

СМАЊЕЊЕ УТИЦАЈА ЛУЧКЕ МЕХАНИЗАЦИЈЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

мр Андрија Вујичић,

Компанија „Дунав Осигурање“, Београд

Проф. др Ненад Зрнић,

МашиНСКИ факултет у Београду

Резиме

Циљ овог рада је да се сагледају могућности за развој и примену технологија за смањење утицаја транспортних машина на животну средину које се користе у контејнерским терминалима и лукама. За истраживање су изабране порталне дизалице на пнеуматцима. Применом методе процене животног циклуса извршена је процена еколошке ефикасности хибридних технологија у примени на дизалицама и дате препоруке за унапређење и пројектовање еколошки одрживих порталних дизалица на пнеуматцима.

Кључне речи: РТГ дизалице, хибридна технологија

1. УВОД

У ери одрживог развоја и све веће борбе против глобалног загревања, питање утицаја транспортне индустрије на животну средину додатно добија на значају. Како је удео емисије CO₂ од транспортног сектора у сталном порасту и тренутно износи око 25% укупне емисије у свету [3], све је више загонских регулатива и технолошких решења чија је сврха смањење овог утицаја.

Поред свести о великом утицају транспорта на животну средину, важан је и податак да у оквиру ове индустрије, најбрже растућу грану представља контејнерски саобраћај, чија стопа раста од 5% годишње ће довести до повећања контејнерских операција са 12 милиона у 2010. до 30 милиона у 2030. години [1]. Овако велики раст контејнерског саобраћаја за резултат ће имати повећање емисије CO₂, али и веће оптерећење и загушење лучких контејнерских терминала.

Додатно оптерећивање лучких терминала и претња да оно прерасте у загушење, може утицати да тренд повећања брзине контејнерских бродова ради уштеде

времена, буде узалудан. У том случају, разлога за већу брзину пловила и потрошњу горива, која ће затим чекати на ред у загушеним лукама, нема.

Највећи лучки терминали на свету налазе се у великим приморским градовима, а често су смештени у непосредној близини стамбених четврти, због чега је негативном утицају изложено становништво тих градова. На своје окружење лучка механизација утиче не само емисијом издувних гасова и загађењем земљишта и воде, већ представља и значајан извор буке.

Контејнерски терминали у светлу све веће еколошке свести, али и економских изазова праћених растом цена фосилних горива, доведени су у позицију преиспитивања трошкова и утицаја на животну средину [9]. Некада уобичајено занемаривање еколошких питања у експлоатацији великих лучких машина, у ери одрживог развоја је незамисливо и непожељно. У циљу смањења трошкова контејнерског транспорта појављују се технолошка решења која ће понудити решења за економске и еколошке изазове.

2. УТИЦАЈ ЛУЧКЕ МЕХАНИЗАЦИЈЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

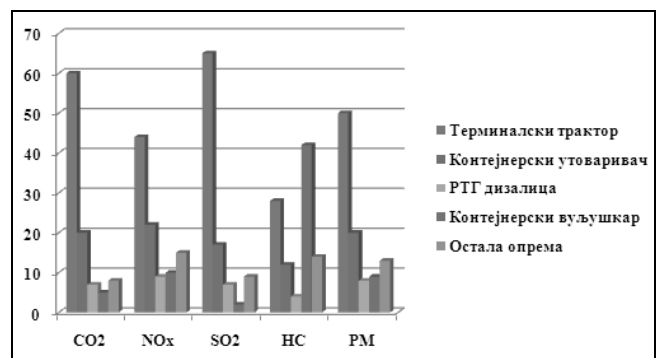
Контејнерске машине, за истовар бродова и складиштење, као главни извор енергије користе електричну енергију са мреже и моторе са унутрашњим сагоревањем (у највећем проценту дизел моторе). Према извору енергије, подела лучких машина за манипулацију с контејнерима (СНЕ) може се извршити на следећи начин:

1. Маchine које се крећу на шинама и напајају се са електро мреже, у које најчешће спадају:

- а) STS (Ship-to-Shore) – Обалске контејнерске дизалице
- б) RMG (Rail-Mounted-Gantry) – Порталне дизалице на шинама
- в) АМС (Automatic Stacking Cranes) – Аутоматски портални слагачи

2. Маchine са слободним кретањем, погоњене дизел моторима:

- а) YТ (Yard Tractors) – Терминалски трактори
- б) TH (Top Handlers) – Контејнерски утоваривачи
- в) RTG (Rubber-Tyred-Gantries) – Порталне дизалице на пнеуматцима
- г) Forklifter – Контејнерски виљушкари



Сл. 1. Дијаграм емисије издувних гасова СНЕ у %

Због чињенице да их има у највећем броју, терминалски трактори су и највећи емитери издувних гасова у

лучким терминалима. Поред њих знатну емисију ослобађају, контејнерски утоваривачи и виљушкарџи. С друге стране, иако у знатно мањем броју РТГ дизалице, због номинално највеће снаге агрегата од 150 kW до 750 kW од свих контејнерских машина из друге групе, такође спадају у велике загађиваче (видети сл. 1, дијаграм прилагођен раду [4]).

РТГ дизалице се углавном користе због своје мобилности и могућности да складиште контејнере у висину, јер пружају добро искоришћење површине терминала. Међутим, због чињенице да није препоручљиво да се креће оптерећена са контејнером, ограничена је да функционише у комбинацији са терминалским тракторима.

Портална РТГ дизалица, као вероватно највећа машина на пнеуматичима, услед високе просечне потрошње дизел горива од 20-30 l/h, са просечним радним временом од 14 часова, дневно емитује и до 1,2 тоне CO₂. Поред емисије CO₂, ове машине емитују и знатне количине других штетних издувних гасова. Просечна дизалица носивости до 40 тона, дневно може да емитује у животну средину и до 6,3 kg NO_x, 1,7 kg HC, 1,2 kg SO₂, и 0,7 kg чађи (видети Табелу 1).

Табела 1. Емисија издувних гасова РТГ дизалице [6]

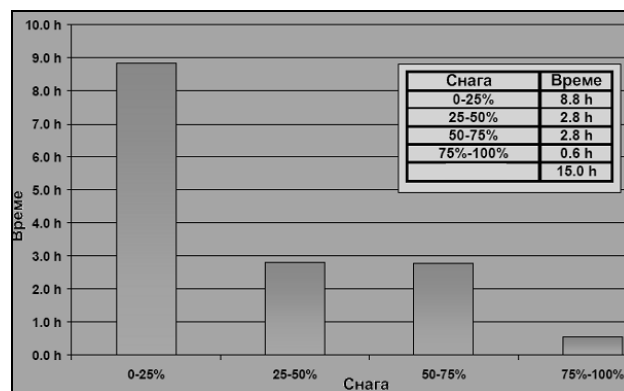
Емисија издувних гасова РТГ дизалице						
Период/Утицај	Потрошња	CO ₂	NO _x	SO ₂	HC	Чађи
На сат	28 l	72,8 kg	0,330 kg	0,086 kg	0,12 kg	0,045 kg
Месечно	1.1760 l	30.576 kg	139 kg	36 kg	51 kg	18,9 kg
Годишње	141.000 l	367 kg	1.660 kg	430 kg	620 kg	227 kg

Слика о утицају на животну средину приказује се још драматичнијом ако се узме у обзир чињеница да у многим контејнерским терминалима, оперативно је активно и до 50 дизалица, чија годишња емисија CO₂ мерено потенцијалом гловалног загревања (GWP) одговара бројци од 5000 путничких возила. С друге стране, утицај од емисије NO_x и SO₂, и чађи, још је неповољнији.

Разлози за овако велику емисију, поред велике масе РТГ дизалица, леже у чињеници да су дизел агрегати велике снаге и радне запремине (често преко 400 kW и 12.000 ccm). Дизел генератори раде у константом режиму, на броју обртаја агрегата који одговара максималној снази. Како је потреба за максималном снагом изражена само у случајевима подизања терета, закључак је да рад у режиму високог броја обртаја представља чист енергетски губитак и непотребно хабање агрегата.

Преко половине укупног радног циклуса дизалице не постоји потреба за снагом већом од 25% максималне. Већину радног времена, чак 60% потреба за снагом је у опсегу од 0-25% (слика 2).

Јасно је да с обзиром на изнесено, утицај на животну средину контејнерских машина је значајан, али исто тако простора за повећање еколошке ефикасности има доста. С тим у вези, водећи светски произвођачи контејнерске механизације, раде на развоју технолошких решења, која ће смањити неповољан утицај и повећати еколошку и економску ефикасност лучких машина.



Сл. 2. Дијаграм ангажоване снаге РТГ дизалице[2]

3. ХИБРИДНЕ РТГ ДИЗАЛИЦЕ

У процесу смањивања емисија издувних гасова машина за манипулацију са контејнерима, тренутно је актуелно неколико правца, а најпрепознатљивија су три правца. Први у коме се уместо дизел горива користе, алтернативна горива, други који промовише хибридне технологије и трећи који се односи на електрификацију машина.

За смањење емисија NO_x и SO₂ углавном је довољно коришћење алтернативних горива у облику течног нафтног гаса, земног гаса или биодизела. У сврху смањења емисије CO₂, која представља главни узрок за стварање ефекта стаклене баште, технолошки тренд представљају хибридне дизел РТГ дизалице.

Електрификација РТГ дизалица и опреме, је технолошко решење које проблем емисије отклања у потпуности на месту експлоатације дизалице, али и даље задржава емисију посредно преко електрана које су извор енергије. Појам нулте-емисије (Zero emission), под којим се промовишу ове дизалице, али и остала електрична возила заправо не постоји. Емисије издувних гасова термоелектрана се крећу од 0,8 до 1,2 тоне CO₂, а оне су извор енергије за батерије. Ипак, поред предности које имају Е-РТГ дизалице, оне отварају питање ограничења мобилности, због напајања преко каблова.

Како у области логистике, тако и у осталим индустријским гранама, врло је актуелно промовисање хибридних система за уштеду и смањење негативних утицаја на животну средину. Међутим, ефекти ове технологије су показали већу употребљивост у индустријама у којима су развијани са мањим интензитетом.

Иако, су први хибридни системи развијани за моторна возила, они до данас нису доживели пуну примену. Тек 1% свих путничких аутомобила у свету има хибридни погон (комбинацију мотора с унутрашњим сагоревањем и електромотора). Почетна очекивања делимично су доведена у питање великом масом и непоузданошћу батерија или акумулатора које се користе у хибридним возилима, али и високом ценом.

Сви недостаци хибридних система исказани у примени на моторним возилима, могу се сматрати занемарљивим када је у питању примена ових уређаја код дизалица за манипулацију са контејнерима. Велика маса батерија или акумулатора код РТГ дизалице основне масе веће од 100 тона, не представља значајан параметар. Потенцијална енергија терета дизалице при максималном оптерећењу је и до 30 пута већа о

кинетичке енергије просечног путничког аутомобила при брзини од 60 km/h. Приближнију вредност у поређењу потенцијалне енергије РТГ дизалице и кинетичке енергије возила, даје поређење дизалице са камионом укупне масе 40 тона који се креће брзином од 60 km/h.

Конкретније, потенцијална енергија максимално оптерећеног контејнера и хватача контејнера (спередера) заједно, на висини од 15 метара, износи око 2 kWh. Управо ова енергија код конвенционалних РТГ дизалица, са сваким спуштањем терета, одлази неискоришћена, у виду хабања система за кочење и трења претвореног у топлоту.

Како постоје поуздани подаци везани за број спуштања контејнера по радном сату машине, на основу кога је релативно лако претпоставити могућност за уштеду у потрошњи горива и смањење емисије издувних гасова. Тренутна искуства показују потенцијал за смањење потрошње, од преко 50%, и могућност повратка инвестиције у периоду од једне године експлоатације [7].



Сл. 3. Регенеративно кочење РТГ дизалице [2]

Прво решење, чији циљ је био смањење потрошње горива РТГ дизалице, било је намењено оптимизацији рада генератора, и користило је промењиву брзина генератора (VSG). Ово решење доносило је уштеду од 15% смањивањем броја обртаја дизел мотора у радним циклусима када је потреба за снагом мала.

Задржавањем система промењиве брзине генератора (VSG), уз развој регенеративног кочења (слика 3), и могућност складиштења енергије, настале су хибридне инсталације намењене уградњи у нове, али и старије дизалице.

Код хибридних електро дизел РТГ дизалица, спуштање контејнера, служи за допуну ултра кондензатора, који су знатно ефикаснији од батерија или акумулатора. Ултра кондензатори, или супер кондензатори су двослојни електрохемијски кондензатори на бази активног угљеника, специфичне енергетске густине и до 1.000 пута веће од оловних батерија [8].

Енергија сачувана у ултра кондензаторима, касније се користи у фазама подизања терета, када је потребна максимална снага, као испомоћ дизел мотору. На овај начин ствара се могућност за смањење радне запремине дизел агрегата, и промену „downsizing“-а, јер потребу за додатном снагом обезбеђује електромотор. Тренд

„downsizing“-а, увелико у примени у аутоиндустрији, додатно утиче на смањење потрошње и емисије издувних гасова, чиме се остварује еколошка и економска корист.

3. ПРОЦЕНА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА РТГ ДИЗАЛИЦЕ

Наведена обећања од стране произвођача контејнерске опреме о ефикасности хибридних РТГ дизалица нису прихваћена олако, већ су темељно тестирана кроз процену животног циклуса (LCA) и трошкова (LCC), где су у обзир узета почетна енергетска и еколошка улагања у хибридну технологију, као и утицај њеног одржавања, експлоатације и одлагања.

За одређивање утицаја на животну средину контејнерске механизације у лучким терминала могуће је користити неколико методологија. Иако постоји установљена директна веза између сагоревања дизел горива и емисије CO₂, изражена у релацији: 1 литар дизел горива (густине од 830-850 kg/m³ на 15°C) одговара емисији од 2,65 kg CO₂, овај приступ није коришћен у конкретном случају [9].

Значајно поузданија метода која пружа егзактну везу између одређеног производа и његовог утицаја на животну средину је метода процене животног циклуса. Ова метода обухвата све фазе производа о производње, преко употребе до одлагања или рециклаже.

Разлог за коришћење ове методе је потреба да се одреди повећање утицаја на животну средину хибридних РТГ дизалица у фази производње у односу на конвенционалне РТГ дизалице. Претпоставка је да додатно енергетско улагање у фази производње хибридне инсталације за РТГ дизалицу је довољно велико, да са еколошког становиштва је потпуно не исплативо. Такође, претпоставља се да еколошки утицај ултра кондензатора (руковођени искуством са акумулаторима на бази олова) је посебно неповољан.

Овакв приступ даје могућност за сагледавање утицаја целог животног циклуса дизалице, и пружа потпуну слику од производње и експлоатације, до краја животног циклуса, коју множење прорачун емисију на бази односа потрошње дизел горива са CO₂, не може да пружи.

Применом LCA методе у складу са препорукама међународног стандарда ISO 14000, извршена је процена животног циклуса три РТГ дизалице. Прве, конвенционалне РТГ дизалице без икаквих система за смањење емисије и потрошње, друге хибридне РТГ са обичним дизел мотором, и треће такође хибридне, са дизел агрегатом на који је примењен концепт „downsizing“-а са селективним катализатором (SCR).

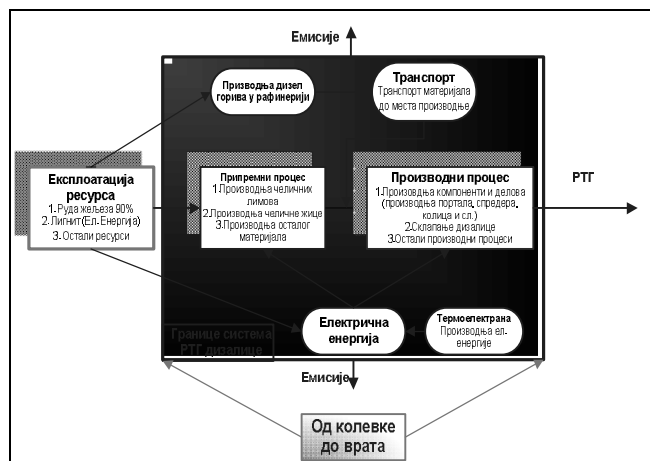
За спровођење процене животног циклуса РТГ дизалице, коришћени су најсавременији софтверски пакети, а за процену утицаја узете су најзаступљеније Холандска (CML-Centrum voor Milieukunde Leiden) и Америчка (TRACI-Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts) методе.

Процена је подељена на два дела:

1. „Од колевке од врата“
2. „Од врата до гроба“

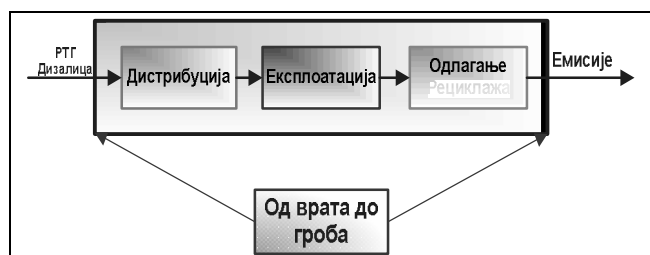
У првом делу процена остављен је утицај експлоатације ресурса за производњу дизалица, припремних процеса, и коначно, фазе производње дизалица.

Очекивано висок утицај хибридне инсталације који је претпостављено требало да анулира потенцијалне уштеде у експлоатацији није потврђен. Напротив, утицај производње хибридне инсталације у односу на целу РТГ дизалицу износи око 3%, и са позиције примене „cut-off“ критеријума, такође је занемарљив. Једини доминантан утицај хибридне инсталације у фази производње представља висока цена уређаја, али то је део економског аспекта. Такође, очекивано негативан утицај ултра кондензатора на животну средину није исказан, јер у случају ове врсте система за складиштење енергије користе се компоненте на бази угљеника, а не метала (олово, никл, литијум и сл).



Сл. 4. Границе система „од колевке од врата“ [6]

Проценом „од врата до гроба“, извршено је утврђивање утицаја на животну средину РТГ дизалице, чији претпостављени радни век износи 30 година и 150.000 радних сати. У овај фази установљен је значајан утицај експлоатације РТГ дизалице, кроз емисију издувних гасова. Код хибридне РТГ дизалице, доказано је смањење емисије гасова стаклене баште, додатно изражено у случају дизалице са агрегатом смањене запремине и селективним системом катализације.



Сл. 5. Границе система „од врата до гроба“ [6]

На крају процене извршена је додатна процена трошкова животног циклуса, ради установљивања односа између еколошке и економске ефикасности хибридних система. Такође, циљ је био утврђивање времена неопходно за повратак инвестиције (ROI) за хибридно инсталацију.

4. РЕЗУЛТАТИ

Резултати су подељени у складу са границама система изабране процене и методом процене утицаја на CML и

TRACI. Након сабирања резултата процене „од колевке до врата“ и „од врата до гроба“, добијене су вредности целог животног циклуса „од колевке до гроба“.

У првој фази производње РТГ дизалица установљен је да највећи утицај на животну средину долази као последица потрошње електричне енергије. У овом случају утицај је посредан преко емисије у термоелектрани (за извор електричне енергије изабрана термоелектрана, а гориво угљ-лигнит) и углавном утиче као потенцијал гловалног загревања.

Приказано је само поређење конвенционалне и хибридне РТГ дизалице са стандардним дизел мотором (Табела 2.), јер утврђено да разлика између овог мотора и мотора мање запремине је занемарљива у фази производње у односу на укупан резултат.

Табела. 2. Резултати процене „од колевке до врата“ [6]

Процена утицаја животног циклуса (LCIA) РТГ и хибридне РТГ дизалице		
УТИЦАЈ ПРЕМА МЕТОДИ:	"ОД КОЛЕВКЕ ДО ВРАТА"	
	Конвенционална РТГ дизалица	Хибридна РТГ дизалица
CML2001 Dec.2007		
Acidification Potential (AP) [kg SO ₂ -Екв.]	549,16	551,52
Eutrophication Potential (EP) [kg Phosphate-Екв.]	42,73	43,01
Freshwater Aquatic Ecotoxicity Pot. (FAETP) [kg DCB-Екв.]	143,74	144,96
Global Warming Potential (GWP 100 yrs) [kg CO ₂ -Екв.]	335.830,77	350.533,44
Human Toxicity Potential (HTP inf.) [kg DCB-Екв.]	8.373,01	14.374,16
Ozone Layer Depletion Potential (ODP) [kg R11-Екв.]	0,00	0,00
Photochem. Ozone Creation Potential (POCP) [kg Ethene-Екв.]	29,71	29,71
Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP inf.) [kg DCB-Екв.]	290,84	1.712,00

Резултати указују да, производња конвенционалне РТГ дизалице је еколошки повољнија, али у износу мањем од 5% мерено најдоминантнијим утицајем GWP. Утицај као што је штетност по здравље људи (НТР), показује већа одступања и еколошки неповољнији утицај хибридне РТГ дизалице, али у прихватљивим оквирима.

Праву слику о утицају на животну средину ове врсте контејнерске дизалице пружа, процена „од врата до гроба“ (Табела 3). У овој фази до изражаја долази велика потрошња горива и значајна емисија издувних гасова, која је у првој години готово еквивалента утицају целе фазе производње.

Потенцијал глобалног загревања, је најдоминантнији утицај, уз које је значајан потенцијал ацидификације (AP) и еутрофикације (EP), који су настали као последица повећане емисије сумпор-диоксида SO₂ и азотних-оксида NO_x. Такође, али у мањој мери изражен је утицај стварања смога РОСР.

Табела. 3. Резултати процене „од врата до гроба“ [6]

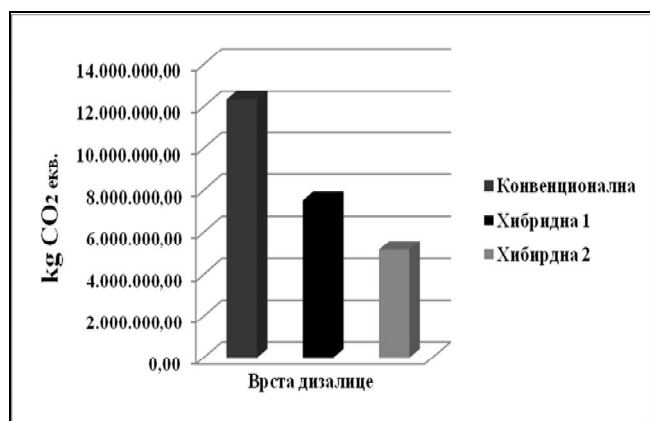
УТИЦАЈ ПРЕМА МЕТОДИ:	"ОД ВРАТА ДО ГРОБА"		
	Конвенционална РТГ дизалица	Хибридна РТГ дизалица	
		30 година	30 година (1)
CML2001 Dec.2007			
Acidification Potential (AP) [kg SO ₂ -Екв.]	156.870,85	93.808,77	62.748,34
Eutrophication Potential (EP) [kg Phosphate-Екв.]	27.027,02	16.162,16	10.810,81
Freshwater Aquatic Ecotoxicity Pot. (FAETP) [kg DCB-Екв.]	1.159,49	693,38	463,80
Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO ₂ -Екв.]	12.003.506,60	7.178.096,95	4.801.402,64
Human Toxicity Potential (HTP inf.) [kg DCB-Екв.]	254.725,23	152.325,69	101.890,09
Ozone Layer Depletion Potential (ODP) [kg R11-Екв.]	0,00	0,00	0,00
Photochem. Ozone Creation Potential (POCP) [kg Ethene-Екв.]	16.722,87	10.000,28	6.689,15
Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP inf.) [kg DCB-Екв.]	131,99	78,93	52,80

Додатни потенцијал за смањење CO₂ дизалице са мањим дизел агрегатом („downsizing”) и SCR катализатором, је благо умањен због потребе за квалитетнијим горивом, нижег садржаја, за чију производњу у рафинерији се везује већа емисија. Ипак, еколошка ефикасност је повећана, посебно у случају емисије чађи.

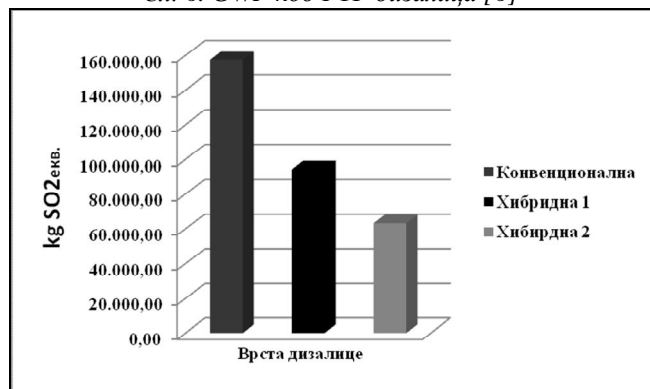
Коначно, сабирањем резултата две процене добијене су резултати процене целог животног циклуса дизалице, или процене „од колевке до гроба“ (Табела 4.). Како је утицај експлоатације доминантан, као значајна „питања“ остају потенцијал глобалног загревања, ацидификација и еутрофикација.

Табела. 4. Резултати процене „од колевке до гроба“ [6]

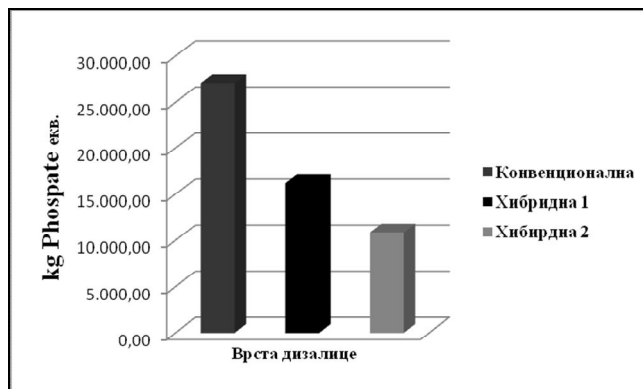
УПОРЕДНИ ПРЕГЛЕД УТИЦАЈА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА РТГ ДИЗАЛИЦА			
УТИЦАЈ ПРЕМА МЕТОДИ:	"ОД КОЛЕВКЕ ДО ГРОБА"		
	Конвенционална РТГ дизалица	Хибридна РТГ дизалица (1)	Хибридна РТГ дизалица (2)
СМЛ2001 Dec.2007			
Acidification Potential (AP) [kg SO ₂ -Екв.]	157.420,01	94.360,29	63.299,86
Eutrophication Potential (EP) [kg Phosphate-Екв.]	27.069,74	16.205,17	10.853,82
Freshwater Aquatic Ecotoxicity Pot. (FAETP) [kg DCB-Екв.]	1.303,24	838,34	608,76
Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO ₂ -Екв.]	12.339.337,37	7.528.630,39	5.151.936,08
Human Toxicity Potential (HTP inf) [kg DCB-Екв.]	263.098,24	166.699,85	116.264,25
Ozone Layer Depletion Potential (ODP) [kg R11-Екв.]	0,00	0,00	0,00
Photochem. Ozone Creation Potential (POCP) [kg Ethene-Екв.]	16.752,58	10.029,99	6.718,86
Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP inf) [kg DCB-Екв.]	422,82	1.790,93	1.764,80



Сл. 6. GWP код РТГ дизалица [6]

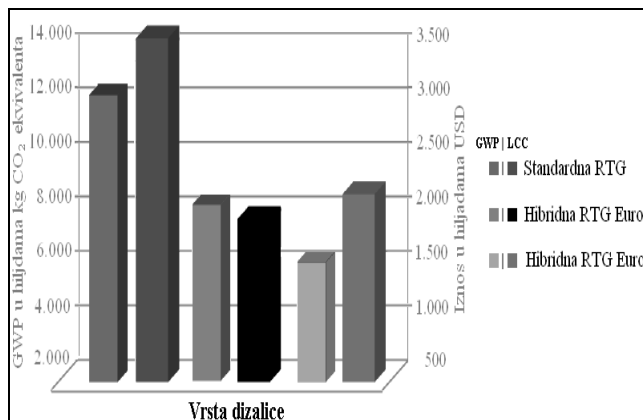


Сл. 6. Потенцијал ацидификације РТГ дизалица [6]



Сл. 6. Потенцијал еутрофикације РТГ дизалица [6]

Процена животних трошкова указује да економске уштеде прате еколошку ефикасност, осим у случају поређења хибридних РТГ дизалица са различитим агрегатима. Почетна улагања у хибридне РТГ дизалице су већа у односу на конвенционалне, али очекивано време за повратак иницијалне инвестиције износи око годину дана. Ако се упореди потенцијал глобалног загревања конвенционалне РТГ дизалице са хибридном дизалицом с стандардним дизел агрегатом, приметно је смањење емисије CO₂ са 12,0 на 7,2 милиона кг, односно смањење за 40%, док су трошкови експлоатације смањени за 53%. У том случају постигнута је већа економска ефикасност од еколошке. У поређењу конвенционалне РТГ дизалице и хибридне РТГ дизалице са модерним дизел агрегатом мање запремине и SCR катализатором, резултат је следећи: код хибридне дизалице GWP износи око 4,8 милиона кг CO₂ што представља смањење од 60%, а трошкови експлоатације су нижи за 40%.



Сл. 7. LCC РТГ дизалице [7]

Поређењем параметара две хибридне РТГ дизалице, примећује се промена тренда када су у питању трошкови експлоатације, али са применом најсавременијих технологија и задржавање тренда смањења емисије угљен-диоксида, а нарочито азотних оксида и чађи. GWP код хибридне дизалице са модерним дизел агрегатом и SCR катализатором, нижи је за око 30%, док су трошкови експлоатације виши за 15% (слика 7).

Еколошка ефикасност прати тренд економске ефикасности до вредности од око 55%, а за даље

повећање еколошке ефикасности потребно је додатно улагање када тренд економске ефикасности постаје неповољан. Наравно у ова разматрања нису узете економске вредности животне средине, и трошкови који настају са сваки килограмом емитованог угљен-диоксида, јер би се тиме значајно проширила област истраживања и прешло на територију економије животне средине.

5. ЗАКЉУЧАК

Повећање интензитета контејнерског саобраћаја и неопходност смањења емисије у животну средину лучке механизације, утицали су на појаву еколошки и економски ефикасније опреме за манипулацију с контејнерима. РТГ дизалице, који имају значајан удео у контејнерским операцијама у лучким терминалима, представљају добру основу за смањење емисије издувних гасова и буке, као и трошкова лучких терминала. Технолошка решења које се са великим очекивањима примењују на лучке машине, са циљем смањења емисије CO₂ су апсолутно оправдана и пожељна. Поред истраживања примене алтернативних горива, електрификације, хибридни системи су на основу спроведене процене показали као исправно решење.

Увођење нових хибридни РТГ дизалица или замена погонских јединица хибридни на постојећим дизалицама, значајно смањује трошкове експлоатације и умањује негативан утицај на животну средину. У лукама у којима због конфигурације терминалима, или велике загушености није могућа електрификација РТГ дизалица, једино решење у борби са смањењем емисије CO₂ је хибридна технологија. Како смањење емисије угљен-диоксида у лучким терминалима великих градова постаје законска обавеза, све је већи број хибридни РТГ дизалица у експлоатацији.

Примена LCA методе у функцији концепта одрживог развоја и као алата за испитивање утицаја на животну средину показана је значајна примењивост овог приступа и на истраживање описано у овом раду. Процентом животног циклуса и трошкова животног циклуса РТГ дизалице, добијени су подаци на основу којих је установљено да почетна улагања у фази производње хибридни система, нису негативно утицали на укупан резултат. Смањењу потрошње, емисије издувних гасова и негативних утицаја на животну средину, код хибридни РТГ дизалица указују да су користи од примене ових уређаја у машинама за дизање на знатно вишем нивоу, од користи добијених код примене на моторним возилима.

Међутим, за даље активности на достизању одрживости операција у оквиру контејнерских терминала, поред еколошки ефикаснијег рада лучких машина, неопходна је свеобухватна технолошка иновација свих процеса. Оптимизација конфигурације терминала и управљања ресурсима терминала, експериментисање са алтернативним изворима енергије за луке, као и напуштање концепта мега-терминала и прелазак на компактне.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] GEERLINGS, H, VAN DUIN, R, *A new method for assessing CO₂-emissions from container terminals*, Journal of Cleaner Production, doi:10.1016/j.jclepro. 2010.10.012, Elsevier, 2010.
- [2] KOSKIEN, T, *Hybrid RTG, Lowering emissions at container yard*, Konecranes 2008.
- [3] MORIATRY, P, DAMON, H, *The prospects for global green car mobility*, Journal of Cleaner Production 16, стр. 1717-1726, 2008.
- [4] РАДОВАHOVIЋ, М, *Горива*, МФ, Београд 1994.
- [5] Starcrest Consulting Group, *THE PORT OF LOS ANGELES INVENTORY OF AIR EMISSIONS FOR CALENDAR YEAR*, Технички извештај (050520), Лос Андџелес, Јун, 2009.
- [6] ВУЈИЧИЋ, А, *Процена животног циклуса машина и уређаја прекидног транспорта*, Магистарска теза, МФ, Београд, 2010. год.
- [7] ВУЈИЧИЋ, А, *Еколошка и економска ефикасност хибридни технологија у ери одрживог развоја*, Тржиште, новац, капитал, стр 91-104, Привредна Комора Србије, Београд, 2011.
- [8] ZHENNING, Y, CHENGUANG, L, JAN, B, ZHAMU, A, *Graphene-Based Supercapacitor with an Ultrahigh Energy Density*, Nano Letters, American Chemical Society, 10 (12): 4863-4868, Далиан, НРК, Новембар, 2010.
- [9] ЗРНИЋ, Н, ЂОРЂЕВИЋ, М, *Recent development of environmental friendly technologies in container terminals*, Proceedings of the 19th International Conference on Material Handling, Constructions and Logistics - MHCL'09, МФ, стр. 347-350, Београд, 2009.

REDUCING THE IMPACT OF PORT MACHINERY ON ENVIRONMENT

*M.Sc. Andrija Vujičić, Dunav Insurance Co. - Beograd
Prof. Dr. – Ing. Nenad Zrnić, MF – Beograd*

Summary

Goal of this work is to overview possibilities for development and application of hybrid technologies for lowering the impacts of transport machineries used in container terminals and ports. For research, RTG cranes are chosen. Applying the LCA method, the assessment of ecological efficiency of hybrid technology application on RTG cranes is made and recommendation on design of ecological sustainable rubber tyred gantries is given.

Key words: RTG cranes, hybrid technology

*Адреса за контакт:
Проф. др Ненад Ђ. Зрнић
Машински факултет у Београду
11120 БЕОГРАД
Краљице Марије 16
E-mail: nznric@mas.bg.ac.rs*