

Школска 2022/23

Студијски програм:
ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Основне струковне студије



Предмет: РЕЦИКЛАЖНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Наставник: Бобан Цветановић
сарадник: Наталија Петровић



РЕЦИКЛАЖА ЕЛЕКТРИЧНОГ И ЕЛЕКТРОНСКОГ ОТПАДА

Предавање 8



Шта је електрична и електронска опрема и уређаји?

Електрична и електронска опрема и уређаји (тзв. ЕЕ опрема) представља све производе који су за свој правилан рад **у потпуности зависни од електричне енергије или електромагнетних поља**, као и опрему за производњу, пренос и мерење струје или за мерење јачине електромагнетног поља и намењена је коришћењу при напону који не прелази 1.000V за наизменичну и 1.500V за једносмерну струју и не укључује амбалажу.

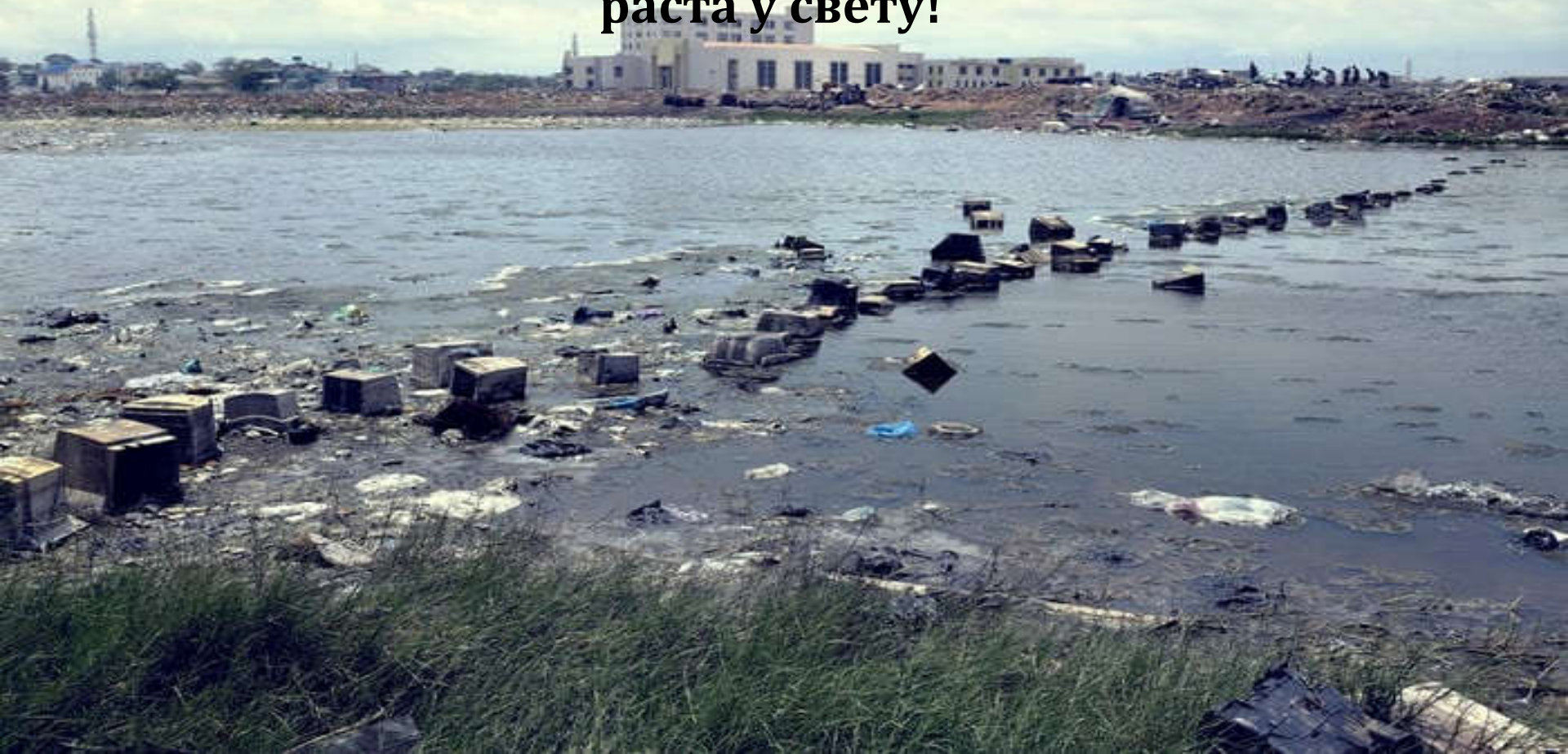
Када из било ког разлога ова ЕЕ опрема постане неупотребљива,
претвара се у **електрични и електронски отпад.**



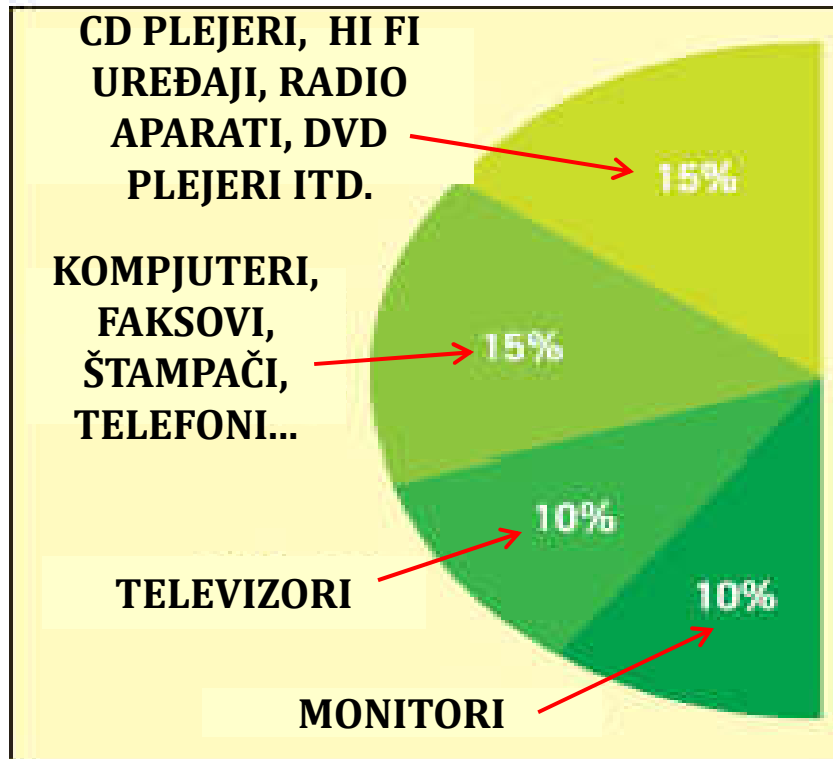


Електрични и електронски отпад (тзв. ЕЕ отпад) је отпадна електрична и електронска опрема настала у домаћинствима или у производним и/или услужним делатностима када је по врсти и количини слична ЕЕ отпаду из домаћинства, укључујући склопове и саставне делове, који настају у привреди.

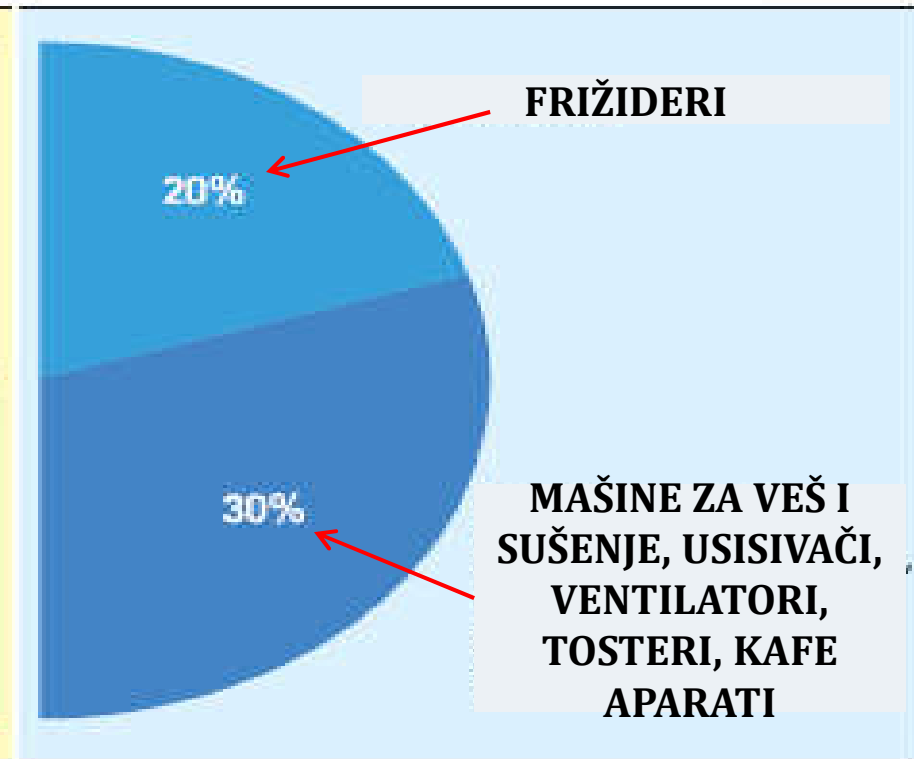
**Е-отпад је једна од врста отпада са најбржом стопом
раста у свету!**



ELEKTRONSKI OTPAD



ELEKTRIČNI OTPAD



**КОЛИЧИНЕ ПОЈЕДИНИХ ВРСТА ЕЕ ОТПАДА У УКУПНОЈ
КОЛИЧИНИ ЕЕ ОТПАДА**

ЕЕ отпад је значајан, не само због **количине** генерисаног отпада, већ и са становишта **састава** јер је врло комплексан и по правилу садржи и **токсичне** материје!!!



**Електронски и електрични отпад има карактер опасног отпада и
према Закону о управљању отпадом (члан 50.) не може се
мешати са другим врстама отпада!!!**





Због велике количине генерисаног е-отпада, која се сваке године увећава по стопи од 3-5% ова врста отпада представља глобални проблем који захтева што хитније решавање кроз повећање процента рециклираног е-отпада.

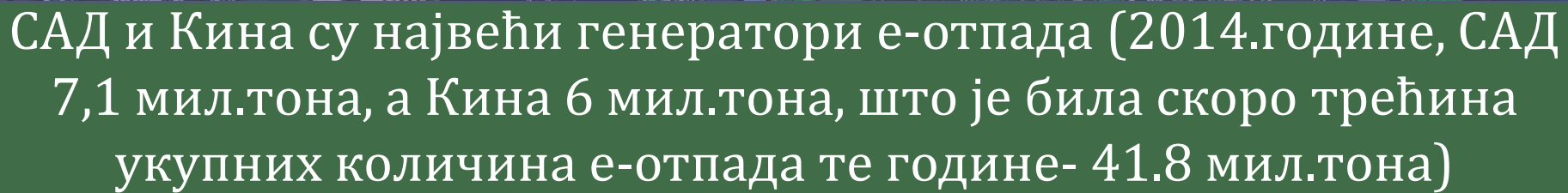
У развијеним земљама е-отпад износи у просеку 1% од укупне количине чврстог отпада.

У САД-у, он износи од 1% до 3% укупног генерисаног отпада.
У земљама у развоју он износи од 0.01% до 1% укупног генерисаног отпада.

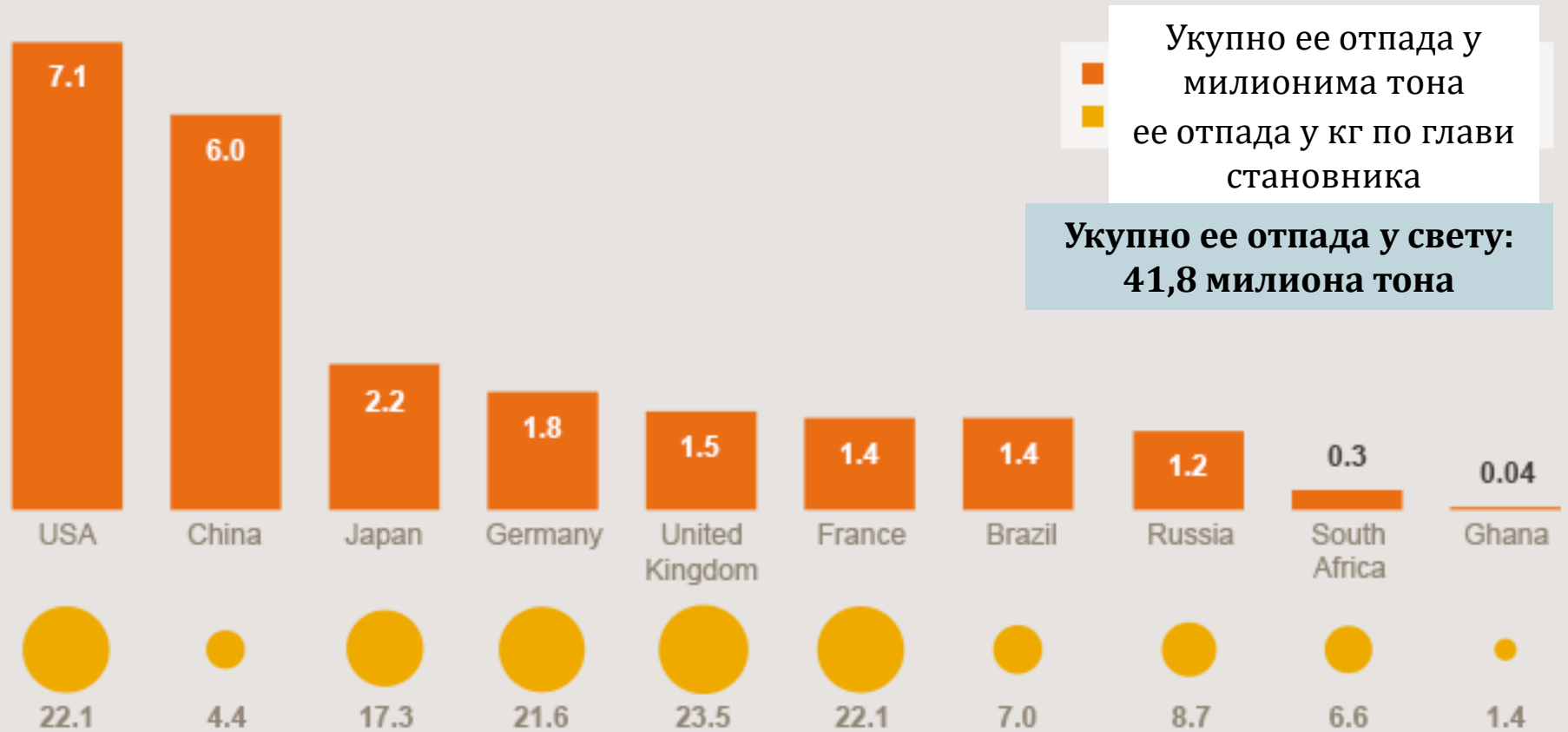


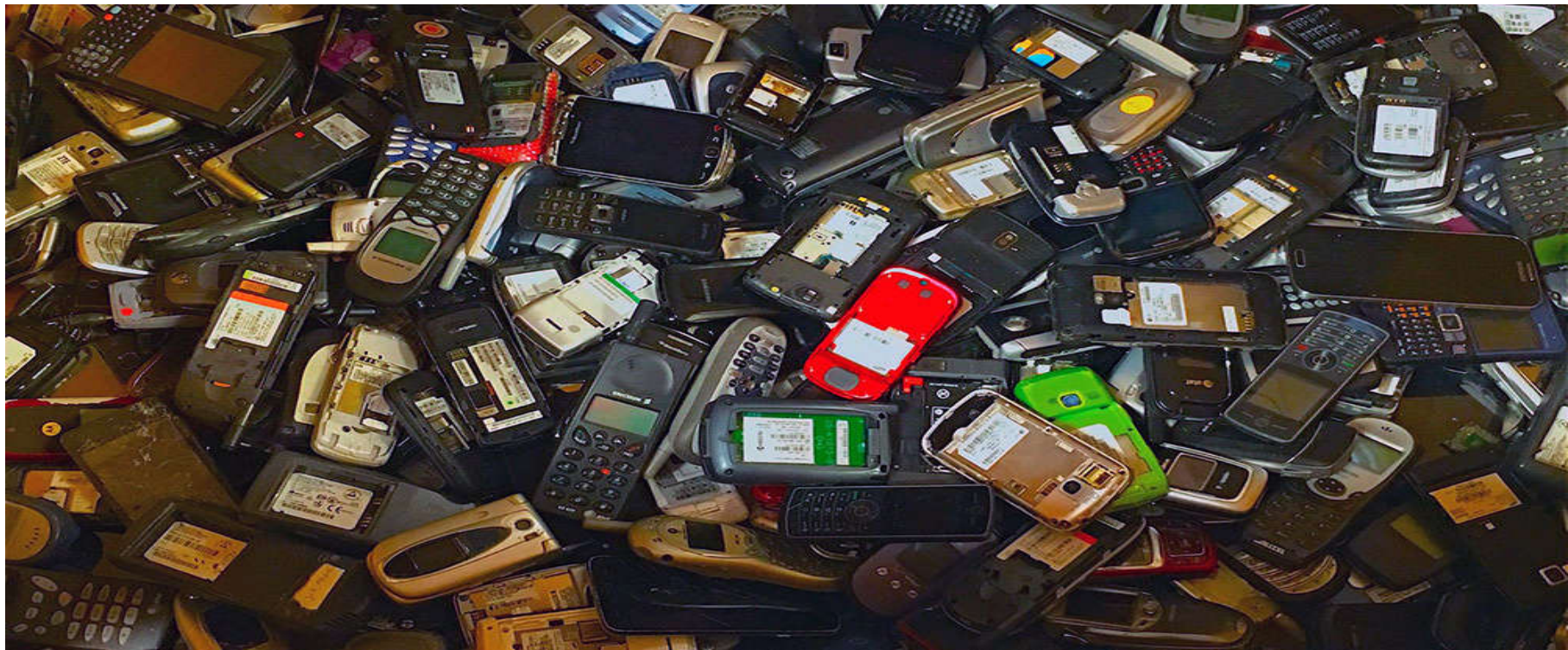
Према извештају, које су у склопу програма StEP (Solving the E-Waste Problem) припремиле УН, количина е-отпада у 2017. године износила је око 60 милиона тона (2012.године створено је 49 мил.тона). Сличне податке изнела је и америчка Агенција за заштиту животне средине (Environmental protection agency – EPA).





КОЛИЧИНЕ ГЕНЕРИСАНОГ ЕЕ ОТПАДА У СВЕТУ-2014.Г.

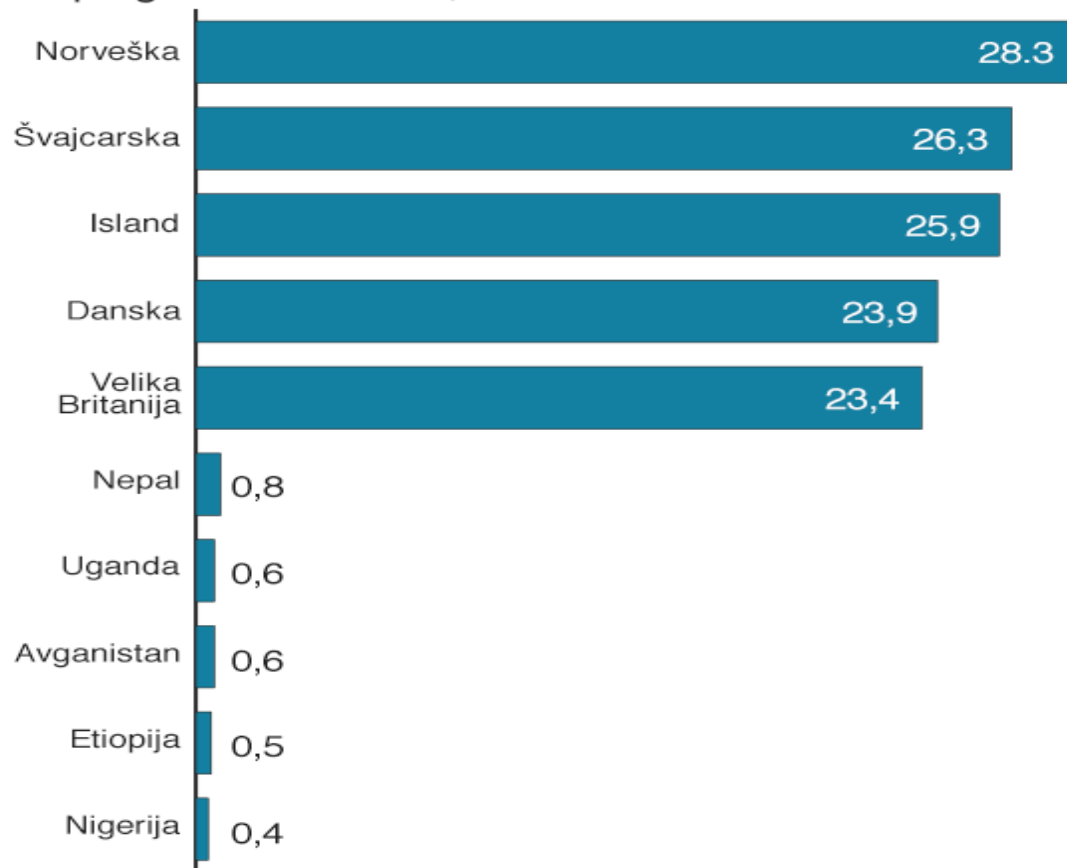




Међутим, када се гледају количине е-отпада по глави становника, у 2014. г, Норвежани стварају највише електронског отпада – 28,3 килограма по становнику, а затим Швајцарци са 26,3 килограма. САД су на овој листи на 17 деветом месту (22.1кг), а Кинези не спадају ни у првих 40 (5 кг).

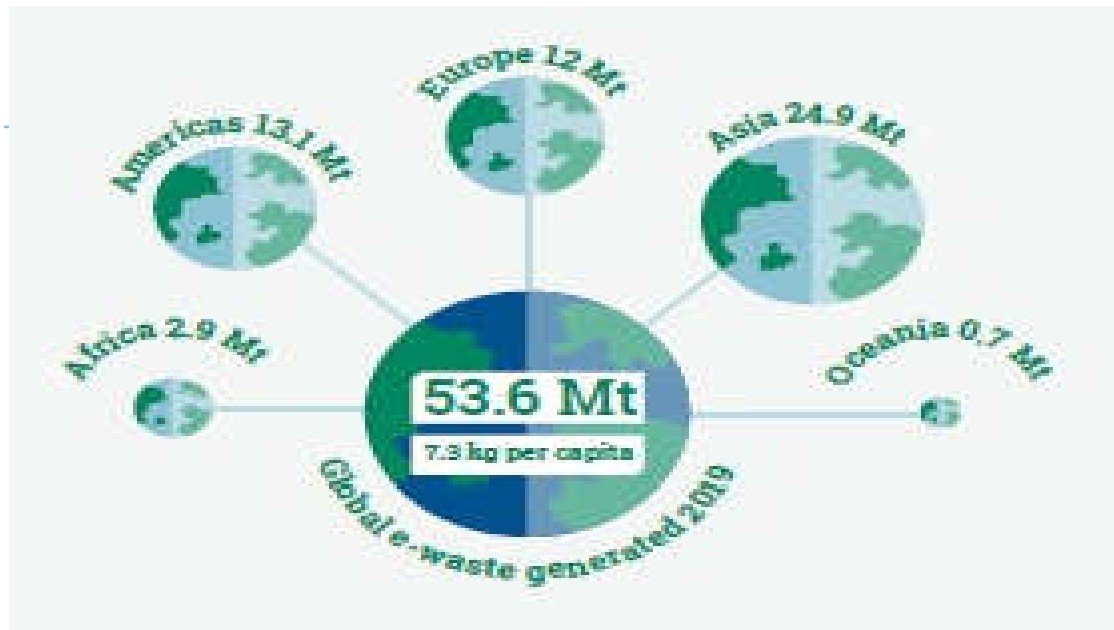
Pet najvećih i najmanjih zemalja proizvođača elektronskog otpada

Kilogram po glavi stanovnika, 2016.



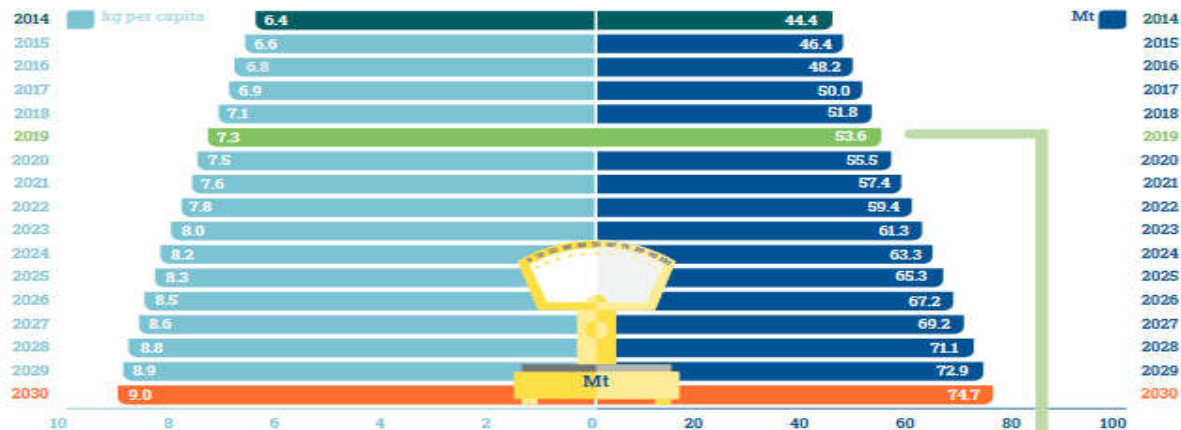
Global average number of selected appliances owned per capita, by country's income level





Последњи подаци из 2019.године, показују да се генерисало чак 53,6 милиона тона е-отпада, а предвиђа се да ће глобални е-отпад достићи 74 Мт до 2030. године, готово двоструко више у односу на 2014. годину, подстакнут већим стопама електричне и електронске потрошње, краћим животним циклусима и ограниченим могућностима поправке.

Global E-waste Generated by year



(Future projections do not take into account economic consequences related to the Covid-19 crisis)

10.8 Mt



Temperature exchange equipment

+7% since 2014

6.7 Mt



Screens and monitors

-1% since 2014

0.9 Mt



Lamps

+4% since 2014

13.1 Mt



Large equipment

+5% since 2014

17.4 Mt



Small equipment

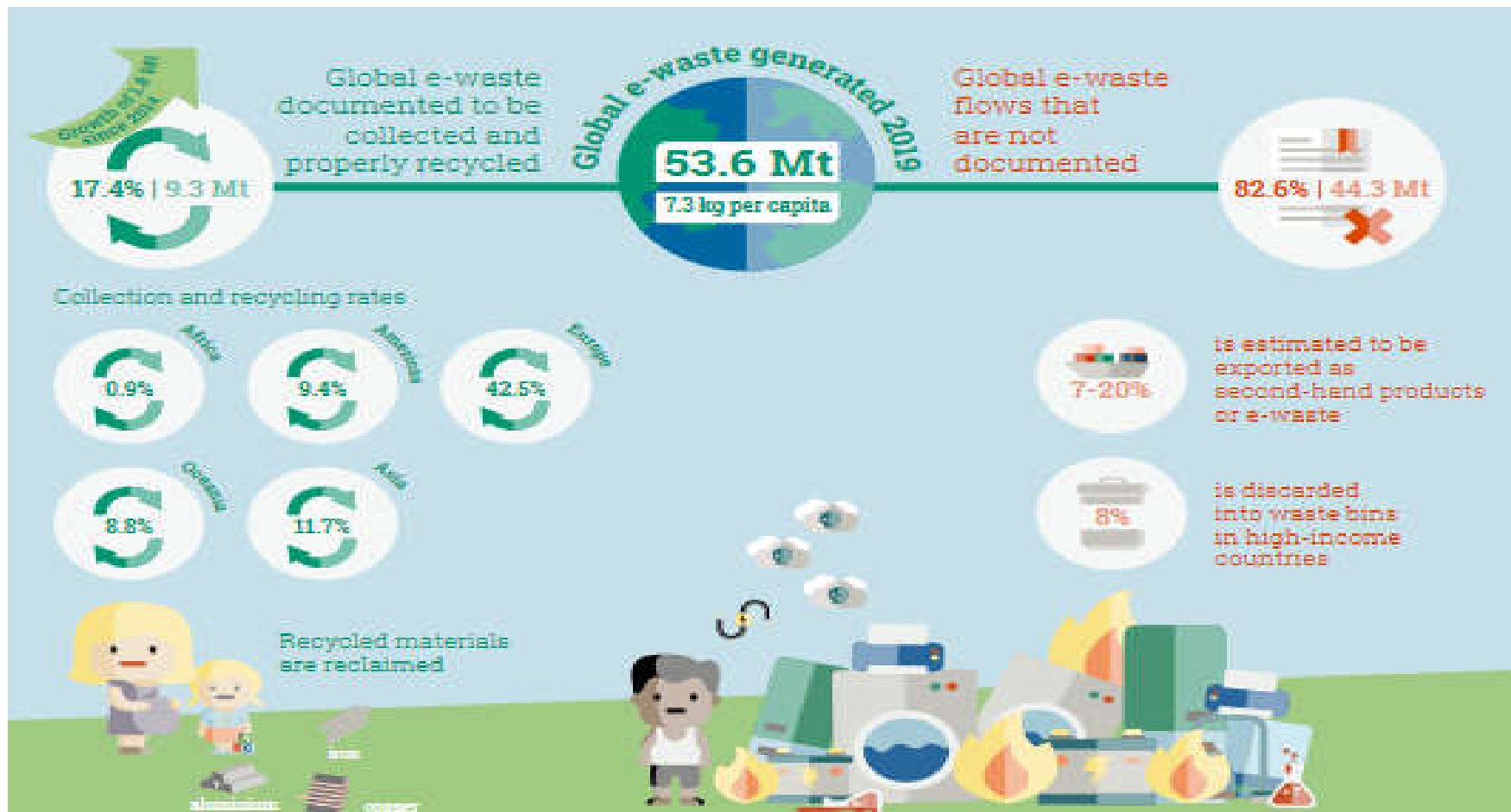
+4% since 2014

4.7 Mt



Small IT and telecommunication equipment

+2% since 2014



У земљама чланицама ЕУ количина генерисаног е-отпада на годишњем нивоу се процењује на **14 - 15 кг по становнику** (5 - 7 милиона тона годишње).



На основу слободних и оквирних процена, у Србији се генерише око **30.000 тона е-отпада годишње**, а постоји 40.000 тона заосталог е-отпада



Количина нових е-производа, који се годишње увезу и ставе на тржиште, у Србији износи 85600 тона .

Иако често садржи загађујуће и опасне материје, ее отпад је истовремено и **велики потенцијални резервоар елемената који се могу рециклирати**, што га чини "урбаним рудником".
Чак 70% е-отпада је могуће рециклирати!!!



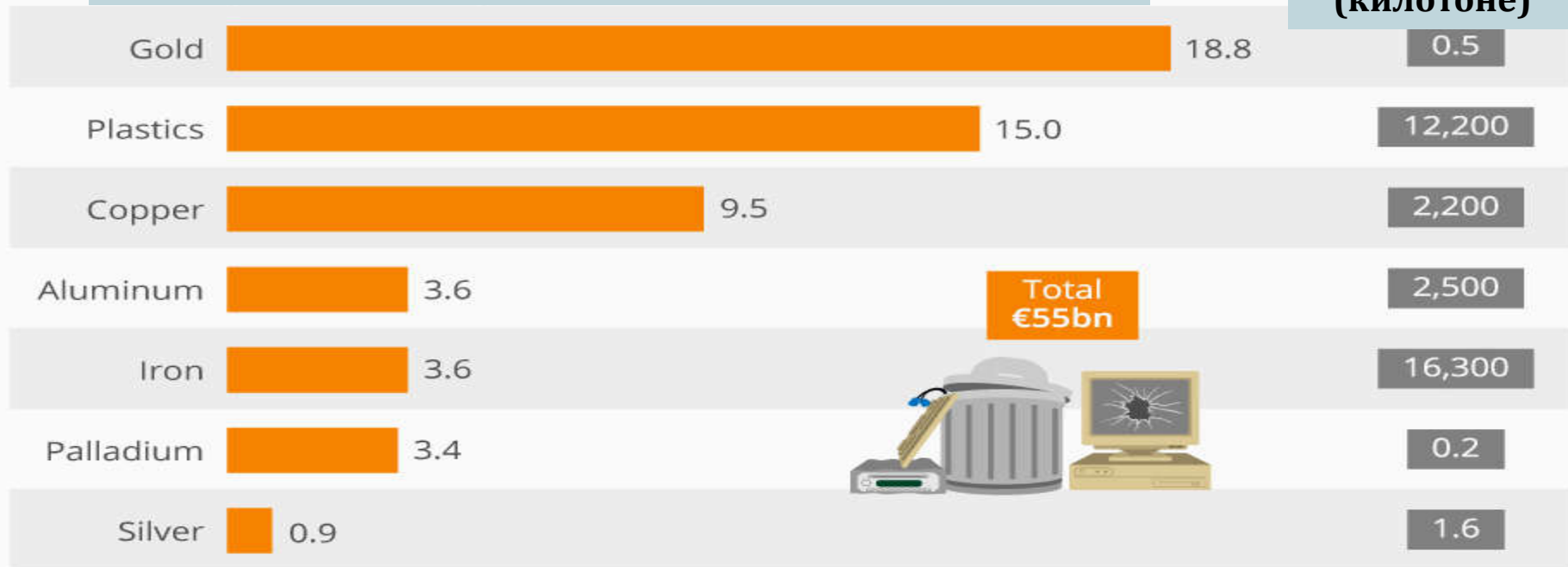


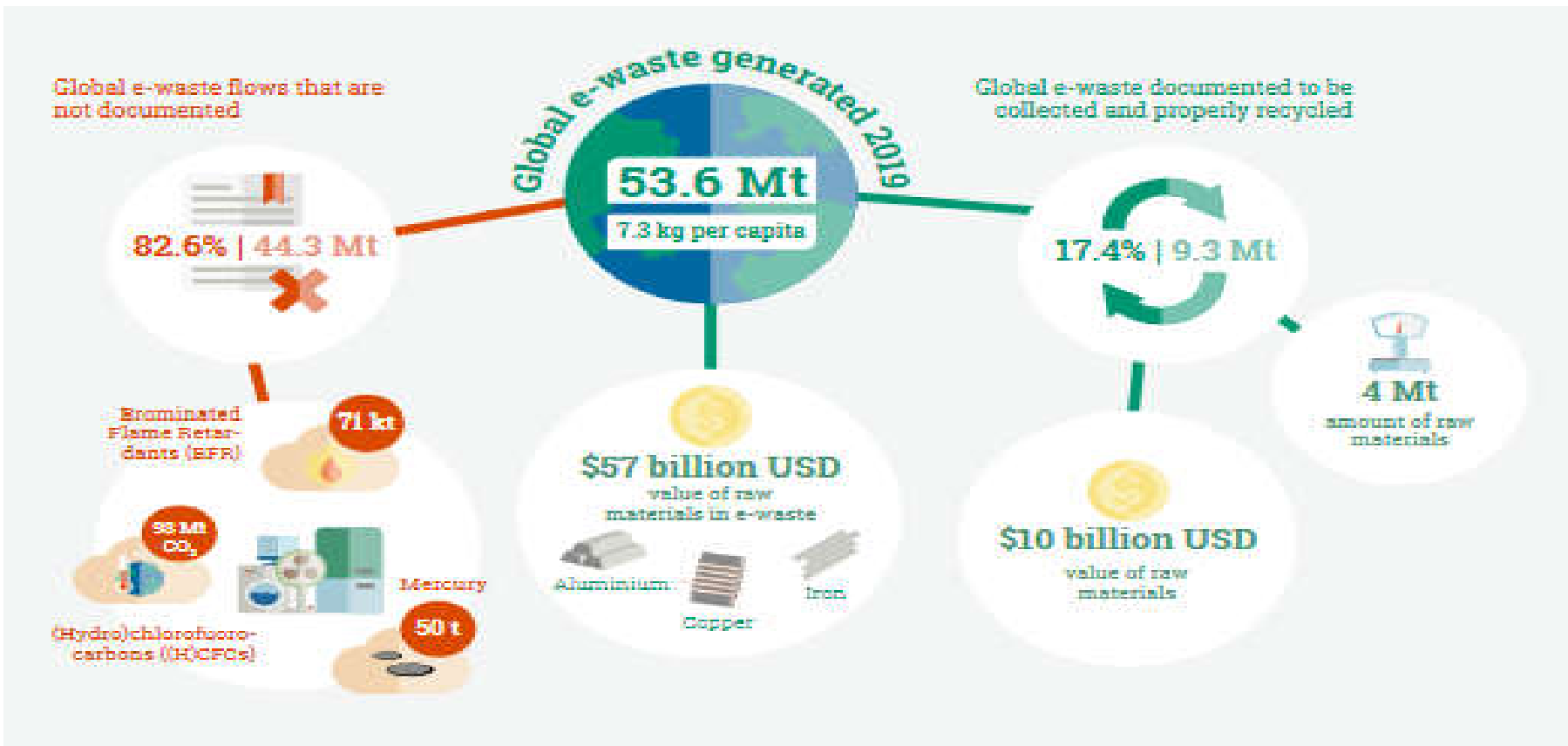
**Вредност материјала (злато,
сребро, паладијум, платина,
бакар...) у е-отпаду у 2014. била
је 48, а у 2016. чак 55 милијарди
евра!!!**

Потенцијална вредност и количина ее отпада у свету 2016.г.

Вредност у милијардама евра

Количина
(килотоне)





ПРЕДНОСТИ РЕЦИКЛАЖЕ У ОДНОСУ НА КОПАЊЕ РУДЕ

1 ТОНА
мобилних телефона



50-150g



БАКАР

3,7g



СРЕБРО

4,2g

500-700g

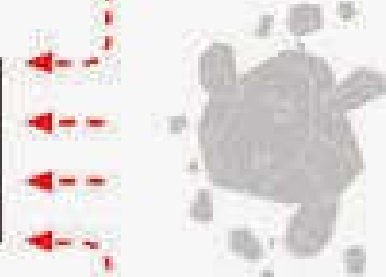
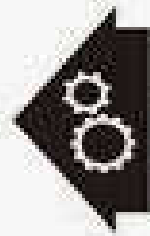


150-400g

ЗЛАТО

0,2g

1 ТОНА
руде злата



10 кг
одбачених
мобилних
телефона



Један златни
прстен



10 тона
руде
злата



Још 2001. студија спроведена од стране US Bureau of mines, показала је да количина злата која би могла бити искоришћена **само из одбачених рачунара у САД**, одговара количини злата која би се добила из **2 милиона тона златне руде!!!**



Рачунарска техника је са становишта количине генерисаног отпада и садржаја опасних материја вероватно најпроблематичнија јер је период коришћења ове технике **неколико пута краћи него код осталих ЕЕ производа!!!**



Између 1997. и 2007.год.
у САД је 500 милиона рачунара
постало отпад.



Microsoft са преко 500 хиљада
запослених мења сваке три године
рачунаре својим запошљеним!

Agbobloshie, у Гани је највећа депонија ее отпада.
Ту се складишти ее отпад, који се илегално шаље из Европе, САД, Кине и
Индије.



Гана увози око 215.000 тона ее отпада и
производи 129.000 тона (увоз ће се
дуплирати до 2020.године).



Десетине хиљада тона еее отпада,
илегално је, у половним
возилима, послато је у Нигерију
из лука осам земаља: око 20
посто из Немачке, 19,5 посто из
Велике Британије, 9,4 посто из
Белгије, 8,2 посто из Холандије,
7,4 посто из Шпаније, 7,3 посто
из Кине, 7,3 посто из САД-а и 6,2
посто из Ирске.

У Нигеријску луку Лагос
сваког месеца пристиже
око 400 хиљада старих
компјутера.
Чак 75% ове опреме је
неупотребљиво,
непоправљиво и не може
се продати.



Guiyu (Кина) је огроман прерађивачки центар, углавном
илегално увезеног е-отпада



Легални и илегални путеви депоновања ее отпада



Законска регулатива ЕУ и РС



Директива
(2002/95/ЕС) о
ограниченој
употреби одређених
опасних материја у
електричној и
електронској опреми

Директива
(2002/96/ЕС)
отпад од
електричне и
електронске
опреме

Директиве, предвиђају:

- Увођење **селективног прикупљања** и тиме смањење отпада из електроуређаја у комуналном отпаду.
- Обезбеђивање услова **за прераду отпада**
- Прилагођавање **дизајна производа** тако да се омогуће демонтажа, поновна употреба и рециклажа
- Означавање производа и делова
- Информисање о саставу производа, могућности прераде, поновне употребе и рециклаже итд.





Директиве су 2010.године,
пренешене и у нашу регулативу,
доношењем

***Правилника о листи
електричних и електронских
производа, мерама забране и
ограничења коришћења
електричне и електронске
опреме која садржи опасне
материје, начину и поступку
управљања отпадом од
електричних и електронских
производа („Сл. гласник РС”,
бр.99/2010)***

ЛИСТА РАЗРЕДА ЕЛЕКТРИЧНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ОПРЕМЕ



ЛИСТА РАЗРЕДА ЕЛЕКТРИЧНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ОПРЕМЕ (према нашем Правилнику)

1. RAZRED Veliki kućni aparati	2. RAZRED Mali kućni aparati
3. RAZRED Oprema za IT i telekomunikacije	4. RAZRED Oprema široke potrošnje za razonodu
5. RAZRED Oprema za osvetljenje	6. RAZRED Električni elektronski aparati
7. RAZRED Igračke za rekreaciju, razonodu	8. RAZRED Medicinski pomoćni aparati
9. RAZRED Instrumenti za praćenje i nadzor	10. RAZRED Automati

У ЕУ 54 категорија ее производа сврстано у 6 категорија ее отпада



1. Temperature exchange equipment: more commonly referred to as cooling and freezing equipment. Typical equipment includes refrigerators, freezers, air conditioners, and heat pumps.



2. Screens and monitors: typical equipment includes televisions, monitors, laptops, notebooks, and tablets.



3. Lamps: typical equipment includes fluorescent lamps, high intensity discharge lamps, and LED lamps.



4. Large equipment: typical equipment includes washing machines, clothes dryers, dishwashing machines, electric stoves, large printing machines, copying equipment, and photovoltaic panels.



5. Small equipment: typical equipment includes vacuum cleaners, microwaves, ventilation equipment, toasters, electric kettles, electric shavers, scales, calculators, radio sets, video cameras, electrical and electronic toys, small electrical and electronic tools, small medical devices, small monitoring, and control instruments.



6. Small IT and Telecommunication equipment: typical equipment includes mobile phones, Global Positioning System (GPS) devices, pocket calculators, routers, personal computers, printers, and telephones.

E-waste systems and schemes do not yet cover any kind of batteries, accumulators, or electrical components of vehicles.

1. Велики кућни апарати (фрижидери, замрзивачи, машине за прање и сушење веша, машине за прање посуђа, микроталасне пећи, апарати за грејање, бојлери, опрема за климатизацију)





2. Мали кућни апарати

(усисивачи, пегле, тостери, фритезе, уређаји за шишање, сушење косе, прање зуба, бријање, ваге, сатови, ваге)



**3. Опрема за informatичке
технологије (ИТ) и телекомуникације**
(лични рачунари, преносни рачунари,
штампачи, опрема за копирање,
телефони, мобилни телефони, факс
уређаји)

**4. Опрема широке потрошње за
разноду**
(радио апарати, телевизијски апарати,
видео рекордери, хи-фи уређаји, музички
инструменти)

5. Опрема за осветљење

(флуоресцентне сијалице, натријумове сијалице, сијалице са жарећом нити, остала расветна опрема)



6. Електрични и електронски алати

(бушилице, тестере, шиваће машине, алати за кошење и друге баштенске послове)



7. Играчке, опрема за рекреацију (разоноду) и спорт

----- (електрични возићи, ручне конзоле за видео игре, видео игре, спортска опрема са електричним или електронским компонентама, друге играчке) -----



8. Медицински помоћни уређаји

(радиотерапијска опрема, кардиолошки уређаји, уређаји за дијализу, апарати за анализу, апарати за хлађење)



**9. Инструменти за
праћење и надзор**
(детектори дима,
регулатори
загревања,
термостати, уређаји
за мерење)



10. Аутомати

(аутомати за топле напите, аутомати за чврсте производе, банкомати, аутомати за боце или лименке, покер апарати)



Састав ее отпада

Зависи од типа производа, али у значајној мери и од подручја са кога потиче тј. степена развијености земље

(развијене земље - савремени производи - мање токсичних материја и обрнуто)

Садржај једне тоне мешовитог електронског отпада

Gvožđe	35 – 40%
Bakar	17%
Olovo	2 – 3%
Aluminijum	7%
Cink	4 – 5%
Zlato	200 – 300 grama
Srebro	300 – 1000 grama
Platina	30 – 70 grama
Vlakna i plastika	15%
Papir i nalepnice	5%
Ostatak koji se ne može reciklirati	3 – 5%

Садржај метала и њихових једињења

- ▶ **Гвожђе, Алуминијум – конструкцијске сврхе** (израда рамова и покретних делова)
- ▶ **Бакар - главни проводнички елемент** у унутрашњости електроуређаја, у меморији рачунара, у кабловима итд.
- ▶ **Олово** – у стакленој матрици сваке предње табле екрана (скоро 27% од састава екрана)
- ▶ **Жива** - у кућним сијалицама, у лаптоповима (0,12 до 5мг)
- ▶ **Цинк** – у форми сулфида заједно са другим металима чини лумисцентну компоненту у унутрашњости екрана, која има улогу трансформације електричне енергије у светлосну.
- ▶ **Литијум** – резервне батерије у основној табли рачунара, батерије у notebooku
- ▶ **Хром** – користи се као додатак за повећање тврдоће или против корозије у челичним кућиштима
- ▶ **Кадмијум** – мали отпорници, полупроводници, чипови итд.

Садржај пластичних маса у електроуређајима

Електронски отпад садржи смешу неколико врста пластике, групно назване **техничка термопластика**. Ту спадају:

- ▶ Полистирен високе густине (HDPS) – 5%
- ▶ Акрилонитрил-бутадиен- стирен (ABS) - 57%
- ▶ Поликарбонат/ Акрилонитрил-бутадиен- стирен (PC/ABS) – 2%
- ▶ Полифенилен – оксид (PPO) – 36%

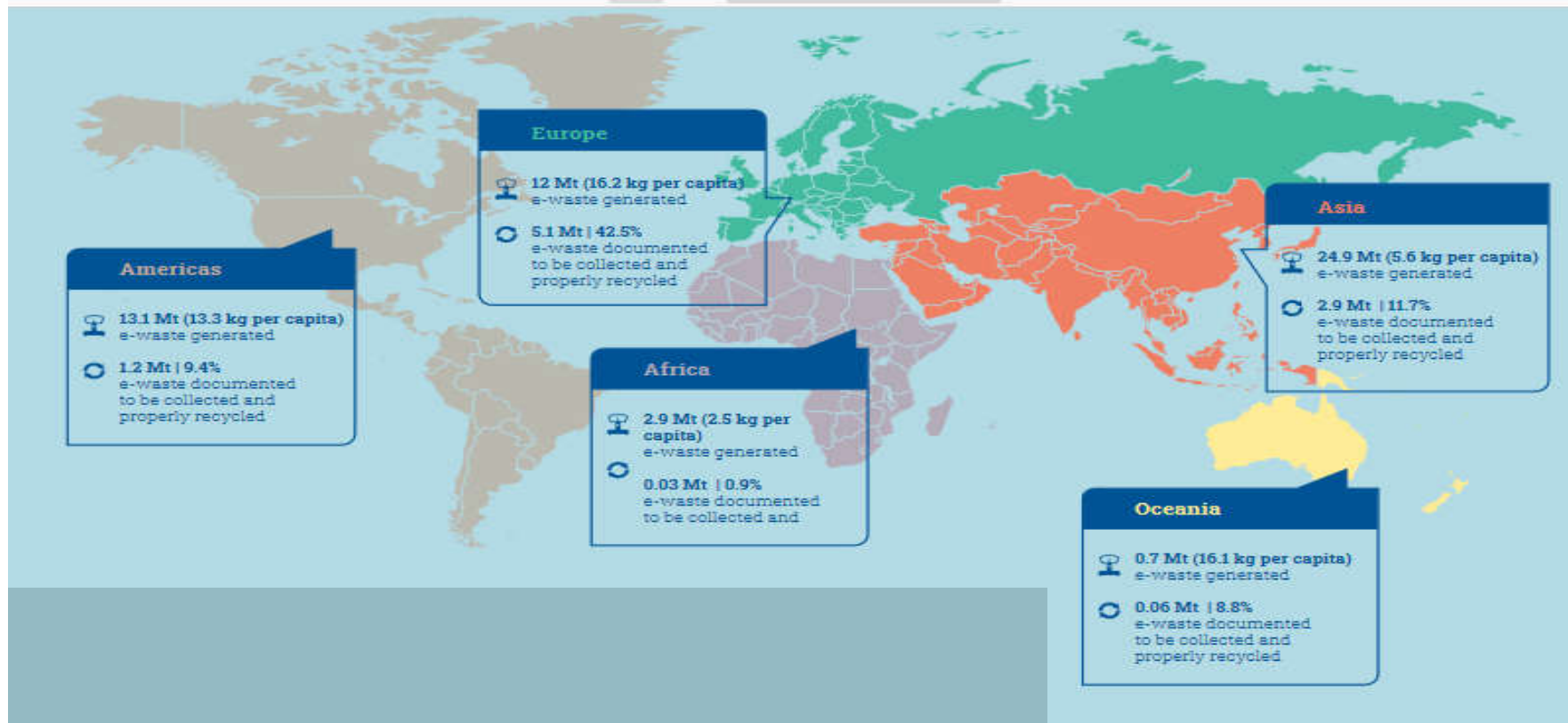
Друге врсте пластике могу се користити као изолациони материјал нпр. полиетилен.

Неке врсте пластике садрже метале и друге материјале (у изолацији каблова се налазе кадмијум и олово који штите пластику од ломљења)

РЕЦИКЛАЖА ЕЕ ОТПАДА

У 2019. години **само је 17,4 % ее** отпада званично документовано, као формално прикупљено и рециклирано.

2018. године, у свету је, постављен циљ да се повећа глобална стопу рециклирања ее отпада на 30% до 2023.



Технолошки поступци рециклаже

Крећу се у два смера:

- ▶ *поновна употреба функционалних делова уређаја,*
- ▶ *прерада осталих делова у секундарне сировине.*
- ▶ Четири поступка се употребљавају за рециклирање електронског отпада:
 1. **Растављање опреме, ручно одвајање делова који се могу поново употребити у производњи**
 2. **Механичко уклањање штетних делова, а затим уситњавање и резање**
 3. **Пречишћивање (спаљивање)**
 4. **Хемијски процеси.**

Технологије рециклаже старих електроуређаја

Центри за рециклажу старих електроуређаја, састоје се из тзв. модула за:

- ▶ **Тестирање**
- ▶ **Демонтажу**
- ▶ **Добијање метала**
- ▶ **Добијање пластике**
- ▶ **Добијање стакла**

Модул за тестирање

Овде се довозе дотрајали електроуређаји који нису механички оштећени, па се у процесу тестирања ***идентификују компоненте које се могу даље продати.***

Тестирање се врши у две фазе.

- ▶ У првој се **производ тестира као целина**. Ако је исправан, прослеђује се на даљу продају.
- ▶ Друга фаза тестирања врши се **уколико уређај није исправан. Тада се он одводи на демонтажни модул, где се расклапа на компоненте, које се враћају опет у модул за тестирање.**

Нефункционалне компоненте се одвозе на даљу обраду, а функционалне на продају.

Модул за демонтажу

*Растављене компоненте за
које се претпоставља да се
могу продати одлазе
(враћају се) у модул за
тестирање*

*Остали делови се прослеђују у
модуле за добијање
секундарних сировина
(модули за добијање стакла,
метала и пластике).*



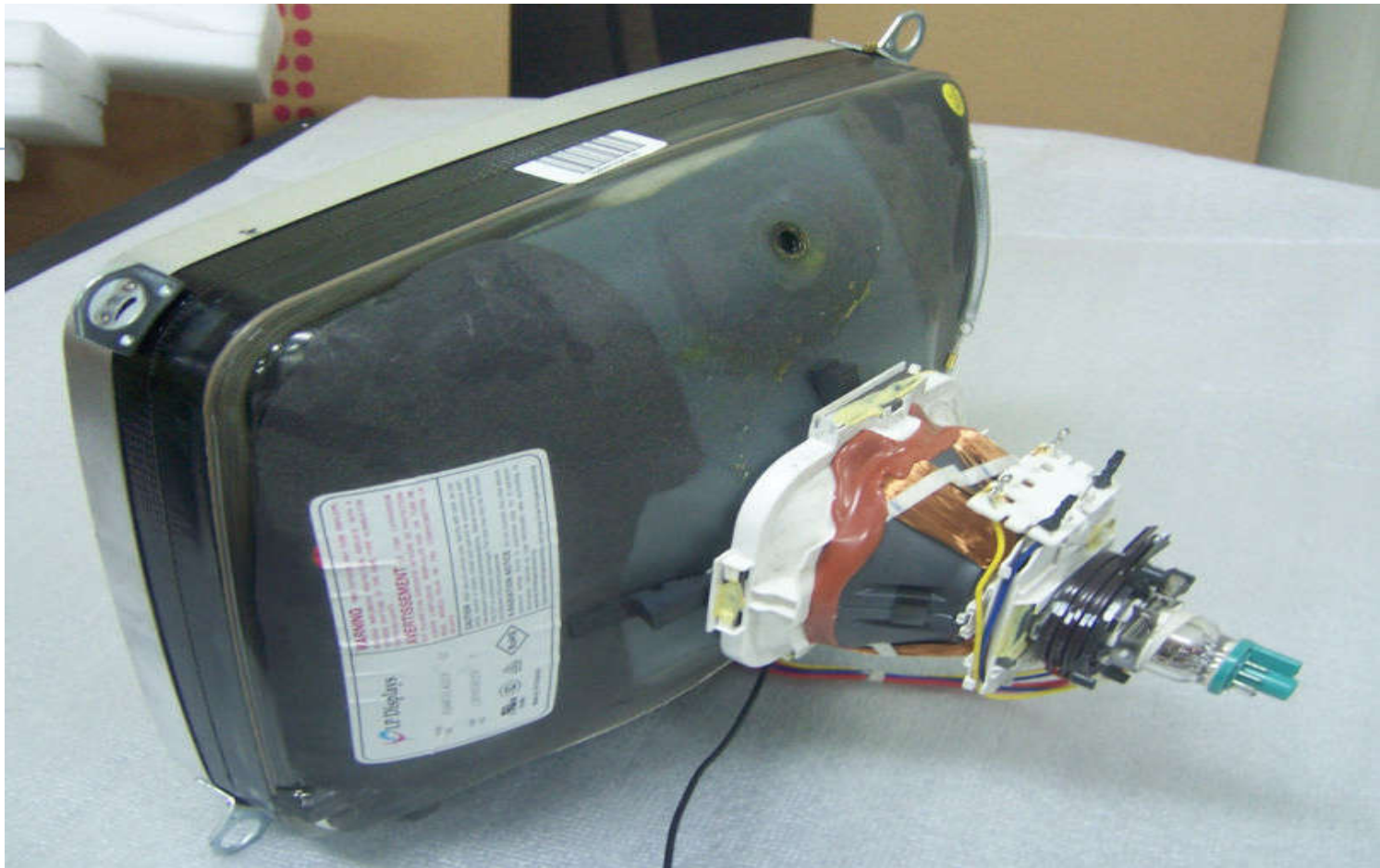
Модули за добијање секундарних сировина

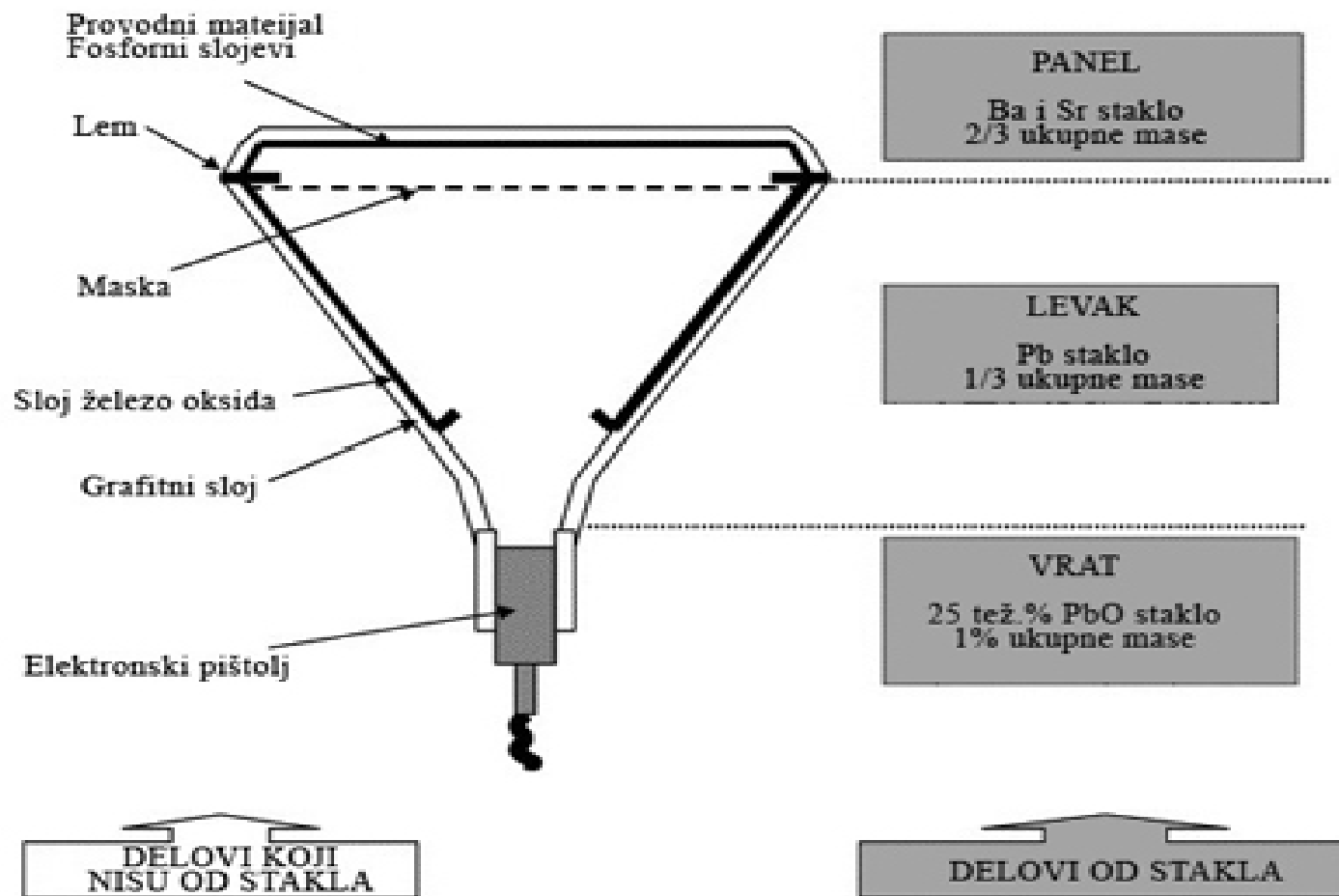
- ▶ Ови модули представљају комбинацију ручних, електричних и пнеуматских инструмената.
- ▶ **У модул за добијање стакла довозе се екрани телевизора и монитора**
- ▶ **У модул за добијање пластике се довозе делови од пластике, а то су углавном спољашњи делови уређаја.**

Поступак рециклаже монитора и екрана

Већина класичних (CRT) екрана састоји се из неколико основних делова:

1. **предњег панела (екрана)** (2/3 укупне масе) – баријум стронцијум оксидно стакло,
2. **дела у облику левка (звона)** (1/3 укупне масе) - стакло са оловним оксидима,
3. **споја екрана и левка** - лако топиво стакло са оловним оксидима
4. **Врата** (1% укупне масе)– стакло са високим садржајем оловних оксида.





Процес прераде стакла у којем се добија чисто уситњено стакло састоји се од следећих фаза:

- **Допрема монитора**
- **Одвајање појединих делова монитора**
- **Сортирање појединих делова**
- **Уклањање луминофора са предњег панела**
- **Сортирање предњих панела**
- **Ломљење стакла**
- **Чишћење и уклањање металних делова**

-
- ▶ Пре почетка прераде стакла потребно је са екрана **одстранити силиконске заптиваче и разне штитнике.**
 - ▶ Са монитора се **прво одсеца предњи панел од задњег левкастог дела монитора помоћу ротационих тестера** (у малом простору са воденим млазовима).

-
- ▶ Затим се **уклања луминофор брушењем и усисавањем под високим притиском**
 - ▶ Следи **визуелно сортирање стакла са предњих и задњих панела монитора, у зависности од боје стакла.**
 - ▶ Панели се испитују УВ зрацима и сврставају према количини олова
 - ▶ Стакло се **ломи двостепено на ротирајућим справама за ломљење**

-
- ▶ Опасни **оксиди олова** који штите кориснике од зрачења (у **класичном монитору налази се од 1 до 1,5кг оксида олова**), морају се одстранити из стакла.
 - ▶ Поред стакла, постоје и делови који нису од стакла и представљају такође опасне материје (**фосфор и кадмијум** налазе се у луминофору -на унутрашњој страни екрана – фосфорна зрна)

-
- ▶ Резултат је стаклена ломљевина величине око 1цм
 - ▶ После ломљења следи завршно **чишћења стакла у мокрим абразивним купатилима**
 - ▶ Последња фаза прераде стакла је **магнетно одвајање** којим се одстрањују метални делови.
 - ▶ Стаклени лом се продаје произвођачима стакла

Модул за добијање пластике

- ▶ Овде се прерађују пластични делови и пластични делови у комбинацији са металним деловима који се могу лако одвојити
- ▶ Прерада пластичних делова састоји се из 4 фазе:
 - **Ломљење**
 - **Чишћење**
 - **Одвајање пластике у поједине врсте**
 - **Идентификација пластичних делова**

-
- ▶ Смањење димензија врши се ломљењем
 - ▶ Чишћењем се омогућују одвајање и идентификација
 - ▶ После првог ломљења када су делови око 12мм, следи магнетно одвајање металних делова
 - ▶ У другом ломљењу величине делова се свODE на 6мм.

-
- ▶ По завршетку ломљења следе **чишћење воденим млазовима и сепарација појединих делова пластике**

Сепарација се одвија у три фазе:

- **Сепарација у хидроциклонима**
- **Флотација**
- **Електростатичка сепарација**

Модул за добијање метала

Процес се састоји из два одвојена процеса:

- ▶ Први је **добијање метала из електронских плоча** (заступљене у 20% свих ЕЕ уређаја)
- ▶ Други је **обрађивање других, претежно металних делова, који се добијају демонтажом**
- ▶ Велики метални делови (челични и алуминијумски) одвајају се, међу и продају прерађивачима метала.
- ▶ Овим процесима метали нису довољно одвојени од нечистоћа и немају велику вредност, па се врши **електромагнетна сепарација и водено чишћење**

Поступак рециклаже рачунара

Рачунарска опрема садржи различите компоненте као што су штампане електронске плоче, прекидачи, монитори са катодним цевима (CRT монитори) или панелом од течних кристала (LCD или TFT монитори) , батерије, хард дискове, генераторе светлости (лампе), кондензаторе, отпорнике, релеје, сензоре, конекторе итд.

Ове компоненте у себи садрже супстанце које могу угрозити животну средину.

Углавном су то тешки метали попут живе, кадмијума и хрома, халогеноване материје (ПЦБ), ПВЦ материјали, бромовани успоривачи горења, арсен, азбест, никл и сл.

Сходно хијерархији правилног управљања отпадом прво се врши провера исправности и функционалности преузете рачунарске опреме.

Проверу исправности и функционалности врши на почетку процеса квалификовани радник уз поштовање прописаних процедура и правила којима се испитује исправност.

Уколико се коришћена рачунарска опрема може довести у функционално стање, она се преноси у магацин готове робе, а одатле се донира или враћа на тржиште.

Коришћена рачунарска опрема која се не може довести у функционално стање, преноси се у рециклажни део на расклапање и растављање на саставне компоненте које се обавља на специјалним радним столовима.

Паралелно са процесом расклапања и растављања рачунарске опреме на саставне компоненте, одвија се и процес сепарације, где рециклер одмах и разврстава саставне компоненте на рециклабилне (секундарне сировине) и нероциклабилне.

Генерално, из једне рачунарске јединице (рачунар, ЦРТ монитор и штампач) добија се следећи материјални биланс, срачунат на укупну тежину рачунарске јединице:

- Пластика и делови од пластике 22,5 мас%
- Метал и делови од метала 35,0 мас%
- Штампане плоче 7,5 мас%
- Остало 35,0 мас%

Материјални биланс рачунарског монитора

Материјал	Масени удео (%)
-----------	-----------------

ЦРТ екран	63.22
-----------	-------

Пластика	17.45
----------	-------

Матали	5.50
--------	------

Трафо	2.96
-------	------

Каблови	2.78
---------	------

Штампана плоча	2.55
----------------	------

Остало	2.54
--------	------

Поступак рециклаже рачунара



У погону за рециклажу се прво обавља преглед и ручно расклапање рачунара на компоненте, што, углавном, није опасан процес за раднике.

Након сортирања, већи део даље обраде обавља се уз помоћ машина које спречавају ширење штетних хемикалија које могу бити ослобођене у овом процесу.

Пластични делови се мељу у специјалним млиновима, перу, суше и претварају у секундарну сировину за употребу у индустрији пластичних маса.

Слично се дешава и са осталим компонентама: оне пролазе кроз млинове а различите материје се из рачунарског гранулата издвајају према својој природи – метални делови уз помоћ магнета, други елементи уз помоћ одговарајућих хемијских процеса итд.

Оно што је важно нагласити јесте да овакви погони према строгим прописима морају да филтрирају издувне гасове и отпадну воду и да на сваки начин спрече угрожавање животне средине.

ПИТАЊА?

