka vrsta zaštite od požara, kao i sve druge važne činjenice vezane uz opožareni objekt, te po mogućnosti, sve to nabaviti prije odlaska na mjesto požara.<sup>[11]</sup>

Prije ulaska na mjesto događaja, potrebno je utvrditi da li je napajanje električnom energijom isključeno, kao i opskrba plinom. Navedeno je potrebno obaviti samo uz pomoć lokalnog distributera plina i struje. Osim toga, pregledom je potrebno osigurati da ne dođe do ponovnog uključanja struje ili curenja plina za vrijeme rada u objektu. Termička oštećenja treba utvrditi detaljnim pregledom unutrašnjosti objekta, kao i oštećenja na kabelima (vodovima) električne instalacije, razvodnim ormarima s osiguračima i na dijelovima postrojenja, kao i pronaći kvarove koji su u vezi s mogućim uzrokom požara. Detaljan zapisnik o mjestu događaja i fotografsku dokumentaciju mora voditi ekipa za očevid. Nakon što je vještak utvrdio kvar, fotografira se mjesto kvara i na zahtjev vještaka se pronađeni tragovi izuzimaju. Takav izuzeti materijal se dalje prosljeđuje na vještačenje. Vještak dokumentira utvrđivanje uzroka požara te piše svoj zapisnik o vještačenju koji dostavlja državnom odvjetništvu zbog potencijalnog podizanja kaznene prijave. Vještaci CFIIV "Ivan Vučetić" sudjeluju s zaposlenicima Ministarstva unutarnjih poslova RH u otkrivanju uzroka požara prilikom najsloženijih i najvećih požara na industrijskim objektima.[11]

## 4. SIGURNOSNI SUSTAVI ZA ZAŠTITU OD POŽARA

### 4.1. Sustavi telefonskih i radio veza

Svaka građevina i prostori odgovarajuće procjene ugroženosti (TVRB 100 – drvena industrija) od požara moraju imati ugrađene sustave za dojavu požara kao posebnu mjeru zaštite od požara. Nadalje, sustav za dojavu požara kao i njegovi dijelovi moraju biti u skladu s normama Pravilnika, te po potrebi trebaju biti priključeni na mjesto stalnog dežurstva. Njegovi sastavni dijelovi se dijele na obvezne i neobvezne. Obvezni su: centrala za dojavu požara, uređaj za napajanje električnom energijom i automatski javljač požara. Isto tako, smije imati zajedničke dijelove, opremu, poput strujnih krugova i vodova s drugim nadzornim i/ili dojavnim sustavima. Važno je da centrala za dojavu požara kao i centrala za prijam požara budu sposobne za slijedeće:

- primiti obavijest o požaru,
- nadzirati glavne vodove i
- pokazivati automatski pogonsko stanje sustava.[12]

Osim toga, mogu biti sposobne i:

- uključiti uređaj za uzbunu,
- uključiti uređaj za prosljeđivanje dojave požara,
- uključiti uređaj za upravljanje uređajima za zaštitu od požara,
- omogućiti priključenje paralelnog pokazivanja,
- primiti dojavu ostalih uređaja za zaštitu od požara,
- omogućiti priključenje vatrogasne postrojbe prema mjesnim uvjetima,
- zabilježiti dojavu požara,
- prihvatiti poziv ručnih javljača požara,
- spojiti se na drugi sustav dojave na daljinu koji uključuje i sustav za obradu podataka,
- te ispitivati i privremeno isključiti ograničeno pojedine dojavne grupe ili glavne vodove.[12]

## 4.2. Razvod plina, zapaljive tekućine i hidrantske mreže

Zapaljivim tekućinama se smatraju tekućine koje imaju penetraciju veću od 300 jedinica penetracije koja se određuje sukladno normi za ispitivanje bitumena. Zapaljivi plinovi su tekući, stlačeni ili pod tlakom otopljeni plinovi koji imaju kritičnu temperaturu nižu od 323,15K i koji se u smjesi sa zrakom mogu zapaliti ili eksplodirati. Pod prometom zapaljivih tekućina i plinova podrazumijeva se njihovo pretakanje, istovar ili utovar, otprema ili doprema putem plinovoda, naftovoda i slično. Skladištenje takvih smjesa je trajno ili povremeno, odvija se na propisan način u spremnike ili posude čiji je ukupni obujam više od 2 000 gorivih tekućina. Spremnici moraju biti stabilni, polu-stabilni ili prijenosni zatvoreni sudovi se postavljaju na posebno uređenu podlogu. Postrojenje za zapaljive tekućine ili plinove podrazumijeva sustav koji se sastoji od spremnika ili posuda te instalacija i uređaja za proizvodnju, preradu i prijenos zapaljivih tekućina ili plinova, drugih uređaja i instalacija koje čine tehnološku cjelinu. Građevine i postrojenja u kojima se obavlja promet i skladištenje takvih tvari mora se graditi na sigurnoj udaljenosti.[13]

Prema definiciji, hidrantska mreža za gašenje požara jest skup cjevovoda, opreme i uređaja kojima se voda dovodi od sigurnog izvora do štice gradjevina i prostora. Postoje unutarnja i vanjska hidrantska mreža, razlika je u tome što je unutarnja hidrantska mreža izvedena u objektu koji štiti i završava bubnjem s namotanim cijevima stalnog presjeka kao i s mlaznicom ili vatrogasnom cijevi, dok je vanjska izvedena izvan objekta koji štiti, a završava podzemnim ili nadzemnim hidrantom. Ono što je vrlo bitno jest da hidrantska mreža mora imati siguran izvor vode za napajanje, a hidrantska mreža za gašenje požara mora biti izgrađena kao suha hidrantska mreža. Nadalje, unutarnja hidrantska mreža za gašenje požara mora biti izvedena tako da ostvari potpuno prekrivanje prostora koji štiti s najmanje jednim mlazom vode. Ukoliko je potrebna protočna količina vode u požarnom sektoru, tada se postavljaju dva ili više hidranta, ovisno koliko je potrebno da se ostvari dovoljna protočna količina vode. Zaštita požarnog sektora koji obuhvaća dva ili više katova se mora izvesti na način da se svaki kat štiti s najmanje jednim zasebnim hidrantom. Udaljenost između dva vanjska susjedna hidranta smije iznositi najviše 150m. Najmanji tlak na izlazu iz bilo kojeg nadzemnog ili podzemnog hidranta vanjske



hidrantske mreže za gašenje požara ne smije biti manji od 0,25 MPa, kod propisanog protoka vode.[14]

### **4.3. Smjernice za siguran rad u drvnoj industriji**

Drvnu industriju karakterizira dinamičan radni okoliš, a na radnim su mjestima prisutne različite opasnosti. To su najčešće mehaničke opasnosti nastale kao posljedica rada s komadima drveta (daske, piljenice, trupci) i s radnom opremom koja se koristi u drvnoj industriji (blanjalice, pile, transporter i drugi strojevi). Osim mehaničkih opasnosti, prisutna je i opasnost od prašine drveta, nepovoljnih mikroklimatskih uvjeta, te visokih razina buke. Još je uvijek u većem dijelu Republike Hrvatske prisutan velik udio fizičkog rada radnika kod manipulacije drvnim proizvodima, te su radnici izloženi povećanom tjelesnom naporu. Za osiguranje sigurnih radnih uvjeta, ključna je procjena veličine rizika koji proizlazi iz tih opasnosti, kao i poduzimanje mjera za njihovo smanjenje. Dužnost poslodavca je osigurati korištenje samo ispravnih strojeva na način da se isti redovno pregledavaju (dnevni, tjedni, mjesečni). Ukoliko se prilikom pregleda utvrdi da je došlo do promjena koje mogu ugroziti zdravlje i sigurnost radnika, tada se stroj ne smije koristiti sve dok se ne dovede u ispravno stanje.[10] Osim toga, obveza poslodavca je da redovito, u skladu sa Zakonom o zaštiti na radu, obavlja ispitivanje svih strojeva od strane tvrtke koja je ovlaštena za to.[15] Prilikom upotrebe strojeva za mehaničku obradu drveta, potrebno je pridržavati se uputa proizvođača o pravilnom rukovanju strojem, te je potrebno pored svakog stroja postaviti upute za rad na siguran način, a dužnost poslodavca je da sve radnike koji rade na tim strojevima osposobi za rad na siguran način.[10]

U drvnoj industriji postoji visok rizik od nastanka požara. Njegovi su glavni uzroci zapaljenje drvne prašine, neispravne električne instalacije, neadekvatno skladištenje i čuvanje lakova, boja i otapala, kao i pušenje na zabranjenim mjestima. Potrebno je održavati električne instalacije kako bi se smanjila opasnost od požara, nadalje, radne prostorije treba redovno čistiti od drvne prašine, a ukoliko su strojevi spojeni na sustav za odvođenje prašine, tada ga je potrebno redovno održavati i čistiti. Prema Pravilniku, poslodavac je dužan pravilno označiti puteve za evakuaciju. Putevi cijelo vrijeme moraju biti slobodni od prepreka kako bi se mogli u svako doba koristiti bez

smetnji.[13] Prema Zakonu, poslodavac je obavezan izraditi i plan evakuacije kao i plan spašavanja, te imenovati radnika za provođenje tih mjera. S planom evakuacije i spašavanja moraju biti upoznati svi radnici za slučaj izvanrednog događaja. Jednom u dvije godine se moraju provoditi vježbe spašavanja i evakuacije. Odgovarajući broj, vrsta i veličina vatrogasnih aparata mora biti postavljena u svim postrojenjima, u skladu sa razredom požara koji može nastati, površinom požarnog sektora i proračunom specifičnog požarnog opterećenja svakog sektora. Neovisno o ugrađenim stabilnim sustavima za gašenje požara, hidrantskoj mreži i drugim mjerama zaštite od požara, postavljaju se vatrogasni aparati. Vatrogasni aparati moraju biti postavljeni na mjestima koja su lako uočljiva i dostupna, i da su u blizini mogućeg izbijanja požara.[15]

Neke od općih mjera zaštite od požara i eksplozija zabranjuju slijedeće:

- pušenje i korištenje vatre u bilo kojem obliku,
- uporaba i držanje opreme, uređaja i alata koji pri uporabi mogu iskriti,
- odlaganje zapaljivih i drugih tvari koje nisu namijenjene tehnološkom procesu,
- držanje reaktivnih, oksidirajućih i samozapaljivih tvari,
- pristup vozilima koji pri radu mogu iskriti,
- uporaba električnih uređaja bez protu eksplozijske zaštite,
- i nošenje odjeće i obuče koja se može nabiti statičkim elektricitetom.[13]

#### **4.4. Zakonska regulativa i sigurnosni sustavi za zaštitu od požara**

Prema Zakonu o zaštiti od požara pod sustavom zaštite od požara podrazumijevamo planiranje zaštite od požara, zatim propisivanje mjera za zaštitu od požara građevina, ustrojavanje subjekata zaštite od požara, te dakako, provođenje mjera zaštite od požara. Osim planiranja i provođenja mjera zaštite od požara, sustav podrazumijeva financiranje zaštite od požara te ovlašćivanje i osposobljavanje djelatnika za obavljanje poslova zaštite od požara. Cilj je zaštita i sigurnosti ljudi i životinja, te zaštita okoliša i materijalnih dobara uz gospodarski i društveno prihvatljiv požarni rizik. Prilikom obavljanja zaštite od požara poduzimaju se tehničke, organizacijske i druge radnje poput:

- otklanjanja opasnosti za nastanak požara,

- rano otkrivanje te obavještanje i sprječavanje širenja, kao i učinkovito gašenje požara,
- spašavanje ljudi i životinja ugroženih požarom na siguran način,
- sprječavanje te smanjenje štetnih posljedica požara,
- otkrivanje uzroka požara i otklanjanje posljedica.[2]

Osim pravnih i fizičkih osoba, zaštitu od požara provode udruge koje obavljaju vatrogasnu djelatnost i djelatnost spašavanja i zaštite, kao i jedinice područne i lokalne samouprave, sukladno propisima.[2]

U svakoj industriji, pa tako i u drvnoj industriji, vlasnici, odnosno korisnici radnog prostora, dužni su:

- osigurati provedbu mjera propisanih Zakonom o zaštiti od požara,
- poduzeti mjere za smanjenje opasnosti od nastanka i širenja požara, te mjere u svrhu unapređenja zaštite od požara na svom vlasništvu, i pritom uzeti u obzir ugroženost i stanje zaštite od požara,
- posjedovati opremu, alat, uređaje, vozila, sredstva za dojavu i druga sredstva za sprječavanje širenja i gašenje požara.[2]

Oprema, alat, uređaji, vozila i sredstva za zaštitu od požara moraju se održavati u funkcionalnom i ispravnom stanju u skladu sa propisima, normama, tehničkim normativima i uputama proizvođača o čemu mora postojati pisani zapis. Kako bi se održavale preventivne mjere za zaštitu od požara, jedinice lokalne i regionalne samouprave, kao i pravne osobe su dužne održavati protupožarne vježbe i to na način i u vremenu prema odredbi Ministarstva. Isto tako, svaka osoba koja primijeti neposrednu opasnost od nastanka požara, ili sam požar, dužna je sukladno svojim psihofizičkim sposobnostima pristupiti otklanjanju opasnosti, odnosno, gašenju požara, te pritom imati na umu da u opasnost ne dovede sebe ili neku drugu osobu. Građevina prilikom projektiranja i građenja mora biti osigurana od požara, kao jedan od važnih zahtjeva propisan posebnim propisom koji uređuje područje prostornog uređenja i gradnje kako bi se u slučaju požara očuvala nosivost konstrukcije tijekom određenog vremena, zatim spriječi širenje vatre i dima unutar građevine i na susjedne građevine, da se omogući osobama da neozlijeđene napuste građevinu kako bi se spasile, te da se omogući zaštita spašavatelja. Ukoliko dođe do privremenog povećanog rizika od požara, te za cijelo vrijeme njegova trajanja, moraju se poduzeti dodatne tehničke i organizacijske mjere zaštite od požara, koje moraju

uključivati osiguravanje vatrogasnog dežurstva, odnosno, motrilačko - dojavne službe i primjenu odgovarajućih sredstava i opreme za gašenje.[2]

## 5. PRIMJER POŽARA U DRVNOJ INDUSTRIJI

Požar u drvnoj industriji dogodio se u proizvodnoj hali poduzeća DIN – Novoselec 2003. godine. Naime, požar je izbio u pogonu za proizvodnju parketa, točnije u ventilacijskom sustavu koji se potom proširio na glavni filter. U požaru su izgorjele 432 filtarske vreće. Požar je započeo na način da je metalna pila stroja za izradu parketa izazvala iskra prilikom rezanja, zatim je ta iskra ušla u ventilacijski sustav za piljevinu i vrlo vjerojatno zbog prevelike brzine izbjegla sustav za gašenje te ušla u filter i zapalila smjesu piljevine i filtarske vreće. Djelatnici poduzeća i profesionalne vatrogasne postrojbe Ivanić Grada su ugasili požar, ozlijeđenih osoba nije bilo, a materijalna šteta se procjenjuje na oko 150 000 kuna.[17]

Požar u drvnoj industriji Spačva dogodio se 2016. godine. Prema policijskom izvješću, požar se dogodio i hali u kojoj se izvodi površinska obrada materijala, a koja je ujedno i skladište podnih obloga. Očevidom je utvrđeno kako je uzrok požara kvar na električnom kabelu radnog stroja. Materijalna šteta iznosi više milijuna kuna, izgorjeli su strojevi i brodski podovi, no nije bilo ozlijeđenih osoba.[18]



Sl.4. Požar u lakirnici Spačva.[18]

Početak travnja 2023. godine, dogodio se požar u tvornici PPS-Galeković u mjestu Mraclin u Hrvatskoj. Naime, prema policijskom izvješću zapalio se pogon uslijed stvaranja eksplozivne smjese drvene prašine i zraka u prostoru oko radnog stroja. Točnije, eksploziju je pokrenula mehanička iskra, nakon čega se plamena stihija proširila na radne strojeve, drvenu masu, inventar i većinu hale. Požar se iz pogona proširio i na dio krovišta te na skladište susjednog objekta. Tijekom požara smrtno je stradao jedan radnik od posljedica opekline.[19]



Sl.5. Požar u PPS-Galeković.[19]

## 6. ZAKLJUČAK

Drvena je industrija kroz povijest imala svoje uspone i padove. Prema novijoj povijesti i statističkim podacima, vidljivo je kako proizvodnja drvnog materijala i namještaja nije ništa manje popularna nego što je to bila prije. No, prerada drva nije niti malo jednostavan posao. Rad sa posebnim strojevima, kao i udisanje drvne prašine i lakova za bojenje za djelatnike drvne industrije (ukoliko ne koriste zaštitna sredstva na adekvatan način) može biti vrlo štetan. Jedna od posebnih opasnosti u drvnoj industriji jest požar. Kao što je u radu rečeno, proces gorenja drva je vrlo opasan zbog svoje brzine širenja, stoga ne čudi što je baš drvna industrija pod posebno velikim rizikom od požara i eksplozija. Mogući požari u drvnoj industriji mogu nastati u pogonu za tehnološku obradu drva, odnosno u lakirnici, skladištu, pilani, sušari, skladištu zapaljivih tekućina, stovarištu trupaca i u pogonu za strojnu i ručnu obradu drva. Svaki od pogona za sebe je zona posebnog rizika za nastanak požara ukoliko se oprema ne skladišti na adekvatan način i ukoliko se ne poštuju građevinske mjere propisane Zakonom o zaštiti od požara i Pravilnikom o izradi procjene ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije. Nadalje, u drvnoj industriji prijete požarne opasnosti pri dopremi i skladištenju sirovina, požarne opasnosti od električne energije i pri odvozu piljevine u silos, kao i ona najčešća, pri nesmotrenosti radnika. Stoga je vrlo važno da poslodavac djelatnicima osigura, u skladu sa Zakonom o zaštiti na radu, kvalitetnu edukaciju koju provode stručne osobe. Time bi se rizik od neželjenih događaja sveo na minimum te kako bi se zaštitilo zdravlje i život djelatnika, kao i sigurnost okoline.

Kako bi se rizik od nastanka požara i eksplozija u drvnoj industriji spriječio ili sveo na minimum, također je potrebno držati se određenih mjera prilikom gradnje građevine, kao i uputa o posjedovanju vatrogasnih aparata, uređaja za poziv upomoć i slično. Svaka drvna industrija bi trebala imati detaljan uvid u razvod plina, zapaljive tekućine, vodovoda, hidrantske mreže i sustava za dojavu požara, pregled sustava telefonskih i radio veza, te ne bi trebala biti na udaljenijim mjestima od vatrogasnih postrojbi. U svakoj je prostoriji je važno istaknuti brojeve službi za gašenje požara i pružanje prve pomoći. Prilikom upotrebe strojeva za mehaničku obradu drveta, potrebno je pridržavati se uputa proizvođača o pravilnom rukovanju strojem, te je potrebno pored svakog stroja postaviti upute za rad na siguran način.

Uputa za siguran način rada u drvnoj industriji jest mnoštvo, no, savjesnost djelatnika i poslodavaca je najvažnije. Ljudski se čimbenik uvijek smatra najvažnijim, pa je tako i u ovom slučaju. Kroz navedene je primjere vidljivo kako do požara može doći vrlo lako, ali je isto tako, vrlo važno reagirati ispravno i brzo, te posjedovati ispravnu opremu za gašenje požara različitih tvari. Cilj je spriječiti neželjene događaje koji mogu rezultirati posljedicama velikih razmjera, te zaštititi život i zdravlje ljudi.

## 7. LITERATURA

- [1] Hrvatska enciklopedija: Drvna industrija, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=16353>, pristupljeno 18.04.2023.
- [2] Zakon o zaštiti od požara, NN 92/10, 114/22
- [3] Ištvančić J., Antonović A., Greger K., Pervan S., Jambrečković V., Benković Z. i sur: „*Pilinarstvo u Republici Hrvatskoj, I. dio – Povijesni pregled hrvatskog pilinarstva*“, Drvna Industrija, 59 (2008.), 3, 121 – 130.
- [4] Državni zavod za statistiku: Proizvodnja i prodaja industrijskih proizvoda (PRODCOM) u 2019., [https://web.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2020/02-01-05\\_01\\_2020.htm](https://web.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2020/02-01-05_01_2020.htm), pristupljeno 25.04.2023.
- [5] Pavelić Đ: „*Požarne opasnosti u pojedinim industrijskim granama*“, Sigurnost, 58 (2016.), 1, 61 – 67.
- [6] Bjelanović A.: „Ponašanje drva i drvenih konstrukcija u požaru i otpornost na djelovanje požara“ Presjek, 11 (2011.), 3, 105 – 120.
- [7] Cindrić H., „Primarna i sekundarna prerada drvne mase“, Zagrebinspekt obrazovanje, Zagreb, (2007.), ISBN 953-99325-6-4.
- [8] Pravilnik o izradi procjene ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije, NN 035/94, 110/05, 028/10
- [9] Leš D., Merčep M., Brlečić D: „*Novi pristup numeričkoj analizi požarne ugroženosti*“, Građevinar, 68 (2016.), 2, 159 – 162.
- [10] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu: Smjernice dobre prakse – siguran rad u drvnoj industriji, <http://www.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Smjernica-za-siguran-rad-u-drvnoj-industriji.pdf>, pristupljeno 27.04.2023.
- [11] Papić N.: „*Požari u drvnoj industriji*“, Policijska sigurnost, 25 (2016.), 1, 42 – 51.
- [12] Pravilnik o sustavima za dojavu požara, NN 56/1999
- [13] Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima, NN 108/95, 56/10, 114/22



- [14] Pravilnik o hidrantskoj mreži za zaštitu od požara, NN 8/2006
- [15] Zakon o zaštiti na radu, NN 71/14, 118/14
- [16] Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada, NN 29/13
- [17] Večernji list: Još jedan požar u Novoselcu, <https://www.vecernji.hr/vijesti/jos-jedan-pozar-u-novoselcu-729853>, pristupljeno 07.05.2023.
- [18] Večernji list: Požar u tvornici Spačva, <https://www.vecernji.hr/vijesti/pozar-u-vinkovcima-izgorjela-hala-drvne-industrije-spacva-1119543>, pristupljeno 07.05.2023.
- [19] VG online: Što se dogodilo u PPS – Galeković?, <https://velikagorica.com/vijesti/vgradu-133033>, pristupljeno 07.05.2023.

## **8. PRILOZI**

### **8.1. POPIS SLIKA**

Sl.1. Pilana na vodeni pogon .....	4
Sl.2. Pilana na parni pogon .....	5
Sl.3. Granice eksplozivnosti .....	15
Sl.4. Požar u lakirnici Spačva .....	27
Sl.5. Požar u PPS-Galeković .....	28

### **8.2. POPIS TABLICA**

Tab.1. Proces izgaranja drva .....	10
Tab. 2. Temperatura tinjanja .....	14