

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Индустијски дизајн

Број индекса: 319/2016

Софија М. Петровић

Моделирање и оцена дизајна калорифера

-мастер рад-

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Лозица Ивановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да

- опише основне карактеристике дизајна производа са аспекта животне средине,
- конципира и моделира ново, еколошки унапређено решење производа,
- представи примену изабраних алата и метода за редизајн производа према критеријумима заштите животне средине
- оцени производ применом екоиндикатора.

Препоручена литература:

[1] Лозица Ивановић , Синиша Кузмановић, Мирослав Вереш, Милан Рацков, Биљана Марковић, Индустијски дизајн, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.

[2] Ненад Зрнић, Дизајн и екологија одрживог развоја производа, Београд 2012.

[3] Ивица Глумпак, Утицај сустава за управљање околишом на животни циклус производа, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб 2009.

Крагујевац, август 2018. године

Ментор:

Др Лозица Ивановић, редовни професор

Изјава:

Изјављујем да сам овај мастер рад урадила самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

319/2016 Софија Петровић

РЕЗИМЕ

Овим радом укратко је приказана идеја одрживог развоја у оквирима производње, уз осврт на поједине приступе, концепте и методе. Надаље, представљена је *LCA* (*Life Cycle Assessment*) анализа као аналитички "алат" погодан за примену у оквиру већине концепата и метода развијених у циљу постизања чистије производње (или производње према начелима одрживог развоја). У складу са задатком рада, кроз разраду примера, приказана је *Eco-it* метода за примену *LCA* анализе у оквирима приказивања технолошког процеса производа, након чега је извршен редизајн производа ради остваривања бољих перформанси и поновна анализа ради прегледа остварених резултата.

Кључне речи: одрживи развој, екологија, *LCA*, *Eco-it* метода, калорифер.

ABSTRACT

This paper summarizes the idea of sustainable development in production frameworks, with an overview of individual approaches, concepts and methods. Furthermore, *LCA* (*Life Cycle Assessment*) analysis is presented as an analytical tool suitable for application within most concepts and methods developed to achieve cleaner production (or production according to the principles of sustainable development). In accordance with the task, through the development of the example, the *Eco-it* method for the application of *LCA* analysis in the presentation of the technological process of the product is presented, after which the product redesign was performed to achieve better performance and re-analysis for the review of the achieved results.

Key words: sustainable development, ecology, *LCA*, *Eco-it* method, calorifier.

Садржај:

1. Увод.....	1
2. Одрживи развој.....	2
2.1 Разлог настанка одрживог развоја.....	2
2.2 Појам и дефиниција одрживог развоја.....	3
2.3 Критеријуми одрживог развоја.....	5
3. Еколошки приступ производњи.....	6
3.1 Индустриска екологија.....	6
3.2 Еколошки приступи производњи.....	7
3.3 Еко-дизајн (Производња фокусирана на производ).....	7
3.4 Чиста производња.....	9
3.5 Еко-ефикасност.....	10
3.6 Приступи еколошком дизајнирању производа.....	11
4. Процена животног циклуса производа.....	12
4.1 <i>LCA</i> метода.....	12
4.2 Историја развоја <i>LCA</i> методе.....	13
4.3 Фазе <i>LCA</i> анализе.....	13
4.3 Софтвери за прорачун <i>LCA</i>	14
4.4 Метода „ <i>ECO-it 99</i> ”.....	14
5. Анализа <i>ECO-it 99</i> на примеру калорифера.....	17
5.1 Опис производа.....	17
5.2 Дефинисање животног циклуса.....	22
5.3 Класификовање материјала и процеса.....	22
5.4 Израчунавање бодова.....	24
5.5 Анализа резултата.....	30
6. Редизајнирање кућишта ради остваривања бољих перформанси калорифера.....	31
6.1 Моделирање унутрашњих делова калорифера.....	31
6.2 План моделирања кућишта.....	34
6.3 Моделирање кућишта.....	36
7. Анализа <i>ECO-it 99</i> на примеру редизајнираног калорифера.....	41
7.1 Класификација материјала и процеса редизајнираног калорифера.....	41
7.2 Израчунавање бодова.....	42
7.3 Дискусија резултата.....	45
8. Закључак.....	49
Литература.....	51
Списак слика.....	52

1. Увод

У данашње време људи се баве стварањем различитих типова апарата, који су све више распрострањени у разним сферама наших живота. Апарати, или разноврсни уређаји, су временом постајали све сложенији и захтевнији, а све у сврху олакшавања живота људи, односно подизања животног стандарда. Временом је човек развијао своје способности да осмисли системе који ће му олакшати живот. Како се човек развијао, тако се развијала и наука која га прати у свим сферама његовог живота. Уз помоћ науке може се боље схватити у каквом окружењу се живи, које су све предности и недостаци нашег окружења и како могу да се искористе њена богатства с циљем олакшавања живота.

Временом се код човека јавила потреба за очувањем животне средине. Стварајући свет око себе какав се данас може видети, јавила се потреба да све што се направи буде еколошки прихватљиво и да постоји поверење да ће одређени системи функционисати без загађења околине.

Све већа сложеност система и све већи трошкови за њихов развој и експлоатацију у први план истичу екологију као научну дисциплину. Ово сазнање је значајно не само за професионалне наменске техничко-технолошке целине већ и за рад обичних кућних апарата, саобраћајних средстава, опреме и система намењених за најширу примену. То се не односи само на системе као целину, већ и на поједине саставне делове, подсклопове и склопове, дакле, на све елементе који утичу на функционисање система. Побољшање параметара сваког од њих, али и основних материјала и конструкционих карактеристика доприноси укупном очувању животне средине.

Идеја или иницијална каписла за подизање свести о потреби очувања животне средине јавила се појавом дрвне индустрије. Због неконтролисане сече шума јавили су се проблеми за очување планете, као и развоја свести о потреби за планом одрживог развоја планете. Одрживи развој означава развој друштава у складу са еколошким могућностима и способностима самообнављања ресурса које човек из природе користи.

Током напретка одрживог развоја и подизања свести о очувању животне средине појавила се потреба о стварању нових научних дисциплина, које ће се бавити овим проблемима. Као једна од тих наука појавила се екологија, која се бави свим проблемима и организацијом очувања животне средине.

Један од проблема екологије је брзи напредак цивилизације и стварање све сложенијих апарата без размишљања о њиховој штетности. Дизајн апарата није разматран са становишта екологије већ се само посматрала његова намена и тржишна добит. Као последица ових догађаја настао је еко-дизајн као научна дисциплина, која се бави дизајном апарата са становишта очувања животне средине.

У овом раду биће теоријски објашњено како екологија утиче на производњу и како је мења. Затим, на практичном примеру, биће представљено како малим променама у дизајну апарата може да се знатно утиче на очување животне средине.

2. Одрживи развој

2.1 Разлог настанка одрживог развоја

Од настанка човечанства човек тежи да околину прилагоди својим потребама. Та чињеница је омогућила брз развој цивилизације. Годинама се број људи на земљи повећавао, а тиме и њихов утицај на планету. Повећавањем броја људи повећала се и потреба за масовном производњом хране, одеће и других потроштина за комфорнији живот људи, тако да је индустријски начин производње у једном тренутку постао неопходан. Почеле су да се стварају фабрике за масовну производњу разноврсних ствари, да се троше природни ресурси без ограничења. Поред неконтролисане потрошње природних ресурса јавља се и загађење животне средине (планете) који је данас један од највећих проблема људи.

Штетни утицај производног процеса може се посматрати на следећи начин. Ако се узме у обзир да у неку фабрику улази одређена количина материјала и енергије и постоји један или више излаза материјала и енергије, може се закључити да штетни утицај може постојати и на улазу и на излазу из производног процеса. Први показатељ промена на земљи је појава дрвне индустрије. Наиме, због претеране експлоатације дрвећа, све је мање површина прекривених шумом, што доводи до ерозије тла, смањења производње кисеоника и многих других последица на околину. Дрвна индустрија и очигледне последице њеног настанка су довеле до буђења свести и схватања да је потребно заштитити околину од утицаја људи на њу.

Да би заштитили околину потребно је знати које су то ствари које загађују нашу околину и шта је најбитније у нашој околини. Најважније ствари у нашој оклини су вода, ваздух и земља. У наредном делу рада биће наведене неке од основних ствари које загађују и које стварају проблеме у одржању воде, ваздуха и земље чистим [1].

1. Вода

Вода се у индустрији користи на више начина. Вода, као најприступачније средство користи се за прање, чишћење или одвод материја које су у производњи отопљени. Може се користити и као средство за хлађење у машинама. Приликом ових поступака у води остају нечистоће које загађују околину уколико фабрика не поседује систем за прочишћавање воде. Такође, уколико се вода користи као средство за хлађење, штетно је ако се у околину враћа у загрејаном облику.

2. Ваздух

Највећи загађивачи ваздуха су:

- угљен диоксид (CO_2)
- угљен моноксид (CO)
- оксиди кисеоника (NO_x)
- оксиди сумпора (SO_x) и многи други.

Загађеност ваздуха се не може посматрати локално јер све супстанце имају велику мобилност и потребно је проблем загађења ваздуха посматрати на глобалном нивоу.

3. Земља

Неколико примера отпада који се одлаже на земљи:

- Отпад настао услед ископавања руде,
- Крупни отпад који настаје као нуспродукт производног процеса,
- Пепео и шљака, настали услед спаљивања горива,
- Амбалажа и
- Искоришћени производи.

Отпад одложен тако може деловати на околину на неколико начина. На пример, већина метала ће током времена кородирати, а продукти корозије ће завршити у дубљим слојевима земље или у подземним водама. Део распаднутог отпада, као што је биолошки отпад ће завршити у атмосфери у облику штетних гасова. Постоји и део отпада, као што је већина полимерних материјала, који није подложен разградњи. У том случају не говоримо о загађењу, већ о нечистоћи околине, јер једини начин на који предмет од таквог материјала утиче на околину јесте заузимање простора.

Велике дебате водиле су се у круговима заинтересованим за заштиту и очување животне средине још шездесетих година прошлог века.

У мају 1971. године одржана је међународна конференција која је окупила стручњаке за заштиту човекове околину. Резултати анализе стања су навели на закључак да је ниво нарушене равнотеже између човека и природе толико драматичан, да су упутили апел Уједињеним нацијама, који је потписало 2.200 научника из читавог света. Следеће године, 1972., одржана је прва конференција Уједињених нација о заштити људског окружења у Стокхолму, а најзначајнији резултат је формирање Програма Уједињених нација за околину (UNEP). Подстакнуте закључцима из Стокхолма, многе организације цивилног друштва почеле су активније да се баве еколошким темама, а сама идеја о одрживом развоју рођена је осамдесетих година двадесетог века управо у овим круговима [2].

Термином „одрживи развој” означен је развој друштава у складу са еколошким могућностима и способностима самообнављања ресурса које човек из природе користи. Најкраће - не узимати више него што природа може да обнови. У годинама које су уследиле дошло је до многобројних састанака на ову тему. Крајем двадесетог века су формулисани основни принципи одрживости и постављени су темељи за ширење идеје о одрживом развоју.

2.2 Појам и дефиниција одрживог развоја

Појам „одрживи развој” дошао је из шумарства (дрвне индустрије), како је већ поменуто у претходном поглављу, а односи се на међусобну усаглашеност пошумљавања новим дрвећем, и сече шуме. Примењујући принцип одрживог развоја, без смањења површине шуме, континуално се постиже нови прираст шуме, а да се не нарушавају шумска животна станишта (хабитати животиња, птица и многих других). Другим речима, у шуми се може посећи највише онолико старих стабала колико је нових засађено, тако да се у привредном погледу, као мото одрживог развоја може навести: Живети од профита, а не од основне супстанце! Другим речима, овај пример

нам говори о озбиљности проблема пред којим се налазимо тако да је неопходно повезати разне структуре друштва да би нашу околину учинили дуговечном.

Постоје разне дефиниције везане за одрживи развој и све се воде идејом о спајању различитих дисциплина са истим циљем. Једно од основних начела одрживог развоја је: „Одрживи развој је такав развој који задовољава потребе садашње генерације, а истовремено не угрожава могућност будућих генерација да задовоље своје потребе.” [3]. Овакво схватање одрживог развоја је проширивано и на друге дисциплине којима се људи баве, и стављена је тежња да се све дисциплине уједине у очувању околине.

Постепено, разумевање одрживог развоја проширило се на „три стуба одрживог развоја”, који поред животне средине обухвата економску сигурност и социјалну праведност, односно хармоничан друштвени развој. На слици 1 може се видети график који приказује симбиозу одрживог развоја и објашњава битност хармоничног односа друштва, економије и животне средине са истим циљем. Потребно је поставити стабилан економски раст који ће довести до стабилног друштва и повећати животни стандард свих људи, а у исто време очувати животну средину за будуће нараштаје.



Слика 1: Одрживи развој

Одрживи развој има за циљ раст ових дисциплина подједнако, а циљеви су [4]:

-Економски раст

Охрабривање одговорног дугорочног напретка при чему је обезбеђено да ниједна нација или друштво не заостаје.

-Чување природних добара и животне околине

Због будућих генерација је неопходно смањити трошење ресурса, зауставити загађење и очувати природна станишта.

-Друштвени развој

Широм света, људима је потребан посао, храна, образовање, енергија, здравствена заштита, вода и канализација. Људи имају потребу за културном и друштвеном разноликошћу и радним правима. Сви чланови друштва имају потребу за учешћем у креирању своје будућности.

2.3 Критеријуми одрживог развоја

Према УН-овој Комисији за одрживи развој из 1996. године, одрживи развој садржи четири дисциплине [1]:

- друштвену (вештине, преданост, искуство људи...),
- социјалну (стварање додатне вредности, повећање животног стандарда),
- еколошку (сума свих био-геолошких процеса и свих елемената укључених у њих),
- институционалну дисциплину (уређење норми и закона који одређују однос између чланова друштва).

Ове дисциплине се посматрају појединачно. Свака од њих има своја интересовања и задатке, и са тим сазнањем их је потребно посматрати, и наћи начин како их ујединити. Дисциплине имају различите задатке и приликом њиховог спајања, њихови задаци се могу међусобно подударати и искључивати истовремено. То значи да су потребна улагања у сваку од њих како би се сви задаци и услови који се стављају пред њих испунили. Већина модела, који се користе за оцену одрживог развоја, фокусирани су на развојне стратегије са гледишта друштва, самим тим на њихов утицај на пораст запослености и утицај на околину. Када се на овај начин посматрају задаци и проблеми успева се у томе да се све четири дисциплине одрживог развоја уједине.

Незапосленост је један од највећих социјалних проблема, па се смањење незапослености узима као социјални критеријум. Често је мишљење да су смањење утицаја на околину и повећање запослености у међусобном конфликту. То произлази из чињенице да је пораст запослености последица социјалног раста, а социјални раст повећава негативан утицај на околину. Може се закључити да постоји пропорционалан однос између запошљавања, социјалног раста и потрошње ресурса. Кључно питање је како уклонити ту везу, односно „помирити” све интересе.

3. Еколошки приступ производњи

3.1 Индустриска екологија

Да би се дефинисао термин индустриска екологија неопходно је поћи од дефиниције термина екологија. Термин екологија први је увео у употребу немачки зоолог Ернст Хекел давне 1866. године, а потиче од старогрчке речи *oikos* (οἶκος) што значи кућа. Екологија као наука данас има много дефиниција, али се све оне слажу у једном да је то наука која се бави интеракцијом свих живих организама међусобно, као и интеракцијама живог света са неживом околином. То значи да екологија проучава однос органског или неорганског света, појединачно и глобално, као и односе унутар њих самих [5].

Термин индустриска екологија појавио се у развијеним земљама крајем шездесетих и почетком седамдесетих година прошлог века и он осликава убеђење да модерна индустриска активност мора да објасни свој утицај на околину [6].

Једна лекција из екологије учи нас да екосистеми континуално рециклирају материју у сопственом циклусу. Управо ова лекција отворила је пут развоју индустриске екологије као посебне научне области, а у оквиру области заштите животне средине.

Термин индустриска екологија уведен је да би се могао разумети утицај индустриских система на животну средину. Овај оквир служи да се прво идентификују утицаји индустриских система на околину, а затим да се спроведе стратегија за редуковање тих утицаја. Проблем заштите и очувања животне средине је системски проблем и зато захтева системски приступ који једино може да обезбеди комплетан преглед и идентификацију проблема.

Индустриска екологија проучава физичке, хемијске и биолошке интеракције и њихове међусобне односе унутар и између идустриских и еколошких система. Такође, она проучава кретање масе и енергије кроз индустриске системе и њихову трансформацију у току производних процеса. Већина аутора сматра да индустриска екологија треба да обједини идентификацију проблема, стратегију њиховог решавања и да истовремено омогући индустриским системима хармонично функционисање по принципу одрживих екосистема.

Према томе, када се говори о индустриској екологији као посебној научној области, једноставно се може рећи да је то наука о интеракцији између индустриских и еколошких система. Међутим, треба нагласити да фокус проучавања може бити на различитим нивоима система што је овој области и донело статус научне дисциплине.

За савремени пословни тренутак веома је важна јасна перцепција проблема који спречавају заједнички живот човека и природе. Такође, битно је да се енергетски и материјални трошкови адекватно усмере кроз одговарајуће пословне системе. Полазећи од оваквих усмерења индустриска екологија поставља себи задатак да промени линеарну природу индустриског система по којој се из сировина добијају производи, нуспроизводи и отпад у циклични систем, за кога је отпад поновна енергија, сировина или пак процес. Дакле, за цикличан систем отпад постаје улазна сировина за неки следећи процес, што води ка увећању његове ефикасности и смањењу оптерећења природе [7].

3.2 Еколошки приступи производњи

С обзиром на утицај на околину, данас постоје 4 приступа производњи [1]:

1. Традиционални
 - Одлагање отпада/разлагање,
 - „End-of-pipe” - обрада и збрињавање отпада након што је већ створен.
2. Превентивни
 - Чистија производња уз минимизирање отпада,
 - Систем за управљање животном средином (EMS – „Environmental Managament System”),
 - Производња фокусирана на што ефикасније искориштавање расположивих ресурса.
3. Производња фокусирана на производ
 - Еко-дизајн.
4. Дематеријализација
 - Производња фокусирана на услугу која се путем производа пружа потрошачу.

У наставку рада биће представљена производња фокусирана на производ, као један од начина еколошког приступа производњи.

3.3 Еко-дизајн (Производња фокусирана на производ)

Када се размишља о квалитету производа, узимају се различити фактори који утичу на одабир оног „правог”.

Када се упореде два производа који имају исту намену, како се може одабрати који је бољи производ? Људи могу помислити да је тежи производ бољи, те се може доћи од претпоставке да тежи производ користи „боље” материјале. На пример, да уместо пластике неки производи користе метал, можда да бољи материјали продужавају радни век производа или се може помислити да је пластика слаба и јефтина. Поред материјала који се користе за одређени производ приликом куповине у одабир улазе дизајн и изглед самог производа. Поред материјала, и цена је битан фактор који утиче на одабир оног „правог” производа.

Данас људи немају довољно развијену еколошку свест. Приликом одабира производа ретко се дешава да утицај који производ има на нашу околину буде разматран. Зато се морају поставити одговарајућа питања при куповини. Који је утицај производ имао приликом производње на нашу планету, који су ресурси искоришћени, колико је енергије потрошено за саму производњу, колико је штетан приликом експлоатације и како ће се рециклирати на крају свог животног века? Зато се појавила нова дисциплина „еко-дизајн” [8].

Мотивација за имплементацију еко дизајна у производњу може се поделити на три главне групе:

Еколошки разлози: да би се осигурала нетакнута околина за будуће генерације, потрошња необновљивих извора и утицај на животну средину морају бити смањени. Еко дизајн је сигуран пут да се овај циљ претвори у стварност.

Економски разлози: имплементација еко-дизајна у компаније може довести до иновативних производа са побољшаним квалитетом. Ово може привући нове потрошаче. Еко-дизајн такође помаже у изградњи поверења и кредибилитета код

заинтересованих потрошача и постизању бољег угледа компанија. Смањење употребе материјала и енергије помаже у уштеди трошкова.

Друштвени разлози: побољшање квалитета живота, као и отварање нових радних места, који су главни фактори економске и политичке стабилности. Могу се обезбедити имплементацијом еко-дизајна.

Данас је идеја о еко дизајну широко распрострањена у различитим техничким дисциплинама као што су архитектура, грађевинарство, машинство или индустријски дизајн. Различите дисциплине користе израз „еко дизајн” на различите начине. Приступ еко-дизајна темељи се на приступу који се користи за развој производа.

Савремене компаније показују интересовање за имплементацију еко-дизајна. Ово није само зато што их закони и директиве приморавају на то, већ су схватили да је еко-дизајн део технологије усмерене ка будућности. Еко-дизајн се имплементацијом у технологију поред других предности сматра и штедњом трошкова, како за компаније тако и за околину.

Дизајнери имају кључну улогу у постизању одрживог економског и друштвеног поретка, и они морају осигурати да пружањем решења за један скуп еколошких проблема не повећавају друге. Осим тога, дизајнери су мајстори елеганције, стила и функционалности. Традиционално, питања која се разматрају у дизајну односе се само на функцију, изглед и финансијски аспект, али последњих година дизајнери и потрошачи почели су да загледају дубље у проблематику решења дизајна.

Еко-дизајн је намењен развијању еколошки прихватљивих производа и процеса. Нажалост, у многим прошлим ситуацијама спољашњи утицаји су игнорисани током фазе пројектовања нових производа и процеса. Међутим, промена за било који постојећи производ је тешка.

Еко-дизајн настоји да претвори глобалне и регионалне социо-еколошке проблеме у производе и услуге на локалном нивоу. Дизајн производа је центар за заштиту животне средине, јер одлуке о дизајну директно и индиректно одређују ниво коришћења ресурса и састав отпада.

Дизајн може имати утицај на животну средину на различите начине: кроз кориговање сировина, кроз дизајн производног процеса, како се производ користи и дистрибуира и шта се догађа када производ достигне крај свог радног века.

Данас је доступан мали број производа који имају „потпуну лепоту”, под којом се подразумева производ који има високу функционалност, али је еколошки прихватљив. Иако дизајнери имају кључну улогу у стварању еко производа и решења за околину, битне су радикалне промене понашања и смањење потрошње. Потрошња ће се увек наставити и стога је легитимно покушати смањити њен утицај на околину. Потражња за еко производима може бити кључна покретачка снага за развој производа који су у складу са околином.

Још једна пресудна тачка је маркетинг. Тржишни притисак игра главну улогу у подстицању промена у индустријама. Многи маркентишки стручњаци знају да иновације у области животне средине доносе предност на тржишту. Дизајнирање еко производа не поништава традиционалне критеријуме за добар дизајн, али доводи до неких нових захтева који се узимају у обзир.

Дизајнери морају размотрити широк спектар критеријума као део процеса дизајна: маркетинг, производња, финансирање и техничка подршка морају бити укључени у један заједнички процес. У поређењу са тим, убацивање екологије у све ове процесе може бити компликовано зато што је тешко бити свестан свих еколошких проблема који окружују дизајнерске одлуке. Поред тога, тешко је пронаћи детаљне информације о перформансама алтернативног материјала и процеса у окружењу.

Коначно, када се разматрају питања животне средине у индустријском дизајну, област одговорности дизајнера је обимнија него раније. Стога, дизајнери треба да имају за циљ стварање бољег дизајна за бољу заштиту животне средине.

С обзиром да инжењери у развоју производа нису нужно стручњаци за заштиту животне средине, имплементација еко-дизајна је и даље велики изазов. Утицај дизајна производа на његове еколошке перформансе још увек није јасно дефинисан у развоју производа. Али постоје правила којима еко-дизајн тежи. Нека од тих правила су наведена у наставку текста [9]:

1. Избегавати токсичне супстанце, односно када је њихова употреба неизбежна, осигурати њихово сигурно збрињавање.
2. Минимализирати потрошњу енергије и материјала у фази производње.
3. Минимализирати потрошњу енергије и материјала у фази употребе.
4. Потстицати поправке и надоградњу, уместо замене за нови производ.
5. Продужити век трајања производа, посебно производа који имају штетан утицај на крају животног века (штетне емисије приликом разлагања, немогућност рециклирања...)
6. Користити саставне делове од квалитетнијих материјала, како би се смањила маса производа, поштујући при томе потребна механичка својства и функционалност.
7. Користити квалитетније материјале, површинску обраду и заштиту, како би се производ заштитио од прљавштине, корозије и хабања.
8. Олакшати надоградњу, поправљање или растављање (због рециклирања), помоћу доступности делова, означавања, агрегатне структуре, приручника,...
9. Потстицати надоградњу, поправљање и рециклирање, на начин да се користи што мање врста материјала, једноставних рециклираних материјала, уместо мешавина материјала или легура.
10. Користити што мање делова, а за спајање користити стандардне спојне елементе.

На крају се може закључити да је еко-дизајн алат за дизајн производа у циљу смањења негативних утицаја на животну средину током целог животног циклуса производа, уз одржавање, или повећање његове функционалности односно вредности [9].

3.4 Чиста производња

Чиста производња је континуирано извођење свеобухватне превентивне стратегије заштите животне средине на процесима и производима са циљем смањења негативних утицаја на људе и животну средину.

Оваква производња у производним процесима укључује рационалнију употребу сировина, односно, воде и енергије, замену опасних сировина еколошки прихватљивијим, смањење токсичности емисија и отпада у води, ваздуху и земљишту [10].

На производима је стратегија усмерена на смањивање свих негативних утицаја на људе и животну средину у току целог животног циклуса производа, од добијања сировина до коначног одлагања дотрајалих производа.

На слици 2 је приказано стабло функционисања чисте производње и главне смернице којима се ова производња води.



Слика 2: Чиста производња

Чиста производња се темељи на смањењу отпада и емисија у току производње и поновној употреби отпада и емисија након производног процеса. Смањење отпада и емисија се решава на два нивоа.

Први ниво се своди на спречавање стварања отпада на улазу у производни процес и то тако што се мења или производ или процес производње. Процес производње се може променити на три начина: домаћинским пословањем, увођењем нових сировина или променом технологије.

Други ниво је заснован на унутрашњем рециклирању, односно да се у току производње вишак материјала рециклира и враћа на почетак производног процеса. Поновна употреба отпада и емисије односно, ниво три чисте производње, се своди на спољашње рециклирање и биолошки циклус. Спољашње рециклирање је процес у којем се рециклирају материјали након производног процеса, док постоје и материјали које се могу препустити биолошким циклусима без загађивања околине.

3.5 Еко-ефикасност

Еко-ефикасност је још један од концепата развијених у циљу контроле одрживог развоја. Као и већина концепата који се баве овом тематиком, еко-ефикасност се бави смањењем отпада насталог у производњи одређених производа, као и смањењем потрошње природних ресурса. Тежња овог концепта је пре свега повећати искоришћење улазних параметара у производњу.

Основна начела овог концепта су:

- смањити количину материјала који је потребан за стварање одређеног производа,
- смањити количину енергије која је потребна за стварање одређеног производа,
- повећати употребу обновљивих ресурса,
- продужити трајност производа,
- повећати број и квалитет услуга које производ нуди и многи други.

На слици 3, могу се такође видети основна начела еко-ефикасности, где се јасно може видети да су подељене у две фазе: фазу производње (дизајн) и фазу одржавања.



Слика 3: Еко-ефикасност

Јасно се може видети који су тачно задаци еко-ефикасности. Приликом дизајнирања потребно је смањити димензије и масу производа, а све у циљу смањења материјала утрошених за израду производа под условом да се не промени примарна функција производа. Ипак су потребни одређени материјали за израду производа, али их треба бирати тако да материјали буду обновљиви или да се користе материјали погодни за рециклажу. Са друге стране је употреба производа. Поред примарне функције самог производа треба додати још функција како би производ био мултифункционалан све у сврху смањења непотребног стварања више производа. Најбитније у овој области је повећање квалитета и осетљивости на трендове. Тиме се продужава радни век производа и елиминише непотребна куповину нових или стални ремонт, а осетљивост на трендове доноси то да ће производ у сваком тренутку бити погодан.

3.6 Приступи еколошком дизајнирању производа

Постоји више приступа еколошком дизајнирању производа, а они су:

Примена *LCA* методе (енг. *Life Cycle Assessment*), односно процена производа током његовог животног века, може се направити поређење између различитих конструкционих решења и одабрати оно које најмање утиче на околину.

Дизајн за растављање обухвата једноставно растављање производа на крају његовог животног века и једноставно издвајање материјала за рециклирање.

Уклањањем опасних материјала из производа може се драстично смањити негативан утицај на околину и људско здравље без претераног утицаја на дизајн производа.

Редизајнирање производа или производног процеса у сврху искоришћавања одрживих материјала и чешћих производних поступака.

Рedefинисање производа или услуге у решење које је одрживо, али и комерцијално исплативо.

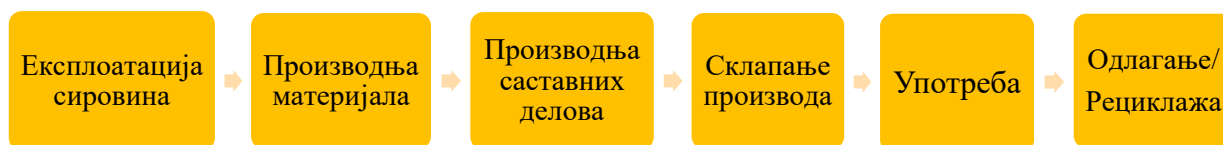
У наставку рада биће детаљније описана примена *LCA* методе.

4. Процена животног циклуса производа

4.1 LCA метода

Процена животног циклуса производа (у даљем тексту *LCA*) је сет техника комбинованих заједно као једна објективна, систематична метода за идентификовање, класификацију и квантификацију количине загађења, утицаја на околину, као и материјалних и енергетских ресурса везаних за неки производ, процес или активност од идеје па све до краја животног циклуса (од колевке до гроба).

Животни циклус производа је веома важан концепт, поготово у данашње време када је конкуренција немилосрдна. Наиме, производ је све што се може наћи на тржишту, а да својим обликом и својим својствима задовољава одређену потребу. Појам „животни циклус” је преузет од биљака и животиња, јер и оне на неки начин као и производи имају свој почетак и крај живота. На слици 4, су приказане основне фазе животног циклуса производа.



Слика 4: Фазе животног циклуса производа

Циклус „од колевке до гроба” почиње експлоатацијом сирових материјала из околине, а завршава на начин да се сав материјал враћа у околину. Помоћу *LCA* методе процењује се утицај на околину у свим фазама животног циклуса, и то са гледишта интеракције. То значи да су све фазе у међусобној зависности, односно утицајем на једну фазу утиче се и на остале. Дакле, квалитетним решењем у фази конструкције производа, али и технолошке припреме, могуће је позитивно утицати на околину у свим фазама.

Због великог интереса о заштити околине и повећању свести о негативним утицајима на околину повезаним са процесима производње и потрошње, развијено је неколико метода („алата”) да би се што боље разумели и смањили ти негативни утицаји. У сврху животног циклуса производа развила се *LCA* метода или „Процена животног циклуса”. *LCA* је примарни аналитички алат индустријске екологије, који представља саставни и систематизовани преглед локалних, регионалних и глобалних утицаја и повезује њихове токове са производима, процесима, као и индустријске и државне секторе. *LCA* омогућава свеобухватну анализу последица производног процеса на околину [11].

Из претходног се може закључити да *LCA* метода постаје кључан алат у многим компанијама и организацијама који служи као подршка за истраживање и развој нових стратегија у циљу кретања ка одрживом развоју. *LCA* је моћан алат за квантификацију,

евалуацију, поређење и побољшање производа и услуга са аспекта њиховог потенцијалног утицаја на животну средину и самим тим помаже у идентификовању могућности за њихово смањење.

4.2 Историја развоја LCA методе

Употреба LCA метода датира још од 1963. године, мада је у почетку називана различитим именима, као што су: *Energy Analysis*, *Product Ecobalances*, *Resource and Environmental Profile Analysis (REPA)*, *Integral Environmental Analysis*, *Environmental Profiles*, *Product Line Analysis*, и *Integrated Chain Management*. Иако постоје различита тумачења око почетка примене LCA, постоји општа сагласност да је прва урађена LCA студија, она коју је спровела компанија „Coca-Cola” 1969. године у САД-у. Овом студијом су истражене алтернативне опције за паковање напитака. Истраживање је обухватило потрошњу енергије и материјала и последице по животну средину и названо је *REPA*. Отприлике у исто време, сличне студије, вођене проблемима у вези са потрошњом енергије и настанком отпада код паковања, су извршене у Европи (Шведска, Енглеска и Немачка). Прве LCA студије су већином биле усмерене на материјале коришћене код паковања производа. Нафтна криза 1973. године даље подстиче развој LCA ширећи интерес на детаљну енергетску анализу [12].

Пре појаве заједничких методских оквира и стандарда, резултати LCA студија су значајно одступали у зависности од примењеног приступа. Због тога, 1989. године се оснива *SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry)*, који представља прво међународно удружење које се бави хармоничним развојем LCA, кроз дефинисање научне основе којом се описују појмови и поставља први методски оквир. *SETAC* развија и први правилник који ће приказати како треба поступати приликом спровођења LCA студије. Развој овог правилника је био важан корак ка стандардизацији LCA, јер је представљао претечу за документе које ће објавити *ISO (International Organization for Standardization)*. *ISO* је почео са развојем LCA стандарда 1994. године и до 1997. године издаје први стандард (из серије) *ISO 14040* који је поставио процедуру за спровођење LCA студије. LCA је једна техника за испитивање и оцену негативног утицаја на животну средину. Оно што LCA чини јединственом је концепт „од колевке до гроба”, односно праћење утицаја током целокупног животног циклуса производа [11].

Сам концепт праћења производа током целокупног животног циклуса није новијег датума. Међутим, интересовање за LCA метод се шири тек крајем деведесетих година прошлог века након хармонизације и стандардизације овог поступка. Деведесетих година се усваја први приручник за извођење LCA анализе (1993. године), а затим се објављују и побољшана упутства за његово коришћење (2002. године). Данас, LCA је метода која је уређена међународним стандардом (*ISO 14040:2006* и *ISO 14044:2006*) и неопходна је алатка многих како у индустрији тако и у државним институцијама приликом процене утицаја производа, технолошких процеса и развоја прописа и закона од значаја за животну средину [1].

4.3 Фазе LCA анализе

ISO стандард укључује одређене фазе за излагање и потврђивање добијених резултата LCA анализе. Све фазе су јако битне за утврђивање штетности животног циклуса производа. Добијени резултати се користе за интерно доношење одлука јер се резултати добијају од чињеница које нису нужно усаглашене са стварним стањем. У наставку су приказане фазе LCA, која им је сврха и који се резултати очекују.

Интернационалном нормом, ISO 14040, дефинисане су 4 главне фазе за животни циклус производа:

Сврха и опсег - дефинисање производа или услуге који ће се оцењивати, дефинисати контекст у којем ће се процена радити, одредити границе и који утицаји ће бити испитани овом проценом;

Фаза пописивања и анализирања података - преглед енергије и сировина које се користе, али и емисија у атмосферу, воду и земљу;

Одређивање утицаја на околину - процена потенцијалних људских и еколошких учинака на употребу енергије, воде и материјала, као и враћања у околину, дефинисани у претходном кораку;

Интерпретација - вредновање резултата из претходна два корака и утицај на одабир повољних производа, процеса или услуга који ће имати мањи штетни утицај.

4.3 Софтвери за прорачун LCA

Постоји велики број различитих софтвера за спровођење LCA анализе, а неки од њих су наведени овде [13]:

- Sima Pro (PRé Consultants BV),
- EcoCalculator (The Athena Institute),
- ECO-it 99 (Pré Consultants BV),
- EcoLab version 5.1.2 (Nordic Port AB)
- Bees 4.0 (NIST – National Institute of Standards and Technology),
- EDIP PC-tool version 2.11 beta (Danish Environmental Protection Agency),
- GaBi 4 (PE Product Engineering GmbH),
- JEMAI-LCA (JEMAI, Japan Environmental Management Association for Industry),
- KCL Eco 4.1 (KCL, Finnish Pulp and Paper Research Institute),
- LCAiT 4 (Chalmers Industriteknik, Ekologik),
- PEMS v4.6 (Pira International),
- SPINE@CPM Data Tool 3.0 (CPM),

Број софтвера из подручја процене утицаја животног циклуса производа на околину константно расте. Постоје и бројни софтвери који су специјализовани за одређено подручје примене.

4.4 Метода „ECO-it 99”

Еко-индикатор метода (ECO-it 99) представља једну од најразвијенијих метода за оцењивање утицаја животног циклуса производа на животну средину. Ова метода је увела неколико нових принципа, као то да је довољно навести само главне материјале и процесе који чине срж производа. Материјали и процеси који су заступљени у производу у малом делу, а имају и мали број бодова, најчешће се занемарују, због свог малог утицаја.

На највишем хијерархијском нивоу, резултати се могу представити као један, обједињени, квантификовани резултат – еко-индикатор, који може олакшати посао пројектантима и менаџерима у производњи, процесу доношења одлука и у вези са штетношћу производа на животну средину [12].

Из података процене животног циклуса произилазе бројеви који изражавају укупан утицај производа или поступка на околину, названи су еко-индикатори. Што је

тај бројчани износ већи, већи је утицај производа на околину. Главни смисао еко-индикатора је упоређивање два производа или њихових делова.

Како би се смањиле грешке код рачунања еко-бодова (индикатора), а и олакшало сналажење у пописима материјала, поступака и слично (за које су бодови израчунати) препоручује се пет корака кроз које производ пролази [13]:

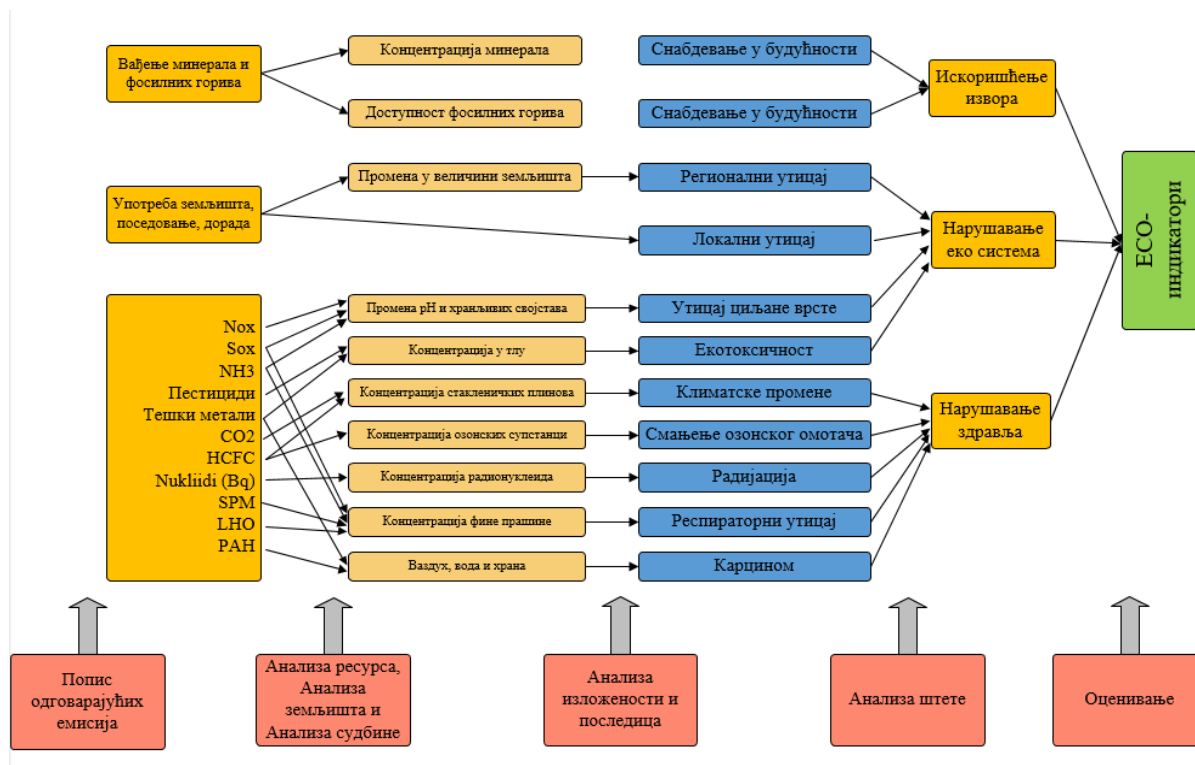
1. Описати производ - Сврха рачунања је добити брз поглед производа то јест његових могућих утицаја на околину. Битно је добро претпоставити употребу (поготово ако производ за употребу троши енергију) и одлагање производа то јест могућност рециклирања, јер бодови за рециклирање материјала имају негативне вредности и тако значајно доприносе смањењу еко-бодова.

2. Дефинисати животни циклус - Израдити шематски приказ животног циклуса производа обрађујући пажњу на производњу и начин употребе производа.

3. Класификовати материјале и процесе - За сваки материјал, процес обликовања, транспорт производа на тржиште и слично одредити јединицу. Проценити колики ће бити животни век производа и на основу њега израчунати потребну енергију за његову употребу, ако је енергија потребна.

4. Израчунати бодове - На основу материјала, обликовања, употребе и начина збрињавања пронаћи одговарајуће бодове и израчунати коначну вредност Еко-индикатора за производ.

5. Анализирати резултате - Треба напоменути да постоји читав низ добрих еко-индикатор метода као што су *Swiss eco point (SEP)* или *Environmental Priority System (EPS)*, али еко-индикатор метода је прикладнија за употребу код анализе савремених производа. На слици 5 је графички приказана Еко-индикатор метода.



Слика 5: Графички приказ Еко-индикатор методе

На слици 5 је дат шематски приказ поступка и начина како рачунарске апликације класификују и анализирају спољашње утицаје и како долазе до одређеног броја еко-бодова. На почетку су унете све спољашње емисије које се анализирају по штетности на земљиште и околину. Анализира се такође и како ће те последице да утичу на нашу околину и процењује се штета. На крају се подаци класификују у три групе: искоришћење извора, нарушавање еко система и нарушавање здравља, које доводе до одговарајућих еко-индикатора.

5. Анализа *ECO-it 99* на примеру калорифера

Анализа *ECO-it 99* на примеру калорифера, апарата намењеног за грејање просторија, рађена је коришћењем апликације *ECO-it 1.4.*, намењеној као потпора у доношењу еколошких одлука у фази развоја производа. Предност ове апликације је што није потребно спроводити комплетну *LCA* анализу, већ прати само пет корака. У случају да у бази података за тражени процес не постоје потребни подаци потребно је преко апликације *ECO-edit* израчунати еко-индикаторе који су потребни. У наставку следи поступак анализирања калорифера који је дефинисан методом *ECO-it 99*.

5.1 Опис производа

Калорифери (слика 6) су предвиђени за грејање стамбених објеката, хала, угоститељских, пољопривредних и осталих пословних објеката. Грејање калориферима је брзо, поуздано и економично. Предвиђени су за брзо загревање, а температура се контролише помоћу електронског терморегулатора, што омогућава прецизно подешавање температуре амбијента.



Слика 6: Калорифер

Сврха анализе на примеру калорифера је одредити укупни еко-индикатор животног циклуса калорифера, и затим одредити који процеси имају најзначајнији утицај на околину. У овом случају неће бити упоређивања два производа исте намене, већ анализа утицаја једног производа на нашу околину са циљем побољшања истог.

У овој анализи биће коришћен калорифер мале снаге и габарита првенствено намењен кућној употреби, фирме VIVAX. Конкретно користи се калорифер VIVAX FH-2025 (слика 6). Калорифер има снагу од 2000 W, поседује два степена брзине 1000/2000 W. Такође има променљиви термостат и заштиту од прегревања. Саставни делови калорифера су приказани табелом 1.

Табела 1. Саставни делови калорифера VIVAX FH-2025

	Назив	Маса (g)	Материјал	Количина
1.	Кућиште 1	235	PP пластика	1
2.	Кућиште 2	134	PP пластика	1
3.	Мотор	233	/	1
4.	Елиса	19	алуминијум	1
5.	Носач грејача	20	клингерит	1
6.	Грејач	10	NiCr легура	1
7.	Главни носач	40	PP пластика	1
8.	Кабл	47	Бакар/ EPDM гума	1
9.	Спојни елементи (завртњи)	20	Челик	14

У наредном тексту биће детаљније објашњен сваки од делова и само функционисање калорифера.

Кућиште 1 и кућиште 2

Кућиште сачињавају два дела, у овом случају названа кућиште 1 и кућиште 2. На слици 7 је приказано кућиште 1 фотографисано са предње (лево) и задње стране (десно), док је кућиште 2 приказано на слици 8 такође фотографисано са предње (лево) и задње стране (десно). Спајањем кућишта 1 и 2 добија се спољашњи изглед калорифера (слика 6).

Кућиште има масу од 369 g. Такође, на слици 6 могу се видети два прекидача помоћу којих се покреће калорифер и регулише температура и снага уређаја.



Слика 7: Кућиште 1



Слика 8: Кућиште 2

Кућиште је направљено је од *PP* пластике (полипропилена) који је линеарни угљоводонични полимер, а спада у групу засићених полимера и представља тврди термопластични полимер. Долази у облику белог или провидног прашка или гранула, али може бити и обојен пигментима.

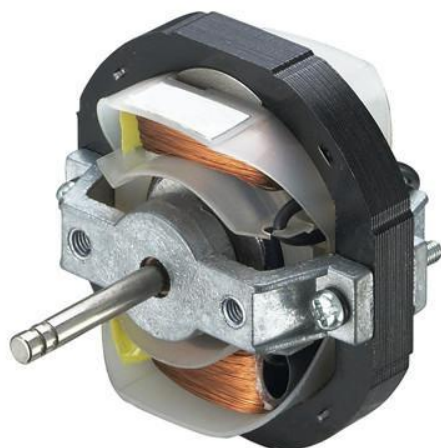
Полипропилен је један од најзаступљенијих материјала за производњу предмета од пластике. Користи се за производњу најразличитијих предмета, од производње влакана па све до производње предмета за широку потрошњу.

Овако широку примену има захваљујући добрим физичко-хемијским особинама које се могу подешавати додавањем различитих врста адитива. Особине које га одликују су: умерена еластичност, добра тврдоћа, добра отпорност на замор материјала, отпоран је на хемикалије и на топлоту.

PP пластика нема проблеме са пуцањем приликом напрезања и нуди одличну електро и хемијску отпорност. Особине овог материјала су сличне особинама полиетилена (*PE*), али такође постоје и специфичне разлике. Најбитније разлике су мања густина, већа чврстоћа и тврдоћа као и виша тачка топљења (око $160\text{ }^{\circ}\text{C}$), док се полиетилен топи на око $100\text{ }^{\circ}\text{C}$). Адитиви који се користе приликом производње свих комерцијалних врста полипропилена имају задатак да заштите полимер приликом производње и побољшају особине коначног производа. Адитивима се може решити и проблем деградације и уништавања макромолекула приликом излагања полипропилена *UV* зрачењу [14].

Мотор

Калорифер поседује мотор *YJ58-12C* габарита $55 \times 55\text{ mm}$ приказан на слици 9. Мотор има излазну снагу од 12 W и фреквенцију од 50 Hz . Мотор служи за покретање елисе и налази се у средишту конструкције.



Слика 9: Мотор YJ58-12C

Елиса

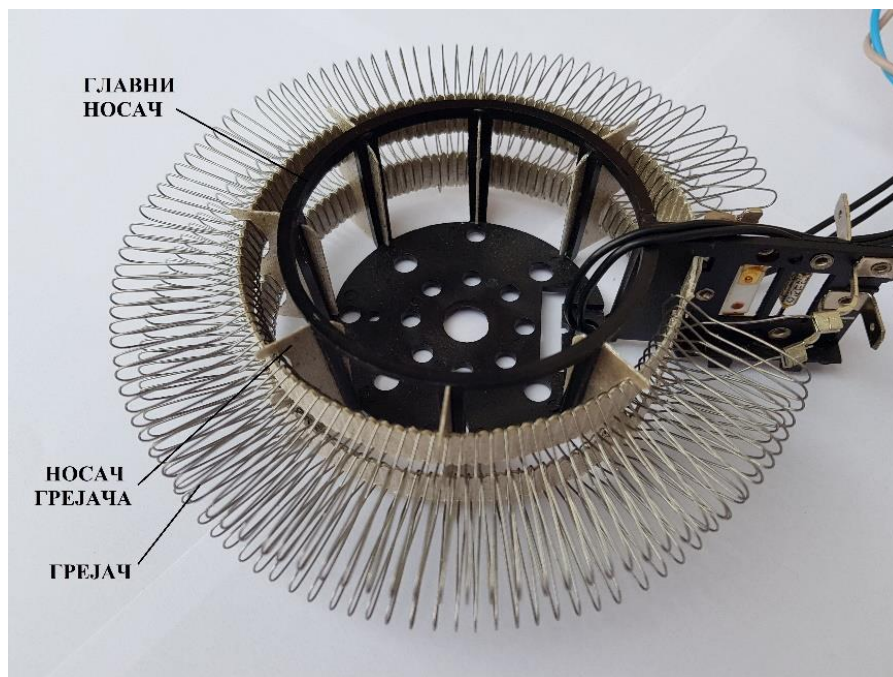
Елиса (слика 10) има масу од 19 g и налази се у средишту калорифера, причвршћена на вратило мотора. Направљена је од алуминијума и својим обртним кретањем служи за издување топлог ваздуха из кућишта.



Слика 10: Елиса

Носач грејача, грејач и главни носач

Носач грејача, грејач и главни носач, поред мотора и елисе, сачињавају средиште конструкције (слика 11). Главни носач је направљен од *PP* пластике и у њега је смештен мотор. За главни носач је прикачен носач грејача од клингерита (специјалног материјала за ношење грејача) и грејач од бакарне жице који загрева ваздух.



Слика 11: Носач грејача, грејач и главни носач

Спојни елементи

Спојни елементи (слика 12) у овом случају су завртњи који спајају кућиште 1 и кућиште 2, причвршћују мотор за кућиште, а са њим и носач грејача, грејач и главни носач.

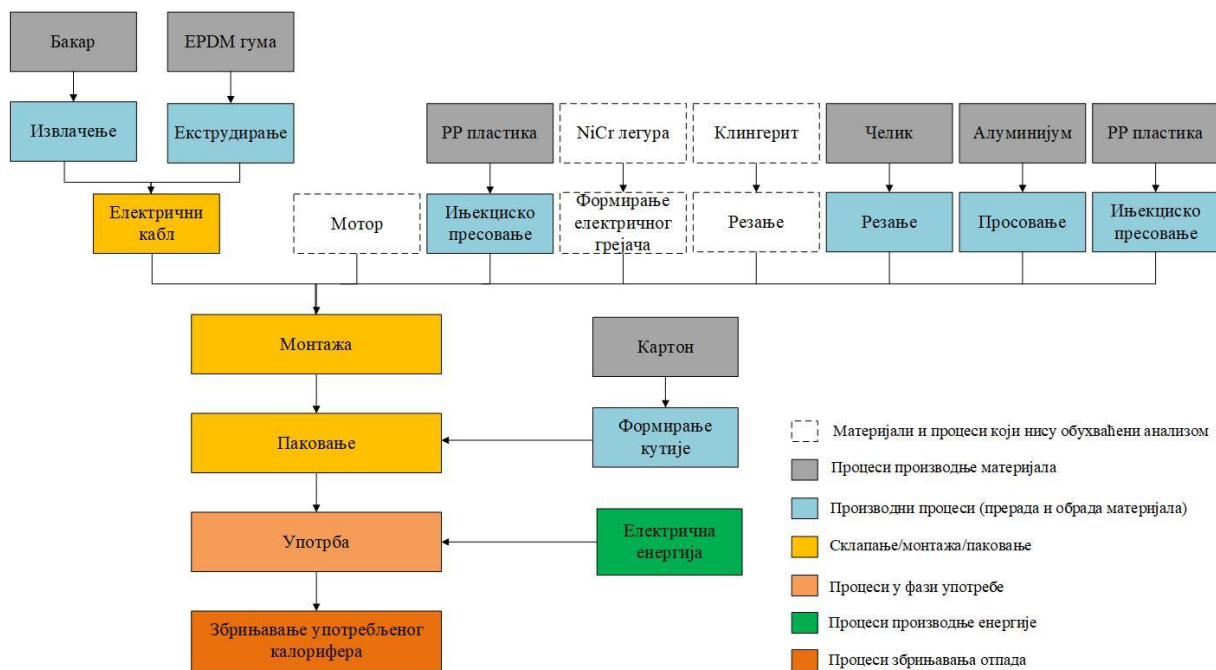


Слика 12: Спојни елементи

У анализи неће бити обухваћени сви процеси који улазе у животно циклус калорифера, из разлога поједностављења анализе, недостатка података и слично. На пример, неће бити узети у обзир разни помоћни елементи, јер је процењено да је њихов утицај релативно мали у односу на неке значајније процесе. У следећем кораку су детаљније описани материјали и процеси који су обухваћени границама система, као и њихов однос.

5.2 Дефинисање животног циклуса

На слици 13 приказано је поједностављено стабло процеса за разматрани пример. Тим приказом нису ни приближно приказани сви процеси које укључује животни циклус калорифера. Дobar део процеса је изостављен због претпоставке малог утицаја, или због недостатка података. Примера ради, на слици 13 су приказани неки процеси који нису укључени у анализу (бели блокови).



Слика 13: Поједностављени шематски приказ „стабла процеса“

Већ је поменуто да метода *ECO-it 99* разликује процесе производње материјала (сировина, полупроизвода) од процеса њихове прераде, односно обраде. Из тог разлога су ти процеси одвојени и на шеми са слике 13, и они представљају сиве и плаве блокове.

У склопу трећег корака следи кратак опис појединих процеса, како би се боље објасниле одабране границе система и претпоставке донете са циљем поједностављења анализе. Такође ће бити одређене потребне величине за одређивање еко-индикатора.

5.3 Класификовање материјала и процеса

Претпостављени животни век калорифера је две године, и то тако да ради четири месеца годишње просечно по осам сати дневно, што износи 960 сати рада годишње, односно 1920 радних сати за две године.

Апликација *ECO-it 1.4.* израчунава еко-индикаторе за посматрани поједини процес на начин да се таблични еко-индикатор (најчешће изражен у бодовима по килограму неке сировине, или бодовима по мегаџулу произведене енергије) помножи са количином сировине (или енергије) која је карактеристична за посматрани процес [15]:

$$EI_n = ei_n \cdot m_n \text{ или } EI_n = ei_n \cdot e_n,$$

где је:

EI_n – еко-индикатор за посматрани процес,

ei_n – табеларни еко индикатор (изражен по карактеристичној величини за неки процес),

m_n – маса сировине у посматраном процесу и

e_n – износ енергије у посматраном процесу.

Напомена: карактеристичне величине, осим масе и енергије, могу бити и неке друге (нпр. обрађена површина, волумен одвојених честица и тако даље)

Овако прорачунати бодови се сабирају и добија се јединствени еко-индикатор за калорифер. Да би прорачунали све предвиђене еко-индикаторе потребно је упознати се са свим процесима и материјалима који ће бити анализирани. У наставку следи детаљније објашњење свих процеса појединачно.

Уношење података у апликацију *ECO-it* 1.4. се изводи у три фазе: фаза производње, фаза употребе и фаза одлагања. У наставку су наведени сви процеси који ће бити унети у апликацију и који ће се прорачунавати, пренети из стабла процеса.

ФАЗА ПРОИЗВОДЊЕ

Кућиште: **РР пластика / инјекцијско пресовање** - Ово укључује процесе (од екстракције сирове нафте) који резултирају гранулатом *РР* пластике, затим инјекцијског пресовања кућишта. Укупна маса два дела кућишта износи 0,369 kg.

Елиса: **Алуминијум / пресовање** - Укључује процесе који резултирају алуминијским полупроизводом, затим извлачење у лимове потребних димензија. И затим пресовања у жељени облик елисе. Маса те елисе износи 0.019 kg.

Спојни елементи: **Челик / резање** - Укључује процесе који резултирају челичним полупроизводом, затим извлачење у делове потребних димензија, затим глодање у жељени облик завртња. Укупна маса свих завртња износи 0.020 kg.

Главни носач: **РР пластика/ инјекцијско пресовање** - Ово укључује процесе (од екстракције сирове нафте) који резултирају гранулатом *РР* пластике, затим инјекцијског пресовања главног носача. Укупна маса главног носача износи 0,040 kg.

Бакарна жица: **Бакар / Провлачење** - Производња бакарног полупроизвода, затим извлачење у жицу потребну за производњу електричног кабла. Кабал је дужине 1 m, који садржи три бакарне жице пречника 1 mm. Густина бакра износи 8960 kg/m³. Прорачуном наведених величина добије се да укупна маса бакарних жица износи 0.021kg.

Изолациона гума: **EPDM гума / Екструдирање** - Производња етилен-пропиленског еластомера, као израда изолације екструдирањем. Потребна дужина изолације је 1 m. Спољашњи пречник кабла је 6 mm, а површина попречног пресека је умањена за површину три бакарне жице које кроз њега пролазе. Густина *EPDM* гуме износи 1000 kg/m³. Прорачуном наведених вредности добије се да маса гуме износи 0.026 kg.

Електрични кабл - У анализу није укључена израда утикача и разних помоћних сличних елемената.

Грејач: **NiCr легура / Формирање електричног грејача** - *NiCr* (никал хром) је легура која се користи за електричне грејаче због своје комбинације електричних и топлотних својстава. Топлина се јавља због електричног отпора, а грејачи се обично формирају у облику завојница или сличних елемената. Ови процеси нису обухваћени анализом због недостатка података.

Кутија: **Картон / Формирање кутије** - Претпоставља се да се једна кутија од валовитог папира (картона) користи за паковање једног производа. Маса једне кутије износи приближно 0.147 kg.

Монтажа калорифера - Претпоставља се да сам процес монтаже не узрокује никакву штету по околину. Штету узрокује само производња делова који улазе у ту монтажу.

Паковање - За сам процес паковања производа такође се претпоставља да не узрокује штете по околину. Међутим, овај процес за собом повлачи додатну потрошњу материјала и енергије (производња картонских кутија), што никако није занемарљиво.

ФАЗА УПОТРЕБЕ

У фази употребе калорифера користи се електрична енергија. У овој фази биће узета у обзир само потрошња електричне енергије, и то за покретање мотора и загревање грејача. Током свог животног века калорифер ради 1920 радних сати. Према спецификацији, калорифер максимално користи 2 kW по једном радном сату, што на крају износи 3840 kWh електричне енергије током радног века калорифера.

ФАЗА ОДЛАГАЊА ОТПАДА

Током свог животног века калорифер не ствара отпад. Тек након свог животног века долази до проблема одлагања отпада, односно искоришћеног калорифера. Могућности одлагања отпада су одабране према апликацији *ECO-it* 1.4. према вредностима које доносе унети процеси и материјали.

5.4 Израчунавање бодова

Бодове је могуће израчунати и аналитичким путем али су вредности прецизније применом апликације *ECO-it* 1.4. Поред прецизног резултата, *ECO-it* је погодан за различите графичке приказе резултата анализе. Код његове примене треба узети у обзир већ објашњена ограничења код методе *ECO-it*. У бази података се налазе еко-индикатори за око двеста процеса, тако да се често догађа да за посматрани процес не постоје подаци.

На почетку је потребно уписати неколико основних информација о производу у за то предвиђена поља у картици „*Life cycle*”, како је то приказано на слици 14. Углавном се овде кратко описују особине производа, функцијска јединица, ограничења у анализи и слично.

ECO C:\Users\Marija\Desktop\Sofija\proces.EPJ (Unregistered evaluation version)

File Edit View Options Help

Life cycle Production Use Disposal

Name: Kalonifer Date: 07/31/2018 Author: Sofija

Description: Pretpostavljeni zivotni vek kalonifera je 2 godine, i to tako da radi 4 meseca godisnje prosečno po 8 h dnevno. Sto iznosi 960 h godisnje, odnosno 1920 radnih sati za 2 godine.

Database(s) used: Eco-it 1.4 Method: ReCiPe

Слика 14: Упис кратких информација о производу у *ECO-it*

У следећој картици, фаза производње („*Production*”), се затим уносе подаци о деловима производа, њихови материјали и одговарајући процеси из базе података, и то редом који је представљен у претходном поглављу. Тај процес је приказан на слици 15. Овде се такође уносе карактеристичне величине за процесе („*Amount*”), и њихове мерне јединице („*Unit*”) и потребни број комада („*Number*”). Након уноса наведених информација, апликација рачуна износ еко-индикатора за сваки процес, део производа и цели производ, али наравно само у фази производње. Износи еко-индикатора су изражени у милибодовима (*mPt*), а могу се графички приказати на више начина.

ECO C:\Users\Marija\Desktop\Sofija\proces.EPJ (Unregistered evaluation version)

File Edit View Options Help

Life cycle Production Use Disposal

Item	Amount	Unit	Number	mPt
Kalonifer	1	p	1	296
Kuciste	1	p	1	183
PP	0.369	kg	1	129
Injection moulding	0.369	kg	1	54
Elisa	1	p	1	25
Aluminium primary	0.019	kg	1	23
Cold impact extrusion, aluminium	0.019	kg	1	1.7
Glavni nosac	1	p	1	20
PP	0.04	kg	1	14
Injection moulding	0.04	kg	1	5.9
Bakarna zica	1	p	1	24
Copper	0.021	kg	1	22
Cold impact extrusion, aluminium	0.021	kg	1	1.9
Izolacija kablova	1	p	1	13
EPDM rubber	0.026	kg	1	13
Kartonska kutija	1	p	1	7.2
Production of carton board boxes, offset printing	0.147	kg	1	7.2
Spojni elementi	1	p	1	23
Steel, converter, low-alloyed	0.020	kg	1	5.6
Turning, chromium steel	0.020	kg	1	17

Database processes

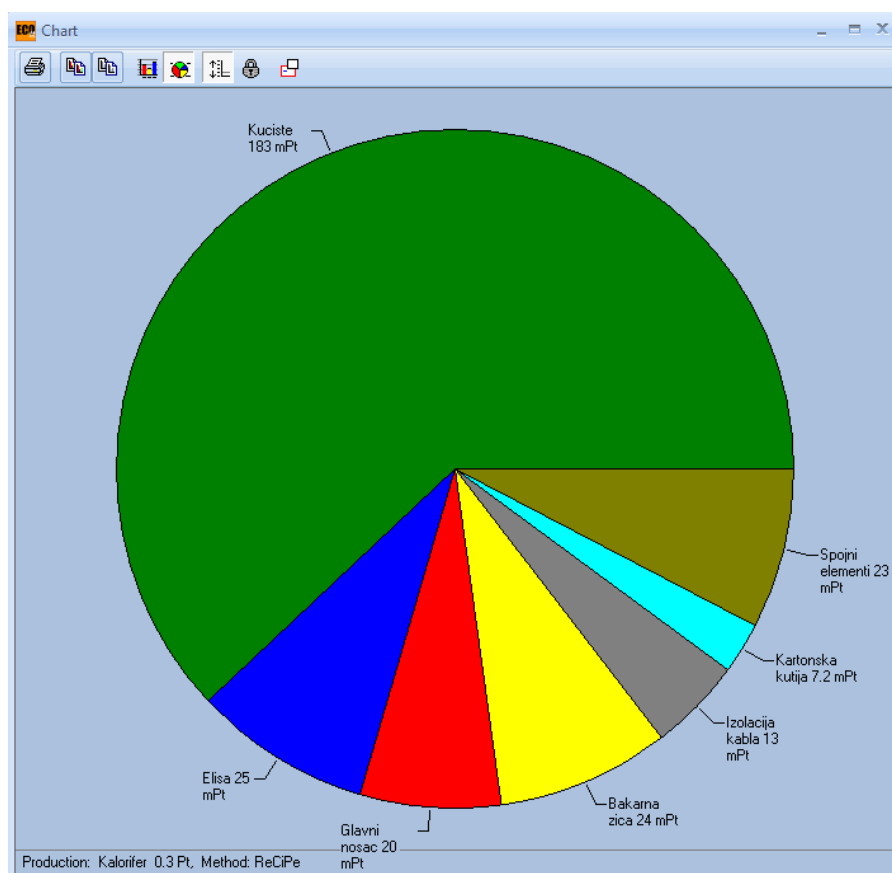
Category	Sub-category	Name
Materials	Agricultural	LDPE
Energy	Chemicals	LLDPE
Transport	Construction	Modified starch
Processing	Ferro metals	Nylon 6
Services/infrastructure	Fuels	Nylon 6, glass-filled
	Glass	Nylon 66
	Non ferro metals	Nylon 66, glass-filled
	Packaging	PET, bottle grade
	Paint	PET, granulate
	Paper	Polycarbonate
	Plastic	Polyacetic acid, granulate
	Rubber	Poly(methyl methacrylate), beads (PMMA)
	Water	Poly(methyl methacrylate), sheet (PMMA)
	Wood	Polyphenylene sulfide
		PP

Database: Eco-it 1.4 Comment: At plant. Polymerisation out of propylene. Granulate form. CAS number: 009003-07-0

OK Cancel

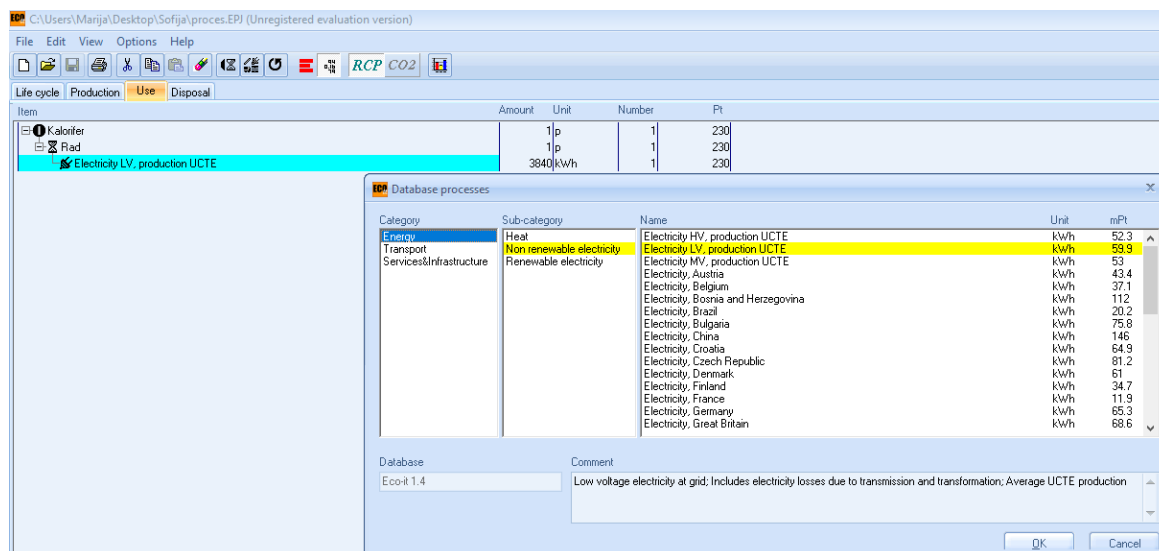
Слика 15: Унос процеса у картицу фазе производње

Резултате је могуће приказати на више начина, хистограмом или кружним графиком. На слици 16 је приказан кружни графикон резултата за фазу производње.

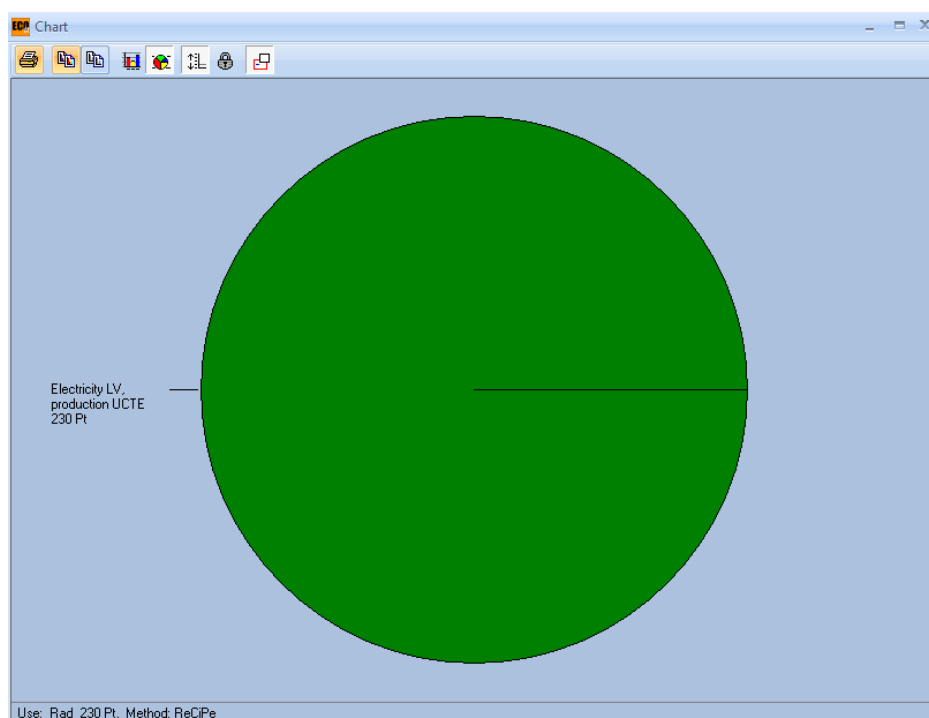


Слика 16: Приказ резултата фазе производње помоћу кружног графика

Следи унос процеса у фази употребе производа („Use”). Раније је поменуто да се у тој фази користи само електрична енергија (слика 17). Слика 17 приказује унос података за фазу употребе производа, док слика 18 приказује кружни графикон резултата фазе употребе.



Слика 17: Унос процеса у оквир фазе употребе производа

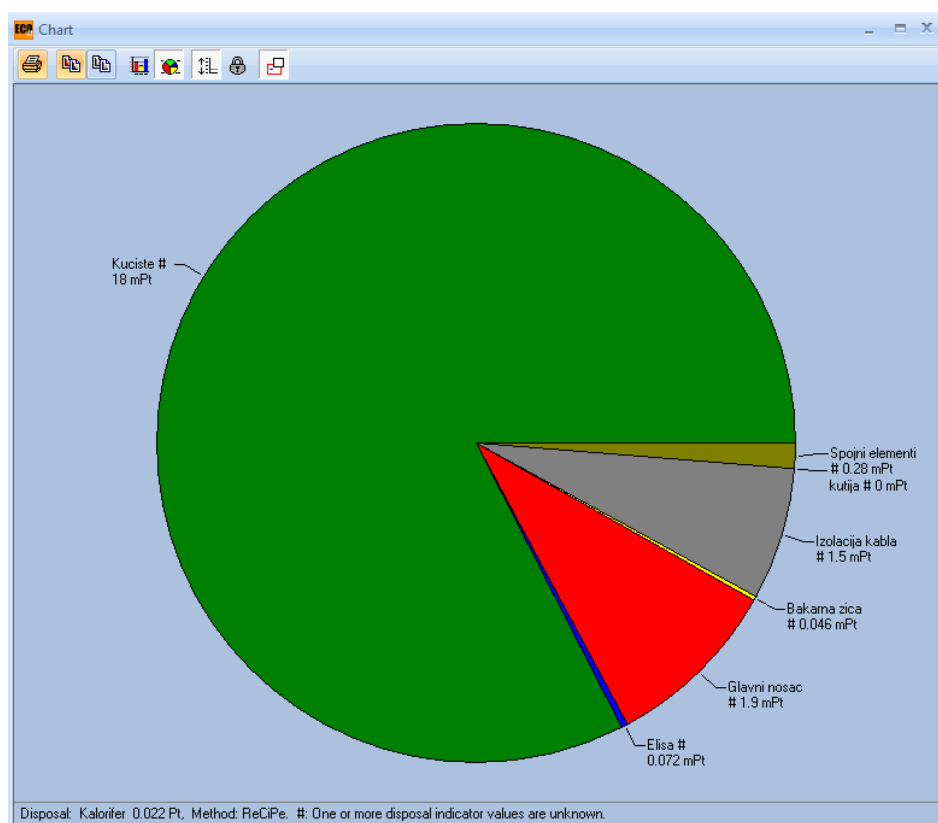


Слика 18: Приказ резултата фазе употребе помоћу кружног графика

У фази одлагања отпада („*Disposal*”) апликација аутоматски уписује материјале, затим њихове количине које су дефинисане у производњи и употреби. Корисник треба само да распореди поједине материјале на пет раније поменутих начина збрињавања отпада: комунални отпад („*Municipal*”), кућни отпад („*Household*”), рециклирање („*Recycling*”), одлагање („*Landfill*”). Слика 19 приказује такву расподелу, док слика 20 приказује резултате анализе за фазу одлагања отпада. Напомена: знак (#) означава недостатак података у бази за посматрани процес.

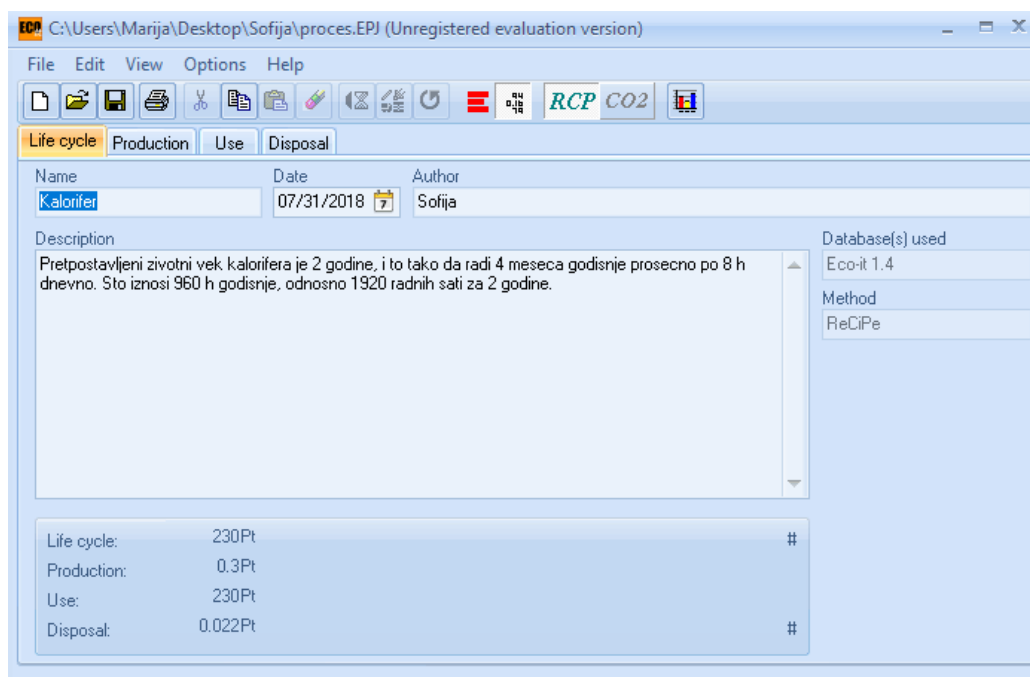
C:\Users\Marija\Desktop\Sofija\proces.EPJ (Unregistered evaluation version)						
File Edit View Options Help						
Life cycle Production Use Disposal						
Item	Municipal	Household	Recycling	Incineration	Landfill	Pt
Kalorifer	100 %#	0 %#	0 %	0 %	0 %	0.022 #
Kuciste	100 %	0 %#	0 %	0 %	0 %	0.018 #
PP	100 %	#	0 %	0 %	0 %	0.018 #
Elisa	100 %	0 %#	0 %	0 %	0 %	7.2E-5 #
Aluminium primary	100 %	#	0 %	0 %	0 %	7.2E-5 #
Glavni nosac	100 %	0 %#	0 %	0 %	0 %	0.0019 #
PP	100 %	#	0 %	0 %	0 %	0.0019 #
Bakarna zica	100 %	0 %#	0 %	0 %	0 %	4.6E-5 #
Copper	100 %	#	0 %	0 %	0 %	4.6E-5 #
Izolacija kabla	100 %	0 %#	0 %	0 %	0 %	0.0015 #
EPDM rubber	100 %	#	0 %	0 %	0 %	0.0015 #
Kartonska kutija	100 %#	0 %#	0 %	0 %	0 %	0 #
Production of carton board boxes, offset pr	#	#	0 %	0 %	0 %	0 #
Spojini elementi	100 %	0 %#	0 %	0 %	0 %	0.00028 #
Steel, converter, low-alloyed	100 %	#	0 %	0 %	0 %	0.00028 #

Слика 19: Расподела отпадног материјала на пет начина одлагања отпада

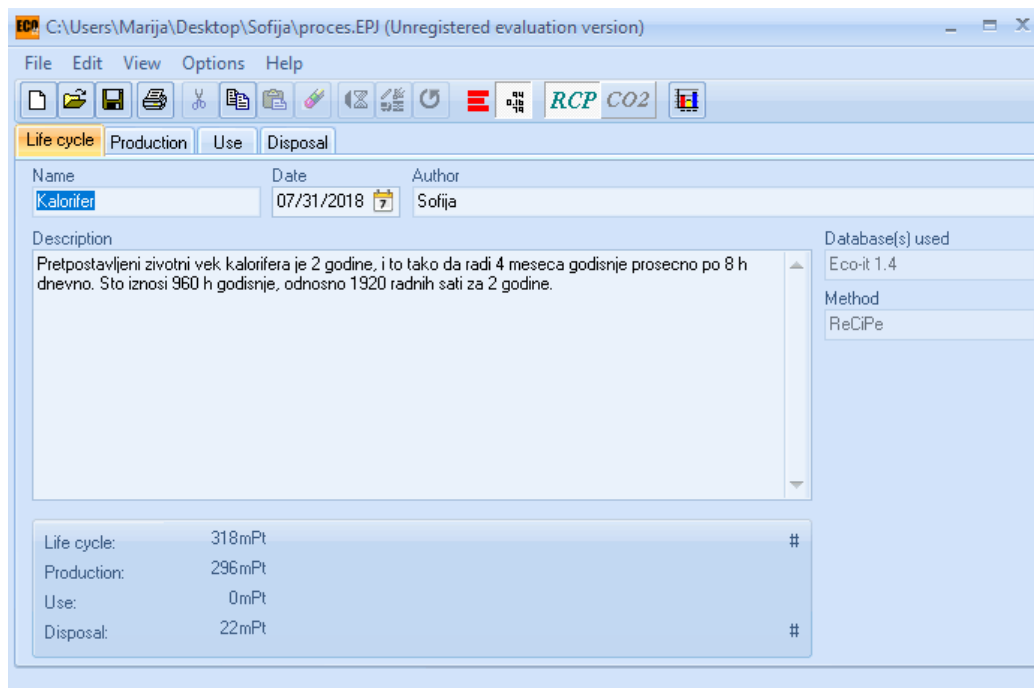


Слика 20: Приказ резултата фазе одлагања отпада помоћу кружног графика

Коначно су познати резултати за целокупни животно циклус калорифера. На слици 21 може се видети да укупни еко-индикатор проматраног производа износи 230 Pt. Пошто је највећи удео у бодовима у фази употребе и то посматран по средњеевропској потрошњи електричне енергије, на коју у овој фази прорачуна и разматрања производа не може да се да утиче, бодови за овај део анализе су занемарени. На слици 22 су приказани резултати без фазе употребе и износе 318 mPt.

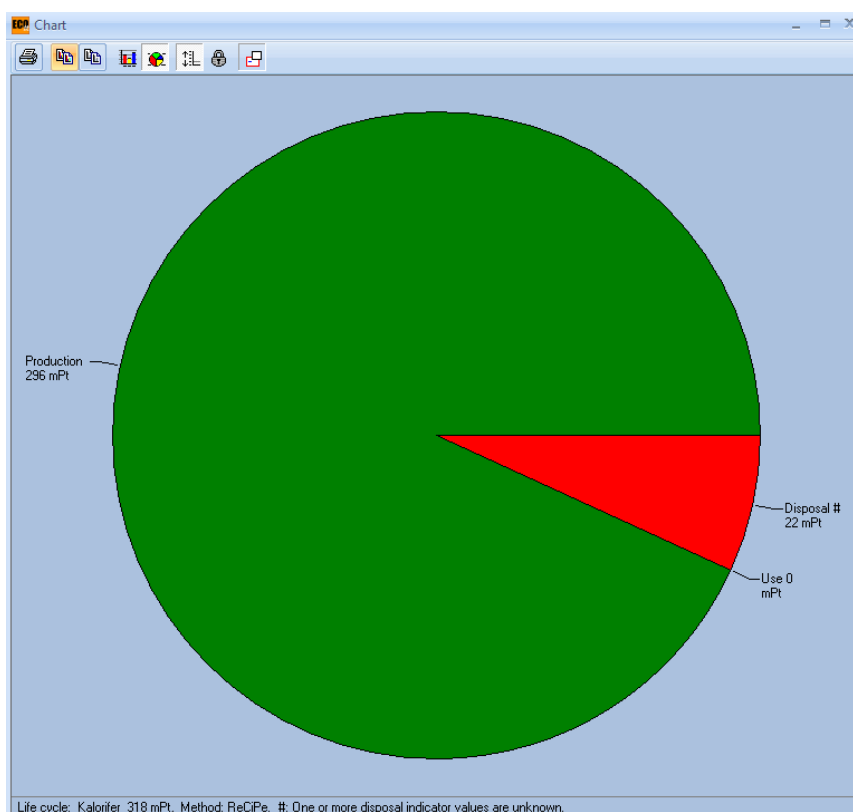


Слика 21: Приказ резултата за животно циклус производа



Слика 22: Приказ резултата за животно циклус производа без удела фазе употребе

На слици 23 су помоћу кружног графика приказани резултати анализе без фазе употребе, где се види да највећи удео у загађењу околине има фаза производње.



Слика 23: Приказ резултата анализе без фазе употребе

5.5 Анализа резултата

Према резултатима анализе може се приметити да калорифер највећи утицај на околину има у својој фази употребе (слика 21). Фаза производње има много мањи утицај на околину (296 *mPt*), што је приказано на слици 23, док одабрани начини у фази одлагања отпада имају удео од 22 *mPt*. Овде треба још једном нагласити да су еко-индикатори за збрињавање отпада направљени по швајцарском моделу одлагања, где се значајан део енергије добија спаљивањем отпада и где се значајан део материјала рециклира. Модел за Србију, да постоји, би засигурно показао знатно већи број бодова у фази збрињавања отпада.

У наставку следи неколико предлога за побољшање еколошких карактеристика калорифера распоређених по фазама животног циклуса:

- Фаза производње: На слици 16 види се да су критични процеси у овој фази везани за производњу кућишта (183 *mPt*), елисе (25 *mPt*) и спојних делова (23 *mPt*). Исто тако се конструкцијским изменама може смањити маса кућишта и избећи спојни елементи. Алтернативе за остале делове су ограничене, може се једино утицати на масу потребних материјала помоћу конструкцијских измена на производу.

-Фаза употребе: Већ је напоменуто да је ова фаза најкритичнија због релативно велике потрошње електричне енергије. На тај проблем се може утицати одабиром што ефикаснијег електричног грејача.

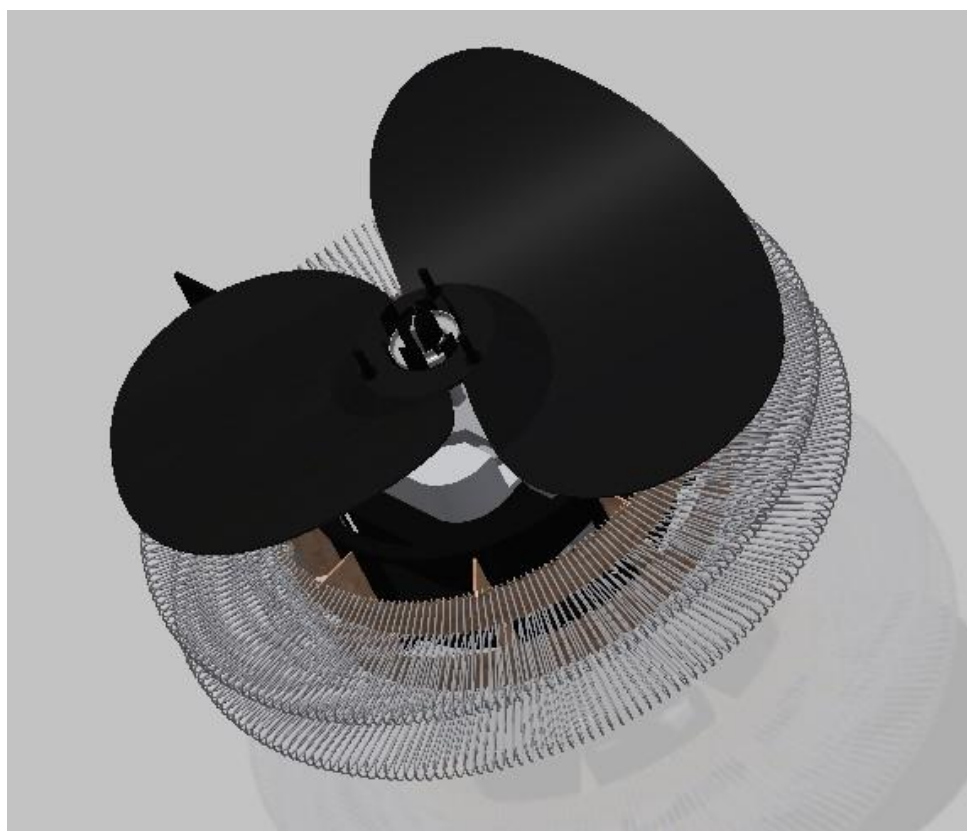
-Фаза збрињавања отпада: Према слици 20 критични делови у овој фази су кућиште (18 *mPt*) и главни носач (1,9 *mPt*). Резултати у овој фази увелико зависе од начина одлагања отпада. Исти део може имати негативне еко-индикаторе у случају да се одабере рециклирање, односно позитивним еко-индикатором у случају да се одабере одлагање на депонију. Одлуке о таквој расподели би требало да се доносе на основу статистичких података о начину збрињавања одређене врсте отпада на локалном нивоу.

6. Редизајнирање кућишта ради остваривања бољих перформанси калорифера

6.1 Моделирање унутрашњих делова калорифера

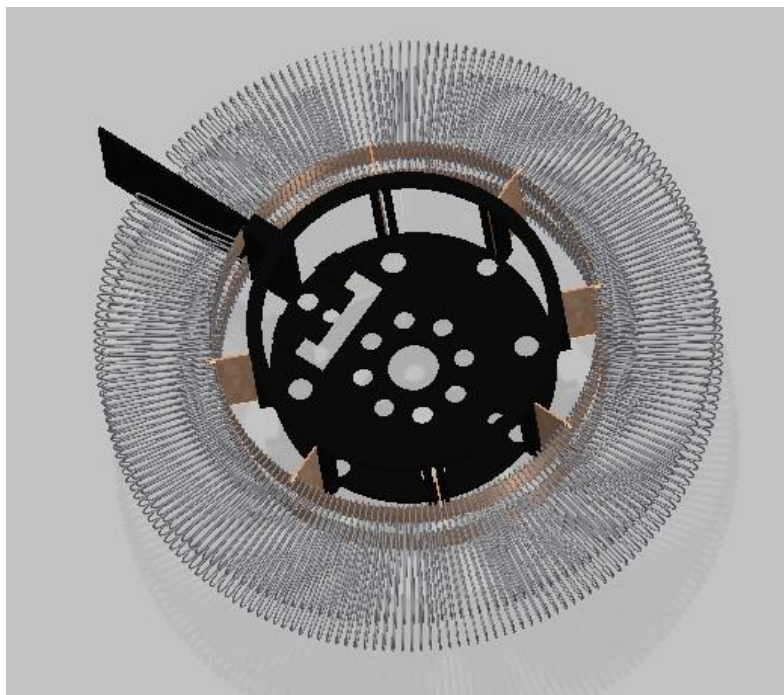
За 3D моделирање коришћен је програм *Autodesk Inventor 2016*. Моделирање унутрашњих делова калорифера рађено је да би се што прецизније измоделирало ново кућиште калорифера. Димензије за моделирање унутрашњих делова преузете су са оригиналног уређаја. Овде ће бити представљено само „срце” конструкције, без каблова и делова који не утичу на габарите кућишта.

Сви делови који сачињавају унутрашњост конструкције су спајани на начин како је то урађено и на оригиналном калолеру, тако да унутрашњост није мењана. На слици 24 могу да се виде измоделирани унутрашњи делове конструкције, без моделираних каблова јер представљају мали удео у моделирању кућишта.



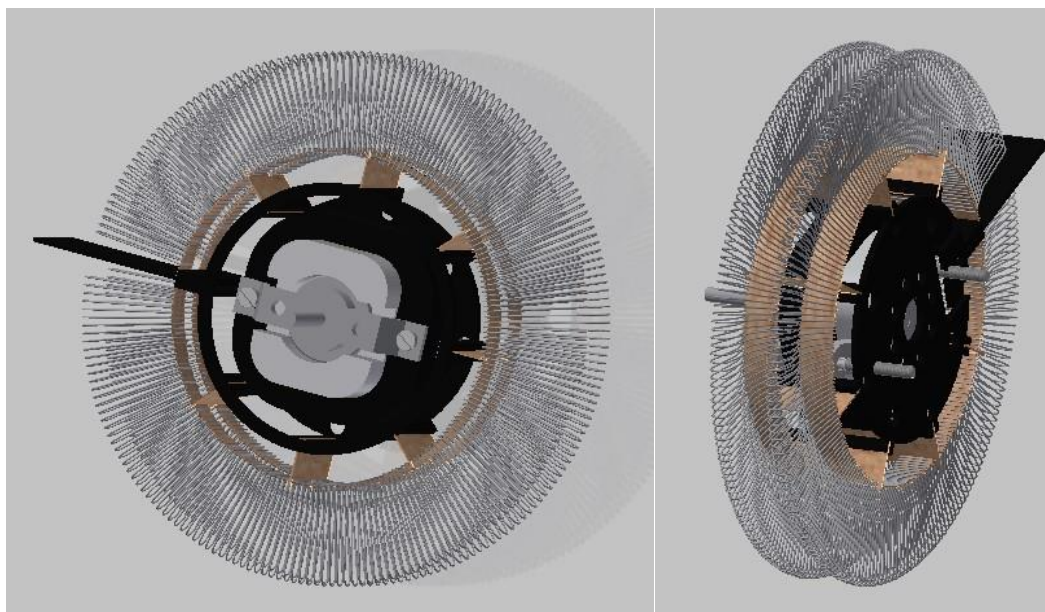
Слика 24: Унутрашњи делови конструкције калорифера

Како је већ представљено у поглављу 5.1, саставни делови су наведени у табели 1. Делови који сачињавају унутрашњост калорифера измоделирани су и приказани на слици 24. На слици 25 је приказан измоделиран главни носач са носачем грејача, и грејач.



Слика 25: Измоделиран главни носач, носач грејача и грејач

Како је приказано на слици 25, постављена је и плоча на главном носачу за коју ће бити прикачени каблови за покретање мотора и загревање грејача. Монтажа мотора је веома једноставна, јер на главном носачу постоје отвори за олакшање који служе и за пролаз завртања који причвршћују мотор, како за главни носач тако и за кућиште, што је приказано на слици 26.



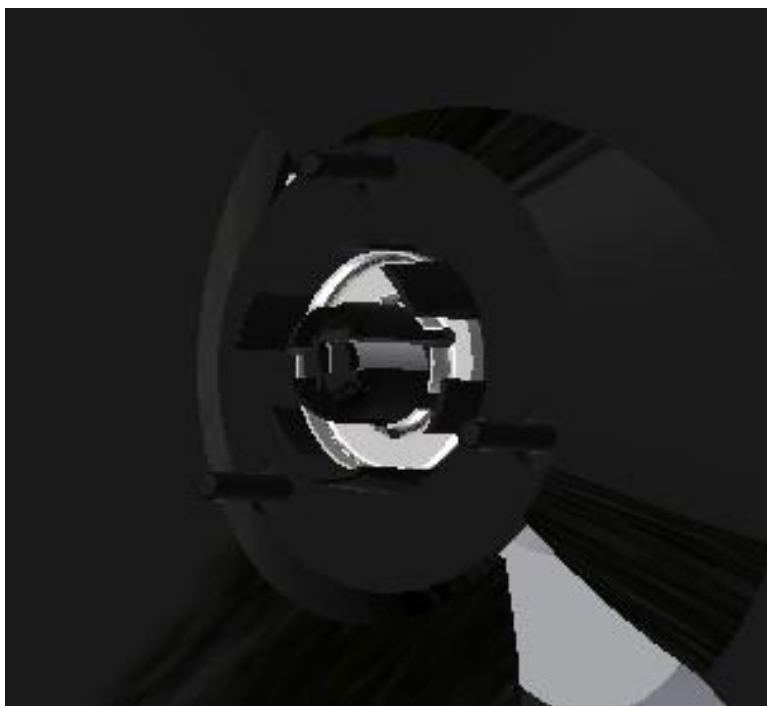
Слика 26: Унутрашњост са мотором

Мотор поседује вратило на које је прикачена елиса. Елиса је посебним механизмом причвршћена, како је причвршћена и на оригиналној конструкцији. На слици 27 лево је приказан пластични држач који се поставља на вратило. На овај држач се поставља елиса, што је приказано на слици 27 десно.



Слика 27: Држач елисе

На крају, када је постављена елиса, додаје се сигурносна челична плочица која причвршћује елису за вратило, што је приказано на слици 28. Овим механизмом се гарантује слободно ротационо кретање елисе и онемогућава спадање елисе са вратила.



Слика 28: Сигурносна плочица

Унутрашњи делови склопа имају габарите $\varnothing 146 \times 80 \text{ mm}$ и таквих димензија морају се уклопити у кућиште. Поред ових делова, калорифер поседује и кутију за прекидач и кутију за регулисање јачине рада калорифера заједно са прекидачима. Кутије за прекидач и за регулисање јачине рада калорифера нису моделиране, јер ова два дела нису обухваћена анализом. Биће представљени само прекидачи јер су битни у дизајнирању кућишта.

6.2 План моделирања кућишта

Постојеће кућиште извршава своју функцију, али је потребно дизајнирати ново кућиште, пре свега мање масе и по могућности мањих габарита, а тако да испуњава исте услове рада.

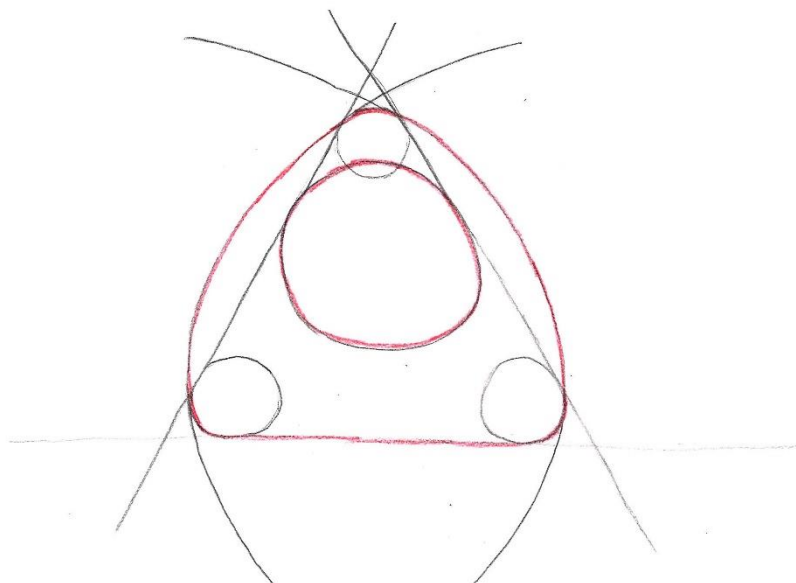
Приликом дизајнирања новог кућишта за калорифер водило се рачуна да буде једноставано и ергономски прихватљиво. Да би се конструкција што више поједноставила, тежило се да се користе једноставни геометријски облици приликом конструисања, што се највише уклапа у начела Баухаус школе, и због тога је изабран Баухаус стил као основа за моделирање кућишта.

Баухаус школа је основана 1919. године и осликава прекретницу у дизајнирању производа. Школа се бавила истраживачким радом, развојом науке о боји, композицијом, карактеристикама дизајна, изучавањем материјала, алата и метода дизајна. Према схватању Баухауса, предмете не треба улепшавати додатним украсима, већ њихову лепоту постићи кроз уметничко обликовање. Баухаус стил има изразе „мање је више” и „лепо је оно што је функционално”. Баухаус школа је имала идеју спајања теорије дизајна и индустријске производње, кроз креативност, хуманизацију функције предмета, рационализовање нових облика и припрему за индустријско обликовање. Под утицајем Баухаус школе појавила се функционалност и правилни геометријски облици приликом дизајнирања производа [16].

Због оваквих начела изабран је стил Баухаус школе јер најбоље може да се уклопи у дизајнирање кућишта које ће пре свега да буде функционално и једноставно, што ће највише помоћи да се дизајнира кућиште мање масе и габарита.

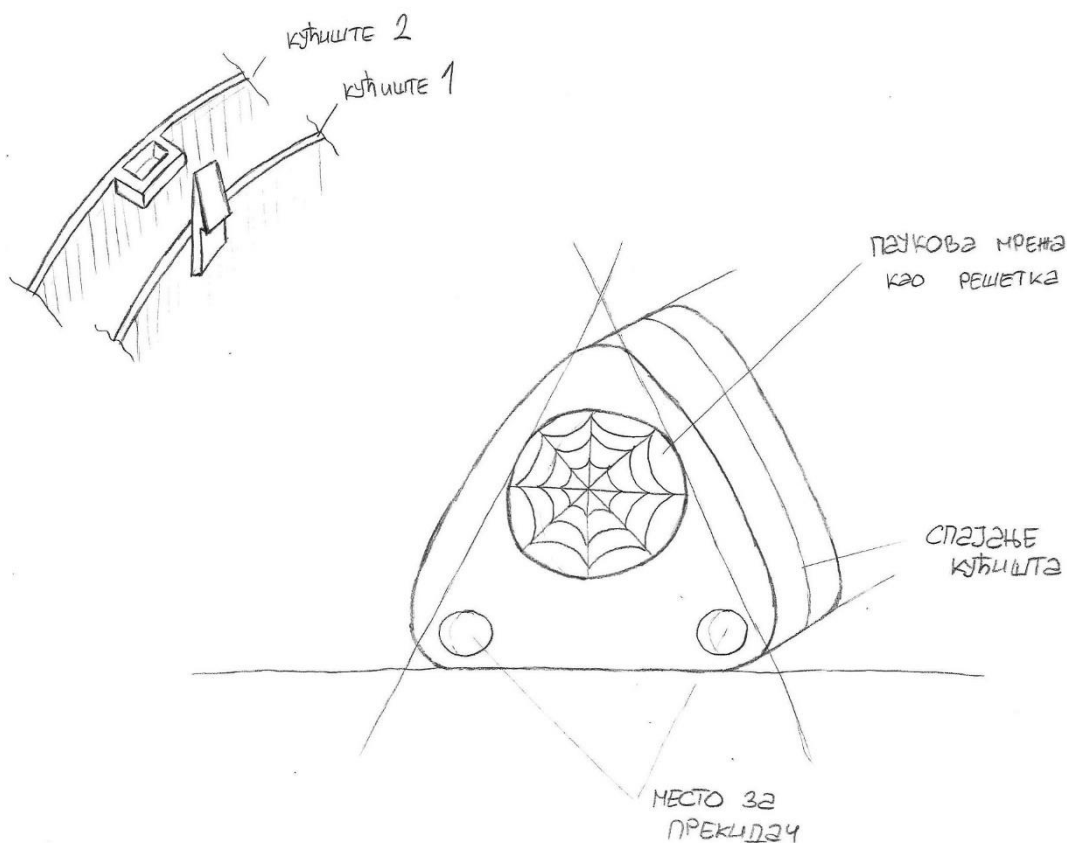
Након моделирања унутрашњих делова добијене су габаритне димензије делова које требају да се уклопе у кућиште. Да би ваздух струјао правилно потребно је те делове сместити у цев која ће усмераваати ваздух, тако да нам средиште конструкције представља цев пречника $\varnothing 170\text{ mm}$. У даљем разматрању конструкције закључено је да је потребно направити такву конструкцију која ће да буде стабилна, да не би дошло до превртања калорифера. Из овога наведено кућиште има две функције да буде стабилно и да штити унутрашње делове.

Да би се постигла стабилност калорифера, али и избегло прављење сталка на коме ће стајати калорифер, као облик калорифера одабран је троугао. Да би се боље разумела идеја дизајна кућишта направљена је скица приказана на слици 29. На слици 29 се може видети да је главни облик троугао од којег полази цела идеја. Највећи средишњи круг, који је тангентан са две ивице троугла, представља цев односно средиште конструкције у које ће бити смештени унутрашњи делови. Да би се избегле оштре ивице констукције постављена су три круга на сваком краку троугла. Да би се на крају добило довољно простора око цеви за постављање механизма за повезивање два дела кућишта додата су још два круга која тангирају спољашње кругове. Овако постављена идеја је била добар темељ који прати Баухаус стил.



Слика 29: Почетна скица кућишта

Приликом осмишљавања изгледа кућишта коришћени су правилни геометријски облици како би се избегли проблеми приликом израде кућишта. На слици 30 се може видети идејно решење за кућиште гледано са предње стране. Додата су два мања круга која представљају места за прекидаче. Да би се поједноставила конструкција индентично ће изгледати и позадина калорифера.



Слика 30: Идејно решење за кућиште калорифера

На слици 30 се види како је осмишљена решетка са предње стране у облику паукове мреже. Разматрањем облика решетки које могу бити искоришћене приликом дизајнирања закључено је да паукова мрежа има најбоља својства. Наиме паукова мрежа, ако се искључи материјал који пауци користе за њену изграду, има такав дизајн који је погодан за ову конструкцију. Овакав облик решетки чини решетку чврстом, а довољно савитљивом приликом удара. Такође у горњем левом углу види се како је планирано спајање предњег и задњег дела кућишта, које ће детаљније бити објашњено на исконструисаном моделу.

Оваквим дизајном кућишта калорифера добија се мања маса, функционалност и мањи габарити. Избегнути су непотребни детаљи, а све у стилу Баухаус школе.

6.3 Моделирање кућишта

Приликом моделирања у програму *Autodesk Inventor 2016* изабрана је *PP* пластика и бела боја кућишта. Дебљина зида кућишта је *2 mm*. Прво је измоделирано кућиште 2 приказано на слици 31. Решетка са задње стране је усвојена са оригиналног кућишта. На решетки се може видети проширење са отворима за завртње који ће служити за повезивање унутрашњих делова. Такође је постављен отвор за пролаз кабла са доње стране.

Са горње стране се може видети ергономска ручка за преношење калорифера. Наиме, направљен је отвор са задње стране у који се могу увући два прста који су сасвим довољни за подизање апарата јер има малу масу.



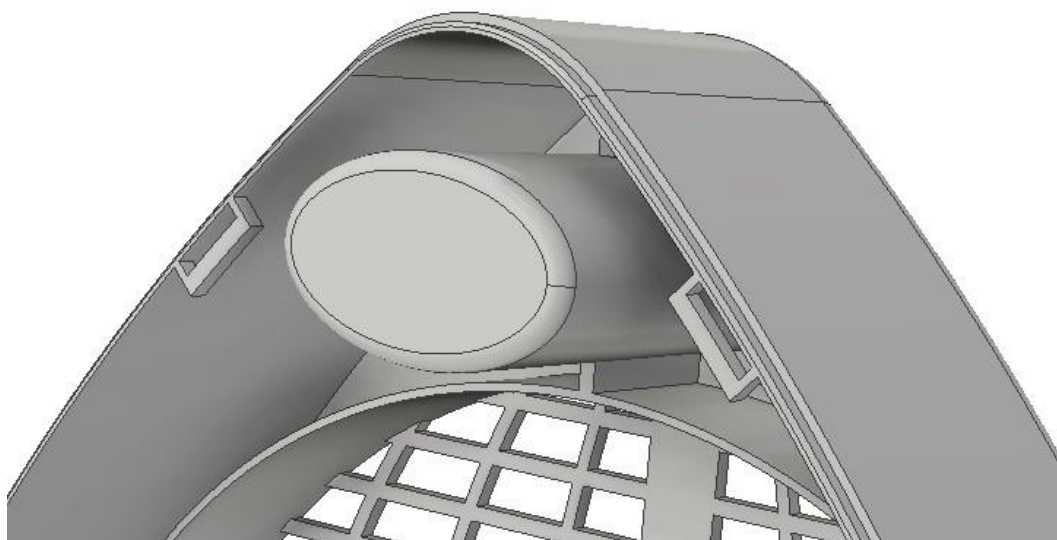
Слика 31: Кућиште 2

На слици 32 може се видети како изгледа унутрашњост кућишта са измоделираним деловима приказаним у поглављу 6.1. Унутрашњи делови су уз помоћ два завртња спојени за кућиште.



Слика 32: Кућиште 2 са унутрашњим деловима

Приликом разматрања оригиналног кућишта калорифера примећује се да је много завртања потребно за спајање кућишта. Зато је осмишљен једноставан механизам за спајање кућишта 1 и кућишта 2. На слици 33 може се видети како је на кућишту 2 направљен пролаз за кукице које се налазе на кућишту 1. На кућишту 2 се налази пет пролаза, четири са стране и један у подножју кућишта.



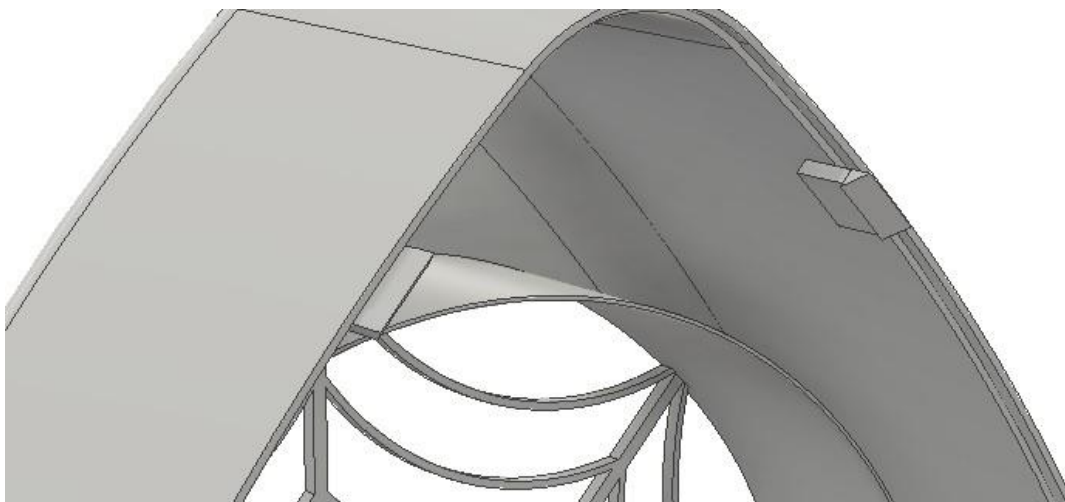
Слика 33: Приказ спојног елемента на кућишту 2

Затим је измоделирано кућиште 1 и приказано на слици 34. Идеја за решетку са предње стране је преузета из природе како је објашњено у поглављу 6.2. Постављена су два удубљења за прекидаче.



Слика 34: Кућиште 1

На слици 35 виде се кукице које представљају спојни елемент. Веома је једноставно спојити кућиште 1 и кућиште 2. На слици 35 може се видети да троугао који представља кукицу, има зазор који онемогућава раздвајање кућишта.



Слика 35: Приказ спојног елемента на кућишту 1

Када се сви делови споје добија се изглед калорифера приказан на слици 36 у погледу са предње стране. Додати су прекидачи једноставног облика да би се испратила форма једноставности.



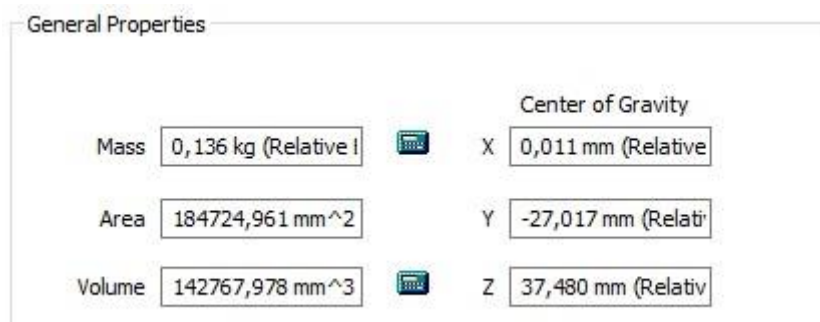
Слика 36: Предња страна редизајнираног калорифера

На слици 37 види се кућиште представљено са задње стране.



Слика 37: Задња страна редизајнираног калорифера

Кућиште калорифера је компактно и има димензије $220 \times 220 \times 100 \text{ mm}$ док оригинално кућиште има димензије $270 \times 220 \times 130 \text{ mm}$. Редизајнирано кућиште има мање димензије по висини за чак 50 mm , док су по ширини димензије остале идентичне због величине унутрашњих делова, а по дубини димензија калорифера је смањена за 30 mm . Поред смањења габарита смањила се и маса кућишта, што је приказано сликама 38 и 39.



Слика 38: Маса кућишта 1



Слика 39: Маса кућишта 2

Маса кућишта 1 је приказана сликом 38 и износи $0,136 \text{ kg}$ за материјал *PP* пластика, док кућиште 2 има масу од $0,128 \text{ kg}$ (слика 39), тако да укупна маса кућишта износи $0,264 \text{ kg}$. Маса оригиналног кућишта је $0,369 \text{ kg}$, тако да је маса смањена за $0,095 \text{ kg}$. У следећем поглављу ће бити извршена анализа новог редизајнираног кућишта калорифера.

7. Анализа *ECO-it 99* на примеру редизајнираног калорифера

7.1 Класификација материјала и процеса редизајнираног калорифера

Уношење података у апликацију *ECO-it 1.4.* се изводи у три фазе: фаза производње, фаза употребе и фаза одлагања, како је рађено у поглављу 5.3. У наставку су наведени сви процеси који ће бити унети у оквиру анализе за редизајнирани калорифер.

ФАЗА ПРОИЗВОДЊЕ

У фазу производње су унети сви процеси као и у анализи у поглављу 5.3. У табели 2 се могу видети измене у маси за делове који су измоделирани.

Табела 2: Упоредни преглед масе саставних делова оригиналног и редизајнираног калорифера

Назив дела	Материјал/Обрада	Маса делова оригиналног калорифера	Маса делова редизајнираног калорифера
Кућиште	РР пластика / инјекцијско пресовање	0,369 kg	0,264 kg
Елиса	Алуминијум / пресовање	0,019 kg	0.019 kg
Спојни елементи	Челик / резање	0,020 kg	0.005 kg
Главни носач	РР пластика/ инјекцијско пресовање	0,040 kg	0,040 kg
Бакарна жица	Бакар / Провлачење	0.021 kg	0.021 kg
Изолациона гума	EPDM гума / Екструдирање	0.026 kg	0.026 kg
Кутија	Картон / Формирање кутије	0,147 kg	0.123 kg

У табели 2 се види да је маса кућишта смањена за 0,095 kg. Због промењеног начина спајања кућишта 1 и 2 избегло се коришћење спојних елемената, остала су само два завртња која спајају унутрашње елементе са кућиштем. Такође, због смањења габарита калорифера димензије кутије за транспорт су смањене и тиме се добила маса кутије мања за 0,024 kg.

ФАЗА УПОТРЕБЕ

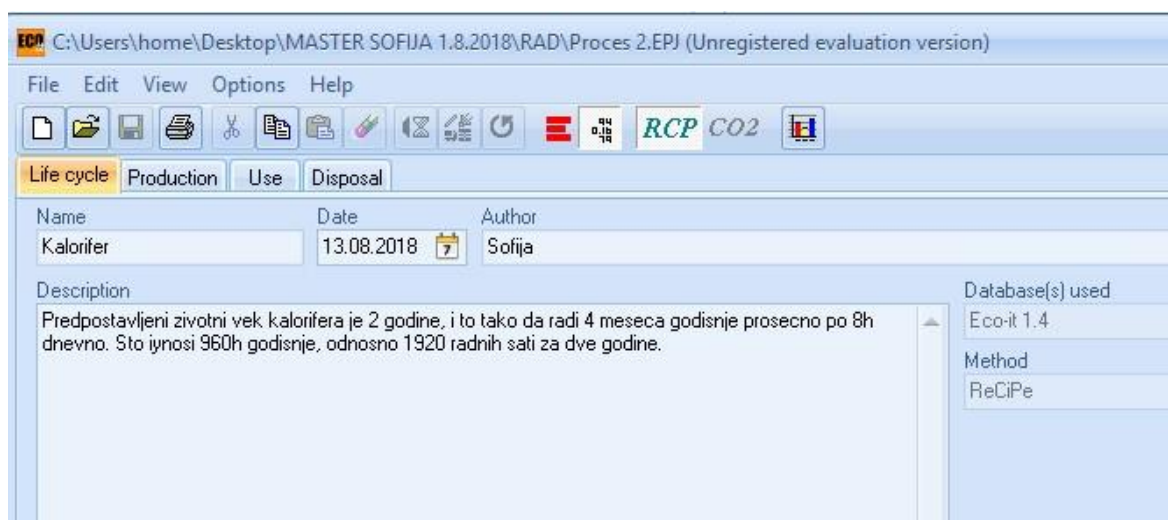
У фази употребе калорифера ништа није мењано и остало је 3840 kWh електричне енергије током радног века калорифера.

ФАЗА ОДЛАГАЊА ОТПАДА

Могућности одлагања отпада су одабране према апликацији *ECO-it* 1.4. према вредностима који доносе унети процеси и материјали.

7.2 Израчунавање бодова

На почетку су унети основни подаци приказани сликом 40.



Слика 40: Упис кратких информација о производу у *ECO-it*

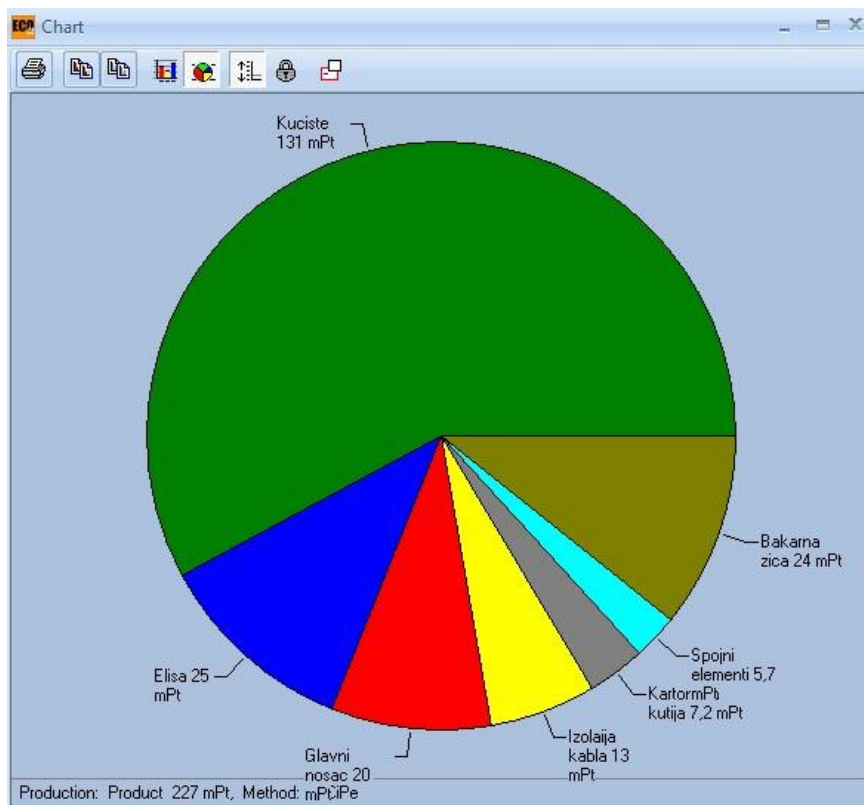
У следећој картици, фаза производње („*Production*”), уносе се подаци о материјалима и одговарајућим процесима израде делова калорифера из базе података и то редом који је представљен у претходном поглављу. Тај процес је приказан на слици 41.

The screenshot shows the 'ECO-it' software window with the title 'C:\Users\home\Desktop\MASTER SOFIJA 1.8.2018\RAD\Proces 2.EPJ (Unregistered evaluation version)'. The 'Production' tab is selected, showing a table of materials and processes. The table has columns: Item, Amount, Unit, Number, and mPt.

Item	Amount	Unit	Number	mPt
Product	1	p	1	227
Kuciste	1	p	1	131
PP	0,264	kg	1	92
Injection moulding	0,264	kg	1	39
Elisa	1	p	1	25
Aluminium primary	0,019	kg	1	23
Cold impact extrusion, aluminium	0,019	kg	1	1,7
Glavni nosac	1	p	1	20
PP	0,04	kg	1	14
Injection moulding	0,04	kg	1	5,9
Izolacija kabla	1	p	1	13
EPDM rubber	0,026	kg	1	13
Kartonska kutija	1	p	1	7,2
Production of carton board boxes, offset printing	0,147	kg	1	7,2
Spojni elementi	1	p	1	5,7
Steel, converter, low-alloyed	0,005	kg	1	1,4
Turning, chromium steel	0,005	kg	1	4,3
Bakarna zica	1	p	1	24
Copper	0,021	kg	1	22
Cold impact extrusion, aluminium	0,021	kg	1	1,9

Слика 41: Унос процеса у картицу фазе производње

На слици 42 је приказан кружни графикон резултата за фазу производње.



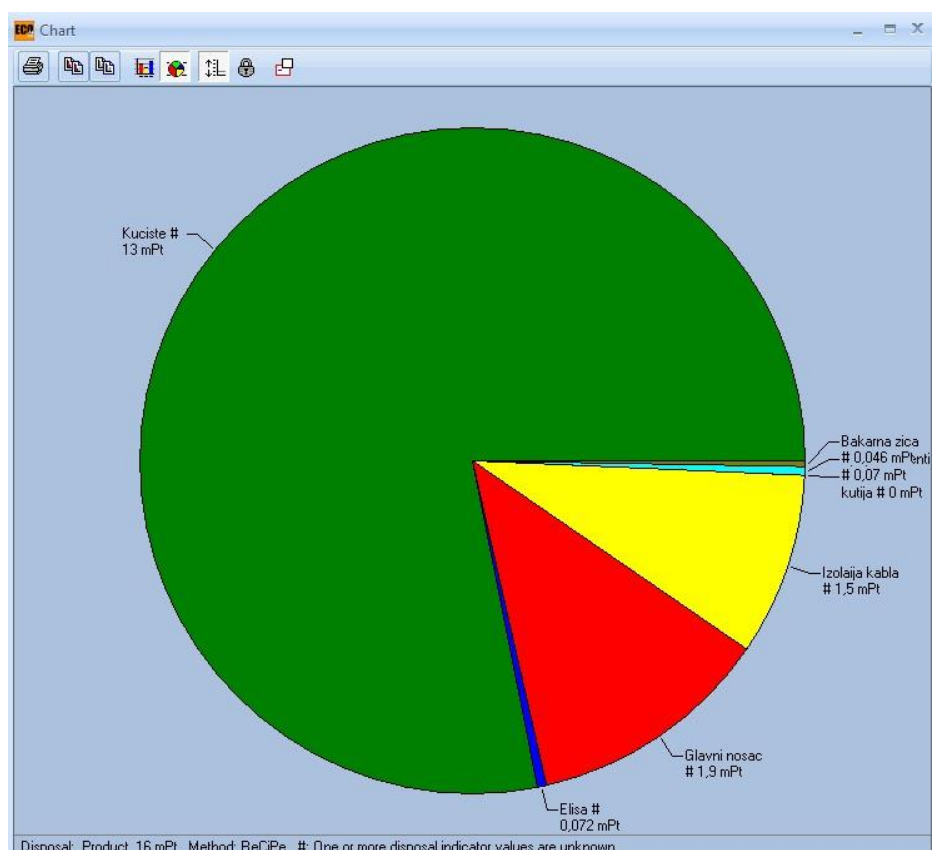
Слика 42: Приказ резултата фазе производње помоћу кружног графикона

Следи унос процеса у фази употребе производа („Use”). Раније је поменуто да се у тој фази користи само електрична енергија и да она има велики утицај на анализу. Зато ће у овој анализи овај део бити изостављен.

У фази одлагања отпада („Disposal”) апликација аутоматски уписује материјале, затим њихове количине које су дефинисане у производњи и употреби. Слика 43 приказује такву расподелу, док слика 44 приказује резултате анализе за фазу одлагања отпада. Напомена: знак (#) означава недостатак података у бази за проматрани процес.

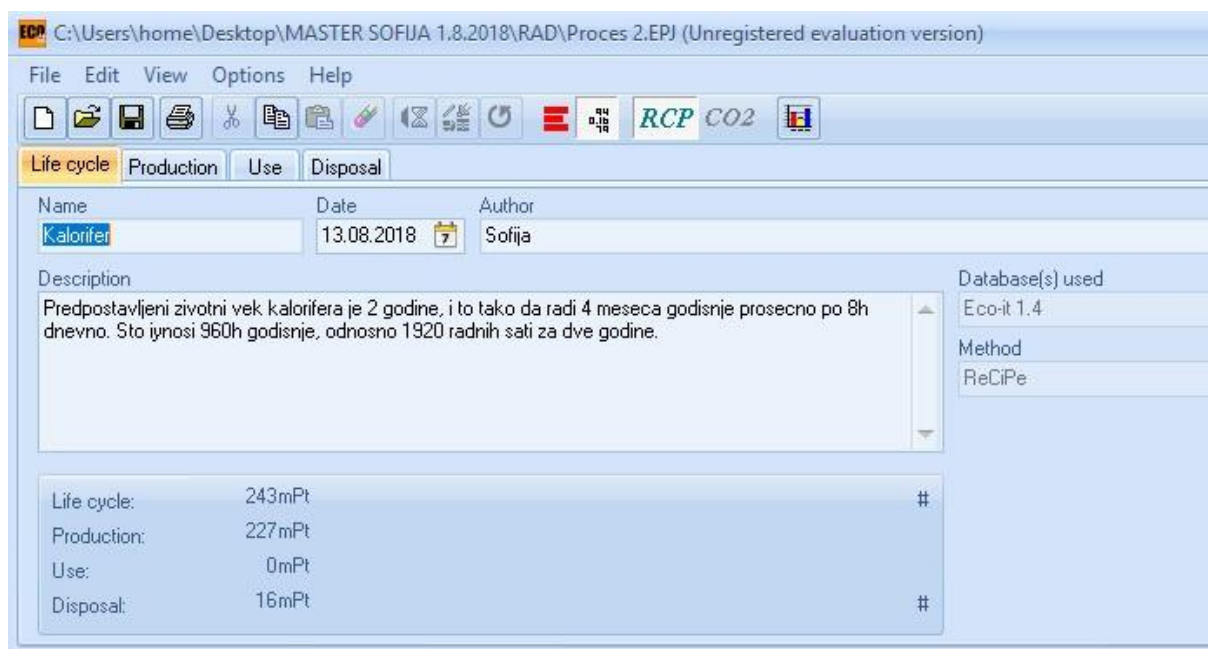
C:\Users\home\Desktop\MASTER SOFIJA 1.8.2018\RAD\Proces 2.EPJ (Unregistered evaluation version)						
File Edit View Options Help						
Life cycle Production Use Disposal						
Item	Municipal	Household	Recycling	Incineration	Landfill	mPt
Product	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	16 #
Kuciste	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	13 #
PP	100 %	#	0 %	0 %	0 %	13 #
Elisa	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0.072 #
Aluminium primary	100 %	#	0 %	0 %	0 %	0.072 #
Glavni nosac	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1.9 #
PP	100 %	#	0 %	0 %	0 %	1.9 #
Izolaija kabla	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1.5 #
EPDM rubber	100 %	#	0 %	0 %	0 %	1.5 #
Kartonska kutija	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 #
Production of carton board boxes, offset pr	#	#	0 %	0 %	0 %	0 #
Spojini elementi	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0.07 #
Steel, converter, low-alloyed	100 %	#	0 %	0 %	0 %	0.07 #
Bakarna zica	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0.046 #
Copper	100 %	#	0 %	0 %	0 %	0.046 #

Слика 43: Расподела отпадног материјала на пет начина одлагања отпада



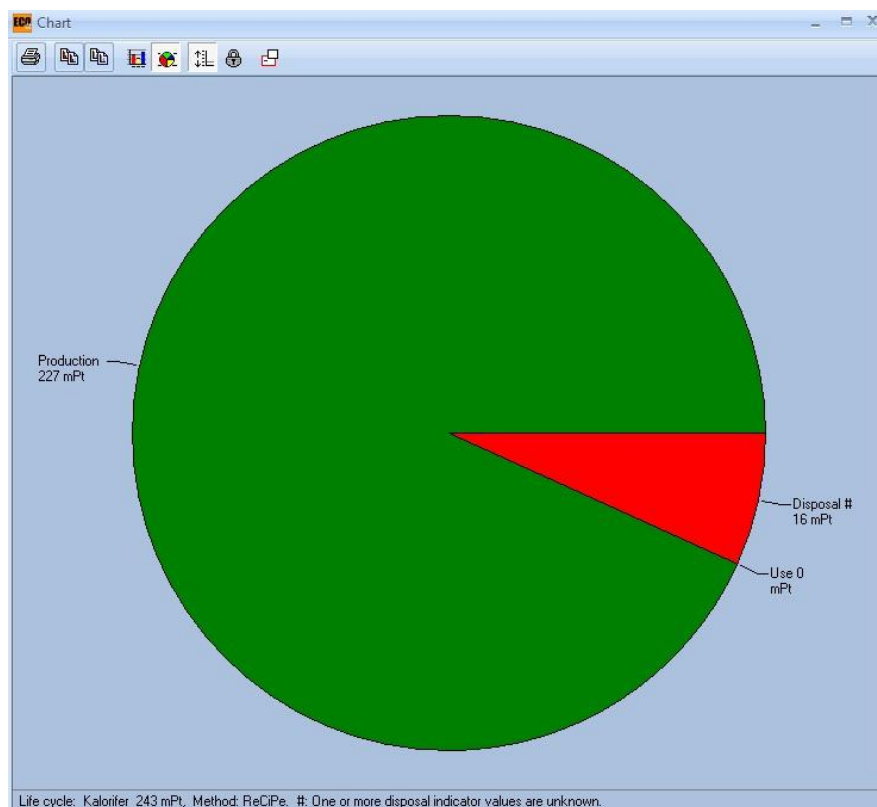
Слика 44: Приказ резултата фазе одлагања отпада помоћу кружног графика

Коначно су познати резултати за целокупни животно циклус редизајнираног калорифера. На слици 45 може се видети да укупни еко-индикатор разматраног производа износи 243 *mPt* без утицаја фазе употребе.



Слика 45: Приказ резултата за животно циклус производа без удела фазе употребе

На слици 46 су помоћу кружног графика приказани резултати анализе без фазе употребе, где се види да највећи удео у загађењу околине има фаза производње.



Слика 46: Приказ резултата анализе без фазе употребе

7.3 Дискусија резултата

Приликом анализе резултата извршено је поређење оригиналног калорифера са редизајнираним калорифером. Како апликација налаже да се процеси воде у три корака, фаза производње, фаза употребе и фаза одлагања, тако је вођена и анализа добијених еко-индикатора.

ФАЗА ПРОИЗВОДЊЕ

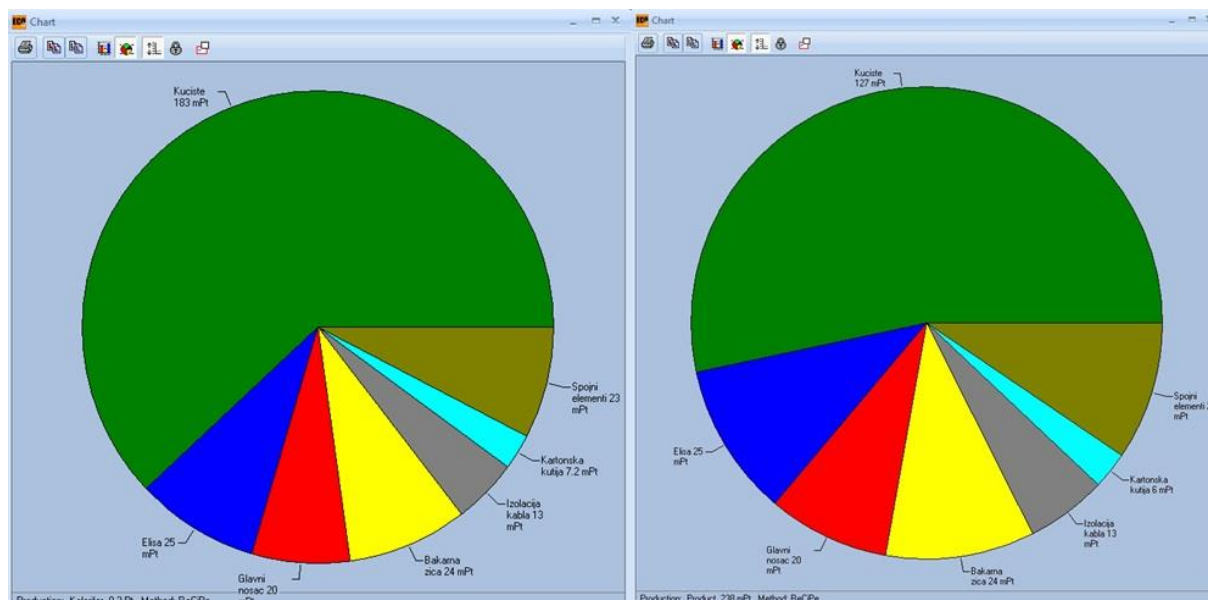
За фазу производње добијени су резултати приказани у табели 3.

Табела 3: Упоредни преглед резултата у фази производње

Назив дела	Резултати прве анализе	Резултати друге анализе
Кућиште	183 mPt	131 mPt
Елиса	25 mPt	25 mPt
Спојни елементи	23 mPt	5.7 mPt
Главни носач	20 mPt	20 mPt
Бакарна жица	24 mPt	24 mPt
Изолација кабла	13 mPt	13 mPt
Кутија	7.2 mPt	6 mPt

У фази производње приликом поређења резултата може се приметити да је највећи помак у еко-индикаторима који се односе на кућиште од 52 mPt. Та разлика у бодовима добијена је моделирањем новог кућишта и смањењем његове масе и габарита. Драстична промена у бодовима види се код спојних елемената. Ова промена се десила

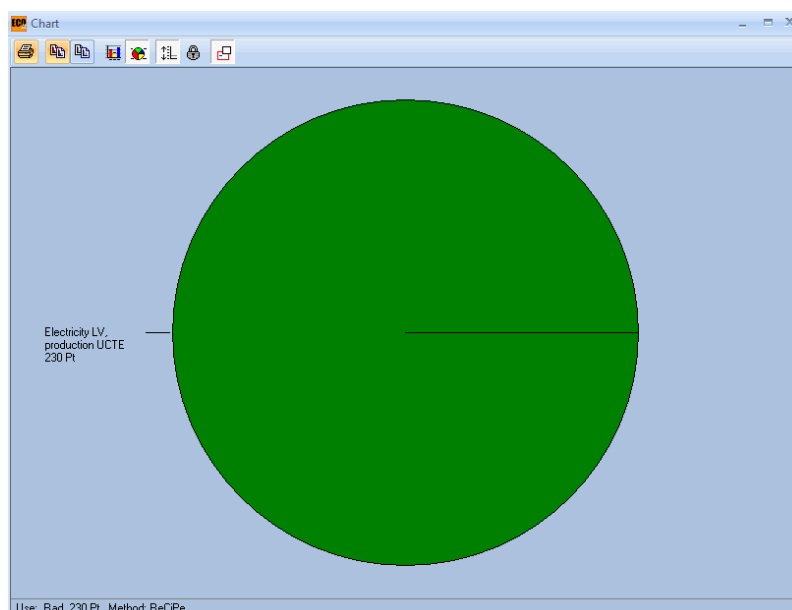
због увођења посебног механизма за спајање кућишта 1 и кућишта 2 и тиме се избегло коришћење завртања. Мало смањење бодова је добијено и код кутије за транспорт од 1.2 mPt због смањења габарита калорифера. На слици 46 може се видети графички приказ резултата за фазу производње, и то са леве стране је приказан кружни графикон за фазу производње оригиналног калорифера, док се са десне стране види кружни графикон за редизајнирани калорифер.



Слика 47: Упоредивање резултата у фази производње

ФАЗА УПОТРЕБЕ

Фаза употребе је, како је већ поменуто, најкритичија. Овде неће бити приказана упоредна анализа резултата оригиналног калорифера и редизајнираног, јер приликом анализе редизајнираног калорифера у овој фази ништа није мењано тако да би се добили исти резултати. На слици 48 су приказани резултати у фази употребе и број еко-индикатора износи 230 Pt.



Слика 48: Приказ резултата фазе употребе помоћу кружног графикона

На ову фазу није утицано приликом моделирања калорифера. Добијени резултати су непоуздани јер апликација посматра средњу вредност потрошње електричне енергије у Европи. Апликација не поседује податке за потрошњу електричне енергије у Србији тако да су подаци непоуздани и не могу се узети у разматрање.

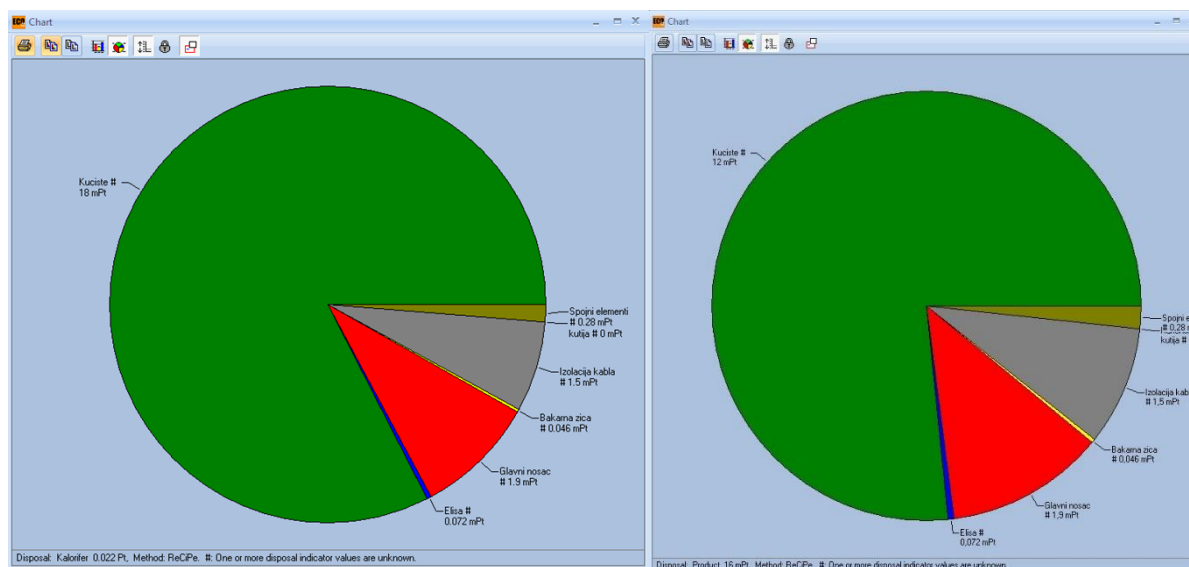
ФАЗА ОДЛАГАЊА

За фазу одлагања добијени су резултати приказани у табели 4.

Табела 4: Упоредни преглед резултата у фази одлагања

Назив дела	Резултати прве анализе	Резултати друге анализе
Кућиште	18 mPt	12 mPt
Елиса	0,072 mPt	0,072 mPt
Спојни елементи	0,28 mPt	0,28 mPt
Главни носач	1,9 mPt	1,9 mPt
Бакарна жица	0,046 mPt	0,046 mPt
Изолација кабла	1,5 mPt	1,5 mPt
Кутија	0 mPt	0 mPt

У табели 4 су приказани упоредни резултати за фазу одлагања отпада. Највећа промена се види приликом поређења резултата анализе кућишта. Еко-индикатори за овај процес су се смањили за 6 mPt, што није велика разлика али гледано на глобалном нивоу представља велики помак. На слици 49 може се видети графички приказ резултата за фазу одлагања, и то са леве стране је приказан кружни графикон за фазу одлагања оригиналног калорифера док се са десне стране види кружни графикон за редизајнирани калорифер.



Слика 49: Упоредивање резултата у фази производње

На самом крају се могу упоредити резултати претпостављеног животног века оригиналног калорифера и редизајнираног калорифера приказаних табелом 5. У табели 5 нису представљени резултати фазе употребе из већ објашњених разлога.

Табела 5: Упоредни преглед резултата

Назив	Резултати прве анализе	Резултати друге анализе
Фаза производње	296 <i>mPt</i>	238 <i>mPt</i>
Фаза употребе	0 <i>mPt</i>	0 <i>mPt</i>
Фаза одлагања	22 <i>mPt</i>	16 <i>mPt</i>
Укупно	318 <i>mPt</i>	243 <i>mPt</i>

Како је већ познато, резултати добијени анализом се изражавају у еко-индикаторима. Јединица еко-индикатора је бод- *point* (*Pt*) или милибод- *milipoint* (*mPt*). Апсолутна вредност ових бодова није пресудна, већ је њихова главна сврха да омогуће поређење релативних разлика између производа. Један бод (1 *Pt*) износи хиљадити део годишњег оптерећења животне средине од једног просечног Европљанина [15].

Рађена је упоредна анализа резултата *Eco-it* 99 методе за оригинални калорифер у односу на редизајнирани калорифер. Из добијених резултата може се закључити да је редизајнирани калорифер мање штетан по околину за 75 *mPt*, што говори о успешно обављеном задатку, односно побољшању дизајна ради смањења штетности по околину.

Са друге стране појединачно гледано, овако добијени резултат за оригинални калорифер указује на то да он није у великој мери штетан по околину. Ако се узме у обзир да скоро свако домаћинство поседује један овакав уређај, долази се до података о великој потражњи овог производа из чега произилази већа производња и употреба, а самим тим и веће загађење околине.

8. Закључак

У уводном делу овог рада је објашњен термин одрживи развој и његов значај за очување животне средине. Одрживи развој има велику улогу у схватању колико човек загађује околину и колико је потребно да се подигне свест о овој теми. Као једна од кључних ствари на нашој планети су вода, ваздух и земља и њих је потребно заштитити.

Највећи проблеми у очувању животне средине и у борби за одрживим развојем се јавља у индустријама. Из тог разлога, у наставку рада највећи акценат стављен на значај еколошког приступа производњи. Еколошки приступ производњи се односи на индустријску екологију. Термин индустријска екологија уведен је да би се могао разумети утицај индустријских система на животну средину. Овај оквир служи да се прво идентификују утицаји индустријских система на околину, а затим да се спроведе стратегија за редуковање тих утицаја.

Многи научници из области екологије су схватили значај имплементације екологије у све аспекте индустријске производње. Тако је екологија временом постала незаобилазна у индустрији и дизајнирању производа. Појавила се нова дисциплина која спаја екологију и дизајн производа у еко-дизајн. Еко-дизајн се бави стварањем производа који извршавају исте функције али су мање штетни за нашу околину. Из еко-дизајна произилазе и термини чиста производња и еко-ефикасност који ову дисциплину употпуњују и дају јој потпору за њено остваривање. Еко-дизајн као научна дисциплина достиже експанзију у свим гранама производње разноврсних производа.

Постоје разни приступи еколошком дизајнирању производа, али је у овом раду изабрана једна од њих, *LCA* метода. *LCA* метода представља алат помоћу кога се могу сагледати сви процеси и утицаји једног производа на животну средину у свим аспектима његовог живота. Такође, *LCA* метода има различите приступе за сагледавање проблема и њихово рачунање штетности. Као један од начина оцењивања штетности производа на нашу околину је метода *Eco-it 99* која је у овом раду примењена на примеру калорифера.

Да би се у целисти применила метода *Eco-it 99*, било је потребно пратити пет корака прописаних овом методом. У раду је описан калорифер и наведени сви делови који га сачињавају. Поред делова објашњен је и начин функционисања калорифера. Да би метода била потпуна направљено је стабло животног циклуса у који нису унети сви делови због недостатка информација или малог утицаја на анализу. Након стабла животног циклуса разматрани су сви процеси и материјали који су потребни за прављење калорифера. На самом крају, када су прикупљени сви потребни подаци, приступило се анализи помоћу апликације *Eco-it 1.4*.

Приликом анализирања калорифера добијени су резултати у три фазе: фази производње, фази употребе и фази одлагања. Најкритичнији резултати добијени су у фази употребе али они нису меродавни због непостојања правих података о потрошњи електричне енергије на овим просторима. Фаза производње и фаза одлагања приказала је знатно мање резултате штетности, али само посматрајући један апарат ове намене. Када би се ти резултати гледали на примеру више уређаја добиле би се алармантне бројке и увидело велико загађење околине које овај апарат доноси.

Зато је у наставку рада приступљено је моделирању новог кућишта, јер се показало да оно доноси највише штетности, приликом производње и одлагања због материјала и дизајна. Да би се измоделирало кућиште било је потребно измоделирати унутрашње делове калорифера како би се установиле тачне димензије кућишта. Затим се приступило плану дизајнирања и осмишљавању његовог изгледа.

Приликом дизајнирања примећено је да се кућиште састоји из два дела и да је много завртања потребно за њихово спајање. Зато се пре свега приступило осмишљавању другачијег начина спајања кућишта, које је представљено у раду. Такође, приликом дизајнирања циљ је био да се смање габарити и маса кућишта, што је редизајном постигнуто. Новим дизајном се није променила примарна функција самог кућишта, а самим тим и калорифера.

Након моделирања новог кућишта приступљено је поновној анализи, да би се установило колико нови дизајн доприноси очувању природе. У поновљеној анализи, није узета у анализу фаза употребе из већ напоменутих разлога. Резултати који су добијени анализом за фазу производње и фазу одлагања указују на то колико је мало потребно да се један производ учини исплативим.

Како је већ поменуто, тежило се ка смањењу штетности калорифера на животну средину. Анализа редизајнираног кућишта калорифера је показала да је тежња ка смањењу штетности калорифера остварена. Упоредни резултати анализа показују да се није умногоме побољшао утицај калорифера на околину, али гледано у ширем смислу ако би се овакве промене на уређајима увеле и код других апарата, довеле би до великог помака и видљивијих резултата.

Литература

- [1] Ивица Глумпак, Утицај система за управљање околишом на животни циклус производа, Дипломски рад, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб 2009.
- [2]www.osmackat.org.rs/fajlovi/.../Dusica-odrzivi%20razvoj%201.pdf, преузето: 15.02.2018
- [3]<http://www.vtssa.edu.rs/Odrzivi%20razvoj/OR-1.pdf>, преузето: 28.03.2018
- [4]<http://www.rgf.rs/predmet/RO/.../Predavanja/odrzivi%20razvoj%201.pdf>, преузето: 28.03.2018
- [5]<http://environment-ecology.com/what-is-ecology/205-what-is-ecology.html>, преузето: 28.03.2018
- [6]<http://tribolab.mas.bg.ac.rs/proceedings/2003/227-229.pdf>, преузето: 28.03.2018
- [7]<http://www.cqm.rs/2005/fq2005/SEKCIJA/.../Acimovic.pdf>, преузето: 02.06.2018
- [8]https://www.researchgate.net/profile/Hesamedin_Ostad-Ahmad-Ghorabi/publication/251881516_Ecodesign_for_Sustainable_Development_-_Volume_4_Product_Development_links/.../Ecodesign-for-Sustainable-Development-Volume-4-Product-Development.pdf, преузето: 10.06.2018
- [9]<http://www.grantadesign.com/download/pdf/FiveStepsToEcoDesign.pdf>, преузето: 10.06.2018
- [10]http://www.cpc-serbia.org/files/cp-b_dunjic-14-dec-07.pdf, преузето: 10.06.2018
- [11]http://eprints.grf.unizg.hr/907/1/DB91_Ho%C4%8Dvar_Marko.pdf, преузето: 10.06.2018
- [12]<http://nardus.mpn.gov.rs/bitstream/handle/.pdf>, преузето: 10.06.2018
- [13]<https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin:156/preview.pdf>, преузето: 10.06.2018
- [14]<http://www.plastikainfo.com/tehnologija/materijali-polipropilen-polypropylene-pp>, преузето: 15.06.2018
- [15] Ненад Зрнић, Дизајн и екологија одрживог развоја производа, Београд 2012.
- [16] Лозица Ивановић, Синиша Кузмановић, Мирослав Вереш, Милан Рацков, Биљана Марковић, Индустријски дизајн, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.

Списак слика

Слика 1: Одрживи развој	4
Слика 2: Чиста производња.....	10
Слика 3: Еко-ефикасност.....	11
Слика 4: Фазе животног циклуса производа	12
Слика 5: Графички приказ Еко-индикатор методе	15
Слика 6: Калорифер	17
Слика 7: Кућиште 1	18
Слика 8: Кућиште 2	19
Слика 9: Мотор YJ58-12C	20
Слика 10: Елиса	20
Слика 11: Носач грејача, грејач и главни носач	21
Слика 12: Спојни елементи	21
Слика 13: Поједностављени шематски приказ „стабла процеса”.....	22
Слика 14: Упис кратких информација о производу у <i>ECO-it</i>	25
Слика 15: Унос процеса у картицу фазе производње	25
Слика 16: Приказ резултата фазе производње помоћу кружног графикона	26
Слика 17: Унос процеса у оквир фазе употребе производа	26
Слика 18: Приказ резултата фазе употребе помоћу кружног графикона	27
Слика 19: Расподела отпадног материјала на пет начина одлагања отпада.....	27
Слика 20: Приказ резултата фазе одлагања отпада помоћу кружног графикона	28
Слика 21: Приказ резултата за животно циклус производа.....	28
Слика 22: Приказ резултата за животно циклус производа без удела фазе употребе.....	29
Слика 23: Приказ резултата анализе без фазе употребе.....	29
Слика 24: Унутрашњи делови конструкције калорифера	31
Слика 26: Унутрашњост са мотором	32
Слика 27: Држач елисе.....	33
Слика 28: Сигурносна плочица.....	33
Слика 29: Почетна скица кућишта	35
Слика 30: Идејно решење за кућиште калорифера	35
Слика 31: Кућиште 2	36
Слика 33: Приказ спојног елемента на кућишту 2	37
Слика 34: Кућиште 1	38
Слика 35: Приказ спојног елемента на кућишту 1	38
Слика 36: Предња страна редизајнираног калорифера	39
Слика 37: Задња страна редизајнираног калорифера	39
Слика 38: Маса кућишта 1.....	40
Слика 39: Маса кућишта 2.....	40
Слика 40: Упис кратких информација о производу у <i>ECO-it</i>	42
Слика 41: Унос процеса у картицу фазе производње	42
Слика 42: Приказ резултата фазе производње помоћу кружног графикона	43
Слика 43: Расподела отпадног материјала на пет начина одлагања отпада.....	43
Слика 44: Приказ резултата фазе одлагања отпада помоћу кружног графикона	44
Слика 45: Приказ резултата за животно циклус производа без удела фазе употребе.....	44
Слика 46: Приказ резултата анализе без фазе употребе.....	45
Слика 47: Упоредивање резултата у фази производње	46
Слика 48: Приказ резултата фазе употребе помоћу кружног графикона	46
Слика 49: Упоредивање резултата у фази производње	47