

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Софтвер за одређивање оптималног сценарија интеграције обновљивих извора енергије“ - DOIRES

Аутори техничког решења

- *Др Милорад Бојић, ред. проф.*
- *Др Милан Деспотовић, ван. проф.*
- *MSc Loukia Geronikolou*
- *Em. Prof. Spyros Kyritsis*
- *Др Рајко Чукић, асистент*

Наручилац техничког решења

- 6th Framework Programme of the European Commission by Research Directorate-General

Корисник техничког решења

- Изабране области у земљама учесницама (Грчка, Немачка/Аустрија, Италија, Србија, FYROM, Албанија)

Година када је техничко решење урађено

- 2005-2007

Област технике на коју се техничко решење односи

- Енергетика

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Техничко решење, софтвер DOIRES (**D**etermining **O**ptimum **I**ntegration of **R**enewable **E**nergy **S**ources), представља алат за оптимизацију са различитим циљевима (минимизирање укупних трошова или укупне емисије гасова стаклене баште, максимизирање учешћа обновљивих извора енергије (ОИЕ) у енергетском сектору, или других индикатора) узимајући у обзир дефинисана ограничења. Математички модел који је имплементиран у овај софтвер, узима у обзир одговарајуће технологије за интегрисани систем који користи ОИЕ, а софтвер је пројектован тако да омогућава енергетско планирање за период од 20 година.

Софтвер DOIRES користи се за дефинисање оптималне локалне комбинације (интеграције на регионалном нивоу) технологија које користе обновљиве изворе енергије у складу са специфичним условима и потребама области за коју се оптимизација примењује.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Интеграција обновљивих извора енергије представља истраживачки изазов који све више добија на значају како због проналажења сценарија за супституцију фосилних горива и повећања енергетске ефикасности (нарочито у сиромашним регионима), тако и због испуњења многобројних циљева политике ЕУ, који су дефинисани бројним директивама. Овај проблем је доста сложен и подразумева задовољење великог броја граничних услова, а мора се посматрати из угла одрживог развоја.

На тржишту не постоји софтвер који је дизајниран искључиво за решавање овог проблема. Неки комерцијални софтвери за оптимизацију опште намене као што су CPLEX (<http://www.cplex.com>), LINGO (<http://www.lindo.com>), или ILOG Solver (<http://www.ilog.com>), би могли да се искористе за решавање описаног проблема, али су лиценце за коришћење ових софтвера прилично скупе. Такође, како су ови софтвери опште намене, њихово коришћење је доста компликовано, па је за решавање описаног проблема потребан висок степен обучености. Са друге стране постоји софтвер за енергетско планирање (LEAP - Long-range Energy Alternatives Planning), који симулира различите сценарије употребе енергије и утицаја на животну средину, али је коришћење LEAP-а временски скупо, нарочито уколико се желе сагледати утицаји различитих сценарија при регионалном енергетском планирању. Осим тога LEAP није оптимизациони софтвер, односно не нуди оптимално решење проблема, већ само сагледавање исхода за задате параметре. Један од начина превазилажења овог ограничења описан је у [3], и представља оригиналан приступ чија је суштина у спрезању LEAP-а са GenOpt-ом, оптимизационим алатом који је развијен у Lawrence Berkeley лабораторији. Ипак, и овакав начин спрезања не омогућава решавање описаног проблема који је доста комплексан.

Развијено техничко решење, софтвер DOIRES, представља јединствен алат за решавање описаног проблема, и пријатељски је (*user friendly*) оријентисан ка кориснику.

3. Суштина техничког решења

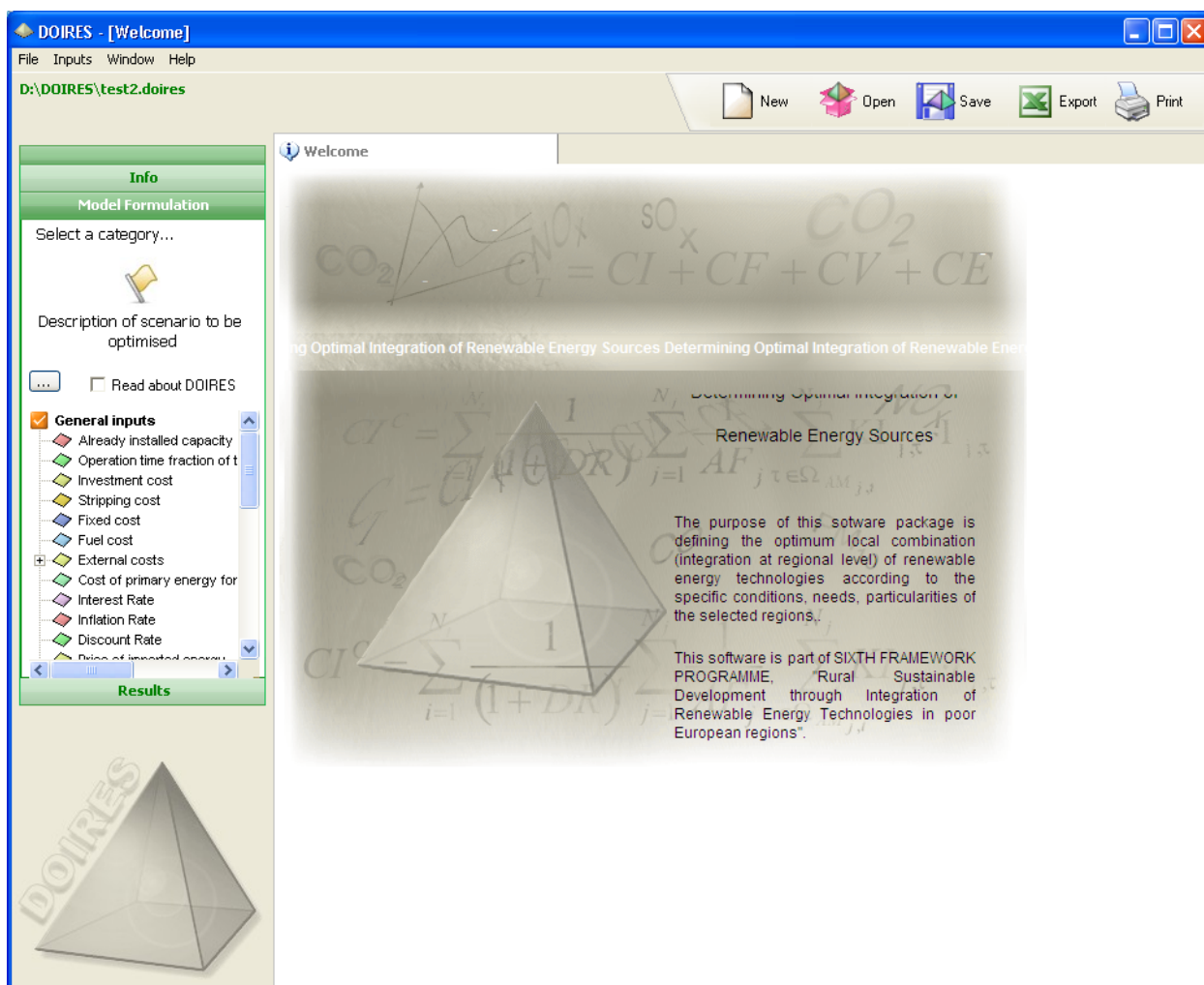
Алгоритам за одређивање оптималне интеграције технологија које користе ОИЕ у специфичном региону може се представити следећим корацима: (а) сакупљање података (енергетски подаци, подаци о заштити животне средине, социолошки подаци,

метеоролошки подаци), (б) одређивање сценарија који су засновани на прикупљеним подацима и системским параметрима, и (в) оптимизацији која резултира у комбинацији конвенционалних технологија и технологија које користе ОИЕ.

Улазни параметри модела који се користи за решавање описаног проблема односе се на опис сценарија који је неопходно оптимизовати, у зависности од очекивања, односно специфичности које су везане за посматрани регион, као и других жељених параметара, односно ограничења.

Развијено техничко решење, софтвер DOIRES омогућава оптимизацију базирану на неколико могућих конфигурација потенцијалних технологија за производњу енергије у одређеном региону у периоду од 20 година.

4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)



Слика 1. Изглед корисничког интерфејса софтвера DOIRES

Улазни параметри модела који се користи за решавање описаног проблема односе се на опис сценарија који је неопходно оптимизовати, у зависности од очекивања, односно специфичности које су везане за посматрани регион, као и других жељених параметара, односно ограничења.

Софтвер DOIRES омогућава оптимизацију почевши од базе од неколико могућих конфигурација потенцијалних технологија које би се користиле у производњи енергије у циљном подручљу и под одговарајућим ограничењима и индикаторима одрживости, дефинисаним од стране корисника, одређује најбољу конфигурацију. Ова процедура може се шематски представити помоћу пирамиде (што је уједно и заштитни знак софтвера DOIRES), чија је основа описани сценарио који треба оптимизовати, а врх, одређен помоћу DOIRES алата, оптимална конфигурација технологија за временски период до 20 година.

Модел који служи за успешно решавање овог проблема је дефинисан преко одређених улаза, односно ипута које корисник дефинише преко DOIRES окружења. Ови ипнути односе се на дефиницију индекса, параметара и експланаторних варијабли оптимизационог модела, као и на прикладна ограничења (*constraints*).

Први корак у решавању овог алгорита је дефинисање листе технологија које ће се разматрати, као и горива која ће се користити. Такође, за сваки случај разматрају се и различити енергетски сектори, који имају значај за крајњег корисника енергије која је произведена у систему. Следећи корак је дефинисање четири различите матрице које одговарају захтевима за електричном и топлотном енергијом, снагом, као и производњи примарних енергетских извора, уколико је та активност укључена у циљном региону. Остали захтеви односе се на комбиновану производњу топлотне и електричне енергије (СНП) и моторе за погон возила за транспорт као и друге машине.

Сваки сценарио описује се жељеним циљем, као што је на пример интеграција централног грејања помоћу геотермалне енергије, или пак други сценарио који искључује употребу геотермалне енергије због отпора локалног становништва према том облику енергије. Други пример је максимизирање учешћа ОИЕ у производњи електричне енергије, или увођење производње примарних извора енергије насупрот описаном алтернативном сценарију. Ови жељени циљеви доприносе различитим вредностима матрица које се односе на електричну енергију, термалну енергију, снагу или производњу примарних енергетских извора.

Након извршења модела за један описан сценарио, постизање оптималне конфигурације технологија, постиже се понављањем процедуре и дефинисањем другог сценарија, који представља другу конфигурацију за поређење. Цела процедура може се поновити за исте специфичне услове, потребе, особености циљног региона који се разматра у сваком случају, онолико пута колико корисник дефинише могућих сценарија за посматрано подручље.

Модел у оквиру овог техничког решења садржи *explained* варијабле, дефиницију ограничења, параметре, и *explanatory* варијабле.

***explained* варијабле**

У свакој студији планирања, неопходно је проценити једну или више *explained* варијабли помоћу логичког оквира. Ове варијабле у ствари представљају излазне величине модела. У оквиру овог модела усвојене су следеће *explained* варијабле:

- *Додатни капацитет (MW)* за сваку технологију који треба инсталирати у свакој години посматраног временског оквира,
- *Излазна снага (MW)* сваке појединачне технологије j , за сваку појединачну годину t , и сваки временски интервал p криве временског оптерећења (LDC - *Load Duration Curve*),
- *Инсталисани капацитет примарног енергетског извора k* , (усеви (ha), или постројење за управљање отпадом (т отпада/дан)) за производњу примарног енергетског производа i_2 у години t ,
- *Укупни инсталисани капацитет (MW)* технологије j у години t , односно сума додатник капацитет и већ инсталисаних капацитета технологије j у години t ,
- *Површина соларних колектора (m²)* за сваку годину t ,
- *Површина фотонапонских (PV) колектора (m²)* за сваку годину t ,
- *Рекуперисана топлота од СНР технологија* за сваку годину t , и временски интервал p криве временског оптерећења,
- *Потражња за топлотном енергијом која се задовојава СНР технологијама, (MW)*, за сваку годину t , и временски интервал p криве временског оптерећења,
- *Количина пијаће воде од десалинације (m³)*, која је произведена помоћу електричне енергије за сваку годину t ,
- *Количина пијаће воде од десалинације (m³)*, која је произведена помоћу топлотне енергије за сваку годину t ,
- *Укупни трошкови (M€)*, који се односе на тоталне трошкове конверзије примарне енергије током разматраног временског оквира,
- *Укупно произведена енергија (GWh)*, односно тотална енергија која се произведе током разматраног временског оквира,
- *Укупно произведена енергија од ОИЕ (GWh)*, односно тотална енергија која се произведе од обновљивих извора енергије током разматраног временског оквира,
- *Годишње произведена енергија (GWh)*, односно произведена енергија у свакој години током разматраног временског оквира,
- *Годишње произведена енергија од ОИЕ (GWh)*, односно произведена енергија од обновљивих извора енергије у свакој години током разматраног временског оквира,
- *Укупна не-увезена произведена енергија (GWh)*, односно тотално произведена енергија заснована не само на ОИЕ, него и на енергетској ефикасности (нпр. топлотне пумпе) током разматраног временског оквира,
- *Годишња не-увезена произведена енергија (GWh)*, односно тотално произведена енергија заснована не само на ОИЕ, него и на енергетској ефикасности (нпр. топлотне пумпе) за сваку годину током разматраног временског оквира,
- *Укупна емисија (kt)*, односно тотална емисија за сваки полутант током разматраног временског оквира.

ограничења

На овом месту даће се само приказ ограничења (*equality and inequality constraints*) која су коришћена у овом моделу, док ће се математички изрази који ова ограничења дефинишу, због своје комплексности и ограниченог простора изоставити. Детаљан опис ових ограничења, као и сам математички модел, може се наћи у одговарајућој документацији самог софтверског решења. Ограничења која дефинишу овај модел су:

- Задовољење вршне потражње: први временски корак сваке дефинисане LDC криве одговара предвиђеном годишњем вршном оптерећењу. У том смислу укупни генеративни капацитет електричне или топлотне енергије у том периоду мора да покрије, уз одговарајућу резерву, захтев за тим оптерећењем,
- Ограничење енергетског постројења: нето излазна снага сваке опције генерисања не може превазићи релевантне инсталисане капацитете,
- Ограничење генерисања енергије: Преко фактора досупности (часова/годишње), дефинисани су периоди одржавања и отказа, и у складу са тим добијена је максимална производња енергије за сваку опцију генерисања,
- Ограничење потенцијала ОИЕ: узети су обзир производња енергије (зоплотне и/или електричне) од ОИЕ и локалних енергетских извора (\leq расположивог енергетског потенцијала),
- Примарна енергетска потрошња: Потрошња горива је у релацији са производњом енергетског постројења. Укупна сума ових фактора, за свако гориво i , и за сваку годину t , мора бити унутар доње и горње границе, које корисник дефинише у складу са циљном функцијом,
- Ограничења емисије: Јединична потрошња енергије у релацији је са емисијом полутаната преко одговарајућих емисионих фактора. Укупна годишња емисија сваког полутанта мора бити мања од дефинисане граничне емисије,
- Балансирање енергетске производње и потрошње: Равнотежа између генерисања електричне или топлотне енергије, потрошње и нето снаге која се испоручи мрежи мора бити задовољена,
- Површина инсталисаних соларних колектора: Годишња производња енергије од соларних колектора, у релацији је са површином инсталисаних колектора, њиховом ефикасношћу, глобалном соларном радијацијом и степеном расположивости током године,
- Површина инсталисаних фотонапонских ћелија: Годишња производња енергије од фотонапонских панела у релацији је са површином инсталисаних панела, њиховом ефикасношћу, годишњом соларном радијацијом, коефицијентом температурске корекције, трансмисионим губицима и степеном расположивости током године,
- Годишња производња енергије од ветрогенератора: Годишња производња енергије од ветрогенератора не може превазићи очекивану годишњу производњу у односу на метеоролошке податке самог региона и техничких карактеристика турбине,
- Технологије комбиноване производње топлотне и електричне енергије Рекулперација топлоте код СНР постројења у релацији је са НР (*Heat-to-power ratio*) и у равнотежи је

са потражњом за топлотном енергијом, за сваки интервал p , криве временског оптерећења,

- Производња примарне енергије: Захтевани инсталирани капацитет извора за примарну производњу енергије у релацији је са нивоом тражње облика примарне енергије и продуктивношћу самог извора,
- Механичка или топлотна десалинација: Производња енергије од технологија за десалинацију је ограничена у складу са специфичном потрошњом енергије за производњу пијаће воде и захтевом за пијаћом водом. Количина произведене пијаће воде од механичке и/или топлотне десалинације са електричним или топлотним снабдевањем дефинисана је одговарајућим ограничењем, односно већа од нивоа потражње коју дефинише корисник,
- Учешће поједине технологије ради задовољења специфичног нивоа оптерећења: Специфична излазна снага поједине технологије j , постављена је до као проценат од укупне излазне снаге суме технологија које партиципирају у задовољењу потражње, за коју се специфична технологија односи. То се нарочито односи на ветрогенераторе који су спрегнути са електро-мрежом.
- Учешће ОИЕ: модел има могућност да узме у обзир минимално учешће ОИЕ које корисник поставља као предуслов. Излазна снага од технологија ОИЕ је већа од доње границе овог минималног учешћа ОИЕ у тоталној излазној снази система. Вредност учешћа ОИЕ дата је за сваку годину.

***explanatory* варијабле**

Ове варијабле уопштено дефинишу еволутивне сценарије система [1], и представљају у суштини улазне промењиве односно инпуте модела. У овом моделу коришћене су следеће промењиве:

- Већ инсталирани капацитети (MW),
- Временски корак LDC криве (h),
- Инвестициони трошкови (€/MW),
- Трошкови монтаже (€/MW),
- Фиксни трошкови (€/MW),
- Трошкови горива (€/t),
- Екстерни трошкови
 - o екстерни оперативни трошкови (€/MW),
 - o екстерни инсталациони трошкови (€/MW),
 - o екстерни трошкови монтаже (€/MW),
 - o екстерни трошкови потрошње горива(€/t),
- Трошкови примарне производње енергије (€/ha или €/тони отпада.дан),
- Каматна стопа (%),
- Стопа инфлације (%),
- Дисконтна стопа (%).

Оптимизовањем истог описаног сценарија четири пута за различите циљне функције: (а) минимални укупни трошкови, (б) минимална укупна емисија CO₂, (в) максимални удео ОИЕ, и (г) максимална сигурност обезбеђења, добијају се четири различите конфигурације које су приказане у табели 1. У тој табели приказане су само технологије за које је неопходно инсталирати додатне капацитете у задатом временском периоду (године 1-3). Модел бира оптималне комбинације специфичних технологија за задовољење специфичних потреба, нпр. генератори на биомасу насупротив генераторима на биогаз, или централно грејање геотермалном енергијом насупротив грејању помоћу биомасе.

Табела 1. Оптимизоване конфигурације за различите циљне функције

	Configuration 1 (cost minimization)			Configuration 2 (CO ₂ min)			Configuration 3 (RES share max)			Configuration 4 (security of supply max)		
	year 1	year 2	year 3	year 1	year 2	year 3	year 1	year 2	year 3	year 1	year 2	year 3
Additional power to be installed (MW)												
centr_wind_1	7.86			8.61			8.61		0.00	8.61		
centr_hydro_1	4.00			10.50	0.32	0.32	10.50	0.32	0.00	10.50	0.32	
centr_solid_waste_1	0.12			0.00			0.00	0.01	0.24	0.25	0.00	
distr_wind_2_2	0.86			1.12			1.12			1.12		
distr_wind_3_5	1.04			1.03					0.13			0.13
distr_PV_3_5					0.99			0.09			0.09	0.00
distr_PV_4_7	0.36	0.01	0.01	0.36	0.01	0.01	0.36	0.01	0.01	0.36	0.01	0.01
distr_biomass_5	2.00	0.06	0.06	2.00	0.06	0.06	2.00	0.06	0.06	2.00	0.06	0.06
district_geothermal_1	4.59		0.23	4.38	0.22	0.23	4.38	0.22	0.23	4.38	0.22	0.23
heatdemands_HP_4_3	0.14			0.12		0.02	0.12		0.02	0.12		0.02
heatdemands_geothermal_5_5							8.99			8.99		
heatdemands_solarcollectors_5_5							4.50			4.50		
heatdemands_solidwaste_6							0.41					
heatdemands_HP_6	1.38			1.25	0.06	0.07	1.25	0.06	0.07	1.25	0.06	0.07
gas_turbines_chp			0.32		0.03	1.47			2.09			2.09

Вредности коришћених индикатора за четири различите оптимизоване конфигурације формирају матрицу исплативости, која је приказана у табели 2. Болдиране вредности у овој матрици одговарају израчунатим вредностима циљне функције.

Табела 2. Matrica isplativosti

	total cost	cost	CO ₂	RES share	Security of supply
	M€	€/kWh	kt	%	%
Configuration 1	160.31	0.27	331.43	42.90	46.93
Configuration 2	184.63	0.31	321.54	42.87	46.90
Configuration 3	183.21	0.27	331.27	50.27	53.57
Configuration 4	182.48	0.27	330.06	50.27	53.81

Развијени софтвер DOIRES је настао као резултат рада на међународном FP6 пројекту - *Rural sustainable development through integration of Renewable Energy Technologies in poor European regions - Specific support actions (SSA) for Western Balkan Countries*, и коришћен је за проналажење оптималне интеграције технологија ОИЕ у следећим регионима:

- Milos Island, Cyclades Islands (**Грчка**)
- Achentel, Bavaria (**Немачка**)
- Leukental, Tyrol (**Аустрија**)
- Mountain Community of Limina, Calabria (**Италија**)
- Kragujevac-Knic (**Србија**)
- Podbelasica region (**Бивша Југословенска Република Македонија**), и
- Bregu region (**Албанија**)

Ови резултати оптимизирања добијени помоћу софтвера DOIRES могу се видети на Интернет адреси: <http://www.res-integration.com>.

Софтвер DOIRES је расположив за комерцијалну употребу, на домаћем и страном тржишту, као и за потребе истраживања и едукације.

5 Литература

1. C. Cormio, M. Dicorato, A. Minoia, M. Trovato, A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7 (2003) 99–130
2. L. Geronikolou, S. Rozakis, M. Z. Despotovic, G. Papadakis, S. Kyritsis, Model Development and Application for Determining Optimum Integration of RES in target Regions, *First International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE)*, Skiathos island, Greece, 2007, June 24 to 28
3. Milorad Bojic, Milan Despotovic, Spyros Kyritsis, George Papadakis, Loukia Gournikolou, LOpt: a tool for sustainable energy optimization, *reCOMMEND*, Vol.5, No.3, pp. 7-9, ISSN -, 2006
4. E. Tsioliaridou, G.C. Bakos, M. Stadler, A new energy planning methodology for the penetration of renewable energy technologies in electricity sector application for the island of Crete, *Energy Policy*, Volume 34, Issue 18, 2006

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу број 01-1/1128-14 од 22. 04. 2010. године именовани смо за рецензенте предлога техничког решења:

„Софтвер за одређивање оптималног сценарија интеграције обновљивих извора енергије“ - DOIRES

аутора: Милорад Бојић, Милан Деспотовић, Loukia Geronikolou, Spyros Kyritsis, Рајко Чукић. На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

04 JUN 2010

01-111684

Техничко решење „Софтвер за одређивање оптималног сценарија интеграције обновљивих извора енергије“ - DOIRES аутора: Милорад Бојић, Милан Деспотовић, Loukia Geronikolou, Spyros Kyritsis, Рајко Чукић, реализован 2005-2007 године, приказано је на 9 страница формата А4, писаних 11 фонтом, проредом 1, садржи 1 слику и 2 табеле. Састављено је од следећих поглавља:

1. Опис проблема који се решава техничким решењем
2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења
3. Суштина техничког решења
4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)
5. Литература

Техничко решење припада области научно-технолошких услуга, пројектовање и развој компјутерског софтвера (класа 42)

Наручилац техничког решења је **6th Framework Programme of the European Commission by Research Directorate-General**, реализовано је у оквиру рада на FP6 пројекту: **Rural sustainable development through integration of Renewable Energy Technologies in poor European regions - Specific support actions (SSA) for Western Balkan Countries**

Основне идеје као и резултати за ово техничко решење прихваћени су и објављени у раду: L. Geronikolou, S. Rozakis, M. Z. Despotovic, G. Papadakis, S. Kyritsis, Model Development and Application for Determining Optimum Integration of RES in target Regions, First International Conference on Environmental Management, Engineering,

Planning and Economics (СЕМЕРЕ), Skiathos island, Greece, 2007, June 24 to 28.

Примена предложеног техничког решења реализована је у **СЕДАМ ИЗАБРАНИХ РЕГИЈА НА МЕЂУНАРОДНОМ НИВОУ И ТО:**

- Milos Island, Cyclades Islands (**Грчка**)
- Achental, Bavaria (**Немачка**)
- Leukental, Tyrol (**Аустрија**)
- Mountain Community of Limina, Calabria (**Италија**)
- Kragujevac-Knic (**Србија**)
- Podbelasica region (**Бивша Југословенска Република Македонија**), и
- Bregu region (**Албанија**)

МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења „Софтвер за одређивање оптималног сценарија интеграције обновљивих извора енергије“ - DOIRES, су јасно приказали, теоријски обрадили и имплементирали комплетну структуру техничког решења.

Предложени софтвер написан је на основу комплексног оптимизационог модела који треба да опише оптималну конфигурацију технологија обновљивих извора енергије, у одређеном мвременском оквиру, узимајући у обзир огроман број података и граничних услова.

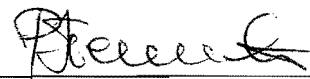
На основу описа техничког решења могу се донети следећи закључци:

- 1. Развијени софтвер DOIRES представља јединствен софтвер за решавање описаног проблема.*
- 2. Софтвер DOIRES је развијан према утврђеном програмском задатку, а у оквиру међународног пројекта, коришћењем експертског знања великог броја истраживача који су учествовали у развоју софтвера.*

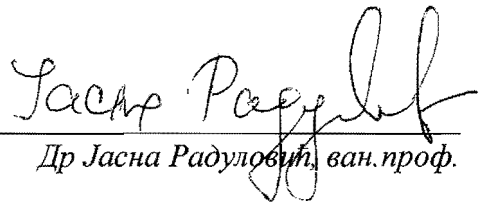
3. Могућности развијеног софтвера DOIRES су велике, односно софтвер омогућава проналажење оптималног сценарија узимајући у обзир велики број параметара и ограничења.
4. Софтвер DOIRES дизајниран је у пријатном графичком окружењу и пријатељски је оријентисан ка кориснику (user friendly).

Дакле, **„Софтвер за одређивање оптималног сценарија интеграције обновљивих извора енергије“** - DOIRES има значајно место као јединствен и ефикасан алат за одређивање оптималног сценарија интеграције технологија које користе обновљиве изворе енергије и енергетског планирања у одређеном времену. Са задовољством предлажемо да се **„Софтвер за одређивање оптималног сценарија интеграције обновљивих извора енергије“** - DOIRES прихвати као ново техничко решење.

04.06.2010., у Крагујевцу



Др Радивоје Пешић, ред. проф.



Др Јасна Радуловић, ван. проф.



Универзитет у Крагујевцу
Машински факултет у Крагујевцу
Број : **ТР-38/2010**
10. 06. 2010. године
Крагујевац

Наставно-научно веће Машинског факултета у Крагујевцу на својој седници од 10. 06. 2010. године на основу члана 200. Статута Машинског факултета, донело је

О Д Л У К У

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења **„Софтвер за одређивање оптималног сценарија интеграције обновљених извора енергије - DOIRES“**, аутора **Др Милорада Бојића, др Милана Деспотовића, Проф. MSc Loukia Geronikolou, Em.Prof. Spyros Kyritsis, и др Рајка Чукића.**

Решење припада класи **M85**, према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, ("Сл. гласник РС", бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. **Др Радивоје Пешић, редовни професор, Машински факултет у Крагујевцу**
2. **Др Јасна Радуловић, ванредни професор, Машински факултет у Крагујевцу**

Достављено:
Ауторима
Архиви



Др Мирослав Бабић, ред. проф.