

# Unaprijeđenje procesa gospodarenja otpadom

---

Capan, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:129782>

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

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

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Tomislav Čapan**

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentori:

Dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing.

Student:

Tomislav Čapan

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se profesoru N.Štefaniću za savjetovanje tijekom studija i pomoć pri izradi ovoga rada.

Tomislav Capan



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarški i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student:

Mat. br.:

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

Opis zadatka:

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zvonimir Guzović

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
POPIS SLIKA .....	III
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY.....	VII
1. UVOD.....	1
2. LEAN PRINCIPI.....	2
3. PRIMJENA LEAN PRINCIPA U RAZVOJU PROIZVODA.....	10
3.4.1. Dvanaest Lean metoda u razvoju proizvoda.....	11
4. GOSPODARENJEM OTPADOM .....	18
5. VRSTE OTPADA .....	20
5.1. Ambalažni otpad .....	20
5.2. Posebne kategorije otpada.....	22
5.3. Komunalni otpad.....	23
6. PROPISI I MEĐUNRODNI UGOVORI .....	24
6.1. Propisi .....	24
7. BATERIJE I AKOMULATORI.....	31
7.1. Osnove baterija i akumulatora .....	31
7.2. Dijelovi i konstrukcija olovno-kisele akumulatorske baterije .....	32
7.3. Kemija olovno-kisele akumulatorske baterije.....	37
8. RECIKLIRANJE OTPADNIH OLOVNO-KISELIH AKUMULATORSKIH BATERIJA.....	38
8.1. Svijet [8].....	38
8.2. Hrvatska [9].....	39
8.3. Razvrstavanje prema Katalogu otpada.....	40
9. PROCES RECIKLIRANJA OTPADNIH BATERIJA I AKOMULATORA .....	42
9.1. Izbor tehnoloških procesa postupka recikliranja otpadnih olovno-kiselih akumulatorskih baterija .....	42
9.2. Separacija .....	43
9.3. Taljenje.....	46
10. O CIAK-U [3].....	51
10.1. Izabrani tehnološki procesi postupaka recikliranja otpadnih olovno-kiselih akumulatorskih baterija.....	53
10.2. Postrojenje Centra za reciklažu baterija i akumulatora.....	56
10.3. Opis tehnološkog podpostrojenja za hidroseparaciju (HS).....	57
10.5. Opis tehnološkog podpostrojenja za taljenje (SM) .....	60
11. PRIMJENA LEAN PRINCIPA U CENTRU ZA RECIKLAŽU OTPADNIH BATERIJA I AKOMULATORA CIAK .....	65
12. ZAKLJUČAK.....	68
PRILOZI.....	69



## POPIS SLIKA

Slika 1 Polu ispunjenja čaša .....	3
Slika 2 Sedam vrsta gubitaka [6].....	4
Slika 3 Pet osnovnih lean principa .....	7
Slika 4 Push/Pull princip [1] .....	8
Slika 5 Plan –Do-Check-Act [7] .....	15
Slika 6 Tok procesa Lean proizvodnje .....	16
Slika 7 Prikaz toka procesa u završnici .....	17
Slika 8 Kartonski otpad .....	20
Slika 9 Paltete za daljnje korištenje.....	20
Slika 10 Otpadne palete.....	21
Slika 11 Metalna ambalaža .....	21
Slika 12 Plastična ambalaža za drobilicu .....	22
Slika 13 Plastična ambalaža za drobilicu 1 .....	22
Slika 14 Skladište guma .....	23
Slika 15 Drobilica za plastičnu ambalažu .....	25
Slika 16 Uparivač .....	26
Slika 17 Spremnici uparivača.....	27
Slika 18 Spremnik od 50 000 litara.....	27
Slika 19 Kartonske kutije za pakiranje citostatika .....	29
Slika 20 Dijelovi olovne-kisele akumulatorske baterije .....	33
Slika 21 Koncept konstrukcije olovne akumulatorske baterije .....	34
Slika 22 Postavljanje separatora ploča na pozitivne ploče.....	34
Slika 23 Formiranje pločnog paketa.....	34
Slika 24 Negativna pastirana ploča, otvrdnjena i osušena .....	36
Slika 25 Pozitivna pastirana ploča, otvrdnjena i osušena.....	36
Slika 26 Proizvodnja olova prema regijama .....	38
Slika 27 Uporaba olova u pojedinim industrijama.....	38
Slika 28 Skladište opasnog otpada Zabok.....	51
Slika 29 Proces recikliranja otpadnih baterija i akumulatora.....	54
Slika 30 Dnevne količine sirovina u procesu recikliranja otpadnih baterija i akumulatora u CIAK-u .....	55
Slika 31 Tok procesa .....	57



---

**POPIS TABLICA**

Tabela 1 Dvanaest Lean metoda .....	12
Tabela 2 Vrste akumulatora .....	31
Tabela 3 Sakupljena količina otpadnih baterija i akumulatora .....	39
Tabela 4 Usporedba oporabljenih količina otpadnih Baterija i akumulatora.....	39
Tabela 5 Proizvedene, uvezene i izvezene količine baterija i akumulatora u 2012. godini .....	40
Tabela 6 Proizvedene, uvezene i izvezene količine baterija i akumulatora u 2013. Godini .....	40
Tabela 7 Značenje ključnih brojeva otpada.....	40
Tabela 8 Dijelovi akumulatorske baterije .....	43
Tabela 9 Karakteristike peći.....	47
Tabela 10 Oporabljene količine otpadnih BA* prema koncesionarima u 2013.g .....	52
Tabela 11 Usporedba oporabljenih količina otpadnih baterija i akumulatora prema koncesionarima.....	52
Tabela 12 Komponente jedne sarže .....	60
Tabela 13 Proces taljenja.....	61
Tabela 14 Ušteda u proizvodnji primjenom Lean principa.....	67



## SAŽETAK

Glavni cilj ovog rada je bio opisati procese gospodarenja otpadom te po izabranom modelu opisati i unaprijediti jedan sektor otpada. Koncentrirao sam se na proces zbrinjavanja otpadnih baterija i akumulatora pomoću modela Lean principa.

Lean je engleska riječ koja znači vitak, mršav ili tanak te se može definirati kao manje svega (skladišta, vremena, ljudskog napora, investicija, kapitala).

Osnovno načelo Lean proizvodnje je da se proizvodi točno ono što kupac ili klijent želi, tj. vrstu, kvalitetu i količinu proizvoda izravno diktira potražnja tržišta, tj. isporuka proizvoda klijentu u što kraćem vremenskom roku sa što manje gubitaka.

Lean proizvodnja pokušava ujediniti sve te koncepte u jednu poslovnu filozofiju, tj. da bi sveukupna poslovna filozofija bila uspješna lean principi moraju obuhvaćati i poslovne grane izvan same proizvodnje, tj. mora se obuhvatiti cijeli razvojni proces.

Koncepti vođenja, timskog rada, komunikacije i simultativnog razvoja su postali dijelom lean-a.

Alati i metode Lean razvoja proizvoda potječu iz zdravog razuma. Ne smije se dopustiti da jednostavnošću ovoga koncepta podcijenite njegovu moć. Metode Lean proizvodnje mogu pojednostavniti na gotovu dječju razinu, no unatoč tome je uzrokovao revoluciju u efikasnom poslovanju.

Nadalje Lean princip sam primijenio na oporabu otpadnih baterija i akumulatora pri čemu sam značajno unaprijedio proces po pitanju uštede vremena, iskoristivosti materijala i zaštite ljudi da bi na kraju dobili novo rafinirano olovno minimalne čistoće od 99,98 %.

## **SUMMARY**

The main objective of this study was to describe the process of waste management and on the chosen model to describe and improve this sector accounts. I focused on the process of disposing of waste batteries and car battery using the model of Lean principles.

Lean is an English word that means slim, lean and thin and can be defined as less of everything (storage, time, human effort, investment, capital).

The basic principle of Lean Production is to produce exactly what the customer or the client wants the type, quality and quantity of the product directly to market demand, the supply of products to the customer as soon as possible with as few losses.

Lean manufacturing is trying to unite all these concepts into a single business philosophy. To the overall business philosophy has been successful lean principles must include business and branches outside of production and must cover the entire development process.

Concepts leadership, teamwork, communication development have become part of Lean.

Tools and methods of Lean product development derived from common sense. Do not let the simplicity of this concept underestimate its power. Lean methods can simplify the finished children's level, yet it has caused a revolution in efficient operations.

Furthermore Lean principle I applied to the recovery of waste batteries and car battery while I significantly improve the process in terms of time savings, utilization of materials and sutured people to finally get a new refined lead with a minimum purity of 99.98%.

## **1. UVOD**

U današnje vrijeme s obzirom na gospodarsku krizu i recesiju vrlo je potrebno posjedovati vještine dobrog poslovnog upravljanja. Danas tehnologija vlada svijetom i svaka tvrtka želi biti jedan korak ispred druge, a u svijetu je takva situacija da danas samo najbolji i najkvalitetniji opstaju. Zbog toga za uspješan razvoj proizvoda se prije svega moraju postaviti dobri poslovni temelji sa jasnom vizijom projekta na kojim će raditi ljudi sa dobri poslovnim znanjem i još boljom međuljudskom interakcijom. Sve te stvari utječu na kvalitetu projekta tj. konačnog proizvoda. Jedna od rstućih grana je reciklaža. U Hrvatskoj tvrtka CIAK je otvorila Centar za reciklažu otpadnih baterija i akumulatora u Zaboku iz kojeg će se dobivati sirovo olovo. Cilj na godišnjoj bazi je obrada 10 000 t otpadnih baterija i akumulatora.

## 2. LEAN PRINCIPI

Lean je engleska riječ koja znači vitak, mršav ili tanak te se može definirati kao manje svega, tj. manje :

- skladišta
- vremena
- ljudskog napora
- investicija
- kapitala

Pojam lean prvi puta se javlja u knjizi „*The machine that changed the world*“ J.P.Wormack-a i D.T.Jones-a , koja se bavila istraživanjem razvoja internacionalne autoindustrije, gdje su oni opisali razlike između Japanske i zapadne automobilske industrije i prvi put postavili izraz *lean* za Toyotin način proizvodnje.

Lean je proizvodna filozofija koja skraćuje vrijeme od narudžbe kupaca do isporuke gotovog proizvoda, eliminirajući sve izvore rasipanja (gubitaka) u proizvodnom procesu.

Osnovno načelo Lean proizvodnje je da se proizvodi točno ono što kupac ili klijent želi, tj. vrstu, kvalitetu i količinu proizvoda izravno diktira potražnja tržišta, tj. isporuka proizvoda klijentu u što kraćem vremenskom roku sa što manje gubitaka.

### 2.1. Osnovni lean principi

Proizvodni proces se sastoji od jedne ili više aktivnosti, dok se aktivnosti u proizvodnom procesu dijele na :

- Value-added activities - aktivnosti koje dodaju vrijednost
- Non-Value-added activities 1.type muda- aktivnosti koje ne dodaju vrijednost ali su neophodne
- Non-Value-added activities 2.type muda- aktivnosti koje ne dodaju vrijednost i nisu neophodne

Non-Value-added activities 2.type muda je tip aktivnosti na koji se bazira lean koncept. Posljedica takve aktivnosti je gubitak tj. rasipanje (jap.muda, eng.waste).

### 2.2. Gubitci u Lean proizvodnji

Rasipanjem smatramo da su svi elementi proizvodnog procesa koji ne sadrže nikakvu vrijednost ili se može reći da su to sve aktivnosti koje ne donose direktnu vrijednost proizvodu.

Odličan primjer Lean proizvodnje se može prikazati na jednostavnom primjeru:

- optimist: čaša je polupuna
- pesimist: čaša je poluprazna
- Lean razmišljanje: zašto je čaša toliko velika?



**Slika 1** Polu ispunjenja čaša

### **2.3. Sedam vrsta gubitaka**

U Lean proizvodnji se može definirati sedam vrsta gubitaka:

- Prekomjerna proizvodnja
- Transport
- Čekanje/zastoji
- Nepotrebni pokreti
- Prekomjerna obrada
- Škart
- Zalihe

Tu bismo mogli još dodati i osmi gubitak, koji se može definirati kao neupotrijebljeni potencijal zaposlenika.



Slika 2 Sedam vrsta gubitaka [6]

### a) Prekomjerna proizvodnja

Jednostavno rečeno prekomjerna proizvodnja je proizvodnja proizvoda prije nego li je za njega stigla narudžba. Dolazi do operacija koje nisu neophodne. Stvara se dokumentacija koju nitko ne zahtjeva ili koja se uopće kasnije neće koristiti tj. prekomjerna administracija. Prekomjernu proizvodnju su u administraciji nazivali „za svaki slučaj“.

Rezultat prekomjerne proizvodnje su gubitak vremena za izradu te visoki troškovi pohrane proizvoda.

Rješenje je da se proizvodi samo ono što se može odmah prodati i isporučiti klijentu.



## **b) Transport**

Cijena transporta proizvoda je cijena koja ne donosi nikakvu vrijednost na proizvod, tj. donosi samo gubitke. Lean razmišljanje izbacuje sve nepotrebno kretanje materijala između operacija ili između skladišnih površina. Također pretjerano kretanje i rukovanje proizvodom može uzrokovati štetu te se kvaliteta pogoršati. Potrebno je napraviti racionalan raspored za izvođenje operacija, pri čemu treba razmišljati koji procesi idu prvi a koji zadnji da ne dolazi pretjeranog kretanja proizvoda po tvornici.

## **c) Čekanje/zastoji**

Kada god se roba ne kreće ili se ne obrađuje dolazi do gubljenja vremena. Obično gotovo 99% proizvoda na proizvodnoj traci provede u čekanju da se obradi, te tu dolazi do lošeg vođenja, tj. lošeg planiranja ako proizvod predugo čeka da se obradi.

Isto tako mnogo se vremena gubi: čekanje podataka, rezultate testova, protoku informacija, odlukama, potpisima, odobrenjima i sl.

Potrebno je detaljno proučiti pokrete u operacijama, sinkronizirati ih i ujednačiti proizvodnju kako bi se izbjegli zastoji i čekanja.

## **d) Nepotrebni pokreti**

To rasipanje vremena se odnosi na ergonomiju, a očituje se u svim slučajevima kao što su nepotrebna istezanja, hodanja, dizanja, savijanja kako bi se došlo do informacija. Također gubitak vremena ako je napravljen loš raspored strojeva pri čemu dolazi do nepotrebno gibanja radnika.

Tu su također zdravlje i sigurnost radnika na koje se u današnjem društvu mnogo veći problemi za organizaciju te se i na to mora ozbiljno voditi računa.

## **e) Prekomjerna obrada**

Često se kaže za to “using a sledgehammer to crack a nut“ tj. “razbijanje oraha maljem“ . Tvrtke često koriste visoko precizne suke strojeve gdje će jednostavan puno jeftiniji alat biti sasvim dovoljan. Isto tako je moguće da tvrtke koriste nedovoljno dobre strojeve za obradu te zbog toga se vrijeme procesa produžuje s tim lošijim alatom. Nadalje nepotrebna previše detaljna obrada je isto rasipanje vremena ili design proizvoda koji zahtjeva previše koraka u obradi.

---

**f) Škart**

Gubitak vremena dolazi pri prekidu toka proizvodne linije zbog grešaka na proizvodima koji oduzimaju prostor, vrijeme i novac za analizu kako je do toga došlo da se ubuduće to ne dogodi. Škart roba isto tako nastaje ako radnik dobije nepotpune, netočne i nepravodobne informacije.

**g) Zalihe**

Visoke zalihe su povezane sa prekomjernom proizvodnjom. Dolazi do viška inventara koji povećava vodstvo te time povećava troškove.

Projektiranje proizvodnih procesa koji su fleksibilni, održivi i primjenjivi su baza lean koncepta u proizvodnim sustavima. Time se stvara proizvodni sistem baziran na potrebama kupaca koji se konstantno unaprjeđuje u svim granama procesa razvoja, te iz toga proizlaze pet osnovnih Lean principa:

1. Definiranje vrijednosti
2. Utvrđivanje lanaca vrijednosti (eng. map the value stream)
3. Ujednačavanje tijeka proizvodnje (eng. flow)
4. Uvođenje principa "pull"
5. Težnja za savršenstvom

## 2.4. Osnovni lean principi



Slika 3 Pet osnovnih lean principa

### 2.4.1. Definiranje vrijednosti

Najprije se definirati vrijednost samog proizvoda, a njegova vrijednost se definira iz perspektive kupca. Potrebno je saslušati želje i zahtjeve kupaca u vezi odnosa kvalitete i cijene. Na prvi pogled se vrijednost proizvoda lagano definira pomoću nekoliko parametara ali to nije uvijek tako jer uvijek postoji mišljenje kupaca koje je subjektivno te koliko je kupac sam spreman izdvojiti novaca. Zbog toga je uvijek najbolje zadovoljiti želje kupaca jer će inače kupac otići kod konkurencije koja će mu ispuniti zahtjeve.

### 2.4.2. Utvrđivanja lanaca vrijednosti

Lanac vrijednosti je skup aktivnosti koje pridonose cjelokupnoj vrijednosti proizvoda ili usluge. A parametri kojima se određuje konačna vrijednost proizvoda su nam otprije poznata 2 tipa aktivnosti: Non-Value-added activities 1.type muda i Non-Value-added activities 2.type muda.

### 2.4.3. Tijek proizvodnje

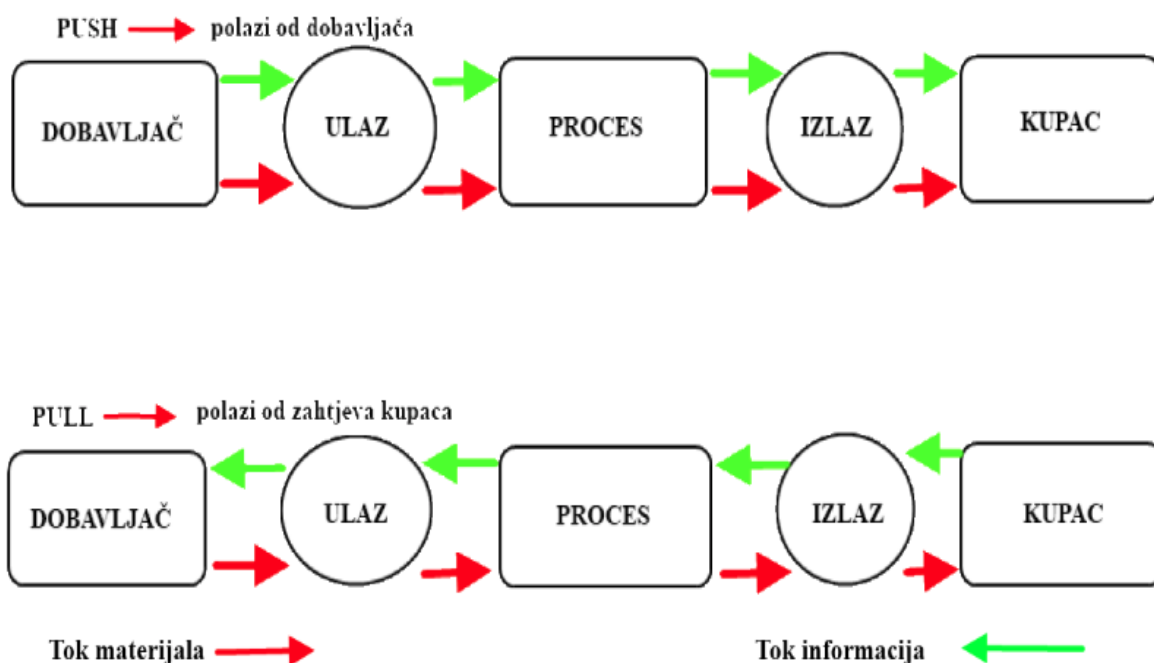
Najbolji alat za smanjenje gubitaka je da se napravi vizualni prikaz toka vrijednosti gdje su uvršteni svi koraci određenog procesa u svrhu dobivanja konačnog proizvoda/usluge. Taj tijek proizvodnje mora prikazati sve korake od početka, tj. od sirovine pa do kraja, tj. gotovog proizvoda.

Prednosti vizualnog toka su:

- odličan pogled na cjelokupan proces s jednog mjesta
- prikazuje gdje aktivnosti daju a gdje ne daju vrijednost
- kupac je uvijek na prvom mjestu

### 2.4.4. "Pull" princip

Pull princip se najviše temelji na zahtjevima kupaca. Cilj je je provesti i ugraditi što više želja i zahtjeva kupaca u taj proizvod ili uslugu, tj. tek na zahtjev kupca kreće proizvodnja, što automatski rezultira time da ako nema kupac zahtjeva onda proizvodnja stoji čime se eliminiraju gubici u obliku prekomjerne proizvodnje, te u obliku nepotrebnog skladištenja viška proizvoda.



Slika 4 Push/Pull princip [1]

#### **2.4.5. Težnja za savršenstvom (Kaizen)**

Ovaj princip teži tome da se stvori kultura proizvođača da konstantno teži poboljšanjima svojih proizvoda i unaprjeđenju proizvodnje. Svaka organizacija bi morala težiti tome da postanu bolje i bolje svaki dan.

#### **2.4.6. Justi –In-Time (JIT)**

Justi-in-time metoda se odnosi na proizvodnju određene količine proizvoda. Ako poduzeće promatramo s aspekta njegove vanjske okoline (tržište, konkurencija, kupci), potrebnu količinu proizvoda određuje sam klijent ili kupac, tj. tržište. No s druge strane, unutar tvrtke potrebnu količinu određuje proces tako da se proizvodi onoliko koliko je klijent naručio. Unutar samog poduzeća, JIT funkcionira tako da svaki naredni proces određuje količinu prerađenog ili proizvedenog proizvoda na prethodnom. Na taj se način poduzeće rješava gubitaka, odnosno čekanja između pojedinih operacija u proizvodnom procesu. Da bi se izbjegla velika skladišta gotovih proizvoda i sirovina, potrebno je stvoriti kvalitetnu i učinkovitu mrežu klijenata i s njima izgraditi strogo poslovne odnose. Oni se moraju temeljiti na suradnji i obostranom zadovoljstvu. Kod nabave sirovine za potrebe vlastitog poduzeća potrebno je organizirati uspješan sustav upravljanja lancem dobave. Na kraju možemo reći da je definicija Just-in-time metode ta da se proizvodi onoliko koliko je kada potrebno.

### 3. PRIMJENA LEAN PRINCIPA U RAZVOJU PROIZVODA

#### 3.1. Uvod

Pojam "Lean proizvodnja" se prvi put pojavljuje u studijama M.I.T. International Motor Vehicle Program (IMVP), te se opisuje kao revolucionaran pristup proizvodnji, za razliku od masovne proizvodnje. Kao koncept lean uključuje nekoliko popularnih koncepata kao što su :

- Total quality management (TPM)
- Continuous improvement
- Integrated product development (IPM)
- Just-In-Time (JIT)

Lean proizvodnja pokušava ujediniti sve te koncepte u jednu poslovnu filozofiju.

IMVP je dobila 5 miliona dolara od američke, japanske i europske autoindustrije da napravi studiju te nakon 5 godina istraživanja ( 1985-1990 god.) objavljuje studiju "Principi Lean proizvodnje" u knjizi "The Machine That Changed The World". U knjizi se govori i o pojmovima širima od same proizvodnje, dolaze do zaključka da bi sveukupna poslovna filozofija bila uspješna lean principi moraju obuhvaćati i poslovne grane izvan same proizvodnje, tj. mora se obuhvatiti cijeli razvojni proces.

Koncepti vođenja, timskog rada, komunikacije i simultativnog razvoja su postali dijelom lean-a.

#### 3.2. Primjena Lean-a u proizvodnji

Lean proizvodnja proizlazi iz 4 vrlo poznata, ali često zaboravljena principa:

- cilj poslovnog poduzeća je stvoriti bogatstvo za vlasnika pomoću zadovoljnih kupaca
- resursi su ograničeni- ne smiju se uzimati kao da su neiscrpn
- rastuća konkurencija zahtjeva da se sva poduzeća kontinuirano poboljšavaju prema što boljoj kvaliteti, nižim troškovima te bržem odazivu
- ljudi su inteligentni i motivirani da odrade dobar posao- dajte im prave alate i ovlasti i ne samo da će odraditi dobar posao nego će i napraviti poboljšanja na svojoj inicijativu

#### 3.3. Primjena Lean-a u razvoju proizvoda [5]

Prema Lean razmišljanju vrijednost se definira kao "sposobnost osigurana kupcu od slučaja do slučaja u pravo vrijeme sa odgovarajućom cijenom". na kraju procesa proizvodnog razvoja vrijednost je samo djelomično realizirana. Dizajn s vremenom može zadovoljiti krajnjeg

korisnika, ali on mora proći kroz proizvodnju, poslovanje, održavanje te moguće kroz proces nadogradnje prije nego li se životni ciklus može procijeniti.

Aspekti vrijednosti mogu uključivati:

- proizvodnost
- niska cijena dizajna
- dizajn od kojeg se očekuje da će zadovoljit kupce sa prihvatljivom razinom rizika
- infrastruktura dobavljača koja podržava proizvodnju, poslovanje i održavanje

Sve to pridonosi uspješnosti proizvoda.

Također tu je i vrijednost koja se odnosi na budući razvoj, npr. ljudski kapital, znanje i iskustvo, sinergija s drugim proizvodima itd.

Projekt razvoja proizvoda također stvara doprinose u obliku vrijednosti dobre organizacije, zadacima koji na prvi pogled ne doprinose vrijednost, npr. organizacijske skupine, unutarnja informatička infrastruktura itd.

Vrijednost razvojnog proizvodnog toka se sastoji od zadataka koji pretvaraju informacije u konačan dizajn.

U razvoju proizvoda ima mnogo mjesta za napredak. Vremenski period da se razvije novi proizvod, stupanj kvalitete koji će zadovoljiti kupca te način na koji se razvoj može ublažiti su procesi u kojima se može postići najveći napredak.

### **3.4. Lean razvoj proizvoda**

Alati i metode Lean razvoja proizvoda potječu iz zdravog razuma. Ne smije se dopustiti da jednostavnošću ovoga koncepta podcijenite njegovu moć. Metode Lean proizvodnje mogu pojednostavniti na gotovu dječju razinu, no unatoč tome je uzrokovao revoluciju u efikasnom poslovanju.

#### **3.4.1. Dvanaest Lean metoda u razvoju proizvoda [4]**

Kako vaš razvojni proces proizvoda radi za vas? Je li brz? Da li se resursi dizajna koriste efikasno? Jeste li uspješniji u pronalaženju grešaka, osiguranja kvalitete i pravovremenom lansiranju proizvoda? Ako su vaši odgovori na postavljena pitanja potvrdni s malim oduševljenjem onda zračite pouzdanošću, no ako nisu potvrdni odgovori onda postoje rješenja za te probleme.

Dvanaest metoda Lean razvoja proizvoda može izbaciti otpad čak i iz najlošijeg razvoja proizvoda, otkrivajući im jezgru koja najviše odgovara vašoj kulturi, industriji i kupcima. Svaka Lean metoda obuhvaća drugačiju kategoriju otpada unutar ciklusa razvoja proizvoda:

- loša komunikacija
- previše sastanaka
- česte promjene
- neučinkovita upotreba resursa
- loše iskorištavanje vremena
- osiguranje kvalitete
- upravljanje troškovima

Svaki od 12 Lean metoda se sastoji od nekoliko specifičnih alata koji se mogu prilagoditi gotovo bio kojim okolnostima.

**Tabela 1 Dvanaest Lean metoda**

METODA #	LEAN ALAT	OPIS
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dvostruki cjenovni test</li> <li>Test dovoljno dobro</li> <li>Moram/Treba/Mogu test</li> <li>Lean QFD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Izbjegavanje preniske ili previsoke cjenovne zahtjeve</li> <li>Izbjegavati nepotrebne dodatke na proizvod</li> <li>Prioriteti: opcije, funkcije, prilagodbe</li> <li>Uхватiti “glas kupca“ i napraviti isplative odluke</li> </ul>
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formiranje radnih mjesta</li> <li>Radna mapa</li> <li>Eliminacija zastoja zbog čekanja odobrenja</li> <li>E-mail pravila</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Upotrijebljivati podloške, definicije, checklistu kako bi se osigurala pravovremena brošura</li> <li>Vizualni alat za dodjeljivanje ključnih zadataka za uži tim ljudi</li> <li>Upotrijebljivati “stari model“ i odobriti izuzetke uzrokovane čekanjem odobrenja</li> <li>Staviti nekoliko logičkih pravila u svrhu smanjenja vremena utrošeno na E-mail</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projektno vrijeme rezanja</li> <li>“Stojeći“ koordinacijski sastanci</li> <li>Lean kolaboracijski sastanci</li> <li>Poboljšanja/rezanje R&amp;D vremena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Odrediti određeno vrijeme za timove da se fokusiraju na rad</li> <li>Dnevni desetominutni sastanci za izgradnju statusa, potreba i planova</li> <li>Polusatni fokusirajući sastanci sa vrlo definiranom temom</li> <li>Upotrijebljivati npr. petak popodne za poboljšanje inicijativa</li> </ul>
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fizička projektna soba/zid</li> <li>Wall grant (Zidni prikaz)</li> <li>Internet stranica projekta</li> <li>PDM software aplikacija (Upravljanje podacima proizvoda)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vizualni displej projektnih faza</li> <li>Dobar način za organiziranje “brzih“ operacija</li> <li>Centralna internet baza podataka projekta</li> <li>Skladište svih podataka</li> </ul>
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Design bez gubitaka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jednostavna metoda za dobivanje više vrijednih inputa za design review timove</li> </ul>
6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Provoditi zamrzavanje operacija</li> <li>Velike i male točke zamrzavanja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrolirati promjene i olakšavati paralelno izvršavanje zadataka</li> <li>Dozvolite da timovi najprije rade važnije zadatke</li> </ul>



7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vizualni pull system</li> <li>Vizualni projekt statusa zajednice</li> <li>Vizualni "Upomoć papiri"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Način da se vizualno prate zadatci koji se ponavljaju</li> <li>Upozorite upravu na probleme te zatražite pomoć</li> <li>Tim upozorava vođu tima o predikcijama projektnog plana</li> </ul>
8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standardne radne metode</li> <li>Predložak i upute</li> <li>Spisak (checklist)</li> <li>Svjetska pravila</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Imati dobar "recept" za jednaku izvedbu svaki put</li> <li>"Najbolja vježba" kako nešto treba raditi</li> <li>Provjerite sve poznate prilike i razlike za svaku dostavu</li> <li>Jedna rečenica za disciplinu</li> </ul>
9.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vođenje "kritične jezgre"</li> <li>Redovite procjene</li> <li>Zaštita od rizika</li> <li>Morao/Trebao/mogao bi raspored</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fokusirati grupe na bilo koji zadatak koji može odužiti razvoj</li> <li>Ocijeniti napredak svaka 2 tjedna</li> <li>Dodavati šok absorbere na raspored kako vi zaštitili velike prekretnice</li> <li>Raspored zadataka prema prioritetima</li> </ul>
10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prioritet kritičnih projekata</li> <li>"Filter" timova</li> <li>Dinamičke metode određivanja prioriteta</li> <li>Super timovi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fokusirati organizacijske resurse samo na određene projekte</li> <li>Zaštiti vrijeme "uskog grla" na prekidima</li> <li>Dijelite poznate podatke i informacije unutar različitih projekata zbog štednje vremena</li> <li>Uslužni timovi koji smanjuju sukobe na resursima</li> </ul>
11.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dobar odnos s dobavljačem</li> <li>Rezervacijski sistem s dobavljačem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mali znak pažnje (dar) može osigurati dostavu na vrijeme</li> <li>Napraviti rezervaciju zbog neočekivanih stvari</li> </ul>
12.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lean samo procjena</li> <li>Mini- Kaizen alat poboljšanja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subjektivne procjene toka procesa u otklanjanju otpada</li> <li>Kratki sastanak sa novim idejama i prioritetima za poboljšanje</li> </ul>

U današnjem globalnom svijetu kojem živimo brzina je sve. Design timovi moraju biti brzi, fleksibilni i visoko produktivni, te primjena Lean principa u razvoju proizvoda zahtjeva optimizirani rast znanja o proizvodu, kupcu i proizvodnji.

Lean u razvoju proizvoda se može definirati kao praktični pristup ubrzavanja vremena na tržištu s agresivnim uklanjanjem otpada u planiranju, upravljanju resursima, kontroli dizajna i komunikaciji.

Tri su ključna elementa koja Lean obuhvaća u razvoju proizvoda:

- Izbacivanje otpada iz procesa razvoja proizvoda
- Poboljšanje načina na koji su projekti izvršeni
- Predodžba procesa razvoja proizvoda

### 3.5. A3 izvještaj

A3 je način razmišljanja, tj kompleksne situaciju rastavljene na jednostavne informacije. A3 te forsira da filtriraš te definiraš svoje misli na jedan arak papira na takav način da tvoji nadležni imaju na njemu odgovore na sva svoja pitanja. To je način da se trenira i razvija suradnika pružajući im forum za diskusiju određenog pitanja i način razmišljanja iza toga. Dobar A3 treba "ispričati priču" o prijedlogu, projektu, problemu ili procesu te uravnotežiti riječi sa popratnom grafikom. Pronalaze se najučinkovitije grafike koje naglašavaju svoje ideje, planove i rezultate. Svaka riječ ili graf na A3 mora nešto predstavljati. Moraju se koristiti podebljani tekst da se naglase ključne točke.

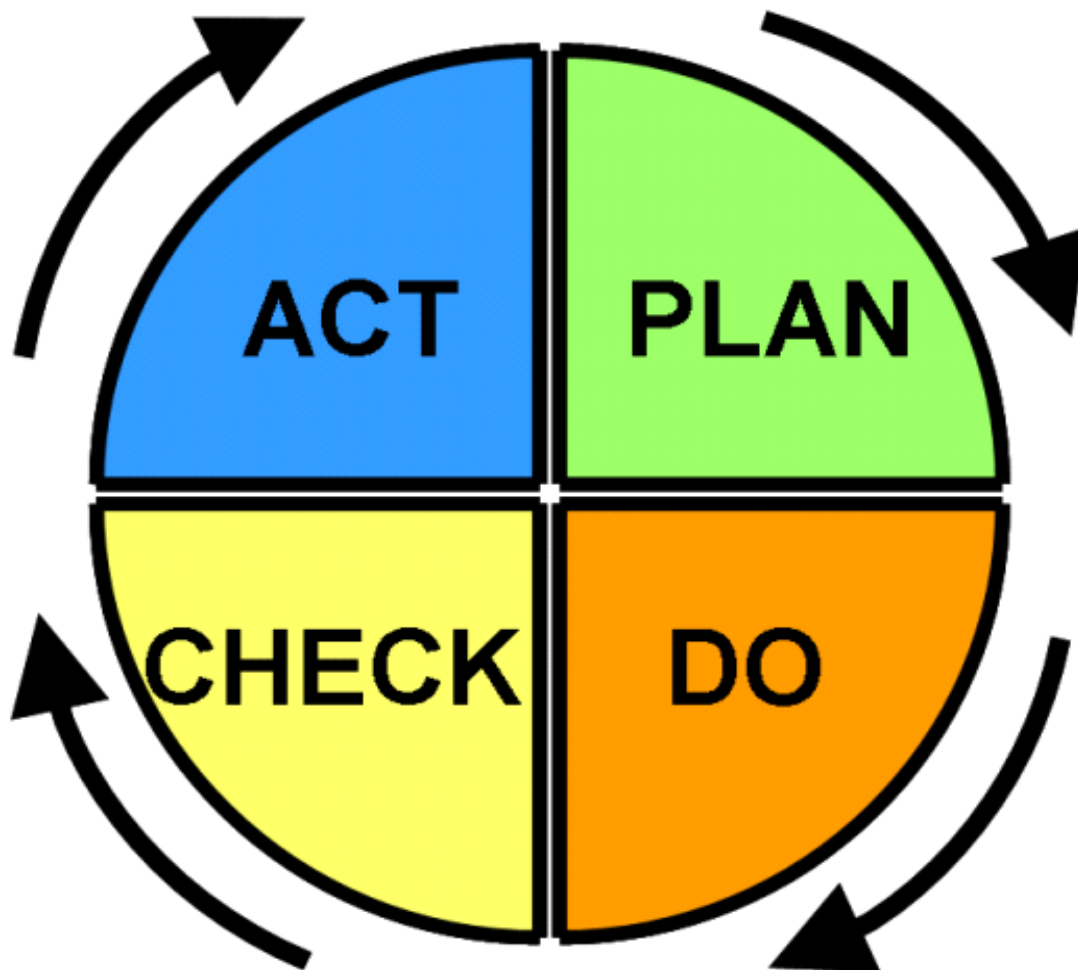
Karakteristike efektivnog A3:

- Lako za čitati
- Uključuje članove tima za kreaciju
- Jasni podaci i činjenice s jasnim ciljevima
- Analiza stanja ili problema
- Procjena troškova
- Jasni akcijski planovi
- Dobro praćenje aktivnosti
- Dijeljenje naučenih lekcija

Ako možete riješiti probleme, no ako ne podijelite to što se naučili možete propustiti neku ključnu priliku za unapređenje.

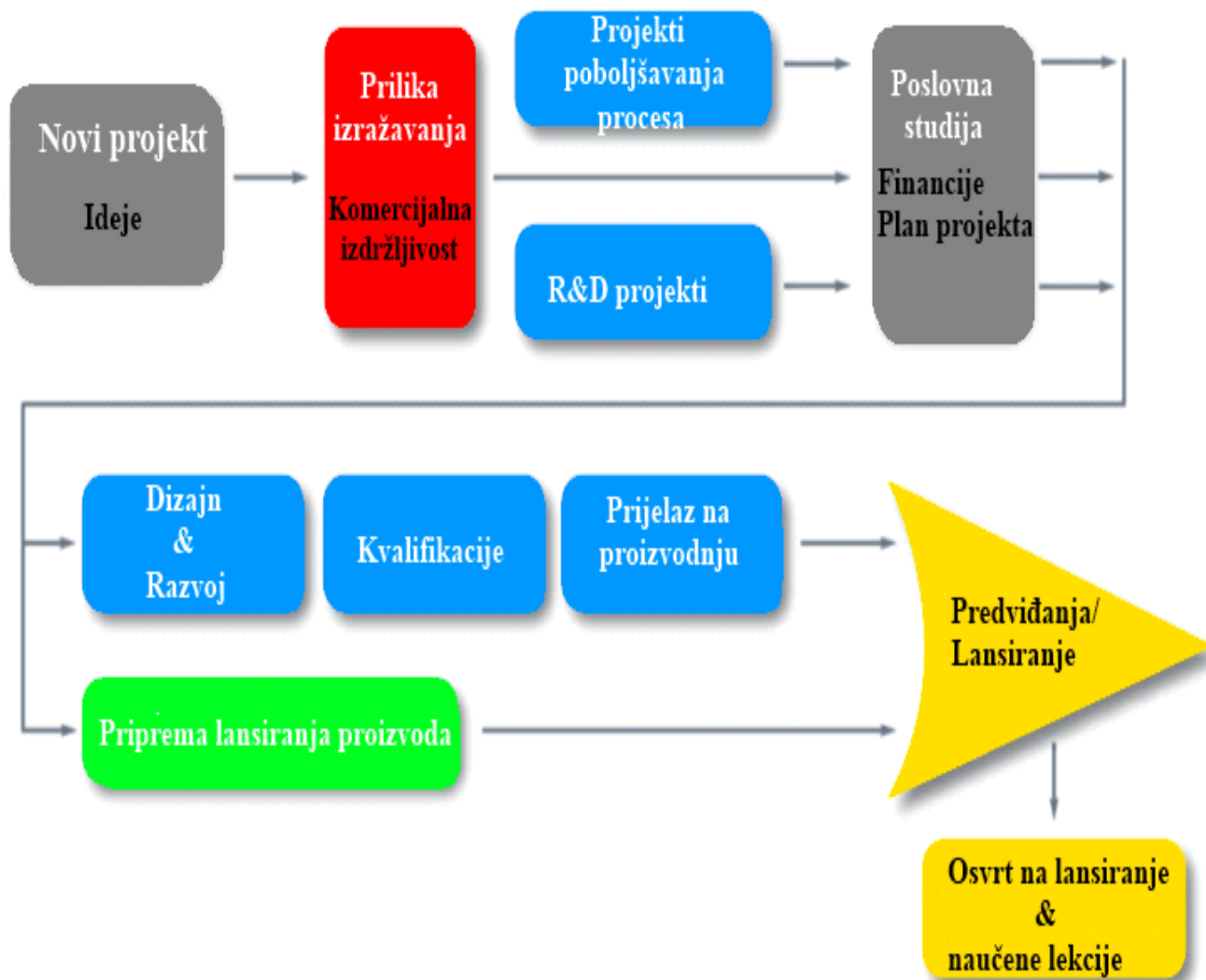
Plan-Do-Check-Act primjenjuje znanstveni pristup razvoju unapređenja:

- Plan- planiraj: razvijaj hipotezu
- Do- učini: provedi eksperiment
- Check- provjeri: provjeri rezultate
- Act- djeluj: poboljšavanje eksperimenata



Slika 5 Plan –Do-Check-Act [7]

Također vrlo bitna stavka u Lean razvoju je proizvoda da se proces bude dobro vizualno prikazan svim sudionicima u razvojnom procesu tj. da je cijeli proces dobro vidljiv na jednom mjestu (npr. u sobi za sastanke na ploči), gdje se održavaju “Stand-up“ sastanci u kojima svaki radnik može izraziti svoje mišljenje.



Slika 6 Tok procesa Lean proizvodnje



**Slika 7 Prikaz toka procesa u završnici**

Kao što vidimo na slici 10 na ploči je vrlo jasno vidljiv tok procesa razvoja proizvoda pri čemu je korišten A3 način djelovanja. Jasno se vide različiti arci papira koji predstavljaju određenu točku u razvoja proizvoda.

Zadaci uprave:

- Identificiranje, kvalificiranje i financiranje projekta/ programa koji analizira poslovnu strategiju.
- Upravljanje organizacijskim resursima: potražnja, kapacitet i sposobnost.
- Mjerenje performansi kako bi se osiguralo da program obuhvaća zajednički portfolio tvrtke.
- Prepoznavanje i poduzimanje korektivnih rezova koji nisu u skladu s projektom.
- Uspostavljanje učinkovite komunikacije.

## 4. GOSPODARENJEM OTPADOM

### 4.1. Održivo gospodarenje otpadom

#### 4.1.1. Načela gospodarenja otpadom

Gospodarenje otpadom temelji se na uvažavanju načela zaštite okoliša propisanih zakonom kojim se uređuje zaštita okoliša i pravnom stečevinom Europske unije, načelima međunarodnog prava zaštite okoliša te znanstvenih spoznaja, najbolje svjetske prakse i pravila struke, a osobito na sljedećim načelima:

- 1) **"načelo onečišćivač plaća"** – proizvođač otpada, prethodni posjednik otpada, odnosno posjednik otpada snosi troškove mjera gospodarenja otpadom, te je financijski odgovoran za provedbu sanacijskih mjera zbog štete koju je prouzročio ili bi je mogao prouzročiti otpad
- 2) **"načelo blizine"** – obrada otpada mora se obavljati u najbližoj odgovarajućoj građevini ili uređaju u odnosu na mjesto nastanka otpada, uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš
- 3) **"načelo samodostatnosti"** – gospodarenje otpadom će se obavljati na samodostatan način omogućavajući neovisno ostvarivanje propisanih ciljeva na razini države, a uzimajući pri tom u obzir zemljopisne okolnosti ili potrebu za posebnim građevinama za posebne kategorije otpada
- 4) **"načelo sljedivosti"** – utvrđivanje porijekla otpada s obzirom na proizvod, ambalažu i proizvođača tog proizvoda kao i posjed tog otpada uključujući i obradu  
Proizvođač proizvoda od kojeg nastaje otpad, odnosno proizvođač otpada snosi troškove gospodarenja tim otpadom.

### 4.2. Red prvenstva gospodarenja otpadom

U svrhu sprječavanja nastanka otpada te primjene propisa i politike gospodarenja otpadom primjenjuje se red prvenstva gospodarenja otpadom, i to:

- sprječavanje nastanka otpada
- priprema za ponovnu uporabu
- recikliranje
- drugi postupci uporabe npr. energetska uporaba
- zbrinjavanje otpada

Prema redu prvenstva gospodarenja otpadom prioritet je sprečavanje nastanka otpada, potom slijedi priprema za ponovnu uporabu, zatim recikliranje pa drugi postupci uporabe, dok je postupak zbrinjavanja otpada, koji uključuje i odlaganje otpada, najmanje poželjan postupak gospodarenja otpadom.

---

**4.3. Način gospodarenja otpadom**

Gospodarenje otpadom se provodi na način koji ne dovodi u opasnost ljudsko zdravlje i koji ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš, a osobito kako bi se izbjeglo sljedeće:

1. rizik od onečišćenja mora, voda, tla i zraka te ugrožavanja biološke raznolikosti
2. pojava neugode uzorkovane bukom i/ili mirisom
3. štetan utjecaj na područja kulturno-povijesnih, estetskih i prirodnih vrijednosti te drugih vrijednosti koje su od posebnog interesa
4. nastajanje eksplozije ili požara
5. Gospodarenjem otpadom mora se osigurati da otpad koji preostaje nakon postupaka obrade i koji se zbrinjava odlaganjem ne predstavlja opasnost za buduće generacije.

## 5. VRSTE OTPADA

### 5.1. Ambalažni otpad

Ambalaža su svi proizvodi koji se koriste za sadržavanje, čuvanje, rukovanje, isporuku i predstavljanje robe.

Povratna ambalaža je ambalaža koja se, nakon što se isprazni, upotrebljuje u istu svrhu.

Ambalaža s jednokratnom uporabom (jednokratna ambalaža) je ambalaža koja se, nakon što se isprazni, ne može uporabiti u istu svrhu.

Ambalaža koja nije u sustavu povratne naknade može se predati u reciklažna dvorišta, odložiti u spremnike za odvojeno skupljanje otpada ili predati prodavatelju.

Ambalaža onečišćena opasnim tvarima (npr. ambalaža od boja, lakova, razrjeđivača, sredstva za čišćenje i sl.) predaje se u reciklažna dvorišta.

Na skladište dolazi jako puno robe kojoj je istekao rok trajanja i ona uglavnom dolazi u kartonskim kutijama nakon čega se otpad separira i stavlja na svoje predviđeno mjesto.



Slika 8 Kartonski otpad



Slika 9 Paltete za daljnje korištenje





**Slika 10 Otpadne palete**



**Slika 11 Metalna ambalaža**



Slika 12 Plastična ambalaža za drobilicu



Slika 13 Plastična ambalaža za drobilicu 1

## 5.2. Posebne kategorije otpada

Posebnom kategorijom otpada smatra se biootpad, otpadni tekstil i obuća, otpadna ambalaža, otpadne gume, otpadna ulja, otpadne baterije i akumulatori, otpadna vozila, otpad koji sadrži azbest, medicinski otpad, otpadni električni i elektronički uređaji i oprema, otpadni brodovi, morski otpad, građevni otpad, otpadni mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, otpad iz proizvodnje titan dioksida te otpadni poliklorirani bifenili i poliklorirani terfenili.

Posebnom kategorijom otpada smatra se i:

- a) određeni otpad za kojeg, temeljem analize postojećeg stanja o gospodarenju tim otpadom, ministar odlukom utvrdi da je radi ispunjavanja zahtjeva iz članaka 6., 7. i 9.

- Zakona o održivom gospodarenju otpadom („Narodne novine“, br. 94/13) potrebno odrediti poseban način gospodarenja tim otpadom,
- b) određeni otpad za kojeg je propisom Europske unije uređen način gospodarenja



**Slika 14** Skladište guma

### **5.3. Komunalni otpad**

Zakon o održivom gospodarenju otpadom definira komunalni otpad kao otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede i šumarstva.

Biorazgradivi komunalni otpad je otpad nastao u kućanstvu i otpad koji je po prirodi i sastavu sličan otpadu iz kućanstva, osim proizvodnog otpada i otpada iz poljoprivrede, šumarstva, a koji u svom sastavu sadrži biološki razgradiv otpad.

Javnu uslugu prikupljanja miješanog komunalnog i biorazgradivog komunalnog otpada dužna je osigurati jedinica lokalne samouprave.

Količina proizvedenog komunalnog otpada u Hrvatskoj je u 2010. godini iznosila 367 kg po stanovniku, što je još uvijek manje od prosjeka europskih zemalja od 502 kg po stanovniku. Ulaskom u Europsku uniju, Republika Hrvatska preuzela je određena ograničenja o odlaganju otpada.

Kako bi pridonijeli poboljšanju stanja okoliša i ispunili zadane ciljeve važno je osigurati odvojeno sakupljanje otpada čime bi se smanjila količina otpada predviđena za odlaganje, a istovremeno iskoristila vrijedna svojstva odvojeno sakupljenog otpada.

## 6. PROPISI I MEĐUNRODNI UGOVORI

### 6.1. Propisi

- **Zakon o održivom gospodarenju otpadom**
- **Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada**
- **Pravilnik o ambalaži i ambalažnom otpadu**

Proizvođač koji u smislu ovog članka organizira prikupljanje ambalažnog otpada mora imati suglasnost Ministarstva te je dužan je voditi evidenciju o prikupljenom ambalažnom otpadu i o tome podnositi polugodišnje i godišnje izvješće Fondu. Skladište za privremeno skladištenje ambalažnog otpada je mjesto gdje se organizirano skuplja, sortira otpadna ambalaža po vrstama i privremeno skladišti, balira i priprema za odvoz na zbrinjavanje i uporabu.

Dalje u praksi to izgleda tako da ta ambalaža (sve osim PET boca ) stigne na skladište gdje se sortira. Sortiranje se vrši zbog toga da nebi nešto nije ambalaža završilo na za to predviđajućem mjestu.

Ambalaža nakon sotiranja ide u stroj dobilicu u koji se vršlji drobljenje tj. mljevenje ambalaže ( vidi Sliku 15. ), to se radi iz jednostavnog razloga a to je cijena transporta. Ako se plastika ne idrobi u kamion stane maksimalno 6-7 tona, što je jako puno ispod dopuštenih 24 tone, dok izdrobljene plastike stane cca 18 tona.



**Slika 15 Drobilica za plastičnu ambalažu**

- **Odluka o uvjetima označavanja ambalaže**
- **Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske**
- **Pravilnik o gospodarenju otpadnim gumama**
- **Odluka o izmjenama naknada u sustavima gospodarenja otpadnim vozilima i otpadnim gumama**

- **Pravilnik o mjerilima, postupku i načinu određivanja iznosa naknade vlasnicima nekretnina i jedinicama lokalne samouprave**
- **Odluka o dopuštenoj količini otpadnih guma koje se može koristiti u energetske svrhe u 2006. godini**
- **Pravilnik o gospodarenju otpadnim uljima**

Cilj je ovog Pravilnika uspostavljanje sustava skupljanja otpadnih ulja radi uporabe i/ili zbrinjavanja, zaštite okoliša i zdravlja ljudi.

Odnosi se na više vrsta ulja :

- *Otpadno ulje* je otpadno mazivo ulje i otpadno jestivo ulje.
- *Otpadno mazivo ulje* je svako mineralno i sintetičko mazivo, industrijsko, izolacijsko (ulje koje se rabi u elektroenergetskim sustavima) i/ili termičko ulje (ulje koje se rabi u sustavima za grijanje ili hlađenje) koje više nije za uporabu kojoj je prvotno bilo namijenjeno, posebice rabljena motorna ulja, strojna ulja, ulja iz mjenjačkih kutija, mineralna i sintetička maziva ulja, ulja za prijenos topline, ulja za turbine i hidraulička ulja osim ulja koja se primješavaju benzinima kod dvotaktnih motora s unutrašnjim izgaranjem.
- *Otpadno jestivo ulje* je svako ulje koje nastaje obavljanjem ugostiteljske i turističke djelatnosti, industriji, obrtu, zdravstvenoj djelatnosti, javnoj upravi i drugim sličnim djelatnostima u kojima se priprema više od 20 obroka dnevno.

*Oporaba otpadnih ulja* označava postupke materijalne uporabe kojima se dobivaju novi proizvodi ili omogućuje ponovna uporaba otpadnih ulja ili postupak termičke obrade odnosno uporaba otpadnih ulja u energetske svrhe.

*Zbrinjavanje otpadnih ulja* označava postupak konačnog zbrinjavanja otpadnih ulja nekim drugim odgovarajućim propisanim postupkom osim uporabe otpadnih ulja.

Tvrtka CIAK koristi jedan od najmodernijih strojeva na svijetu ( Uparivač ) koji otpadno ulje i emulzije razgrađuje na 3 komponente: tehnička voda, visokokvalitetno ulje i otpadno ulje.



**Slika 16 Uparivač**



**Slika 17 Spremnici uparivača**

Nakon što je uparivač odvojio obavio svoj proces, voda se do daljnjeg zbrijavanja skladišti u spremnike ( vidi Sliku 18).



**Slika 18 Spremnik od 50 000 litara**

- **Pravilnik o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima**
- **Pravilnik o gospodarenju otpadnim vozilima**

- **Odluka o izmjenama naknada u sustavima gospodarenja otpadnim vozilima i otpadnim gumama**
- **Odluka o dopuštenoj količini otpadnih guma koje se može koristiti u energetske svrhe u 2007. godini**
- **Pravilnik o načinu i postupcima gospodarenja otpadom koji sadrži azbest**
- **Pravilnik o načinima i uvjetima termičke obrade otpada**
- **Odluka o Nacionalnim ciljevima udjela povratne ambalaže u 2008. godini**
- **Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007. – 2015. godine**
- **Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada**
- **Pravilnik o gospodarenju građevnim otpadom**
- **Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi**
- **Naputak o postupanju s otpadom koji sadrži azbest**

Otpad koji sadrži azbest odlaže se na posebno predviđenu plohu na odlagalištu otpada. Ploha mora biti pripremljena u skladu s Pravilnikom o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada, što znači da se otpad koji sadrži azbest može odložiti na odlagalište neopasnog otpada bez prethodne analize eluata i organskih parametara onečišćenja ako je zadovoljeno sljedeće:

- otpad ne smije sadržavati druge opasne tvari osim čvrsto vezanog azbesta,
  - odlagati se može samo građevinski otpad koji sadrži čvrsto vezani azbest i ostali čvrsto vezani azbestni otpad
  - otpad se može odlagati samo u posebnim odlagališnim poljima, odvojeno od ostalog otpada na odlagalištu
  - područje s odloženim otpadom koji sadrži azbest mora se dnevno prekrivati na način da se spriječi tijekom prekrivanja oslobađanje azbestnih vlakana u okoliš
- 
- **Pravilnik o gospodarenju otpadom od istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina**
  - **Odluka o postupanju Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost za provedbu mjera radi unaprjeđenja sustava gospodarenja otpadom koji sadrži azbest**
  - **Uredba o graničnim prijelazima na području Republike Hrvatske preko kojih je dopušten uvoz otpada u Europsku uniju i izvoz otpada iz Europske unije**
  - **Pravilnik o gospodarenju otpadom**



- **Pravilnik o gospodarenju otpadnom električnom i elektroničkom opremom**
- **Pravilnik o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom**
- **Pravilnik o gospodarenju polikloriranim bifenilima i polikloriranim terfenilima**
- **Pravilnik o gospodarenju otpadom iz proizvodnje titan-dioksida**
- **Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada**
- **Pravilnik o gospodarenju medicinskim otpadom**

Ovim Pravilnikom uređuju se načini i postupci gospodarenja medicinskim otpadom koji nastaje prilikom pružanja zaštite zdravlja ljudi i životinja i iz srodnih istraživačkih djelatnosti. Prema agregatnom stanju, medicinski otpad je:

- kruti
- tekući
- skupljeni plinoviti otpad

Prema svojstvima, medicinski otpad je:

- opasan proizvodni otpad
- neopasan proizvodni otpad

Način kako se pakira medicinski otpad koji se sprema za odlagalište u Njemačkoj izgleda ovako .



**Slika 19** Kartonske kutije za pakiranje citostatika

---

## **6.2. Međunarodni ugovor**

- **Konvencija o nadzoru prekograničnog prometa opasnog otpada i njegovu odlaganju(Basel, 1992.)**

## 7. BATERIJE I AKOMULATORI

### 7.1. Osnove baterija i akumulatora

*Akumulator* je uređaj pomoću kojega se pohranjuje energija.

Takvi uređaji po načinu pohranjivanja energije mogu biti:

- električni,
- mehanički,
- fluidni.

Primjeri akumulatora su: kondenzatori, kompulsatori, akumulatori pare, pumpani rezervoari za hidroelektrane.

*Električne baterije* su jedan ili više elektrokemijskih članaka koje pretvaraju pohranjenu kemijsku energiju u električnu energiju.

Razlikuju se dvije vrste električnih baterija:

- *primarne* - koje se odbacuju nakon upotrebe,
- *sekundarne* (punjive) - koje se koriste višekratno.

Električne baterije temelje se na (elektro)kemijskim karakteristikama kemijskih elemenata i spojeva (*Tablica 2.*):

**Tabela 2 Vrste akumulatora**

Primarne električne baterije	Sekundarne električne baterije
Cink - Ugljik	Nikal Kadmij
Cink klorid	Olovo - Sumporna kiselina
Alkalne (Cink - Managan dioksid)	Nikalmetalhidrid
Litijske (Litij - Bakar oksid)	Nikal - cink
Litijske (Litij - Željezo disulfid)	Litij jon
Živin oksid	
Cink - Zrak	
Srebro oksid (Srebro - Cink)	

Električne baterije se izrađuju u širokom opsegu veličina, od minijaturnih ćelija za pogon ručnih satova do „farmi“ električnih baterija za pričuvno napajanje velikih telefonskih centrala i računalnih centara.

*Električni akumulator* je galvanski članak kojemu je elektrokemijsko djelovanje reverzibilno, tako da se propuštajući kroz njega istosmjernu struju u smjeru obrnutom smjeru galvanske

struje može nakon „izbijanja“, „pražnjenja“, vratiti u izlazno stanje, „napuniti“, „nabiti“, i tako učiniti sposobnim za davanje galvanske struje.

U akumulatoru se ne akumulira (skuplja, gomila) električna energija kao takva, nego potencijalno, u obliku kemijske energije, time što se pri nabijanju izaziva razlika u sastavu dviju elektroda (polarizacija), uslijed čega nastaje galvanski članak koji može davati struju. Odatle i naziv *sekundarni članci* za akumulatore.

Samo oni reverzibilni galvanski članci koji se mogu ekonomski iskoristiti za akumulaciju energije upotrebljavaju se praktički kao akumulatori i tako se nazivaju.

Za pravilan rad akumulatora potrebno je da aktivni materijal na elektrodama bude u pogodnom finom razdjeljenju u kontaktu s elektrolitom.

Akumulatorski članci među sobom spojeni paralelno ili u seriji tvore *akumulatorsku bateriju*.

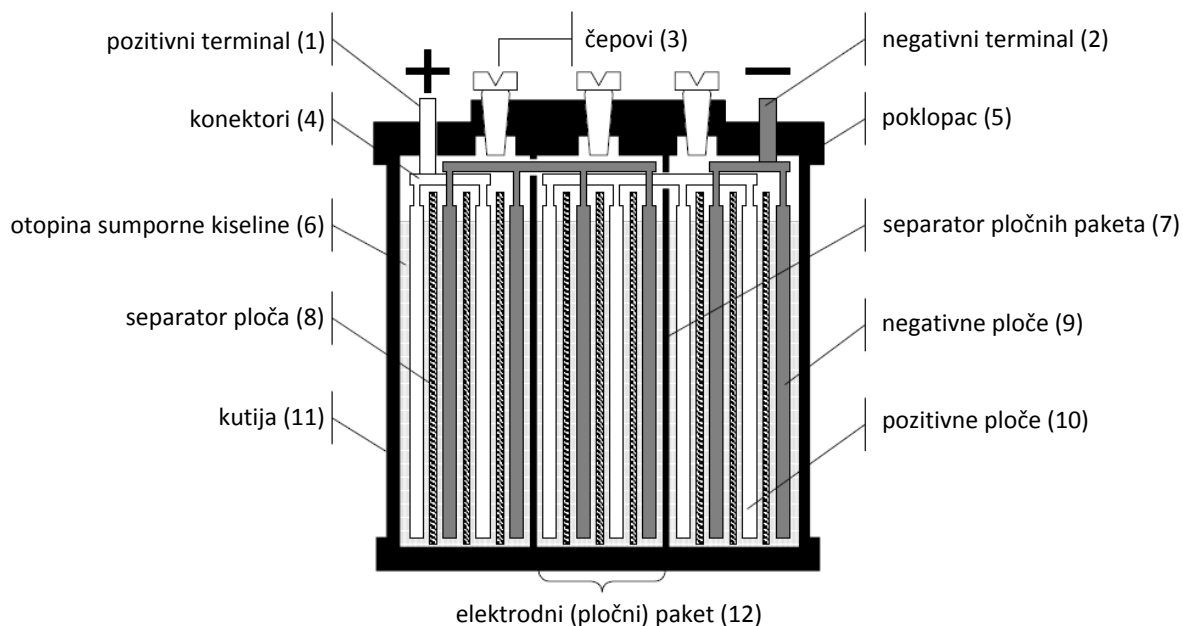
Prema načinu upotrebe, *olovno-kisele akumulatorske baterije* (sekundarne električne baterije zasnovane na kemizmu olova i olovnih spojeva, te sumporne kiseline) mogu se podijeliti na:

- *Starterske - SLI* (eng. *starting, lighting, ignition* - pokretanje, osvjetljavanje, paljenje) - baterije koje se koriste u automobilima
- *Stacionarne* - baterije koje se uobičajeno koriste kao pričuvna napajanja u telekomunikacijskim, pomoćnim električnim i računalnim sustavima
- *Pogonske (vučne)* - industrijske baterije koje se koriste za pogon električnih vozila
- *Posebne* - baterije za posebne namjene (avioni, podmornice, vojna oprema)

## 7.2. Dijelovi i konstrukcija olovno-kisele akumulatorske baterije

U nastavku će biti navedeni dijelovi i konstrukcija Faurè-ove (na bazi ploča sa pastom) olovno-kisele akumulatorske baterije (koje će sa najvećim učešćem biti reciklirane u postrojenju koje je predmet ovoga idejnog projekta).

Neovisno o načinu upotrebe, tipična olovno-kisela akumulatorska baterija se sastoji od (*Slika 20.*):

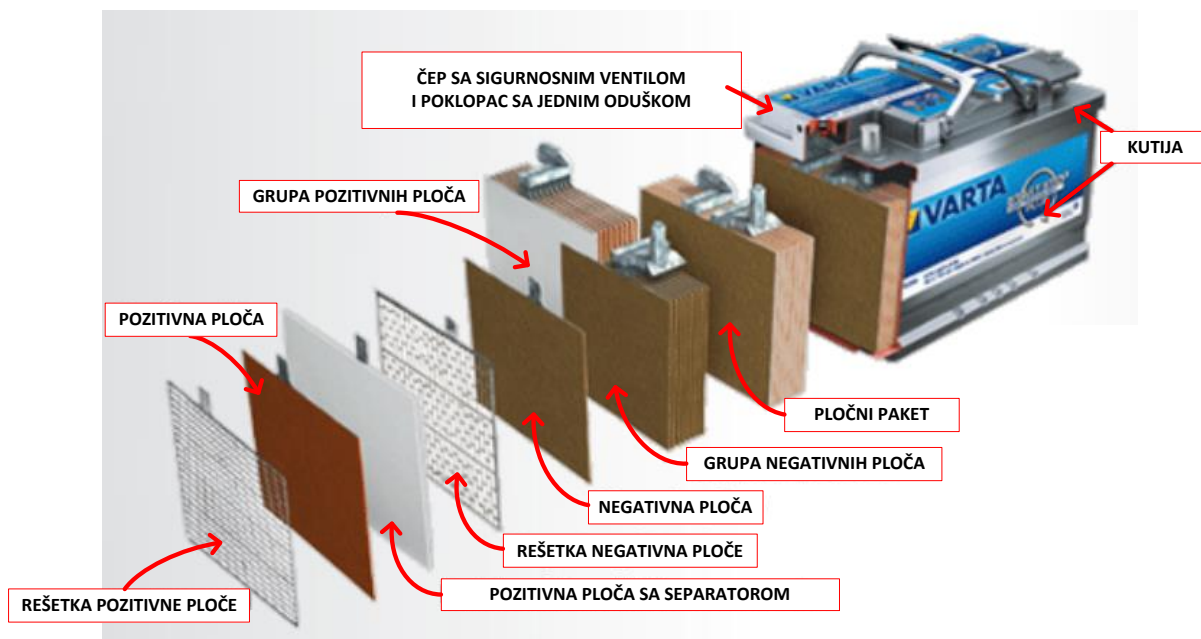


**Slika 20** Dijelovi olovne-kisele akumulatorske baterije

- a) Pozitivnih (1) i negativnih (2) terminala.  
Preko terminale se na akumulatorsku bateriju povezuju vanjski električni potrošači. Terminali su izrađeni od olova.
- b) Čepova (3).  
Čepovi zatvaraju otvore na kutiji koji se koriste za dodavanje elektrolita. Konstrukcija čepova omogućuje odvajanje fino dispergirane sumporne kiseline i vodika koji se stvara tijekom punjenja akumulatorske baterije. Sumporna kiselina se kondenzira i vraća natrag u kutiju, a vodik se kroz čep odvodi u atmosferu.
- c) Konektora (4).  
Konektori stvaraju električni kontakt između ploča istog polariteta i električki povezuju odvojene elemente. Konektori su izrađeni od olova.
- d) Poklopca (5) i kutije (11).  
Unutar kutije sa poklopcem se smještaju elementi akumulatorske baterije. Kutija i poklopac su izrađeni od polipropilena ili ko-polimera.
- e) Otopine sumporne kiseline (6).  
Otopina sumporne kiseline je elektrolit olovno-kisele akumulatorske baterije.
- f) Izolatora pločnih paketa (7).  
Uobičajeno kao dijelova kutije, te izrađenih od istog materijala, omogućuju kemijsku i električnu izolaciju između elemenata. Izrađeni su od istog materijala kao kutija.
- g) Separatora (izolatora) ploča (8).  
Separatori onemogućuju fizički kontakt između dvije uzastopne ploče, ali omogućavaju slobodno gibanje iona u otopini elektrolita. Separatori ploča su izrađeni poroznih materijala (PVC, PE, staklena vlakna, celuloza)
- h) Negativnih ploča (9).  
Na negativnoj ploči (negativnoj elektrodi) odigravaju se reakcije oksidacije. Negativna ploča je izrađena od olovne rešetke pokrivena poroznom (spužvastom) olovnom pastom (velika aktivna površina).

- i) **Pozitivnih ploča (10).**  
Na pozitivnoj ploči (pozitivnoj elektrodi) odigravaju se reakcije redukcije. Pozitivna ploča je izrađena od olovne rešetke pokrivena pastom olovo(IV)-oksida.
- j) **Elektrodni (pločni) paket (12).**  
Serija negativnih ili pozitivnih ploča postavljenih naizmjenično i izoliranih međusobno sa separatorima ploča. Ploče istog polariteta su međusobno povezane.

Sa slika 21., 22. i 23. razvidan je koncept konstrukcije tipične olovno-kisele akumulatorske baterije.



Slika 21 Koncept konstrukcije olovne akumulatorske baterije



Slika 22 Postavljanje separatora ploča na pozitivne ploče



Slika 23 Formiranje pločnog paketa

### 7.2.1. Aktivni materijali

Ploče olovno-kisele akumulatorske baterije se sastoje od olovnih rešetki pokrivenih:

- pastom olovo(IV)-dioksida u slučaju pozitivnih ploča - aktivni materijal pozitivne elektrode;
- poroznom olovnom pastom u slučaju negativnih ploča - aktivni materijal negativne elektrode.

Uloga olovne rešetke je da drži aktivni materijal u matrici i provodi elektricitet između aktivnog materijala i terminala akumulatorske baterije.

Olovo korišteno za izradu rešetki na obje vrste ploča može sadržavati druge kemijske elemente: antimon, arsen, bizmut, kadmij, bakar, kalcij, srebro, kositar itd.

Uobičajena je upotreba 4-6 % antimona kako bi se poboljšale mehaničke osobine (krutost) rešetke.

Kod nekih tipova olovno-kiselih akumulatorskih baterija u cilju poboljšanja mehaničkih karakteristika olovne rešetke dodaju se kalcij i kositar.

Proizvođači koriste punila poput barij sulfata, čađe i lignina koji se koriste u cilju smanjenja deformacija ploča tijekom upotrebe.

Priprema aktivnog materijala sastoji se od niza operacija miješanja i stvrdnjavanja (pastiranja) korištenjem olova i olovo(II)-okisda ( $Pb + PbO$ ), sumporne kiseline i vode. Odnosi reaktanata i uvjeti stvrdnjavanja (temperatura, vlažnost i vrijeme) utiču na stvaranje kristalne strukture i oblika pora.

Aktivni materijal pozitivne elektrode koji se stvara elektrokemijski iz stvrdnute ploče, je glavni činilac koji utiče na karakteristike i radni vijek olovno-kisele akumulatorske baterije.

Aktivni materijal negativne elektrode (porozno olovo) direktno utiče na karakteristike olovno-kisele akumulatorske baterije na niskim temperaturama.

Na slikama 24. i 25. dat je izgled pozitivne i negativne elektrode (Faurè konstrukcija - ploče sa pastom).



**Slika 24** Negativna pastirana ploča,  
otvrdnjena i osušena



**Slika 25** Pozitivna pastirana ploča,  
otvrdnjena i osušena

Elektrolit je otopina sumporne kiseline, tipične specifične težine 1,27 ili 37% masenog udjela kiseline u „punom“ stanju.

Nakon pastiranja ploče se suše i oblikuju kako bi se formirali pločni paketi.

Pločni paketi se postavljaju tako da negativna ploča slijedi pozitivnu ploču, a između njih se nalazi separator ploča. 6 do 20 parova negativnih i pozitivnih ploča se poravnavaju i električki izoliraju. Ploče istog polariteta se povezuju konektorima, te se na ovaj način dobijeni elektrodni (pločni) paketi postavljaju unutar kutije baterije.

Standardni pločni paket se sastoji od 13 do 15 ploča i svaki paket može proizvesti napon od 2 volta. Paketi se potom povezuju u seriju sa konektorima od olovo-antimon slitine u cilju da se postigne viši napon.

Standardna starterska (automobilska) baterija ima 6 paketa u seriji koji daju (2V x 6 elementa) ukupno 12 V.



### 7.3. Kemija olovno-kisele akumulatorske baterije

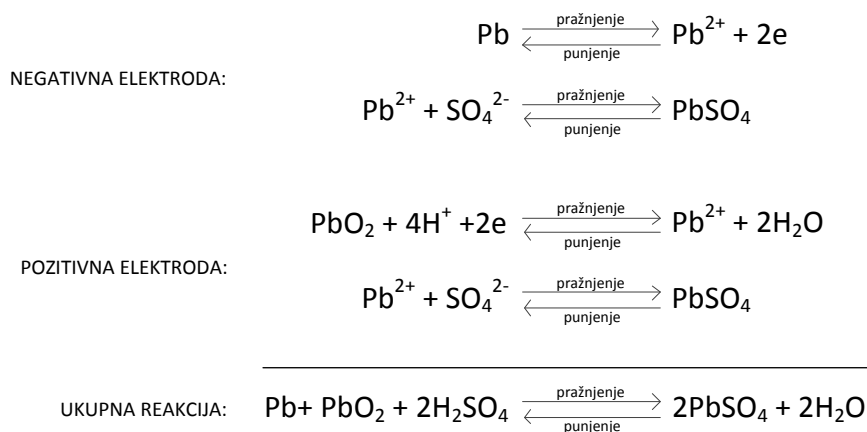
Na pozitivnoj ploči odvija se redukcija tijekom koje olovo(IV)-oksid prelazi u olovo(II)-sulfat.

Na negativnoj ploči odvija se oksidacija u kojoj olovo prelazi u olovo(II)-sulfat.

Elektrolit, sumporna kiselina osigurava sulfatne ione za obje polu-reakcije.

Za svaki elektron stvoren na negativnoj elektrodi, elektron se troši na pozitivnoj elektrodi.

#### Jednadžba Reakcija punjenja/pražnjenja akumulatorske baterije (1)



Tijekom „pražnjenja“ olovne akumulatorske baterije (npr. tijekom pokretanja automobila) koncentracija sumporne kiseline se lagano smanjuje u otopini elektrolita, kako se sulfatni ion ugrađuje u olovo(II)-sulfat koji se stvara na obje elektrode. Kako se smanjuje koncentracija sumporne kiseline u elektrolitu, gustoća otopine elektrolita se također smanjuje - ovo omogućuje posredno utvrđivanje kapaciteta olovne akumulatorske baterije (jednostavnim) mjerenjem gustoće otopine elektrolita.

Kako se proces nastavlja aktivni materijal se iscrpljuje, te se smanjuje brzina kemijskih reakcija do nivoa kada više ne proizvodi električnu energiju - većina olovo(IV)-oksida i poroznog olova se tada nalazi u formi olovo(II)-sulfata.

Kada se olovno-kisela akumulatorska baterija preko terminala priključi na vanjski izvor električne energije reverznog polariteta, smjer elektrokemijske reakcije se mijenja, te se olovo(II) -sulfat transformira u olovo i olovo(IV)-oksid.

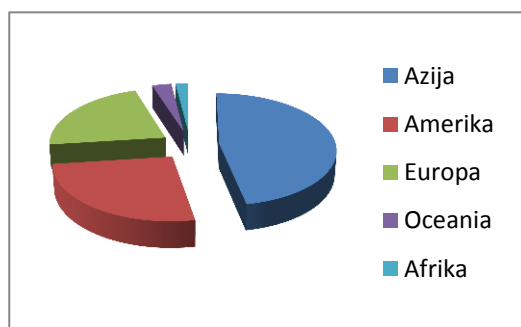
## 8. RECIKLIRANJE OTPADNIH OLOVNO-KISELIH AKUMULATORSKIH BATERIJA

### 8.1. Svijet [8]

Prema raspoloživim podacima Londonske burze metala (London metal exchange) svjetska proizvodnja olova 2014. godine iznosila je 13,094,283 tona.

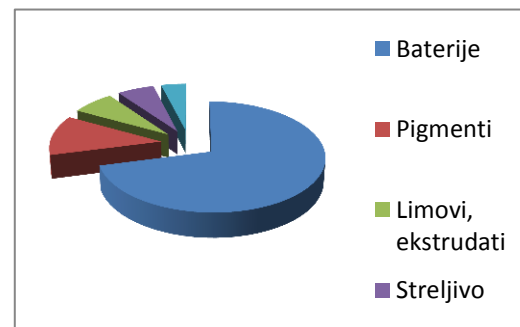
Proizvodnja olova prema regijama, te potrošnja olova u pojedinim industrijama dati su na Slikama 26. i 27.

Regija	%
Azija	47
Amerika	26
Europa	22
Oceania	3
Afrika	2



Slika 26 Proizvodnja olova prema regijama

Industrija	%
Baterije	71
Pigmenti	12
Limovi, ekstrudati	7
Streljivo	6
Ostalo	4



Slika 27 Uporaba olova u pojedinim industrijama

Proizvodnja baterija i akumulatorskih baterija predstavlja glavnu uporabu olova u industriji.

Kao primarne sirovine za metalurško dobivanje olova upotrebljavaju se rude (ruda olovo-sulfid PbS koji se u prirodi nalazi kao mineral galenit), dok su otpadne olovno-kisele akumulatorske baterije i različiti industrijski otpaci sekundarne sirovine.

U proizvodnji olova primjenjuju se uglavnom pirometalurški tehnološki procesi.

Pirometalurški (pyr - grč. vatra) tehnološki procesi su metalurški procesi dobivanja i rafiniranja metala na visokim temperaturama.

Pirometalurgija je ogranak procesne metalurgije (redukcija metala iz ruda, te njihovo taljenje i rafiniranje) pored elektrometalurgije i hidrometalurgije, kao dijela tehničkog polja metalurgije.

Olovo iz olovno-kiselih baterija i baterijskih akumulatora je materijal sa najvećom stopom recikliranja u odnosu na ostale materijale koji se recikliraju (papir, aluminij, staklo, gume).

Više od 96% olovno-kiselih baterija i akumulatorskih baterija se reciklira.

Veliki dio svjetske proizvodnje olova zasniva se na recikliranju olova olovno-kiselih baterija i akumulatorskih baterija.

Prema dokumentu *Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-acid Batteries (Secretariat of the Basel convention)* u USA 1999. godine od ukupne proizvodnje olova - 1460 milijuna tona, 1110 milijuna tona je dobijene recikliranjem, odnosno 76% olova dobijeno je iz sekundarnih sirovina.

## 8.2. Hrvatska [9]

Sukladno izvješću otpadnim baterijama i akumulatorima Agencije za zaštitu okoliša za 2013. godinu u Hrvatskoj je sakupljeno 7 296,29 tona otpadnih baterija i akumulatora, a oporabljeno je 7 309,41 tona.

U usporedbi s količinama u 2012. godini, u 2013. godini porasle su količine sakupljenih, dok je pala količina oporabljenih otpadnih baterija i akumulatora.

Usporedbe sakupljenih i oporabljenih otpadnih baterije i akumulatora u Hrvatskoj dati su u Tabeli 2 i 3.

**Tabela 3 Sakupljena količina otpadnih baterija i akumulatora**

OTPADNE BATERIJE I AKUMULATORI	SAKUPLJENO, t						
	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.
Otpadni starteri	6.386,69	10.596,36	7.063,16	8.141,77	8.276,25	9.995,92	7.135,87
Otpadne prijenosne BA*	37,36	110,50	67,56	115,52	89,02	111,82	75,67
Otpadne industrijske BA*	59,73	30,32	48,96	33,01	114,94	57,31	84,75
<b>UKUPNO, t</b>	<b>6.483,78</b>	<b>10.737,19</b>	<b>7.179,68</b>	<b>8.290,30</b>	<b>8.480,21</b>	<b>7.164,05</b>	<b>7.296,29</b>

**Tabela 4 Usporedba oporabljenih količina otpadnih Baterija i akumulatora**

OTPADNE BATERIJE I AKUMULATORI	OPORABLJENO, t					
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.
Otpadni starteri	10.337,37	5.872,07	9.267,30	8.052,09	7.350,09	7.150,82
Otpadne prijenosne BA*	0,00	47,80	0,00	168,26	26,86 (izvoz)	89,39 (izvoz)
Otpadne industrijske BA*	28,67	22,98	20,45	107,82	87,80	69,22
<b>UKUPNO, t</b>	<b>10.366,04</b>	<b>5.942,85</b>	<b>9.287,75</b>	<b>8.328,17</b>	<b>7.467,75</b>	<b>7.309,41</b>

**Tabela 5 Proizvedene, uvezene i izvezene količine baterija i akumulatora u 2012. godini**

BATERIJE I AKOMULATORI	PROIZVODNJA, t	UVOZ, t	IZVOZ, t	UKUPNO, t (proizvodnja+uvoz-izvoz)
<b>Starteri</b>	89,19	6 297,62	229,49	6 157,32
<b>Prijenosne BA*</b>	0,00	406,87	0,07	406,80
<b>Industrijske BA*</b>	38,15	1 095,63	2,12	1131,66
<b>UKUPNO, t</b>	<b>127,34</b>	<b>7 800,12</b>	<b>231,68</b>	<b>7 695,78</b>

**Tabela 6 Proizvedene, uvezene i izvezene količine baterija i akumulatora u 2013. Godini**

BATERIJE I AKOMULATORI	PROIZVODNJA, t	UVOZ, t	IZVOZ, t	UKUPNO, t (proizvodnja+uvoz-izvoz)
<b>Starteri</b>	126,00	7 141,90	372,23	6 895,67
<b>Prijenosne BA*</b>	0,00	396,66	0,08	393,58
<b>Industrijske BA*</b>	42,09	1 006,77	14,87	1033,99
<b>UKUPNO, t</b>	<b>168,08</b>	<b>8 542,32</b>	<b>387,19</b>	<b>8 323,21</b>

Iz tabela 4 i 5 se može očitati da je proizvodnja, uvoz i izvoz baterija i akumulatora porasla 2013.godine u odnosu na 2012.godinu.

### 8.3. Razvrstavanje prema Katalogu otpada

Prema Katalogu otpada iz Uredbe o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05), odnosno Uredbe o izmjenama i dopunama Uredbe o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 39/09) otpadne se baterije i akumulatori nalaze u grupama 16 i 20, ovisno o mjestu nastanka ove vrste otpada, a klasificira ih se i kao opasni i kao neopasni otpad (Tablica 7.).

Tabela 7 Značenje ključnih brojeva otpada

KLJUČNI BROJ	NAZIV OTPADA
<b>16</b>	<b>OTPAD KOJI NIJE DRUGDJE SPECIFICIRAN U KATALOGU</b>
<b>16 06</b>	<b>baterije i akumulatori</b>
16 06 01*	olovne baterije
16 06 02*	nikal-kadmij baterije
16 06 03*	baterije koje sadrže živu
16 06 04	alkalne baterije (osim 16 06 03)
16 06 05	ostale baterije i akumulatori
16 06 06*	odvojeno skupljeni elektroliti iz baterija i akumulatora
<b>20</b>	<b>KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ OBRTA, INDUSTRIJE I USTANOVA) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO</b>

	SKUPLJENE SASTOJKE
20 01	Odvojeno skupljeni sastojci (osim 15 01)
20 01 33*	baterije i akumulatori obuhvaćeni pod 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže te baterije
20 01 34	baterije i akumulatori, koji nisu navedeni pod 20 01 33

Opasnim se otpadom smatraju one baterije i akumulatori koji sadrže tvari kao što su olovo, kadmij živa, zatim odvojeno sakupljeni elektroliti iz baterija i akumulatora ili nesortirane baterije i akumulatori.

Iz naprijed navedenoga slijedi da se otpadne olovno-kisele akumulatorske baterije smatraju opasnim otpadom (\*).

## **9. PROCES RECIKLIRANJA OTPADNIH BATERIJA I AKOMULATORA**

### **9.1. Izbor tehnoloških procesa postupka recikliranja otpadnih olovno-kiselih akumulatorskih baterija**

Tehnološki postupak recikliranja otpadnih olovno-kiselih akumulatorskih baterija može se podijeliti na tehnološke procese:

1. separacije,
2. taljenje proizvoda separacije,
3. rafiniranje sirovog olova,
4. prerada međuprodukata.

Svaki od tehnoloških procesa sastoji se od različitih tehnoloških operacija.

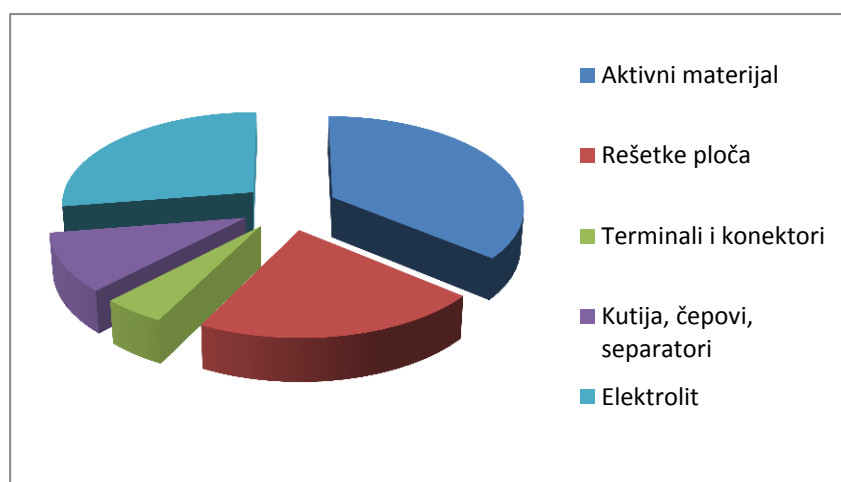
## 9.2. Separacija

Materijalna bilanca osnovnih komponenti olovno-kiselih akumulatorskih baterija zavisi od vrste akumulatorske baterije (starterske, stacionarne, pogonske) i praktično ne zavisi od tipa akumulatora u okviru jedne vrste.

Primjer materijalne bilanca dijelova starterske olovno-kisele akumulatorske baterije dat je u Tablici 8.

**Tabela 8 Dijelovi akumulatorske baterije**

Dijelovi akumulatora	Učešće u ukupnoj masi olovno-kisele akumulatorske baterije %
Aktivni materijal	36,0
Rešetke ploča	21,5
Terminali i konektori	4,7
Kutija, čepovi, separatori	10,3
Elektrolit	27,5



Razlikuju se tri tehnološka procesa separacije olovno-kiselih akumulatorskih baterija:

1. ručna,
2. mehanizirana,
3. mehanizirana sa desulfurizacijom.

Zbog složenosti kemijskog sastava i fizičke strukture otpadnih akumulatora teško je odabrati optimalna tehnološki proces koji bi idealno odvojio prije svega nemetalni dio od metalnog, a potom čvrsti metal od oksidne paste uz najniže troškove separacije.

Donedavno većina tehnoloških procesa separacije otpadnih akumulatora obuhvaćala je ručno i mehanizirano razbijanje kutija, njihovo nepotpuno odstranjivanje, a potom taljenje cijelog sadržaja, tj. metalnih dijelova, paste i separatora na meko sirovo olovo.

Ovakav način rada ima ozbiljnih nedostataka:

- primjena velike količine fizičkog rada,
- znatan gubitak metala kroz disperziju paste.

Zbog nedostataka ručne pripreme i direktne (metalurške) prerade bez pripreme, u svijetu su razvijeni tehnološki procesi separacije metalnih dijelova od nemetalnih dijelova otpadnih akumulatora, koji rješavaju naprijed navedene probleme, povećavajući ukupno iskorištenje.

### 9.2.1. Ručna separacija

Tehnološki proces ručne separacije otpadnih akumulatora se sastoji od slijedećih operacija:

- siječenje kutija ispražnjenih akumulatora cirkularnom pilom, tako da se u potpunosti odvoji poklopac zajedno sa terminalima i spojnicama, te njihovo odvajanje od ostalog dijela otpadnog akumulatora u cilju zasebne obrade;
- istresanje cijelog sadržaja kutija: rešetki i paste, kao zasebnu korisnu frakciju otpadnog akumulatora koja će se tretirati ako zasebna šarža;
- pregledu i ručnom odstranjivanju taloga sa dna kutije - ovako izdvojena pasta se priključuje korisnoj frakciji.

Na ovakav način separirane su četiri frakcije:

- metalna - sadrži terminale, spojnice, veći dio poklopca i čepove;
- oksidna - sadrži cjelokupnu količinu paste, sve ploče i separatore;
- kutije od propilena elektrolit.

Prednosti tehnološkog procesa ručne separacije su:

- neznatna investicijska ulaganja,
- daje čistiju plastiku,
- niža cijena po jedinici proizvoda.

Tehnološki proces ručne separacije je povoljan za manje kapacitete.

### 9.2.2. Mehanizirana separacija

Tehnološki proces mehanizirane separacija otpadnih akumulatora se sastoji od slijedećih tehnoloških operacija:

- drobljenja otpadnih akumulatora,
- prosijavanja,
- hidroseparacije - razdvajanja temeljem razlike u gustoći,
- neutralizacije elektrolita u tehnološkom procesu.

Tehnološkim operacijama se separiraju:

- metalno olovo - olovni elementi otpadnog akumulatora (rešetke ploča, terminali, konektori),
- olovne paste,



- polipropilen,
- separatori,
- elektrolit.

Prednosti tehnološkog procesa mehanizirane separacije su:

- separacija svih elemenata akumulatora,
- smanjenje količine otpadne vode (njeno ponovno korištenje u tehnološkom postupku),
- tehnološki proces je "zatvoren" i ne opterećuje okoliš.

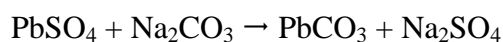
Tehnološki proces mehanizirane separacije je povoljan za kapacitete tehnološkog postupka recikliranja otpadnih olovno-kiselih akumulatorskih baterija preko 10.000 tona godišnje.

### 9.2.3. *Mehanizirana separacija sa desulfurizacijom*

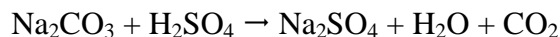
Tehnološki proces mehanizirane separacije sa desulfurizacijom, dodaje mehaniziranoj separaciji tehnološki proces desulfurizacije.

Na desulfurizaciju iz separacije odlazi olovna pasta u cilju prevođenja olovo(II)-sulfata u olovo(II)-karbonat:

#### **Jednadžba Desulfurizacija (2)**



Sumporna kiselina iz paste je dio reakcije:



Dobijeni natrij sulfat je komercijalni proizvod.

Prednost tehnološkog procesa mehanizirane separacije sa desulfurizacijom (uz nabrojane za mehaniziranu separaciju) je uklanjanje sumpora iz paste

Tehnološki proces mehanizirane separacije sa desulfurizacijom je povoljan za velike kapacitete tehnološkog postupka recikliranja otpadnih olovno-kiselih olovnih akumulatora.

### 9.3. Taljenje

Taljenje je moguće vršiti u:

- šahtnim pećima,
- plamenim pećima,
- elektro pećima,
- (kratko)bubnjastim obrtnim plamenim pećima.

#### 9.3.1. Šahtne peći

Sredinom 20. stoljeća osnovni tehnološki proces taljenje dijelova otpadnih akumulatora odvijao se upotrebom šahtnih peći (*eng. blast / shaft furnace*), sa prethodnom aglomeracijom praškaste frakcije. 2002. godine u državama EU je zabranjen proces upotrebom šahtnih peći, zbog teških uvjeta rada, visoke cijene koksa i opterećenja okoliša dimnim plinovima.

Modificirani procesi taljenja u šahtnim pećima (VARTA proces) rješava pitanje ekoloških problema, ali uz povećane troškove.

#### 9.3.2. Plamene peći

Plamene peći (*eng. reverberatory furnace*) u tehnološkom postupku taljenje dijelova otpadnih akumulatora koriste se pretežito u USA (85% plamenih peći se nalazi u USA). Ovim postupkom dijelovi otpadnih akumulatora se prerađuju u dvije faze:

- taljenje dijelova otpadnih akumulatora u plamenoj peći, uz dobijanje sirovog olova i bogate šljake,
- šljake plamenih peći se obrađuju u šahtnim ili elektro pećima (*eng. electric furnace*).

Dvofaznom preradom moguće je u plamenoj peći dobiti sirovo olovo sa niskim sadržajem antimona, koje se potom lagano rafinira do „mekanog“ olova.

Bogate šljake i povratne prašine koje sadrže niz primjesa (Sb, As i Sn) se prerađuju, te se od njih dobija Pb-Sb slitina, koja se koristi za proizvodnju različitih slitina, a prvenstveno slitina za olovno-kisele akumulatorske baterije. Na ovaj način vrši se recikliranje olova i legirajućih metala.

#### 9.3.3. Elektro peći

Glavna prednost upotrebe elektro peći je visoka temperatura šljake, što omogućuje dobijanje stabilnih staklastih šljaka, koji nisu toksične sa gledišta efluenta, uz razvijanje malih količina otpadnih plinova.

#### 9.3.4. Kratkobubnjaste obrtne plamene peći

Taljenje dijelova akumulatorskog otpada u Europi se uglavnom provodi u (kratko)bubnjastim obrtnim plamenim pećima.

U kratkobubnjastim obrtnim plamenim pećima mogu se:

- koristiti različita goriva (upotrebom različitih tipova gorionika),
- prerađivati šarže različitih kvaliteta.

Jednostavne su konstrukcije, a kapacitet taljenja se može povećavati dodavanjem novih peći, te rade diskontinuirano (šaržno).

Ozid (vatrostatne opeke) peći nije dugotrajan.

Šljake peći se ispuštaju  $1.000 \div 1.100$  °C, imaju 5 do 10% olova. Osim prisutnog olova, šljaka ima karakter opasnog otpada zbog topljivih sulfida i alkalija. Šljake se na deponijama raspadaju, te prelaze u prašinu.

Zbog diskontinuiranog rada kratkobubnjaste obrtne plamene peći moguće je lako prilagoditi količinu topitelja (flukseva) i redukcionog sredstva (koks) koji se dodaju (uz šaržu) u peć.

Fluksevi ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), se dodaju u peć u cilju poboljšavanja konverzije olovnih spojeva u metalno olovo, te uklanjanja nečistoća putem stvaranja šljake.

U kratkobubnjastim obrtnim plamenim pećima se ostvaruje kvalitetnije miješanje šarže u odnosu na ostale tipove peći za taljenje.

Kratkobubnjaste obrtne plamene peći postižu visoke temperature ispušnih plinova, uslijed kojih sagorijevaju svi organski spojevi, potencijalni onečišćivači zraka.

### 9.3.5. Ostali tipovi peći

Procesi Isasmelt / Ausmelt koriste upuhivanje šarže, te se odvijaju u dvije faze:

- dobijanje sirovog olova i bogate šljake,
- reduciranje bogatih šljaka.

Isasmelt / Ausmelt dozvoljavaju prerađivanje cijelih otpadnih akumulatora iz kojih je prethodno ispražnjen elektrolit.

Bezopasne šljake mogu se koristiti za proizvodnju građevinskog materijala.

Procesi su selektivni, uz dobijanje kvalitetnog sirovog olova, a od metala iz bogatih šljaka dobija se Pb-Sb slitina.

Pregled karakteristika različitih tipova peći za taljenje dat je u *Tablici 9*.

**Tabela 9 Karakteristike peći**

	Šahtna peć	Plamena peć
	<i>blast (shaft) furnace</i>	<i>reverberatory furnace</i>
<b>Tok procesa</b>	lomljenje baterija topljenje	separacija baterija desulfurizacija priprema šarže sušenje šarže topljenje osiromašenje šljake

<b>Kvalitet materijala</b>	Komadni Aglomeracija sitnih frakcija	Sitni materijal koji se ne suši
<b>Specifična potrošnja šarže t/m<sup>2</sup>24h</b>	40 ÷ 66	20 ÷ 25
<b>Proizvodnja olova t/m<sup>2</sup>24h</b>	18 ÷ 26	15
<b>Kvalitet olova</b>	Pb - Sb sirovo	Meko olovo i Pb-Sb
<b>Iskorištenje olova</b>	95 ÷ 98	70 ÷ 80
<b>Sa učešćem osiromašenja</b>	—	98 ÷ 99
<b>Otprašivanje</b>	7 ÷ 8	8 ÷ 10
<b>Temperatura</b>	1100 ÷ 1200	950 ÷ 1050
<b>Potrošnja uslovnog goriva kg/t Pb</b>	215	152
<b>Režim rada peći</b>	kontinuiran	kontinuiran
<b>Vezivanje sumpora</b>	—	dobijanje Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Sadržaj olova u otpadnoj šljaci %</b>	0,9 ÷ 2	1,5 ÷ 3
<b>Dobijanje stabilne fajalitne šljake</b>	da	da - pri osiromašenju
<b>Količina plinova Nm<sup>3</sup>/t Pb - procesnih - filtiranih</b>	5000 ÷ 6000 25000 ÷ 30000	14000 ÷ 18000 55000 ÷ 65000

	<b>Bubnjasta peć</b> <i>(short) rotary reverberatory furnace</i>	<b>Isasmelt</b>	<b>Elektro peć</b> <i>electric furnace</i>
<b>Tok procesa</b>	separacija baterija desulfurizacija priprema šarže topljenje	separacija baterija desulfurizacija topljenje osiromašenje šljake	separacija baterija sušenje topljenje
<b>Kvalitet materijala</b>	Sitni materijal koji se prije šaržiranja mora pomiješati sa topiteljima	Komadni Sitnozrnati vlažnosti do 25% Može bez topitelja	sitan materijal Sušenje do 5% H <sub>2</sub> O
<b>Specifična potrošnja šarže t/m<sup>2</sup>24h</b>	13 ÷ 16	45 ÷ 90	6 ÷ 8
<b>Proizvodnja olova t/m<sup>2</sup>24h</b>	10 ÷ 13	40 ÷ 70	4 ÷ 5
<b>Kvalitet olova</b>	Meko olovo i Pb-Sb	Meko olovo i Pb-Sb	Meko olovo i Pb-Sb
<b>Iskorištenje olova</b>	97	80 ÷ 85	98 ÷ 99

<b>Sa učešćem osiromašenja</b>	—	98 ÷ 99	—
<b>Otprašivanje</b>	7 ÷ 8	1 ÷ 1,5	7 ÷ 9
<b>Temperatura</b>	1000 ÷ 1100	I stupanj - 1000 II stupanj - 1200 ÷ 1250	1100 ÷ 1150
<b>Potrošnja uslovnog goriva kg/t Pb</b>	148	130	151
<b>Režim rada peći</b>	diskontinuiran	kontinuiran ili diskontinuiran	kontinuiran
<b>Vezivanje sumpora</b>	dobijanje Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	dobijanje Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	dobijanje Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Sadržaj olova u otpadnoj šljaci %</b>	5 ÷ 10	< 1	1,2 ÷ 1,7
<b>Dobijanje stabilne fajalitne šljake</b>	ne - sodno topljenje da - besodno topljenje	da	ne - sodno topljenje da - besodno topljenje
<b>Količina plinova Nm<sup>3</sup>/t Pb</b>			
<b>- procesnih</b>	—	2400 ÷ 2700	200 ÷ 250
<b>- filtriranih</b>	30000 ÷ 40000	12000 ÷ 15000	1600

#### 9.4. Rafiniranje

Cilj tehnološkog procesa rafiniranja je proizvodnja vrlo čistog osnovnog metala (olova).

Rafinirati se može pirometalurškim ili elektrolizom, te hidrometalurškim procesima.

Pirometalurško rafiniranje upotrebljava se najčešće i njegova prednost je u tome što se pojedine primjese mogu odvojiti selektivno, te se dobija čišće olovo.

Pirometalurška rafincija olova može biti diskontinuiran ili kontinuirana.

Taljenjem i redukcijom (dijelova) otpadnih akumulatora u pećima za taljenje, dobija se sirovo olovo onečišćeno mehaničkim nečistoćama i metalnim oksidima, kao i nizom pratećih metala (Cu, Sb, As, Sn).

U cilju dobijanja visokokvalitetnog metala potrebno je rafiniranje sirovog metala kao zasebnog procesa.

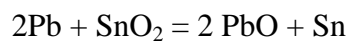
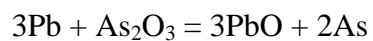
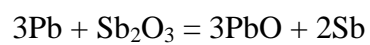
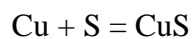
Tehnološke operacije u procesu pirometalurškog rafiniranja su:

- odbakrivanje - uklanjanje bakra,
- omekšavanje - uklanjanje kositra, arsena i antimona,
- odsrebravanje - uklanjanje srebra.

Rafiniranjem je moguće dobiti rafinirano olovo sa 99,98% olova.

Osnovne reakcije u procesu rafiniranja su:

---

**Jednadžba Rafiniranje (3)**

Nastali produkti rafiniranja dalje se prerađuju kao međuprodukti u peći za taljenje.

## 10. O CIAK-U [3]

Tvrtka CIAK je najveći Hrvatski ovlaštenu distributer brojnih svjetskih marki iz područja automoto opreme (gume, akomulatori, ulja i maziva, auto dijelovi). Sjedište tvrtke se nalazi u Zagrebu a zapošljavaju preko 450 ljudi u cijeloj regiji. Lideri su na tržištu akomulatora, te je važno naglasiti da su 1995. godine započeli organiziranim skupljanjem starih akumulatora te njihovom obradom (ručnom obradom), nakon čega je uslijedilo proširenje aktivnosti na sav ostali opasni /neopasni otpad, ali i na ostale aktivnosti vezane uz zaštitu okoliša.



Slika 28 Skladište opasnog otpada Zabok

Skladište gospodanje otpada ima mogućnost zaprimanja opasnih i neopasnih materijala kao što su: otpadne vode, zauljene vode, emulzije, muljevite vode, freone, perokside, otpadne kiseline, lijekovi, sve vrste zauljenih i nezauljenih filtera, plastike, azbest, otpadnih kiselina, mješovitog otpada....

Svaki otpad ima svoj proces zbrinjavanja koji je u skladu sa zakonima Republike Hrvatske. Pogon zbrinjavanja starih otpadnih akomulatora je prvi i jedini takav pogon u Hrvatskoj koji se sastoji od dva glavna dijela:

- Hidroseparacija
- Talionica

Tvrtka CIAK je u 2013.godini sakupila 5 277,50 t otpadnih baterija i akomulatora od ukupnih 7 269,29 t što je 72,6% ukupnog tržišta, odnosno oporabila 6 986,86 t od ukupnih 7 309,41 t što je 95,3% ukupnog tržišta. Prema tim podacima se vidi da je tvrtka CIAK lider u Hrvatskoj na području sakupljanja i oborabljanja otpadnih baterija i akomulatora.

**Tabela 10 Oporabljene količine otpadnih BA\* prema koncesionarima u 2013.g**

Naziv koncesionara	Otpadni starteri, t	Otpadne prijenosne BA*, t	Otpadne industrijske BA*, t	Ukupno po koncesionaru, t	Udio koncesionara u ukupnoj količini, %
<b>CIAK d.o.o.</b>	6 908,52	45,19 (izvoz)	12,28	6 865,99	95,30
<b>FRIŠ d.o.o.</b>	242,30	44,18 (izvoz)	56,93	343,41	4,70

BA\*-baterije i akumulatori

**Tabela 11 Usporedba oporabljenih količina otpadnih baterija i akumulatora prema koncesionarima**

OTPADNE BA*	OPORABLJENO, t					
	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.
<b>CIAK d.o.o</b>	6 427,29	5 530,93	8 416,70	7 900,00	7 043,42	6 920,81
<b>FRIŠ d.o.o</b>	111,82	411,92	321,55	246,07	369,92	299,23
<b>MUNJA d.o.o</b>	3 826,93	/	549,50	549,50	54,41	/



---

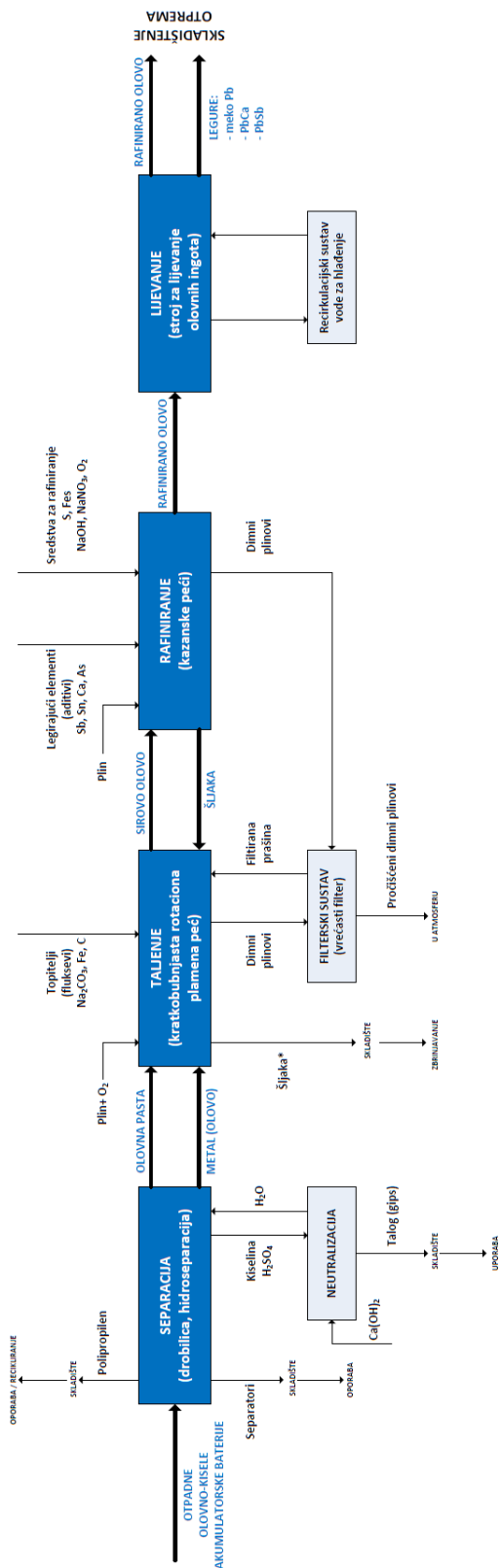
**10.1. Izabrani tehnološki procesi postupaka recirkuliranja otpadnih olovno-kiselih akumulatorskih baterija**

Za Centar za reciklažu akumulatora i baterija koje je predmet ovoga Idejnog projekta, uobzirujući i optimalizirajući:

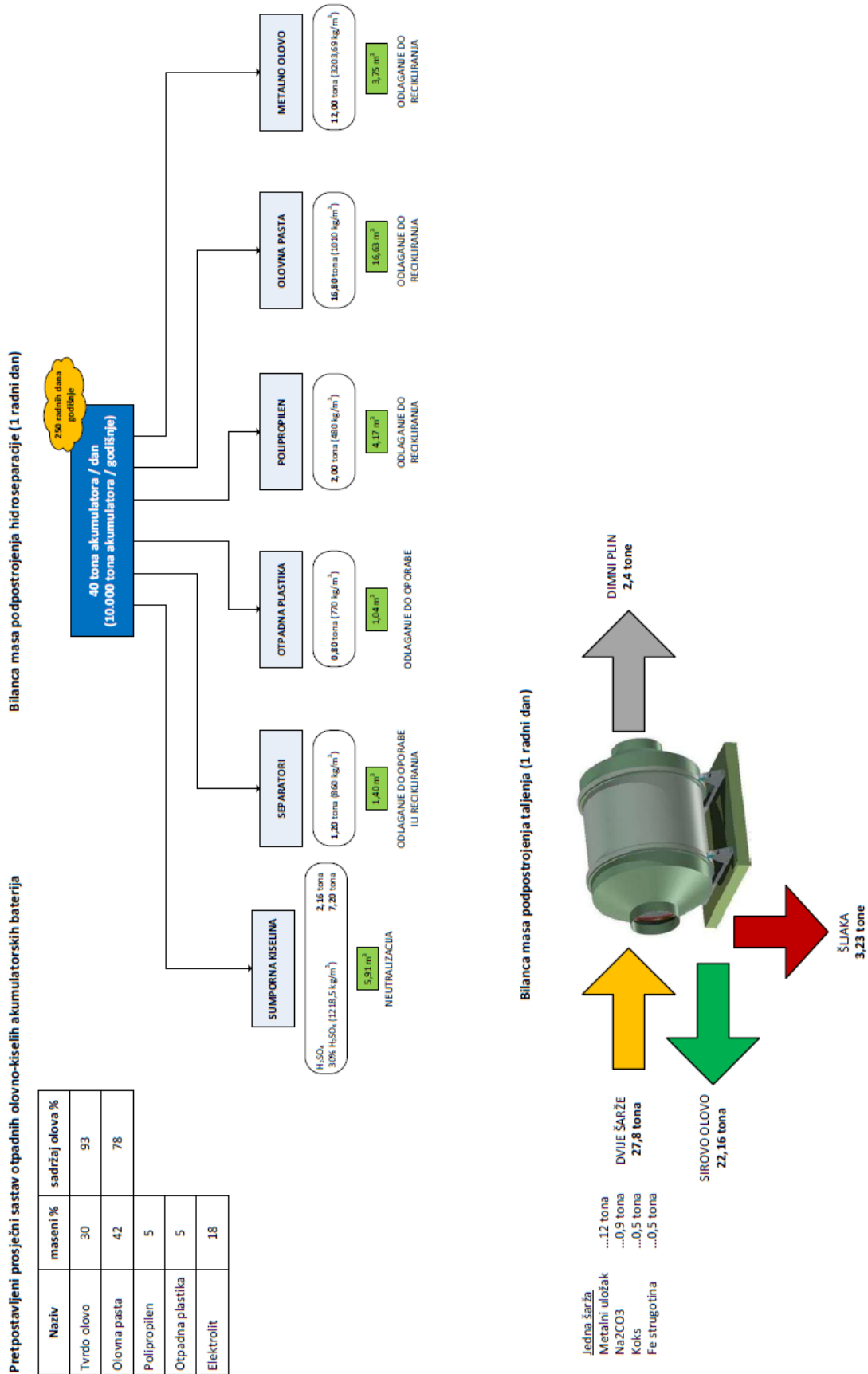
- planiranu količinu otpadnih olovno-kiselih akumulatora koji se oporabljaju /recikliraju,
- moguća opterećenja okoliša,
- potrebnih investicionih ulaganja,

Izabran je tehnološki postupak zasnovan na slijedećim tehnološkim procesima:

1. mehanizirana separacija,
2. taljenje proizvoda separacije u kratkobubnjastoj obrtnoj plamenoj peći,
3. pirometalurško rafiniranje sirovog olova iz procesa taljenja.



Slika 29 Proces recikliranja otpadnih baterija i akumulatora



Slika 30 Dnevne količine sirovina u procesu recikliranja otpadnih baterija i akumulatora u CIAK-u

## 10.2. Postrojenja Centra za reciklažu baterija i akumulatora

Građevina postrojenja Centra za reciklažu akumulatora i baterija sastoji se od:

- *podpostrojenja za hidroseparaciju (oznaka **HS**);*
- *podpostrojenja za taljenje (oznaka **SM**);*
- *podpostrojenja za rafiniranje (oznaka **RF**);*
- *podpostrojenja za lijevanje i pakiranje ingota (oznaka **CP**);*
- *podpostrojenja za pročišćavanje dimnih plinova (**FL**);*
- *skladišta sirovina, međuprodukata i produkata (oznaka **ST**);*
- *pomoćnih podpostrojenja i sklopova (oznaka **UTY**).*

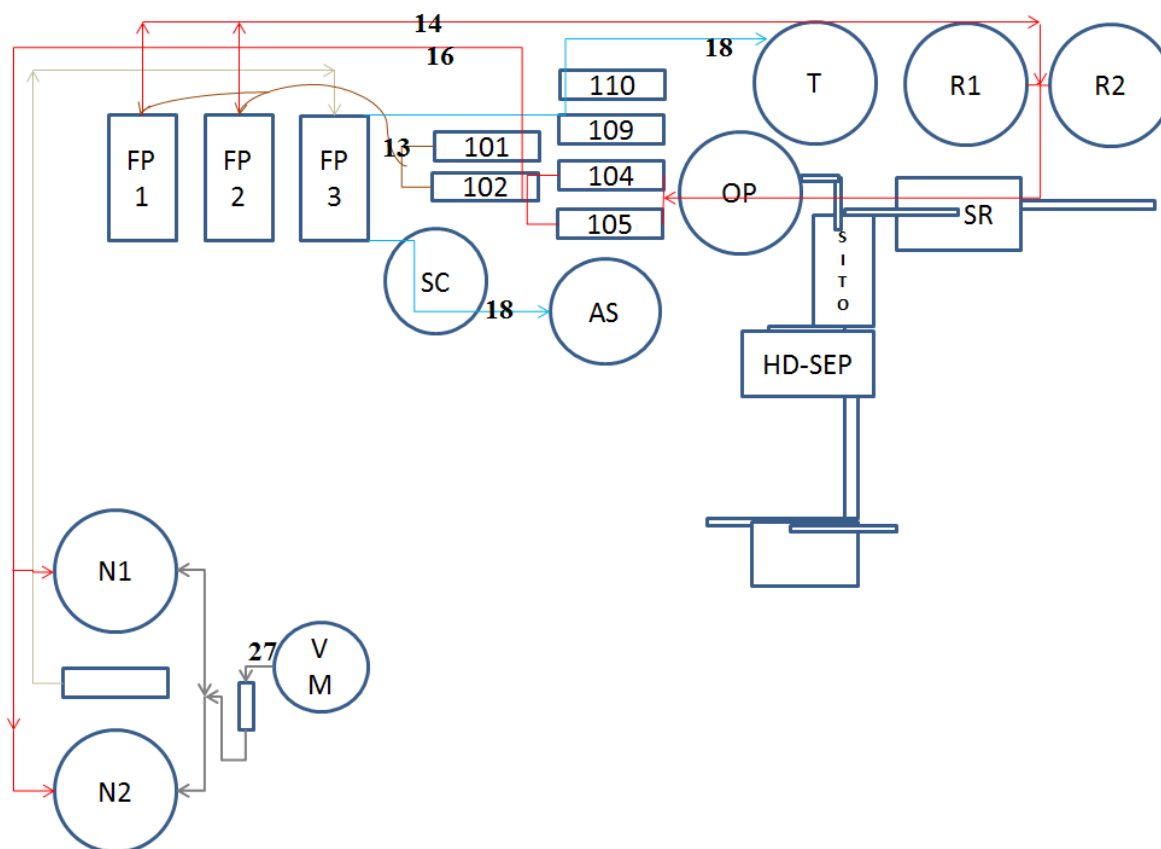
Tehnološki procesi navednih podpostrojenja postrojenja mogu biti podijeljeni u tehnološke cjeline sukladno tehnološkim operacijama koji se u njima odvijaju.

Za svaku od cjelina koriste se posebne skupine od nekoliko vrsta strojeva.

Postrojenje će oporabljivati / reciklirati 10.000 tona olovno-kiselih akumulatorskih baterija godišnje.

### 10.3. Opis tehnološkog podpostrojenja za hidroseparaciju (HS) [11]

Transportno vozilo (sa otpadnim olovno-kiselim akumulatorskim baterijama kao teretom) ulazi na krug postrojenja preko ulazne rampe.



Slika 31 Tok procesa

Otpadni akumulatori moraju biti na adekvatan način zapakirani za transport :

- u plastičnim kontejnerima ili
- uvezani na drvenim paletama (maksimalno dvije palete jedna na drugoj), sa ne više od četiri reda otpadnih akumulatora na paleti, svaki red razdvojen kartonskom pločom.

Prije davanja dozvole ulaska transportnog vozila u krug postrojenja, djelatnicima postrojenja na portirnici se predaje (od strane vozača ili pratioca) prateći list koji mora pratiti svaku pošiljku otpada, a sukladno Pravilniku o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima. Na kolnoj vagi se vrši utvrđivanje bruto težine transportnog vozila (težina vozila + težina otpadnih akumulatora koji se transportiraju).

Transportno vozilo se zaustavlja na parkiralištu uz ulaz u halu hidroseparacije, koja je tehnološki podijeljena na dio za skladištenje i transport otpadnih akumulatora i dio za sepraciju.

Viličarom se vrši istovar kontejnera/paleta iz transportnog vozila. Kontejneri / palete se privremeno (do obrade) odlažu na skladište unutar za to predviđenog dijela hale hidroseparacije, sa maksimalno dvije palete / kontejnera postavljenih jedan na drugi.

Nakon istovara transportno vozilo odlazi na kolnu vagu kako bi mu se utvrdila tara težina (težina vozila). Tijekom vaganja djelatnik postrojenja predaje dokaznice o izvršenom preuzimanju otpadnih akumulatora.

Nakon vaganja, a prije izlaza iz kruga postrojenja transportno vozilo se zaustavlja na stanici za pranje guma.

Dva djelatnika naizmjenično postavljaju otpadne akumulatore na prijemni stol gumenog trakastog transportera, koji dostavlja otpadne akumulatore u udarnu drobilicu. U udarnoj drobilici se vrši drobljenje otpadnih akumulatora.

Izdrobljeni dijelovi otpadnih akumulatora vijčastim transporterom se transportiraju do dvoetažnog vibracijskog sita.

Na vibracijskom situ se vrši prosijavanje uz ispiranje vodom {procesni tok **15**} izdrobljenih komada sukladno granulacijama:

- 0 mm do 1mm - olovna pasta sa vodom {procesni tok **12**},
- 1 mm do 3 mm - olovo {procesni tok **4**},
- 3 mm i > 3 mm - (izdrobljene) olovne rešetke, separatori, polipropilen {procesni tok **3**}.

Prosijana olovna pasta se putem vijčastog transportera transportira u spremnik emulzije olovne paste opremljen mješalicom.

Emulzija olovne paste {procesni tok **13**} se pumpama emulzije (radna i rezervna pumpa) transportira u jednu od filter preša (FP 1 ili FP 2).

Pogača iz filter preše {procesni tok **26**, procesni tok **25** za FP 2} se putem trakastog transportera ubacuje u bunker olovne paste smješten ispod filter preše.

Voda izdvojena u filter prešama {procesni tok **14**} se transportira u recirkulacijske spremnike. Pumpama za vodu (radna i rezervna pumpa) se voda iz spremnika recirkulacije recirkulira {procesni tok **15**} na dvoetažno vibracijsko sito i drobilicu gdje služi za ispiranje.

Ukoliko je pH vode manji od 1 {procesni tok **16**} voda se pumpama (radna i rezervna pumpa) iz spremnika recirkulacije transportira u spremnike za neutralizaciju na neutralizaciju vapnenim mlijekom.

Olovni dijelovi izdrobljenih olovnih akumulatora granulacije od 1 mm do 3 mm se sa dvoetažnog vibracijskog sita, vijčastim transporterom transportiraju do box-a {procesni tok **4**}.

Viličarem se sadržaj box-a transportira do bunkera smještenom ispod filter preše.

Frakcija granulacije 3 mm i >3 mm sa vibracijskog sita, koja sadrži (izdrobljene) olovne rešetke, separatore i polipropilen, sa stola vibracijskog sita se odvodi u separator opremljen sa strugačima koji polipropilen odvajaju u vijčasti transporter, kojim se puni jumbo vreća (big bag) {procesni tok **6**}.

Viličarem se sadržaj jumbo vreće transportira do skladišta smještenom uz halu hidroseparacije.

{Procesni tok **5**} se sa dna separatora vijčastim transporterom odvodi u hidroseparator.

Na beskonačnom sitastom transporteru se odvajaju separatori i odvoze u u jumbo vreću {procesni tok **9**}.

Viličarem se sadržaj jumbo vreće transportira do skladišta smještenom uz halu hidroseparacije.

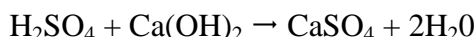
Kroz beskonačni sitasti transporter prolazi voda {procesni tok **8**} u bazen, koja se putem pumpe {procesni tok **10**} recirkulira u hidroseparator.

Izdrobljene olovne rešetke se sa dna hidroseparatora vijčastim transporterom odvoze u box. Sadržaj box-a {procesni tok **11**} pridružuje se sadržaju bunkera smještenom ispod filter preše.

Neutralizacija elektrolita otpadnih akumulatorskih baterija vrši se vapnenim mlijekom -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Vapneno mlijeko priprema se iz gašenog vapna koje se u praškastom obliku kroz usipni koš putem vijčastog transportera dodaje u spremnik vapnenog mlijeka opremljen mješalicom. Voda za pripremu vapnenog mlijeka dodaje se iz spremnika tehnik - glavnog spremnika vode. Vapneno mlijeko {procesni tok 27} se pumpom transportira u spremnike za neutralizaciju u kojima se odvija slijedeća kemijska reakcija:

**Jednadžba Kemijska reakcija procesa vapnenog mlijeka (5)**



Otopina  $\text{CaSO}_4$  nastala neutralizacijom elektrolita otpadnih akumulatora se iz spremnika za neutralizaciju pumpom transportiraju u filter prešu 3.

Pogača filter preše 3 {procesni tok 24} se putem trakastog transportera transportira u skladišta gipsa, koje se nalazi izvan hale hidroseparacije.

Voda izdvojena u filter preši 3 {procesni tok 18} se transportira u glavni spremnik vode tehnik.

Iz glavnog spremnika tehnik, voda {procesni tok 19} se dodaje u spremnike u recirkulacijske spremnike R1 ili R2 pumpama P109 i P110 (radna i rezervna pumpa).

Plinovi koji nastaju u spremnicima za neutralizaciju i spremniku emulzije olovne paste se odsisavaju ventilatorom) u apsorpcionu kolonu.

U apsorpcionoj koloni vrši se pranje kiselih plinova vodom.

Voda za pranje plinova {procesni tok 22} iz spremnika pumpom P112 se dobavlja pri vrhu apsorpcione kolone, dok se plinovi uvode pri dnu kolone. Zasićena voda za pranje ( $\text{pH} < 1$ ) {procesni tok 23} se pumpom transportira u spremnike za neutralizaciju.

Spremnik vode za pranje plinova se dopunjava vodom {procesni tok 21} iz glavnog spremnika vode putem pumpe P111.

Pročišćeni plinovi se putem dimnjaka iz apsorpcione kolone odvede u atmosferu.

Uz halu hidroseparacije predviđeno je dodatno skladište za seprairanu olovnu pastu i izdrobljene olovne dijelove akumulatora u slučaju nekontinuiranog rada podpostrojenja za taljenje (narednog tehnološkog procesa).

**10.5. Opis tehnološkog podpostrojenja za taljenje (SM) [10]**

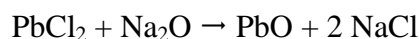
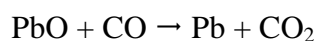
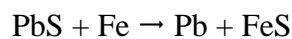
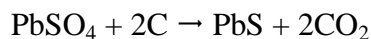
Iz tehnološkog procesa separacije izlaze dvije korisne faze olova:

- metalno olovo,
- olovna pasta,

koje se nadalje prerađuju pirometalurškim procesima taljenja i rafiniranja.

Taljenje se vrši u jednoj kratkobubnjastoj obrtnoj plamenoj peći (nadalje **KBP**), te ima obilježje diskontinuiranog (šaržnog) procesa.

Osnovne reakcije u procesu taljenja i redukcije su:

**Jednadžba Proces taljenja (6)**

Šarža (uložak) za taljenje u **KBP** ima (orijentacijski) sastav naveden u *Tablici 12.*:

**Tabela 12 Komponente jedne sarže**

<b>Materijal</b>	<b>Količina</b>
Olovni uložak	12 t
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,9 t
Koks	0,5 t
Fe strugotina	0,5 t



Tehnološki proces taljenja u **KBP** sastoji se od slijedećih tehnoloških operacija (Tablica 13.):

**Tabela 13 Proces taljenja**

Tehnološka operacija	Trajanje [minuta]
Šaržiranje	40
Sušenje	30
Taljenje	180
Redukcija	160
Izlijevanje metala (taline)	30
Izlijevanje šljake	20
<b>UKUPNO:</b>	<b>460 [minuta] ≈ 8 [h]</b>

Slijed šaržiranja u **KBP** je:

- predgrijavanje **KBP**,
- ubacivanje  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  u **KBP** (vlažni olovni materijal ne smije prvi biti dodan u **KBP**),
- ubacivanje mješavine olovnog materijala, koksa i željezne strugotine.

Izlaz iz **KBP** su:

- sirovo (tvrdo) olovo,
- troska (šljaka),
- dimni plinovi.

Toplinu potrebnu za predgrijavanje **KBP** i tehnološki postupak taljenja osigurava plinski gorionik sa kisikom (plin, kisik) - koji se nalazi na pokretnim vratima kod otvora za punjenje **KBP**.

Upotrebom gorionika kisik/gorivo smanjuju se toplinski gubici, ukupne emisije u okoliš, volumen dimnih plinova, specifična potrošnja goriva, a povećava se učinkovitost.

Prirodni plin i čisti kisik se kratkotrajno miješaju u prostoru izgaranja i potom se smjesa pali iskrom elektrode za paljenje. Proces izgaranja prati UV senzor.

Tijekom rada usta gorionika se hlade vlastitom strujom plinova kisika i prirodnog plina, a kada gorionik nije u radu hladi se strujom komprimiranog zraka. Oblik plamena ovisan je o izgaranju prirodnog plina i kisika, a podešava se odnosom zrak/prirodni plin, tlakom plinova i ručnim namještanjem pomičnog usnika gorionika.

Regulacija za opskrbu gorionika plinovima sastoji se od regulacijskih linija za čisti kisik, prirodni plin i komprimirani zrak.

Unutrašnjost **KBP** je ozidana (toplinski izolirana) sustavom koji se sastoji od: opeke (Mg-Cr i šamotne), maltera (Mg-Cr i šamotnog), bezazbestnih tabli, dilatacijskih kartona, vatrostalnog betona.

Ozid **KBP** se tijekom uporabe oštećuje, te ga je potrebno u redovitim intervalima (min. jednom godišnje) zamijeniti, odnosno „presložiti“.

Na suprotnoj strani se nalazi otvor za dimne (ispušne) plinove koji je spojen na komoru za slijevanje.

**KBP** je postavljena na rolnama, a rotacija je osigurana elektromotorom sa frekvencijskim regulatorom.

Kombinirani dozer vrši utovar u transportnu kutiju  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  iz skladišta  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , koje se nalazi izvan hale taljenja/rafiniranja.

Tijekom utovara transportna kutija se nalazi na viličaru sa okretnom kašikom i elektroničkom vagonom.

Viličar okretanjem transportne kutije ubacuje (šaržira)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  u **KBP**.

Za pripremu jedne šarže koristi se samo jedna od metalnih faza olova.

Kombinirani dozer izuzete sirovine ubacuje u transportnu kutiju koja se nalazi na viličaru sa okretnom glavom i elektroničkom vagonom.

Viličarom sa okretnom glavom ubacuje se (šaržira) metalni uložak u **KBP**.

Kombiniranim dozerom i viličarom sa okretnom kašikom preuzimaju se koks i željezna strugotina iz skladišta koksa i skladišta željezne strugotine, koji se nalaze izvan hale taljenja/rafiniranja, te se ubacuju (šaržiraju) u **KBP**.

Gorionik je tijekom punjenja peći isključen, ali je sustav za pročišćavanje dimnih plinova u radu.

Po završetku tehnološke operacije taljenja u **KBP** se nalaze dvije tekuće faze:

- sirovo olovo na dnu (talina),
- troska (šljaka) na površini sirovog olova.

Sirovo olovo se iz **KBP** ispušta kroz otvor na obodu peći u ljevačke lonce kapaciteta odlivka  $\approx 1,5$  tona.

Potom se troska ispušta u lonce za trosku.

Kod redovitog rada **KBP** otvori za ispuštanje se zatvaraju glinom.

Ljevački lonci i lonci za trosku postavljeni su na pomičnu platformu koja se kreće po tračnicama.

Platforma se pomiče kada se napuni pojedini lonac (ljevački ili za trosku), kako bi se mogao puniti sljedeći.

Kada se napune svi lonci na platformi, platforma se pomiče u prostor pored **KBP** (povezan na sustav za pročišćavanje dimnih plinova) na hlađenje sadržaja lonaca.

Mosnom dizalicom postavljenom unutar hale za taljenje/rafiniranje se ljevački lonci sa sirovim olovom transportiraju, te se odljevak prazni na privremeno skladište odljevaka sirovog olova u hali za taljenje/rafiniranje.

Lonci za trosku se viličarom odvoze u skladište troske, gdje se istovaraju.

Troska (opasan otpad) se privremeno skladišti u skladištu troske do daljeg zbrinjavanja izvan kruga postrojenja.

## 10.6. Opis tehnološkog procesa podpostrojenja za rafiniranje (RF)

Tehnološkim procesom taljenja u **KBP** dobiva se sirovo olovo sa mehaničkim nečistoćama, metalnim oksidima i pratećim metalima (Cu, Sb, As, Sn).

Sirovo olovo iz **KBP** će se rafinirati do kvaliteta 99,98 %Pb (na Londonskoj burzi metala olovo se definira minimalnom čistoćom od 99.97% prema EN 12659:1999) , ili proizvoditi određene slitine u podpostrojenju za rafiniranje; pirometalurškim tehnološkim procesom. Rafiniranje olova je pirometalurški tehnološki proces u kojemu se uklanjanje različitih elemenata obavlja dodavanjem reagensa na odgovarajućoj temperaturi uz intenzivno miješanje u olovnoj kupci.

Tehnološki proces rafiniranja sirovog olova u kazanskoj peći sastoji se od slijedećih tehnoloških operacija:

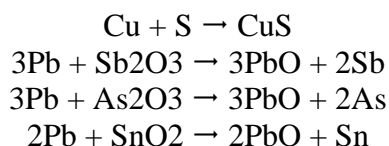
- punjenje (šaržiranje),
- skidanje mehaničkih nečistoća,
- skidanje oksidne šljake,
- odbakrivanje,
- omekšavanje,
- kontrola kemijskog sastava rafiniranog olova,
- lijevanje rafiniranog olova na lijevačkom stroju.

Rafiniranje se vrši u dvije kazanske peći.

Miješanje olovne kupke se vrši mješalicom.

Osnovne kemijske reakcije u procesu rafiniranja su:

### Jednadžba Proces rafiniranja olova (7)



U kazanskoj peći vrši se odbakrivanje - uklanjanje bakra (Cu).

U kazanskoj peći vrši se omekšavanje - uklanjanje kositra (Sn), arsena (As) i antimona (Sb).

Odbakrivanje se vrši mješavinom sumpora i pirita pri točno definiranoj temperaturi.

Punjenje kazanske peći vrši se mosnom dizalicom iz privremnog skladišta odlivaka sirovog olova.

Uklanjanje mehaničkih nečistoća i oksidne šljake iz kazanske peći vrši se perforiranom lopatom koja se montira na mosnu dizalicu.

Po uklanjanju bakra olovo se prepumpava iz prve kazanske peći u drugu kazansku peć pumpom za olovo.

Tehnološka operacija omekšavanja može se vršiti sa NaOH i NaNO<sub>3</sub> (sodno omekšavanje) i kisikom (kopljem sa sapnicom sa nadzvučno injektiranje kisika).

Sodno omekšavanje je skuplje i sporije, ali se radi na nižoj temperaturi, pa je vijek trajanja kazanske peći duži.

Troska nastala tehnološkom operacijom omekšavanja se uklanja, te se dobijeno mekano olovo prepumpava pumpom za olovo u stroj za lijevanje i pakiranje ingota.

U ložište kazanske peći postavljeni su plinski gorionici (plin, zrak), a u ložište kazanske peći postavljeni su plinski gorionici (plin, zrak).

Gorivo za rad gorionika je zemni plin, koji se miješa sa zrakom radi sagorijevanja.

#### **10.7. Opis tehnološkog procesa podpostrojenja za lijevanje i pakiranje ingota (CP)**

Rafinirano gotovo olovo se općenito lijeva u kalupe od lijevanog željeza kako bi se dobili ingoti (komadi olova koji se dobiju izljevanjem iz taline u obliku bloka pogodnog za dalju obradu) mase od 23 do 25 kg.

Za lijevanje i pakiranje ingota koristi se zaseban agregat (stroj).

Taljeno rafinirano ili legirano olovo se pumpa pumpom iz kazanske peći u stroj za lijevanje olovnih ingota.

Taljeno olovo se skrućuje hlađenjem zrakom i vodom.

Kruti ingoti se odvajaju iz kalupa i pakuju na dijelu stroja za pakiranje.

Paketi finalnog proizvoda (olovo ili olovne slitine) se viličarom odvoze na skladište gotove robe, sa kojega će biti transportirane krajnjem korisniku/kupcu.

## 11. PRIMJENA LEAN PRINCIPA U CENTRU ZA RECKLAŽU OTPADNIH BATERIJA I AKOMULATORA CIAK

Poboljšanje procesa se može izvršiti u nekoliko stavki:

### Transport:

Premiještanje filter preše HS-F-103 te trakastog transpontera HS-C-109 na drugu lokaciju tj. uz ostale dvije filter preše čime bi se značajno uštedilo na prostoru u skladištu te automatski skraćuje radni ciklus vozača viličara čime se uštedilo vrijeme .

#### Jednadžba Put viličara 1 (8)

$$\begin{aligned} t_c &= t_u + t_v + t_i + t_{pv} + t_d \\ t_c &= 10 + 25 + 10 + 25 + 10 \\ t_c &= 80s \end{aligned}$$

#### Jednadžba Put viličara 2 (9)

$$t_v = \frac{s}{v} = \frac{100}{5} = 25s$$

#### Jednadžba Maseni protok (10)

$$q_m = \frac{m}{t_c} = \frac{1000}{80} = 12,5 \text{ kg/s}$$

$t_c$  – vrijeme radnog ciklusa

$t_u$  – vrijeme utovara

$t_v$  – vrijeme istovara

$t_{pv}$  – vrijeme povrane vožnje

$t_d$  – dodatno vrijeme

$q_m$  – maseni protok

m-masa transportnog tereta

s-put

- Vidimo iz proračuna da bi čovjeku bilo potrebno 80 sekundi za jedan radni ciklus dok okretanjem transporter za 180 stupnjeva uštedi značajno na vremenu.

Zamijena sve 3 filter preše za novu moderniju filter prešu koja bi bila pogonjena elektromotorom. Tom zamijenom ljudi više nebi morali fizički okretati poluge za prešanje čime bi se automatski povećala učinkovitost stroja i kvaliteta olovne paste a time i veća količina izlaznog olova. Također nakon završetka ciklusa prešanja ljudi nebi morali fizički čistiti preše tj. odvajati olovnu pastu od filtera preše.

Prilikom puštanja olovne paste u filter prešu 1 i 2 te nakon njegon sušenja i filtriranja u preši smo ustanovili da prilikom otvaranja preše još uvijek ostaje u filterskom kolaču sulfatne kiseline koja dalje pada na trakasti konvejer ispod preša te se sa konvejera izljuje na pod.

- Pošto je istjecanje sulfatne kiseline nedopustivo (prvenstveno zbog zdravlja djelatnika ) napravljeni su lijevci koji su zamijenili trakaste konveje i puno brže i učinkovitije se sada te preše otvaraju i čiste. Starim procesom su 3 djelatnika pod i okolinu filter preša čistila 5 sati ( tj. ukupno 15 sati čišćenja ), sada taj proces otvaranja i čišćenja filter preša traje 45 minuta, odnosno maksimalno 1 sat.

### Zastoji :

Kupovna cijena kilograma otpadnog akumulatora je 4 kn/kg a znamo da u akumulatoru nema niti malo željeza te problem nastaje u tome kada ljudi iz osobnog financijskog interesa otvaraju akumulator te vade iz njega olovne komponente te ih zamijenjuju sa željezom (1-1,5 kn /kg) ili čak betonom pomiješan željezom. Nama to stvara problem iz razloga što je reciklažni proces točno napravljen za zbrinjavanje akumulatora tj. komponenti akumulatoru.

- Riješenje je da ugradimo metalni detektor ispred ulaznog transportera. Ako nebi stavili takvu neku sigurnosnu mjeru mogli bi drastično oštetiti pogon čime bi dolazilo do velikih zastoja i financijskih gubitaka. Takvu škart robu skladištimo na određeno mjesto tj. u jedan tkz. box te dalje odvozimo u CIAK skladište za zbrinjavanje gospodarskog otpada.

Zamijena sita, potrebno nam je kvalitetnije sito koje će bolje razvrstat materijal čime dobivamo što manje škart robe tj. bolju iskoristivost otpadnih sirovina.

Sito je naše usko grlo u proizvodnji, stvara nam velike probleme iz razloga jer su akumulatori, tj olovo materijal koji jako nagrize željezne komponente zato se koristi inox. Pošto sito ima jako puno dijelova (motor, konstrukcija, veliko sito, malo sito, mlaznice ) moramo paziti da su sve komponente napravljene od inoxa, problem nastaje kada su neki dijelovi komponenti napravljeni od gume koju sulfatna kiselina jako nagrize te je konstanto potrebno mijenjati.

- Nabavom odgovarajućih mlaznica i podešavanjem samog nagibnog kuta smo riješili 90 % problema sita što je za nas trenutno zadovoljavajuće. Prilikom instalacije sita, isporučitelj stroja je postavio sito nez nagibnog kuta čime nismo dobili kvalitetu sijanje materijala nego su dva čovjeka morala konstanto stajati kraj sita i gurati materijala. Podizanjem sita za 32,6 cm smo dobili nagib od 7 stupnjeva čime smo maknuli ljudi sa tog stroja.

Olovne komponente akumulatora su jako nezahvalan materijal što se tiče rada stoja. One sadrže jako puno sulfatne kiseline koja nagrize nevjerovatnom brzinom što nam je ubiti i najveći problem jer se postrojenje mora konstanto čistiti i održavati. Olovo u olovnoj pasti se slegne u roku od jedne do dvije minute što nama jako otežava proces čišćenja zbog toga što to znači da prilikom svakog korištenja pumpi nakndno ih moramo dobro ispati vodom. To oduzima jako puno vremena. Na dnevnoj bazi nam to oduzme 60 minuta ili u prijevodu 5 tona manje obrađenog materijala.

- Ugradnja ispušnog ventila za vodu na 2 puža čime u slučaju kvara/čišćenja značajno skraćujemo vrijeme servisa.
- Zamjena ručnih ventila na cijevovodima sa mehaničkim ventilima bi praktički riješili problem zaštopavanja cijevi.

**Nepotrebni pokreti:**

Tri hidrauličke pumpe od filter preša su bile predviđene da budu postavljene na pod ispred pumpe, što bi značilo da bi ljudi morali preskakati preko njih čime bi dolazilo do nepotrebnih pokreta a ujedno bi mogli oštetiti pumpu ili bi moglo doći do ozlijede na radu.

Riješenje je postavljanje pumpi na filter preše čime se oslobađa siguran prostor za prolaz radnika.

**Škart:**

Sulfatna kiselina također stvara veliki problem jer ona spada u opasni otpad te ju je potrebno zbrinuti.

- Kako bi se riješili sulfatne kiseline u pogon smo ugradili proces neutralizacije u kojem sulfatnu kiselinu (  $pH=0,15$  ) miješamo sa vapnenim mlijekom ( vapno + voda ) kako bi dobili podigli  $pH$  vrijednost kiseline te prolaskom te miješavnine kroz filter prešu dobili gips i vodu (  $pH=7$  ). Cijena zbrinjavanja gipsa je 5 puta manja od cijene zbrinjavanja sulfatne kiseline , no nećemo stat poboljšavati taj proces dok ne dobijemo sirovinu a ne otpad.

**Tabela 14 Ušteda u proizvodnji primjenom Lean principa**

<b>PROBLEM</b>	<b>RJEŠENJE</b>	<b>UŠTEDA</b>
Preveliki put transporta olovnih komponenti akumulatora	<b>Skraćenje puta</b>	<b>55 sekundi po vožnji</b>
Nekvalitetna filter preša	<b>Nadogradnja okvira preše</b>	<b>14 sati po danu</b>
Nekvalitetno izvedeno sito	<b>Promjena kuta sita i dodavanje više mlaznica</b>	<b>Maknuta 2 radna mjesta</b>
Štopanje cijevovoda	<b>Poboljšanje oblika cijevovoda</b>	<b>1 h/dan</b>
Nastajanje otpada gipsa	<b>Školovanje ljudi</b>	<b>Nastajanje sirovine</b>

---

## **12. ZAKLJUČAK**

Glavni cilj izgradnje Centra za reciklažu je napredak tehnologije koji je bolja iskoristivost a time i bolje obrada otpadnih baterija i akumulatora. Sa starih tkz. giljotina gdje ljudi ručno rastavljaju akumulatore uz pomoć sjekira na novi napredan način gdje strojevi sve sami rade a čovjek je tu da asistira i održava strojeve. Primjenom Lean principa i ostalih metoda ta proizvodnja se dovodi na još veću razinu produktivnosti i bolju zaštitu ljudi.

Ljudi su najbitniji alat na svijetu i nikad ih nsmije podcijeniti. Dobar stoj u ovoj grani puno znači, no ako se tu nađe još i dobar čovjek koji svoje znanje može primijeniti na tom stroju onda se postiže najveća i najbolja iskoristivost proizvodnje.



## LITERATURA

- [1] Štefanić, N., Tošanović. N.: Lean proizvodnja, Zavod za industrijsko *inženjerstvo*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2011.
- [2 ] [http://en.wikipedia.org/wiki/Lean\\_product\\_development](http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_product_development) 2013.,  
<http://www.handsongroup.com/lean-manufacturing-tool-kit/> 2013.
- [3] Dominik Leko , CIAK
- [4] [www.leanproduction.com](http://www.leanproduction.com) 2013.
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Lean\\_product\\_development](http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_product_development) 2013.
- [6] <http://leanmanufacturingtools.org/7-wastes/> 2013.
- [7] <http://www.aleanjourney.com/2012/07/check-to-solve-problems.html>
- [8] <https://www.lme.com/> 10.4.2015.
- [9] Agencija za zaštitu okoliša, 2015.
- [10] Radomir Perić, CIAK
- [11] Ornela Močinić, CIAK

## **PRILOZI**

I. CD-R disc