

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Организација рада

Број индекса: 24/2012

Дајана М. Живковић

**Оцена утицаја уређаја за рециклажу на животну
средину у фази процеса пројектовања применом
PROMETHEE методе**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Данијела Тадић, редовни професор-ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да разуме значај процеса рециклаже првенствено са аспекта заштите животне средине. Од кандидата се очекује да идентификује врсте отпада које настају у процесу пројектовања. Применом методе за оцењивање животног циклуса производа (*LCA*) се врши идентификација отпада у разматраном процесу. Оцењивање вредности третираних врста отпада у процесу пројектовања је постављено као задатак групног одлучивања. Кандидат треба да разуме различите начине агрегација индивидуалних мишљења доносиоца одлука. Оцењивање различитих врста отпада на третиране елементе животне средине кандидат треба да постави као задатак више-атрибутивног одлучивања. Применом *PROMETHEE* методе, одређује се ранг идентификованих врста отпада на сваки елемент животне средине, симултано. Такође, добија се и ранг врста отпада када се сви елементи животне средине посматрају истовремено. Кандидат треба да разуме добијене резултате и да на основу њих може да пропише мере за побољшање квалитета животне средине.

Препоручена литература:

- [1] Brans, J.P., Vince, P. S. (1985): The PROMETHEE Method for Multiple Decision Making. *Management Science* 31 (6) 647-656.
- [2] Агарски, Б., (2014): Развој система за интелигентну вишекритеријумску процену оптерећења животне средине код оцењивања животног циклуса производа и процеса. Факултет техничких наука, Нови Сад
- [3] Славко Арсовски (2013): Интегрисани системи менаџмента, Факултет инжењерских наука, Крагујевац.

Крагујевац, 07.07.2015 године

Ментор:
Др Данијела Тадић, редовни професор

РЕЗИМЕ

У овом раду, разматран је проблем утицаја улазних и излазних величина процеса пројектовања уређаја за рециклажу. Утицај идентификованих променљивих на елементе животне средине постављен је задатак групног одлучивања. Вредности елемената матрице одлучивања се рачунају као производ вредности идентификованих величина и њихових релативних важности. Ранг разматраних величина који су идентификовани у процесу пројектовања, које утичу на животну средину добијени су применом *PROMETHEE* методе. Развијен поступак је илустрован примером у коме егзистирају реални подаци.

Кључне речи: животна средина, процес пројектовања, уређај за рециклажу, *PROMETHEE* метода.

ABSTRACT

In this paper a problem of influence assesment of every input variable in the production process of recycling device. In this work the considered problem is presented as if a problem of group decision making. The value of every decision matrix element is counted as if matematical product of relative importance of type waste on environmental elements, and their assesment values. The ranking of influence of every identified waste type on environment was received by using *PROMETHEE* method. Developed method will be showed, illustrated with an example where data, received from real production conditions, existed.

Keywords: environment, projecting process, recycling device, *PROMETHEE* method

САДРЖАЈ:

1. УВОД.....	5
1.1. Мотив	5
1.2. Предмет и циљ задатка.....	5
1.3. Методе које су коришћене у раду	6
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ	7
2.1. Термини	8
2.2. Оцењивање животног циклуса - LCA метода	9
2.3. <i>PROMETHEE</i> метода	12
3. ПОСТАВКА ПРОБЛЕМА	15
4. ПРЕДЛОЖЕНИ АЛГОРИТАМ	17
5. ИЛУСТРАТИВНИ ПРИМЕР	18
6. ЗАКЉУЧЦИ.....	34
ЛИТЕРАТУРА	35

1. УВОД

1.1. Мотив

Због повећаног интересовања за заштиту окружења, за очување ресурса, пораста еколошке свести, настала је потреба за управљањем повратним токовима производа од тржишта до фирми. Као што је познато здрава животна средина је предуслов доброг живота и опстанка живих бића. Човек интензивно исцрпљује природна богатства чиме доводи у питање и властиту будућност. Управо због тога се повећава интерес за заштиту околине и стварање еколошке свести заједно са негативним утицајима на производњу и околину. Најважнији циљеви ефикасног управљања отпадом су: заштита и унапређење животне средине, заштита здравља људи, повећања нивоа јавне свести, итд.

1.2. Предмет и циљ задатка

Управљање заштитом животне средине последњих деценија постаје један од најинтересантнијих проблема истраживања. Рециклирање је један од начина којим се решава проблем управљања животном средином. Осим еколошке компоненте, рециклирање може да се посматра и са економског и енергетског аспекта.

Постоје многобројне и различите врсте отпада. Класификација врста отпада врши се у зависности од карактеристика отпада које утичу на здравље и животну средину. Респектујући резултате ове класификације могу бити: **интерни, неопасни и опасни**. Колико је отпад штетан показује и време потребно за разградњу појединих врста отпада:

- Органски отпад - 3 до 12 месеци
- Алуминијумске лименке - 10 до 100 година
- Пластичне кесе - 100 до 1000 година
- Стаклене боце - 4000 година
- Стиропор – никада !!!.

Процес којим се отпад прерађује у основну сировину која може послужити за производњу исти и неких других производа назива се **рециклажа**. Рециклажа се примењује у оквиру основног начела управљање отпадом - правила 3Р:

1. Р - reduce (смањити количину отпада)

2. **P** - reuse (поново употребити)

3. **P** - recycle (рециклирати)

Такође, рециклажа представља значајну индустријску делатност у којој се генерише велика економска корист. Применом процеса рециклаже се постиже значајна уштеда ресурса сировина. Око 70% отпада има употребну вредност, што се може рециклирати.

1.3. Методе које су коришћене у раду

Предмет овог рада је рангирање врста отпада који настају у пословном процесу и који утичу на све елементе животне средине. Одређивање утицаја на животну средину може се решити применом LCA и неке више-критеријумске оптимизације (ВКО) (Linkov et al., 2011). Задатак који се разматра у овом раду може да се реши применом било које више-критеријумске оптимизације (ВКО). У овом раду је коришћена метода *PROMETHEE* (Brans and Vincke 1985). Постоје четири варијатне методе *PROMETHEE*: *I* даје парцијални, *II* потпуни, а *III* интервални поредак алтернатива, док тип *IV* представља проширење *PROMETHEE III* за непрекидне скупове.

У *PROMETHEE* су предложено шест типова функције преференције. Избор типа преференције зависи од знања и искуства менаџмент тима.

Рад је организован на следећи начин: у одељку 2 је дат приказ литературе из одговарајућих домена. У трећем одељку се налази поставка проблема која се разматра. У селекцији 4 приказан је предложени алгоритам модификоване *PROMETHEE* методе и у одељку 5 развијени алгоритам је тестиран на примеру у којем егзистирају подаци добијени из реалног процеса пројектовања уређаја за рециклажу. У шестом одељку дати је дискусија и закључци.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

У литератури постоји велики број различитих метода који се користе за оцену утицаја различитих врста отпада на животну средину. Једна од најшире коришћених метода је Оцењивање животног циклуса (**Life Cycle Assessment**) - LCA. Применом ове методе, оцењују се производ током целог животног циклуса као и његов утицај на животну средину (ISO 14040:2006, SRPS ISO 14040: 2008). Примена ове методе је дефинисана стандардом (ISO 14040:2006, SRPS ISO 14040: 2008). Једна од фаза LCA методе је дефинисање улаза, излаза и отпада који настаје у процесима који могу да утичу на животну средину (ISO 14041:1998, SRPS ISO 14041:2002). Оцењивање утицаја животног циклуса (ISO 14042:1999, SRPS ISO 14042:2005). У трећој фази сваке LCA студије, познате као LCIA (**Life Cycle Impact Assessment**) реализује се кроз успостављање релација улазних и излазних параметара са утицајима на животну средину.

Одређивање утицаја на животну средину може се решити применом LCA и неке ВКО методе (Linkov et al., 2011). Једна од метода која има широку употребу у решавању многих ВКО проблема је *PROMETHEE* (Benzadain et al, 2000).

Рангирање фактора који утичу на животну средину извршено је применом разматране методе у (Haralamboopoulos and Polatidis, 2003; Huang et al, 2011). Један од проблема при примени *PROMETHEE* методе је избор функције преференције. Овај проблем је разматран у (Podvezko and Podvezko, 2010).

У поређењу са радовима који могу да се нађу у литератури модел који је развије у овом раду има извесне разлике које истовремено представљају предности.

Метод LCA и LCIA су коришћене да се идентификују сви улази и излази из процеса пројектовања производа који имају утицај на животну средину.

Утицај на животну средину се разматра преко утицаја на три компоненте: **ваздух, вода и тле**. Сматра се да све компоненте животне средине имају исту важност са аспекта управљања очувањем животне средине.

Свака идентификована врста улаза и отпада који представљају један од излаза из процеса пројектовања има различит утицај на сваку компоненту животне средине. Одређивањем вредности утицаја сваке идентификоване врсте улаза и отпада који је постављен као задатак групног одлучивања.

Претпоставља се да доносиоци одлуке имају исту важност у процесу одлучивања. Ову претпоставку је реално увести с обзиром да се разматра процес пројектовања уређаја за рециклажу. Унутар ове претпоставке, може да се каже да агрегација индивидуалних процена доносилаца одлуке може да се добије применом методе средње вредности. Вредност сваке улазне променљиве и сваке врсте отпада добија се на основу процене менаџмент тима. У овом случају сматра се да доносиоци одлуке, одлуку доносе концензусом. Вредност елемената матрице одлучивања рачуна се као производ релативне важности идентификованих врста улаза и отпада и њихове вредности. Ранг идентификованих величина које имају утицај на елементе животне средине добија се применом модификоване *PROMETHEE* методе.

2.1. Термини

Животни циклус – узастопне и међусобне повезане фазе система производа, од набавке сировина или добијања из природних сировина до коначног одлагања.

Интерпретација животног циклуса – фаза оцењивања животног циклуса у којој се налазе анализе елемената или оцењивања утицаја или оба, вреднују у складу са утврђеним циљем и предметом, ради доношења закључака и препорука.

Процес – скуп међусобно повезаних или међусобно делујућих активности који претвара улазне елементе у излазне. (ISO 9000:2005)

Основни ток – материјал или енергија која улази у систем који се посматра и који потичу из животне средине без претходне прераде од стране човека, или материјал или енергија који излазе из система који се посматра и који се одстрањују у животну средину без накнадне прераде човека.

Сировина – примаран или секундаран материјал који се користи за производњу производа.

Напомена : Секундарни материјал обухвата рециклиране материјале.

Улаз – производ, ток материјала или ток енергије који улазе у јединични процес.

Излаз – ток производа, материјала или енергије који напуштају јединични процес.

Граница система – скуп критеријума који утврђују који од јединичних процеса је део система производа.

Отпад – супстанце или објекти које онај који их поседује намерава да одложи или да се од њега очекује да их одложи.

Механизам заштите животне средине – систем физичких, хемијских и биолошких процеса за одређену категорију утицаја, који повезује резултате анализе елемената животног циклуса са индикаторима категорије и завршецима категорије.

2.2. Оцењивање животног циклуса - LCA метода

Оцењивање животног циклуса (LCA) – је алат за доношење одлуке о изради или квалитету одређеног производа уз идентификацију његовог утицаја на животну средину имајући у виду целокупан животно циклус производа, односно то је процес анализе материјала, енергије, емисија и отпада које „продукује“ производ кроз целокупан животно циклус на животну средину и природне ресурсе, оцењује и анализира и интерпретира резултате. LCA користи све више професионалца јер омогућује свеобухватну анализу околине и последице производње кроз цели животно циклус. Циклус од настанка тј. почевши од ресурса и експлоатације материјала па до коначног одлагања. LCA анализира све и/или више фаза животног циклуса производа, узима у обзир различите утицаје тих фаза (слика 1).

При дефинисању циља и предмета и подручје примене LCA мора бити јасно дефинисано и у складу са намераваном употребом.

Приликом дефинисања циља имамо следеће ставке:

- намеравана употреба,
- разлози за извођење студије,
- коме је намењена,
- да ли се намерава коришћење резултата студије у изјавама о поређењу које се објављује у јавности.

При дефинисању предмета имамо следеће ставке:

- систем производа који је предмет студија,
- функционална јединица,

- границе система,
- приступи алокација,
- претпоставке,
- избор вредности елемената по слободном избору,
- ограничења,
- тип и формат извештаја који се захтева за студију.

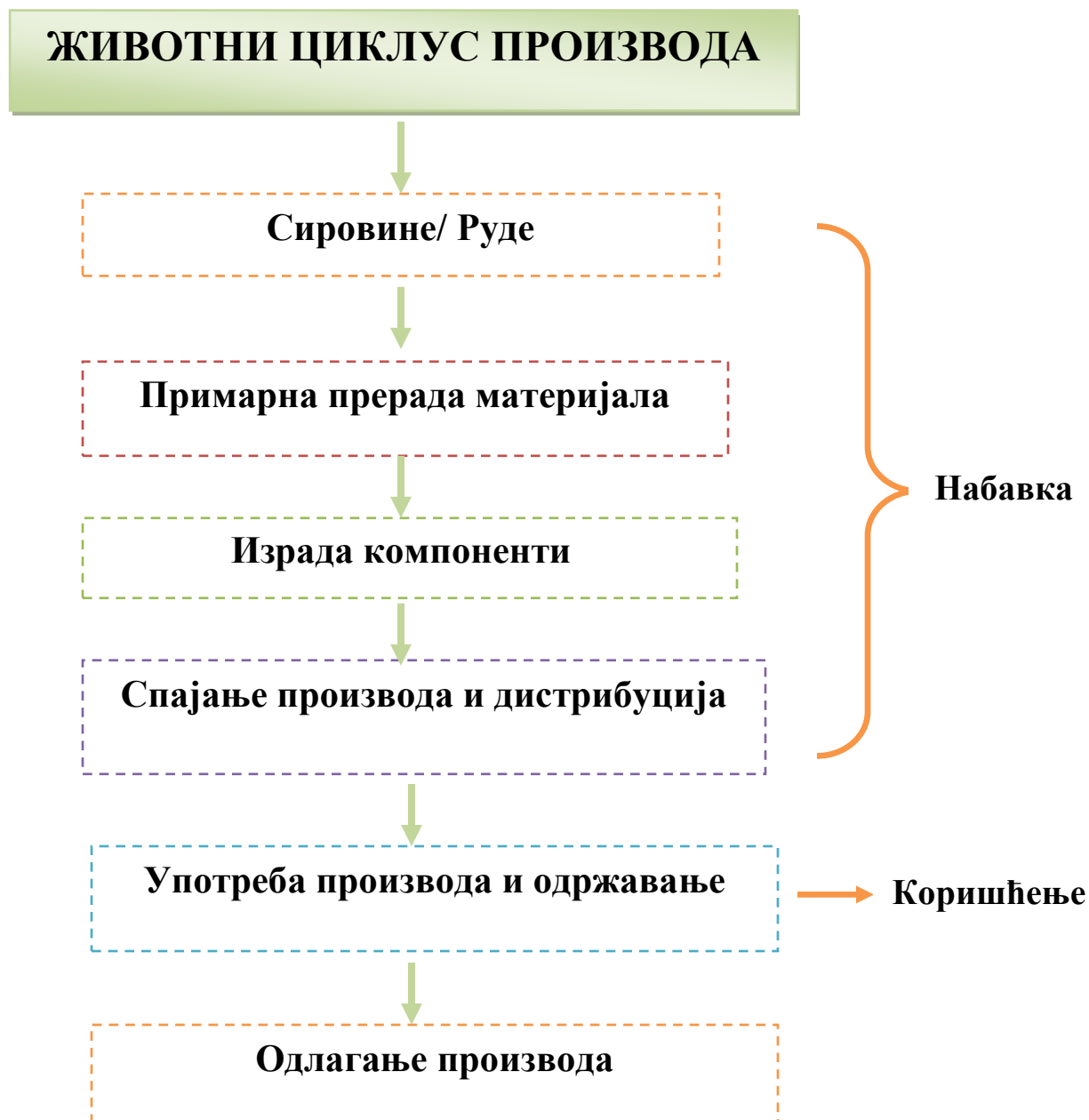
Оцењивање животног циклуса јесте комбинација и евалуација улаза и излаза и потенцијалних утицаја на животну средину система производа или услуга кроз целокупан животни век.

Метода LCA се састоји из четири фазе:

- дефинисање циља и предмета
- анализа улазних и излазних елемената
- оцењивање утицаја
- интерпретација

Постоје разлике у посматрању LCA студије. Може се посматрати са више аспеката:

- Студија за производ
- Студија за отпад



Слика 1. Животни циклус производа

Оцењивање животног циклуса јесте комбинација и евалуација улаза и излаза и потенцијалних утицаја на животну средину система производа или услуга кроз целокупан животни век.

Осим што се помоћу LCA методе налазе најприхватљивија еколошка решења, добро се користи и у маркетиншке сврхе. Концепт животног циклуса је један од најстаријих маркетиншких концепата, који је често предмет расправе маркетиншких стручњака у пракси.

2.3. *PROMETHEE* метода

Вишекритеријумски проблем се може дефинисати као:

$\text{Max} = \{ (f_1(a), \dots, f_k(a)) \mid a \in A \}$, где је $A = \{ a_1, \dots, a_n \}$ коначан скуп алтернатива, а f_i су вредности по критеријумима. Решење вишекритеријумског проблема не зависи само од вредности критеријумима, него и о самом доносиоцу одлуке.

Метода *PROMETHEE* спада у групу за вишекритеријумског одлучивања у скупу алтернатива описаних са више атрибута. Методу је развио Jean-Pierre Brans и презентовао 1982 године. Исте године метода је се почела примењивати на проблеме везане за здравство.

Постоје четири варијанте методе *PROMETHEE*: I даје парцијални, II потпуни, а III интервални поредак алтернатива, док тип IV представља проширење *PROMETHEE* III за непрекидне скупове.

Метода *PROMETHEE* уводи функцију преференције $P(a,b)$, за алтернативе a и b које су вредноване са критеријумским функцијама. Алтернатива a је боља од b , према критеријуму f ако је $f(a) > f(b)$, и дата се функција преференције дефинише на следећи начин:

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } f(a) \leq f(b) \\ P(f(a) - f(b)), & \text{ако је } f(a) > f(b) \end{cases}$$

Ради краћег писања уводи се ознака d , $d = f_i(a) - f_i(b)$.

Аутори методе *PROMETHEE* предлажу шест типова функција преференције:

1. Обичан или једноставан критеријум

$$P_i(d) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq 0 \\ 1, & \text{ako je } d > 0 \end{cases}$$

2. Квази критеријум

$$P_i(d) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq q \\ 1, & \text{ako je } d > q \end{cases}$$

Доносиатељ одређује вредност параметра q .

3. Критеријум са линеарном преференцијом

$$P_i(d) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq 0 \\ d/p, & \text{ako je } 0 < d \leq p \\ 1, & \text{ako je } d > p \end{cases}$$

Исто као и код параметра q , p доносиатељ задаје.

4. Нивојски критеријум

$$P_i(d) = \begin{cases} 0, & \text{ako je } d \leq q \\ 1/2, & \text{ako je } q < d \leq p \\ 1, & \text{ako je } d > p \end{cases}$$

5. Критеријум са линеарном преференцијом и облашћу индиферентности

$$P_i(d) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq q \\ (d - q)/(p - q), & \text{ако је } q < d \leq p \\ 1, & \text{ако је } d > p \end{cases}$$

6. Гаусов критеријум

$$P_i(d) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq 0 \\ 1 - \exp(-d^2/2\sigma^2), & \text{ако је } d > 0 \end{cases}$$

Функција преференције $P(a,b)$ се односи на једнокритеријумско упоређивање алтернатива a и b .

Вишекритеријумски индекс преференције алтернативе a над b дефинисан је изразом:

$$\Pi(a,b) = \sum_{i=1}^n \omega_i P_i(a,b)$$

Где је:

n – број критеријума,

ω_i - тежина; уведен је услов да је сума тежина ω једнака јединици,

i -тог критеријума.

Уводе се токови преференције:

- Позитиван ток: $\Phi_j^+(a_j) = \sum_{m=1}^J \Pi(a_j, a_m)$
- Негативан ток: $\Phi_j^-(a_j) = \sum_{m=1}^J \Pi(a_j, a_m)$

Такође се уводи нето ток као мера за вишекритеријумско рангирање метода *PROMETHEE* II:

$$\emptyset_j(a_j) = \emptyset_j^+(a_j) - \emptyset_j^-(a_j) ; j = 1, \dots, J$$

J- број алтернатива

Алтернатива a_j вишекритеријумски боља од a_k ако је $\emptyset_j > \emptyset_k$.

3. ПОСТАВКА ПРОБЛЕМА

Процес пројектовања уређаја за рециклажу уља може да се декомпинује на потпроцесе:

1. *Истраживање тржишта и студија изводљивости,*
2. *Израда концептуалног решења производа,*
3. *Прорачун конструкције.*

Респектујући дефиницију пословног процеса, неопходно је да се дефинише улаз и излаз из сваког процеса и потпроцеса. У овом раду, за сваки потпроцес процеса пројектовања уређаја за рециклажу одређују се улази (сировине које се користе у потпроцесу) и излазе (финални производи и/или полупроизводи као и различите врсте отпада). Фокус истраживања аутора је одређивање идентификованих врста отпада на животну средину. Животна средина може да се разматра са различитих аспеката. У општем случају, елементи животне средине могу да се представе скупом индекса $J = \{1, \dots, j, \dots, J\}$. Укупан број елемената животне средине је означен као J . Индекс животне средине је означен као j , $j=1, \dots, J$. Формално идентификоване врсте отпада који настају на нивоу разматраног пословног процеса. Врсте отпада формално могу да се представе скупом i , $i = 1, \dots, I$, где је i индекс за разматрану врсту отпада, а I је укупан број разматраних врста отпада.

Свака врста отпада i , $i = 1, \dots, I$ има различит релативан утицај на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$. Релативна важност сваке врсте отпада на сваки елемент животне средине може да се одреди на основу процене менаџмент тима (менаџер за квалитет, менаџер за заштиту животне средине и главни пројектант). Менаџмент тим своје процене заснива на знању, искуству, резултатима добре праксе, и др. Другим речима, реално је претпоставити да се проблем одређивања утицаја врсте отпада на животну средину постави као задатак фази групног одлучивања. У проблем који се разматра, може се претпоставити да менаџмент тим не доноси одлуку консензусом. Агрегација процена чланова менаџмент тима у групни консензус добија се применом различитих метода, као на пример: метода средње вредности, Delphi метода, Ordered Weighted Aggregation OWA (LIT) метода.

Чланови менаџмент тима у процесу пројектовања уређаја за рециклажу имају исту важност. Ова претпоставка је сасвим реална с обзиром на величину посматраног пословног процеса. Унутар ове претпоставке агрегирана вредност тежина сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$ на елементе животне средине j , $j = 1, \dots, J$ може се добити применом метода средње вредности.

Менаџмент тим своје процене пресликава у прецизне бројеве који могу да буду дефинисани на различитим скалама мера. У литератури може да се нађе велики број радова у којима се користе различите скале мера. Најчешће је коришћена скала мера дефинисана на интервал [1-9] (аналогно Saaty, 1990), "школска" скала мера [1-5], скала мера дефинисана на интервалу [0-1]. У овом раду је уведена претпоставка да се користи школска скала мера, зато што се разматрају само три елемента животне средине. На овај начин је лако и једноставно да се израчунају агрегиране вредности процена чланова менаџмент тима.

Овај начин размишљања је заснован на претпоставкама конвекционалних метода ВКО (вишекритеријумкса оптимизација), као на пример: Аналитички Хијерархијски Процес (*Analitic Hierarchy Process*) - AHP (Saaty, 1990), (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations*) - PROMETHEE (Brans, 1980), (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) - TOPSIS (Hwang and Yoon, 1981) и друго.

Вредност утицаја сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$, у општем случају може се добије на два начина: први начин је мерењем, а други је проценом. У разматраном проблему је готово немогуће да се да се вредност утицаја сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$ одредити мерењем. Због природе проблема реално је претпостављено да се утицај сваке врсте отпада $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне средине j , $j = 1, \dots, J$ одређује на основу процена чланова менаџмент тима, који одлуку доносе консензусом. Чланови менаџмент тима у овом

проблему своје процене заснивају најчешће на резултатима добре праксе. Менаџмент тим користи стандарну скалу мера [1-9]. Вредности 1, односно вредност 9, означава да разматрана врста отпада има веома малу вредност, односно екстремну вредност.

Укупна вредност сваке врсте отпада на сваки елемент животне средине рачуна се као производ тежине и њене процењене вредности. Поступком нормализације све вредности елемената методе одлучивања пресликавају се у скуп реалних бројева [0-1] и упоредиве су. У литератури постоје много развијени типови нормализације: *векторска нормализација*, *линеарна нормализација*, *једноставна нормализација* (Pomerol and Barba-Romeo, 2000).

У овом пројектном раду коришћена је векторска нормализација.

Рангирање врсте отпада у овом раду је извршена применом *PROMETHEE* методе.

4. ПРЕДЛОЖЕНИ АЛГОРИТАМ

У овом раду модификована *PROMETHEE* метода може да се реализује кроз следеће кораке:

Корак 1. Одредимо процене релативне важности сваког члана менаџмент тима, $W_{i,j}^e$, $i=1,...,I$; $j=1,...,J$; $e=1,...,E$

Корак 2. Одредимо агрегирану релативну важност процена чланова менаџмент тима, $W_{i,j}$, $i=1,...,I$; $j=1,...,J$

$$W_{i,j} = \frac{1}{E} \sum_{e=1}^E W_{i,j}^e$$

Корак 3. Одредимо вредност утицаја сваке врсте отпада, $i=1,...,I$ на елемент животне средине утицаја $j=1,...,J$, $v_{i,j}$.

Корак 4. Констришемо матрицу одлучивања D :

$$D = [d_{ij}]_{I \times J}$$

где је :

$d_{ij} = W_{ij} \cdot v_{ij}$ је отежана вредност врсте отпада $i = 1,...,I$ на сваки елемент животне средине $j, j = 1,...,J$.

Корак 5. Нормализујемо вредности елемената матрице одлучивања:

$$r_{i,j} = \frac{d_{i,j}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)}}, \quad i=1, \dots, I; k=1, \dots, J$$

Корак 6. Одредимо индекс преференције за сваку врсту отпада i , $i = 1, \dots, I$ на сваки елемент животне j , $j = 1, \dots, J$.

Уводе се токови преференције:

- Позитиван ток:

$$\phi_j^+(a_j) = \sum_{m=1}^J \Pi(a_j, a_m)$$

- Негативан ток:

$$\phi_j^-(a_j) = \sum_{m=1}^J \Pi(a_j, a_m)$$

Типови преференције за сваки елемент животне средине су одређени од стране менаџмент тима.

Корак 7. Одредимо нето ток преференције:

$$\phi_j(a_j) = \phi_j^+(a_j) - \phi_j^-(a_j), \quad j = 1, \dots, J$$

Корак 8. Рангирамо врсте отпада према нето току преференције. На првом месту у рангу се налази она врста отпада која има највећи утицај на животну средину. Важи и обрнуто.

5. ИЛУСТРАТИВНИ ПРИМЕР

У овом поглављу развијена метода је илустрована на подацима који су добијени у процесу пројектовања уређаја за детоксикацију. Идентификовано је 15 врста различитих отпада. Три елемента животне средине се разматрају. Процене доносилаца одлука о

важности сваке врсте отпада на сваки елемент животне средине је приказана у табели 1 (Корак 1 развијеног алгоритма).

Tabela 1. Процена утицаја релативне важности отпада на тло, воду и ваздух

Р.б.	Врсте отпада	Тле			Вода			Ваздух		
		к	ЖС	ГП	к	ЖС	ГП	к	ЖС	ГП
*	<i>Менаџмент тим</i>									
1.	Папир за рад	2	2	3	2	3	3	2	1	1
2.	Папир	3	3	4	4	5	6	3	2	2
3.	Папир 3	7	6	6	7	7	7	5	5	6
4.	Тонер метал	5	4	3	6	7	7	4	4	2
5.	Тонер пластика	5	6	5	6	7	7	5	4	4
6.	Тонер са остат. опасног отпада	7	7	7	7	7	7	6	6	5
7.	Електрична енергија од соларне енергије	1	1	2	3	2	2	1	1	1
8.	Хидроцентрала	2	3	2	3	4	3	1	2	2
9.	Термоцентрала	4	5	4	5	4	4	3	2	3
10.	Вода из производње	1	2	2	1	1	1	2	1	3
11.	Акумулатор	3	2	2	3	3	3	2	1	2
12.	Хемијско-биолошки третман	4	3	5	5	2	4	3	3	4
13.	Опасан отпад-метал	2	2	1	2	2	2	1	2	2
14.	Опасан отпад-гума	6	7	7	7	7	7	5	6	5
15.	Опасан отпад-пластика	4	3	2	5	4	2	3	3	1

*** К - менаџмент за квалитет
 ЖС – менаџмент за заштиту животне средине
 ГП- главни пројектант

На основу одређених важности сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, 15$ на три елемента животне средине j , $j = 1, \dots, 3$, прелазимо на корак 2 и корак 3, где су одређиване агрегиране релативне важности процене чланова менаџмент тима $W_{i,j}$, $i=1, \dots, 15$; $j=1, \dots, 3$ на основу обрасца из корака 2. Након одређених вредности формирамо матрицу одлучивања $D = [d_{ij}]_{1 \times 3}$ (tabela 2).

Табела 2. Матрица одлучивања

Р.б.	Врсте отпада	Тле	Вода	Ваздух
1.	Папир за рад	0,233	0,266	0,133
2.	Папир	0,333	0,5	0,233

3.	Папир 3	0,633	0,7	0,533
4.	Тонер метал	3,2	5,336	2,664
5.	Тонер пластика	0,319	0,4002	0,259
6.	Тонер са остатком опасног отпада	0,7	0,7	0,566
7.	Електрична енергија од соларне енергије	0,133	0,233	0,1
8.	Хидроцентрала	0,233	0,333	0,133
9.	Термоцентрала	0,433	0,433	0,266
10.	Вода из производње	0,167	0,1	0,2
11.	Акумулатор	0,233	0,3	0,16
12.	Хемијско-биолошки третман	0,4	0,367	0,333
13.	Опасан отпад-метал	1,064	1,6	1,336
14.	Опасан отпад-гума	0,266	0,28	0,2132
15.	Опасан отпад-пластика	0,18	0,22	0,139

Поступак рада-прорачун :

На основу података из табеле 1 у којој се налази процена утицаја сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, 15$ на три елемента животне средине j , $j = 1, \dots, 3$, које су добије од стране менаџмент тима израчуната је средња вредност сваке врсте отпада на следећи начин:

1. Папир за рад:

$(2+2+3)/3 = 2,33$ (тле);
 $(2+3+3)/3 = 2,66$ (вода);
 $(2+1+1)/3 = 1,33$ (ваздух).

2. Папир:

$(3+3+4)/3 = 3,33$ (тле);
 $(4+5+6)/3 = 5$ (вода);
 $(3+2+2)/3 = 2,33$ (ваздух).

3. Папир 3:

$(7+6+6)/3 = 6,33$ (тле);
 $(7+7+7)/3 = 7$ (вода);

$$(5+5+6)/3 = 5,33 \text{ (ваздух)}.$$

4. Тонер метал:

$$(5+4+3)/3 = 4 \text{ (тле)};$$

$$(6+7+7)/3 = 6,67 \text{ (вода)};$$

$$(4+4+2)/3 = 3,33 \text{ (ваздух)}.$$

5. Тонер са пластика:

$$(5+6+5)/3 = 5,33 \text{ (тле)};$$

$$(6+7+7)/3 = 6,67 \text{ (вода)};$$

$$(5+4+4)/3 = 4,33 \text{ (ваздух)}.$$

6. Тонер са остат. опасног отпада:

$$(7+7+7)/3 = 7 \text{ (тле)};$$

$$(7+7+7)/3 = 7 \text{ (вода)};$$

$$(6+6+5)/3 = 5,66 \text{ (ваздух)}$$

7. Електрична енергија од соларне енергије:

$$(1+1+2)/3 = 1,33 \text{ (тле)};$$

$$(3+2+2)/3 = 2,33 \text{ (вода)};$$

$$(1+1+1)/3 = 1 \text{ (ваздух)}.$$

8. Хидроцентрала:

$$(2+3+2)/3 = 2,33 \text{ (тле)};$$

$$(3+4+3)/3 = 3,33 \text{ (вода)};$$

$$(1+2+2)/3 = 1,33 \text{ (ваздух)}.$$

9. Термоцентрала:

$$(4+5+4)/3 = 4,33 \text{ (тле)};$$

$$(5+4+4)/3 = 4,33 \text{ (вода)};$$

$$(3+2+3)/3 = 2,66 \text{ (ваздух)}.$$

10. Вода из производње:

$$(1+2+2)/3 = 1,67 \text{ (тле)};$$

$$(1+1+1)/3 = 1 \text{ (вода)};$$

$$(2+1+3)/3 = 2 \text{ (ваздух)}.$$

11. Акумулатор:

$(3+2+2)/3 = 2,33$ (тле);
 $(3+3+3)/3 = 3$ (вода);
 $(2+1+2)/3 = 1,67$ (ваздух).

12. Хемијско-биолошки третман:

$(4+3+5)/3 = 4$ (тле);
 $(5+2+4)/3 = 3,67$ (вода);
 $(3+3+4)/3 = 3,33$ (ваздух).

13. Опасан отпад-метал:

$(2+1+1)/3 = 1,33$ (тле);
 $(2+2+2)/3 = 2$ (вода);
 $(1+2+2)/3 = 1,67$ (ваздух).

14. Опасан отпад-гума:

$(6+7+7)/3 = 6,67$ (тле);
 $(7+7+7)/3 = 7$ (вода);
 $(5+6+5)/3 = 5,33$ (ваздух).

15. Опасан отпад-пластика:

$(4+3+2)/3 = 3$ (тле);
 $(5+4+2)/3 = 3,67$ (вода);
 $(3+3+1)/3 = 2,33$ (ваздух).

Матрицу одлучивања добијамо тако што смо помножили средњу вредност сваке врсте отпада i , $i = 1, \dots, 15$ која утиче на три елемента животне средине j , $j = 1, \dots, 3$ са вредношћу сваке врсте отпада. Према подацима из евиденције одређена је вредност сваке врсте отпада (Корак 4 развијеног алгоритма). **Вредност металног отпада је 0,8, пластичног отпада је 0,06, гуме 0,04 и осталог отпада 0,1 (табела 3).**

Табела 3. Прорачун матрице одлучивања

R.б.	Врсте отпада	Тле	Вода	Ваздух
		средња вр. $\times$ вр. отпада	средња вр. $\times$ вр. отпада	средња вр. $\times$ вр. Отпада
1.	Папир за рад	$2,33 \times 0,1 =$ 0,233	$2,66 \times 0,1 =$ 0,266	$1,33 \times 0,1$ = 0,133

2.	Папир	$3,33 \times 0,1 = 0,33$	$5 \times 0,1 = 0,5$	$2,33 \times 0,1 = 0,233$
3.	Папир 3	$6,33 \times 0,1 = 0,633$	$7 \times 0,1 = 0,7$	$5,33 \times 0,1 = 0,533$
4.	Тонер метал	$4 \times 0,8 = 3,2$	$6,67 \times 0,8 = 5,336$	$3,33 \times 0,8 = 2,664$
5.	Тонер пластика	$5,33 \times 0,06 = 0,3198$	$6,67 \times 0,06 = 0,4002$	$4,33 \times 0,06 = 0,259$
6.	Тонер са остатком опасног отпада	$7 \times 0,1 = 0,7$	$7 \times 0,1 = 0,7$	$5,66 \times 0,1 = 0,566$
7.	Електрична енергија од соларне енергије	$1,33 \times 0,1 = 0,133$	$2,33 \times 0,1 = 0,233$	$1 \times 0,1 = 0,1$
8.	Хидроцентрала	$2,33 \times 0,1 = 0,233$	$3,33 \times 0,1 = 0,333$	$1,33 \times 0,1 = 0,133$
9.	Термоцентрала	$4,33 \times 0,1 = 0,433$	$4,33 \times 0,1 = 0,433$	$2,66 \times 0,1 = 0,266$
10.	Вода из производње	$1,67 \times 0,1 = 0,167$	$1 \times 0,1 = 0,1$	$2 \times 0,1 = 0,2$
11.	Акумулатор	$2,33 \times 0,1 = 0,233$	$3 \times 0,1 = 0,3$	$1,6 \times 0,1 = 0,16$
12.	Хемијско-биолошки третман	$4 \times 0,1 = 0,4$	$3,67 \times 0,1 = 0,367$	$3,33 \times 0,1 = 0,333$
13.	Опасан отпад-метал	$1,33 \times 0,8 = 1,064$	$2 \times 0,8 = 1,6$	$1,67 \times 0,8 = 1,336$
14.	Опасан отпад-гума	$6,67 \times 0,04 = 0,2668$	$7 \times 0,04 = 0,28$	$5,33 \times 0,04 = 0,2132$

15.	Опасан отпад-пластика	$3 \times 0,06 = 0,18$	$3,67 \times 0,06$ $= 0,2202$	$2,33 \times 0,06$ $= 0,1398$
-----	-----------------------	------------------------	----------------------------------	----------------------------------

Када имамо матрицу одлучивања, следећи корак у раду је корак 5, то јест израчунавање нормализоване матрице одлучивања (*tabela 4*).

Табела 4. Нормализована матрице одлучивања

Р.б.	Врсте отпада	Тле	Вода	Ваздух
1.	Папир за рад	0,0642	0,0462	0,0416
2.	Папир	0,0918	0,0867	0,0729
3.	Папир 3	0,1746	0,1215	0,1669
4.	Тонер метал	0,8829	0,9259	0,8346
5.	Тонер пластика	0,0882	0,0694	0,0813
6.	Тонер са остат. опасног отпада	0,1931	0,1215	0,1773
7.	Електрична енергија од соларне енергије	0,0367	0,0404	0,0313
8.	Хидроцентрала	0,0643	0,0577	0,0416
9.	Термоцентрала	0,1195	0,0751	0,0833
10.	Вода из производње	0,0461	0,0173	0,0626
11.	Акумулатор	0,0643	0,0521	0,0501
12.	Хемијско-биолошки третман	0,1103	0,0636	0,1043
13.	Опасан отпад-метал	0,2936	0,2776	0,4186
14.	Опасан отпад-гума	0,0736	0,0485	0,0668
15.	Опасан отпад-пластика	0,0496	0,0382	0,0438

Поступак рада- прорачун:

Нормализоване вредности елемената матрице одлучивања израчунавамо на основу следећег обрасца:

$$r_{i,j} = \frac{d_{i,j}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)}}, \quad i=1, \dots, I; \quad k=1, \dots, J$$

$d_{i,j}$ – вредност отпада из табеле 2.

$\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2$ – сваки отпад по на особ квадрирамо i , $i = 1, \dots, 15$ и саберемо. Вредност отпада узимамо из табеле 2. Рачунамо за сваки елемент животне средине посебно.

Први корак у прорачуну је одређивање квадратне вредности суме свих врста отпада i , $i = 1, \dots, 15$ који утичу на три елемента животне средине j , $j = 1, \dots, 3$, а други корак је одређивање коначне вредности нормализације матрице одлучивања (табела 5).

Тле:

$$\begin{aligned} & \sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)} \\ & = \\ & \sqrt{0,233 + 0,333 + 0,633 + 3,2 + 0,3198 + 0,7 + 0,133 + 0,233 + 0,433 + 0,167 + 0,233 + 0,4 + 1,064 + 0,2668 + 0,18} \\ & = 3,6243 \\ & \sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)} = 3,6243 \end{aligned}$$

Вода:

$$\begin{aligned} & \sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)} \\ & = \\ & \sqrt{0,266 + 0,5 + 0,7 + 5,336 + 0,4002 + 0,7 + 0,233 + 0,333 + 0,433 + 0,1 + 0,3 + 0,367 + 1,6 + 0,28 + 0,2202} \\ & = 5,7626 \\ & \sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)} = 5,76260 \end{aligned}$$

Ваздух:

$$\sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)}$$

=

$$\sqrt{0,133 + 0,233 + 0,533 + 2,664 + 0,2598 + 0,566 + 0,1 + 0,133 + 0,266 + 0,2 + 0,16 + 0,333 + 1,336 + 0,2132 + 0,1398}$$

$$= 3,1918$$

$$\sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)} = 3,1918$$

Табела 5. Отежана нормализована матрица одлучивања

R.б.	Врсте отпада	Тле		Вода		Ваздух	
		$d_{i,j}$	$r_{i,j} = \frac{d_{i,j}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)}}$	$d_{i,j}$	$r_{i,j} = \frac{d_{i,j}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)}}$	$d_{i,j}$	$r_{i,j} = \frac{d_{i,j}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^r d_{i,j}^2)}}$
1.	Папир за рад	0,233	0,0642	0,266	0,0462	0,133	0,0416
2.	Папир	0,33	0,0918	0,5	0,0867	0,233	0,0729
3.	Папир 3	0,633	0,1746	0,7	0,1215	0,533	0,1669
4.	Тонер метал	3,2	0,8829	5,336	0,9259	2,664	0,8346
5.	Тонер пластика	0,3198	0,0882	0,4002	0,0694	0,259	0,0813
6.	Тонер са остатком опасног отпада	0,7	0,1931	0,7	0,1215	0,566	0,1773
7.	Електрична енергија од соларне енергије	0,133	0,0367	0,233	0,0404	0,1	0,0313
8.	Хидроцентрала	0,233	0,0643	0,333	0,577	0,133	0,0416
9.	Термоцентрала	0,433	0,1195	0,433	0,0751	0,266	0,0833
10.	Вода из производње	0,167	0,0461	0,1	0,0173	0,2	0,0626
11.	Акумулатор	0,233	0,0643	0,3	0,0521	0,16	0,0501
12.	Хемијско-биолошки третман	0,4	0,1103	0,367	0,0636	0,333	0,1043

13.	Опасан отпад-метал	1,064	0,2936	1,6	0,2776	1,336	0,4186
14.	Опасан отпад-гума	0,2668	0,0736	0,28	0,0485	0,2132	0,0668
15.	Опасан отпад-пластика	0,18	0,0496	0,2202	0,0382	0,1398	0,0438

На основу табеле 5 вршимо упоређивање за сваки елемент животне средине посебно на основу методе *PROMETHEE*, где су аутори дефинисали шест типова функције преференције. У овом примеру смо користили *први критеријум* – *обичан или једноставан*.

$$P_i(d) = \begin{cases} 0, & \text{ако је } d \leq 0 \\ 1, & \text{ако је } d > 0 \end{cases}$$

Ради краћег писања уводи се ознака d , $d = f_i(a) - f_i(b)$.

У табели 6 извршено је упоређивање за тло.

a_i , $i = 1, \dots, 15$ – представљају 15 различитих врста отпада, њихове називе можете прегледати у претходним табелама.

$\phi_j^+(a_j)$ – позитиван ток функције, који се рачуна сабирањем у хоризонталном смеру за сваки ред посебно

$\phi_j^-(a_j)$ – негативан ток функције, који се рачуна сабирањем у вертикалном смеру за сваку колону посебно.

Табела 6. Тле

Alternative	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	$\phi_j^+(a_j)$
a_1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3
a_2	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	8
a_3	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	9
a_4	1	1	1	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
a_5	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	7
a_6	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	12

a₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a₈	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4
a₉	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	9
a₁₀	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
a₁₁	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3
a₁₂	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	9
a₁₃	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	13
a₁₄	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	7
a₁₅	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
$\phi_j^-(a_j)$	11	6	3	0	8	2	14	9	3	12	9	3	1	8	12	/

У табели 7 је извршено упоређивање за воду, коришћен је исти поступак као и за тло.

Табела 7. Вода

Alternative	a₁	a₂	a₃	a₄	a₅	a₆	a₇	a₈	a₉	a₁₀	a₁₁	a₁₂	a₁₄	a₁₄	a₁₅	$\phi_j^+(a_j)$
a₁	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3
a₂	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	10
a₃	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	11
a₄	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
a₅	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	8
a₆	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	11
a₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
a₈	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	6
a₉	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	9
a₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a₁₁	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	5
a₁₂	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	7
a₁₃	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	15
a₁₄	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4
a₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
$\phi_j^-(a_j)$	12	5	3	0	6	3	13	9	6	14	10	8	2	11	14	/

Такође за ваздух (табела 8), поступак је извршен као и у претходне две табеле.

Табела 8. Ваздух

Alternative	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	a ₁₅	$\phi_j^+(a_j)$
a ₁	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
a ₂	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	7
a ₃	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	11
a ₄	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
a ₅	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	9
a ₆	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	12
a ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a ₈	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
a ₉	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	9
a ₁₀	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	5
a ₁₁	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	4
a ₁₂	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	10
a ₁₃	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	13
a ₁₄	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	5
a ₁₅	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
$\phi_j^-(a_j)$	12	7	3	0	6	2	14	12	6	8	10	5	1	8	11	/

На основу табела (6,7,8) формирана је коначна табела – рангирање врсте отпада i , $i = 1, \dots, 15$ које утичу на три елемента животне средине j , $j = 1, \dots, 3$ (табела 9).

Табела 9. Рангирање отпада

Р.б.	Врсте отпада	Нето ток преференције $\phi_j(a_j)$	РАНГ
1.	Папир за рад	-28	12
2.	Папир	7	8
3.	Папир 3	22	4
4.	Тонер метал	42	1

5.	Тонер пластика	10	7
6.	Тонер са остат. опасног отпада	24	3
7.	Електрична енергија од соларне енергије	-39	14
8.	Хидроцентрала	-19	11
9.	Термоцентрала	12	5
10.	Вода из производње	-28	12
11.	Акумулатор	-17	10
12.	Хемијско-биолошки третман	10	6
13.	Опасан отпад-метал	35	2
14.	Опасан отпад-гума	-11	9
15.	Опасан отпад-пластика	-31	13

Поступак рада-прорачун:

Рангирање се врши тако што прво морамо да израчунамо нето ток преференције:

$$\phi_j(a_j) = \phi_j^+(a_j) - \phi_j^-(a_j), \quad j = 1, \dots, J;$$

Нето ток преференције представља разлику између позитивног и негативног тока преференције за сваку врсту отпада a_i , $i = 1, \dots, 15$ која утиче на три елемента животне средине j , $j = 1, \dots, 3$.

Папир за рад:

$$\phi_{T,V,B}^+(a_1) = \phi_{\text{гле}}^+ + \phi_{\text{ваздух}}^+ + \phi_{\text{вода}}^+ = 3+1+3 = 7$$

$$\phi_{T,V,B}^-(a_1) = \phi_{\text{гле}}^- + \phi_{\text{ваздух}}^- + \phi_{\text{вода}}^- = 11+12+12 = 35$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,V,B}(a_1) = \phi_1^+(a_1) - \phi_1^-(a_1) = 7-35 = -28$$

Папир:

$$\phi_{T,V,B}^+(a_2) = \phi_{\text{гле}}^+ + \phi_{\text{ваздух}}^+ + \phi_{\text{вода}}^+ = 8+7+10 = 25$$

$$\phi_{T,V,B}^-(a_2) = \phi_{\text{гле}}^- + \phi_{\text{ваздух}}^- + \phi_{\text{вода}}^- = 6+7+5 = 18$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,V,B}(a_2) = \phi_2^+(a_2) - \phi_2^-(a_2) = 25-18 = 7$$

Папир 3:

$$\phi_{T,V,B}^+(a_3) = \phi_{\text{тле}}^+ + \phi_{\text{ваздух}}^+ + \phi_{\text{вода}}^+ = 9+11+11 = 31$$

$$\phi_{T,V,B}^-(a_3) = \phi_{\text{тле}}^- + \phi_{\text{ваздух}}^- + \phi_{\text{вода}}^- = 3+3+3 = 9$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,V,B}(a_3) = \phi_3^+(a_3) - \phi_3^-(a_3) = 31-9 = 22$$

Тонер метал:

$$\phi_{T,V,B}^+(a_4) = \phi_{\text{тле}}^+ + \phi_{\text{ваздух}}^+ + \phi_{\text{вода}}^+ = 14+14+14 = 42$$

$$\phi_{T,V,B}^-(a_4) = \phi_{\text{тле}}^- + \phi_{\text{ваздух}}^- + \phi_{\text{вода}}^- = 0+0+0 = 0$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,V,B}(a_4) = \phi_4^+(a_4) - \phi_4^-(a_4) = 42-0 = 42$$

Тонер пластика:

$$\phi_{T,V,B}^+(a_5) = \phi_{\text{тле}}^+ + \phi_{\text{ваздух}}^+ + \phi_{\text{вода}}^+ = 7+8+9 = 24$$

$$\phi_{T,V,B}^-(a_5) = \phi_{\text{тле}}^- + \phi_{\text{ваздух}}^- + \phi_{\text{вода}}^- = 8+0+6 = 14$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,V,B}(a_1) = \phi_j^+(a_j) - \phi_j^-(a_j) = 24-14 = 10$$

Тонер са остатком опасног отпада:

$$\phi_{T,V,B}^+(a_6) = \phi_{\text{тле}}^+ + \phi_{\text{ваздух}}^+ + \phi_{\text{вода}}^+ = 12+12+11 = 35$$

$$\phi_{T,V,B}^-(a_6) = \phi_{\text{тле}}^- + \phi_{\text{ваздух}}^- + \phi_{\text{вода}}^- = 2+6+3 = 11$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,V,B}(a_6) = \phi_6^+(a_6) - \phi_6^-(a_6) = 35-11 = 24$$

Електрична енергија од соларне енергије:

$$\phi_{T,V,B}^+(a_7) = \phi_{\text{тле}}^+ + \phi_{\text{ваздух}}^+ + \phi_{\text{вода}}^+ = 0+0+2 = 2$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_1) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 14+14+13 = 41$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,V}(a_7) = \phi_7^{+}(a_7) - \phi_7^{-}(a_7) = 2-41 = -39$$

Хидроцетрала:

$$\phi_{T,B,V}^{+}(a_8) = \phi_{\text{гле}}^{+} + \phi_{\text{ваздух}}^{+} + \phi_{\text{вода}}^{+} = 4+1+6 = 11$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_8) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 9+12+9 = 30$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,V}(a_8) = \phi_8^{+}(a_8) - \phi_8^{-}(a_8) = 11-30 = -19$$

Термоцетрала:

$$\phi_{T,B,V}^{+}(a_9) = \phi_{\text{гле}}^{+} + \phi_{\text{ваздух}}^{+} + \phi_{\text{вода}}^{+} = 9+9+9 = 27$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_9) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 3+6+6 = 15$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,V}(a_9) = \phi_9^{+}(a_9) - \phi_9^{-}(a_9) = 25-15 = 12$$

Вода из производње:

$$\phi_{T,B,V}^{+}(a_{10}) = \phi_{\text{гле}}^{+} + \phi_{\text{ваздух}}^{+} + \phi_{\text{вода}}^{+} = 1+5+0 = 6$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_{10}) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 12+8+14 = 34$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,V}(a_{10}) = \phi_{10}^{+}(a_{10}) - \phi_{10}^{-}(a_{10}) = 6-34 = -28$$

Аккумулятор:

$$\phi_{T,B,V}^{+}(a_{11}) = \phi_{\text{гле}}^{+} + \phi_{\text{ваздух}}^{+} + \phi_{\text{вода}}^{+} = 3+4+5 = 12$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_{11}) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 9+10+10 = 29$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,V}(a_{11}) = \phi_{11}^{+}(a_{11}) - \phi_{11}^{-}(a_{11}) = 12-29 = -17$$

Хемијско-биолошки третман:

$$\phi_{T,B,V}^{+}(a_{12}) = \phi_{\text{гле}}^{+} + \phi_{\text{ваздух}}^{+} + \phi_{\text{вода}}^{+} = 9+10+7 = 26$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_{12}) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 3+5+8 = 16$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,V}(a_{12}) = \phi_{12}^{+}(a_{12}) - \phi_{12}^{-}(a_{12}) = 26-16 = 10$$

Опасан отпад-метал:

$$\phi_{T,B,V}^{+}(a_{13}) = \phi_{\text{гле}}^{+} + \phi_{\text{ваздух}}^{+} + \phi_{\text{вода}}^{+} = 13+13+13 = 39$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_{13}) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 1+1+2 = 4$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,V}(a_{13}) = \phi_{13}^{+}(a_{13}) - \phi_{13}^{-}(a_{13}) = 39-4 = 35$$

Опасан отпад-гума:

$$\phi_{T,B,V}^{+}(a_{14}) = \phi_{\text{гле}}^{+} + \phi_{\text{ваздух}}^{+} + \phi_{\text{вода}}^{+} = 7+5+4 = 16$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_{14}) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 8+8+11 = 27$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,V}(a_{14}) = \phi_{14}^{+}(a_{14}) - \phi_{14}^{-}(a_{14}) = 16-27 = -11$$

Опасан отпад-пластика:

$$\phi_{T,B,V}^{+}(a_{15}) = \phi_{\text{гле}}^{+} + \phi_{\text{ваздух}}^{+} + \phi_{\text{вода}}^{+} = 2+3+1 = 6$$

$$\phi_{T,B,V}^{-}(a_{15}) = \phi_{\text{гле}}^{-} + \phi_{\text{ваздух}}^{-} + \phi_{\text{вода}}^{-} = 12+11+14 = 37$$

Нето ток преференције:

$$\phi_{T,B,B}(a_{15}) = \phi_{15}^{+}(a_{15}) - \phi_{15}^{-}(a_{15}) = 6-37 = -31$$

На основу израчунатог нето тока, рангиран је отпад од 1-15. Највећи утицај ће имати отпад са ознаком 1 у колони ранг, а најмањи са ознаком 15 у колони ранг.

На основу табеле 9 може се закључити да највећи утицај има **тонер метал**, а најмањи утицај има **електрична енергија од соларне енергије**.

6. ЗАКЉУЧЦИ

У раду је показано да на егзактан начин може да се одреди утицај процеса производње уређаја за детоксикацију на животну средину. Важност сваког идентификованог производа је процењена од стране доносилаца одлука. Уведена је претпоставка да чланови менаџмент тима имају исту важност. Агрегација мишљења доносилаца одлуке унутар ове претпоставке се добија применом методе средње вредности. Вредност сваког производа је одређена на основу података из евиденције респектујући количину сваке врсте отпада.

Осим предности рад има извесна ограничења. Главно ограничење је то што смо посматрали три елемента животне средине и петнаест различитих врста отпада, али и у ограничења спада то што доносици одлуке своје процене исказују прецизним бројевима, тако мишљење аутора је да је ближе људском начину размишљања да доносици одлуке своје процене исказују лингвистичким исказима. Моделирање лингвистичких исказа може да буде извршено методама неког рачунарства што представља тему будућих истраживања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Агарски, Б., (2014): Развој система за интелигентну вишекритеријумску процену оптерећења животне средине код оцењивања животног циклуса производа и процеса. Факултет техничких наука, Нови Сад.
- [2] Арсовски, С. (2013): Интегрисани системи менаџмента, Факултет инжењерских наука, Крагујевац.
- [3] Banar, M., Cokaygil, Z., Ozkan, A., „Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehr, Turkey“ *Waste Management* 29 (2009) 54-62.
- [4] Benzadain, M., Kazemzadeh, R.B., Albadvi, A., Aghdasi, M. (2000). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research* 1 198-215.
- [5] Brans, J.P., Vince, P. S. (1985). The PROMETHEE Method for Multiple Decision Making. *Management Science* 31 (6) 647-656.
- [6] Павловић, М., Арсовски, С., Ћурђић, С., Томовић, А., (2014). Health and safety aspects of using evl fluid drainage station. 9. International quality conference, Крагујевац.
- [7] Haralamboopoulos, D.A., Polatidis, H. (2003). Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework. *Renewable Energy* 28 (6) 961-973.
- [8] Huang, B.I., Keisler, J., Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of application methods. *Science of The Total Environment* 409 (19) 3578-3594.
- [9] Hwang, C.L., Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making-Methods and Applications*, Springer-Verlag, Heidelberg, 1981.
- [10] Pomerol, J.C., Barba-Romeo, S. (2000). *Multicriteria Decision Management: Principles and Practice*, Kluwer Nijhoff Publishing, Boston, USA.
- [11] Podvezko, V., Podvezko, A. (2010). Dependence of multi-criteria evaluation result on choice of preference functions and their parameters. *Technological and Economic Development of Economy*, 16 (1) 143-158.

- [12] Saaty, T.L., (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European J. of Operational Research*, 48, 9-26.
- [13] Јовановић, С., Бошковић, Г., Јовичић, Н., Ђорђевић, З., Савић, С. (2014): Multicriteria analysis of optimal solid waste management system-case study of Kragujevac (Serbia), 8. International quality conference, Крагујевац.
- [14] Томовић, А., Павловић, М., Манојловић, В., Симић, М., „Potentials for depollution of end-of-life vehicles and their importance for enviromental quality in Serbia“, *Urban Eco* (2012), 480-487.
- [15] Fraser, I., „Guide to aplication of the Machinery Directive 2006/42/EC“, European Commission Enterprise and Industry (2010).
- [16] Vincke, P., et al, (1992). *Multi-criteria decision-aid*. Jhon and Sons.
- [17] Yager, R.R., (1996). On mean type aggregation. *IEEE Transaction On Systems, Man and Cybernetics-Part B*, 26, 209-221.
- [18] Zameri, M., Saman, M., Mek, J., “End of life vehicles recovery: process description, its impact and direction of research”, *Journal Mechanical* (2006) 40-52.
- [19] Живковић, Д., Тадић, Д., Арсовски, С. (2015): Evaluation of influence recycling device on environment in projecting process phase by PROMETHEE method, 9. International quality conference, Крагујевац.