

# АНАЛИЗА ТРОШОЦИ-ЕФЕКТИ ЗА ВЕТЕРНА ЕЛЕКТРИЧНА ЦЕНТРАЛА - СПОРЕДБЕНА ПРОЦЕНКА ВО ПОДРШКАТА ЗА ДОНЕСУВАЊЕ ОДЛУКА

## A COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS OF WIND POWER PLANT - COMPARATIVE ASSESSMENT IN SUPPORT OF DECISION MAKING

Николов Марјан, дипл.маш.инж.,  
Конеска Наташа, дипл. ек.,

Проф. Др Вангел Фуштиќ  
Институт за ЕЦРП, Електро-  
технички факултет - Скопје

### Содржина

Во трудот е прикажана анализата трошоци-ефекти за 11 кВ ветерната електрична централа во \$/кВ. Анализата ги уважува позначајните технички и економски влијанија. И повеќе, пресметани се и финансиската и економската интерна стапка на рентабилност (ФИРР и ЕИРР).

### Abstract

The paper presents a cost-effectiveness analysis of a 11 kW wind power plant in \$/kW. The analysis respects the most relevant technical and economic impacts. Moreover, the financial and economic internal rates of return (FIRR and EIRR) are calculated.

### 1. ВОВЕД

Развојот на модерните ветерни турбини, започнат во далечната 1974 г. со појава на нафтната криза, се одвива во два правца[1]. Некои земји промовираа национални програми за развој на

технолојата за искористување на енергијата на ветерот концентрирајќи се на поголеми инсталирани моќности во машините, додека други на комерцијалниот развој со мали машини, кои се покажаа економични за производство на електрична енергија.

Сепак, пред секој инвеститор за конкретен проект на ветерна или за друг вид централа од обновливи извори на енергија (како сончевите, геотермалните, малите хидроцентрали и др.) [2], се поставува прашањето за исплатливоста на вложениот капитал и рентабилноста, како и факторите кои влијаат на истите.

За економска анализа на проектите постојат различни методи и техники [3]. Една од нив е анализата **користи-трошоци** (*benefits-costs*), која ги зема предвид користите и трошоците од аспект на целата земја. Покрај трансферните плаќања, непредвидените и претходните трошоци за одреден проект, комплетната анализа *benefits-costs* особено е значајна бидејќи ги зема предвид надворешните ефекти (externall effects), повеќестраните ефекти (влијание врз другите капацитети и ефектите во меѓународното опкружување.

Како подваријанта на анализата *benefits-costs* се јавува анализата **трошоци-ефекти**, во светската терминологија позната како *Cost-Effectiveness Analysis*, која е особено погодна за пресметка на трошоците по единица производ, а со тоа и валидна проценка на цената за инсталиран kW или произведен kWh електрична енергија.

### 2. ТЕХНИЧКИ АСПЕКТИ НА ВЕТЕРНАТА ЦЕНТРАЛА

Конкретната автономна ветерната централа проектирана соодветно на условите и начинот за проектирање [2],[4], е прикажана принципиелно на Сл.1. и се состои од:

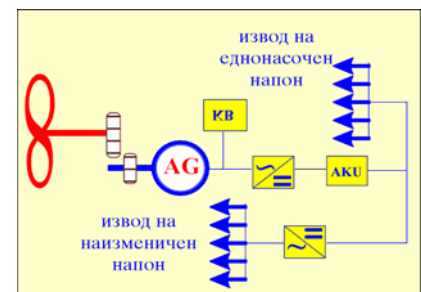
- \* **Електротехничка опрема**,
  - Асинхрон генератор 11 kW,
  - Кондензаторска батерија за компензација 2.5 kVAR
  - Аку-батерија,
  - Исправувач,
  - Инвертор и др.

#### \* **Машинска опрема**

- Трокрилна елиса со  $D=16$  m,
- Мултипликатор  $i=0.75$  и
- Челичен решеткаст столб со висина  $h=13$  m.

#### \* **Опрема и средства за градежни работи (Сл.2):**

- Насип од шљунак,
- Бетонски фундамент,
- Анкерни плочи,
- Градежен материјал и др.

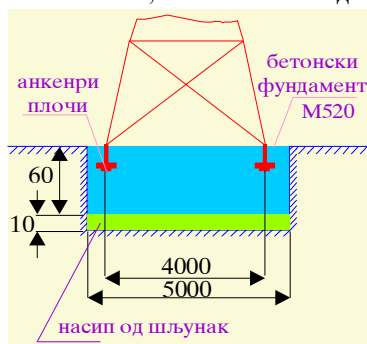


- Земјиште

Сл.1. Принципиелна шема на поважните елементи на анализираната ветерната централа

Во Табела 1. прикажана е пресметка на цената на чинење во германски марки за поедината опрема [4],[6].

Соответно на добиените цени во Табела 1, Табелата 2 ги дава



Сл.2. Фундирање на ветерната централа

потребните податоци за структурата на трошоците во вредноста на инвестицијата и векот на проектот по категории.

### 3. ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА

За конкретната ветерна централа, од економски аспект, симулирани се две варијанти:

a) обезбедување средства за

проектот со задолжување и б) вложување сопствени средства во проектот.

И во обете варијанти се земени предвид следните трошоци:

- Трошоци на капиталот,
- Инвестиционите вложувања и
- Погонските трошоци.

Табела 1. Пресметка и рекапитулација за опремата комплет со набавка и монтажа во DEM М-машинска опрема, Е-електро опрема. Г-градежни работи со земјиште

Реден бр.	Позиција	Мерка	Колич.	Един. цена	Вкупно
M-1	Елиса	m <sup>2</sup>	50	10	500
M-2	Мултипликатор	Парч.	2	120	240
M-3	Решеткаст столб	kg	2100	3.5	7350
				Вкупно	8090
E-1	Генератор	Парч.	1	1030	1030
E-2	Конденз. батерија	Парч.	1	250	250
E-3	Исправувач и АКУ	Парч.	1	7000	7000
E-4	Инвертор	Парч.	1	3000	3000
				Вкупно	11280
G-1	Земјани работи	m <sup>3</sup>	42.6	3.9	166
G-2	Бетонски работи	m <sup>3</sup>	15	110	1650
G-3	Градежно земјиште	m <sup>2</sup>	25	20	500
				Вкупно	2316

Табела 2. а) Структура на вредноста на трошоците (според техничката анализа) во вкупната цена на инвестицијата - 100%

Позиција	Трошоци (DEM)	Процентуален износ (%)
Машинска опрема	8090	37
Електро опрема	11280	52
Градежен дел	2316	11

#### б) Век на проектот во години

Економски век		Амортизационен век		Технолошки век	
Градежен објект	Опрема	Градежен објект	Опрема	Градежен објект	Опрема
15	15	50	20	50	20

Според [5], односот на просечниот годишен производ во kWh во однос на максималниот производ изнесува 0.34, што значи дека истата ќе има 2978

h/годишно ефективно производство. Со инсталираната моќност од 11 kW се добива годишно производство од 32758 kWh годишно.

За овие вредности на факторот на инсталираност и производството на електрична енергија, за варијантите a. и б., а со примена на анализата трошоци-

ефекти, се добиваат следните специфични трошоци по инсталиран kW:

- Варијанта а. 1225 \$/kW
- Варијанта б. 986 \$/kW.

#### 4. ФИНАНСИСКА И ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА

Проектот секако ги надминува рамките на бенефиција само за инвеститорот и истиот носи бенефиции и за државата во целина. Анализата на рентабилноста на проектот од аспект на инвеститорот е *финансиска анализа*, додека анализата на рентабилноста од аспект на државата претставува *економска анализа*.

Соодветните показатели врз основа на кои може да се процени инвестицијата и да се донесе реална одлука во про-

цесот на одлучување по проектот се интерната стапка на рентабилност IRR и нето сегашната вредност NPV.

Во принцип, проектот е рентабилен доколку IRR е поголем од дисконтната стапка, а NPV е поголемо од нула. Соодветно на [5], за проектинвестирање во ветерни центри се прифаќа дисконтна стапка од 6 до 12%. За конкретната ветерна централа симулирани се двете варијанти (а. и б.) и на дијаграмите се претставени IRR и NPV.

Сензитивната анализа е извршена со промена на една варијабла и тоа тарифата (промена од 1 до 4 cents). Во Табелите 3 до 6 се прикажани обете варијанти со 6 и 12% дисконтна стапка во Ден/kWh (при курс 1\$=55.8 Ден, април 1998).

За да се согледа рентабилноста на проектот од аспект на инвеститорот, ќе го анализираме дијаграмот А (со задолжување) на Сл.3. и Табела 3 и 4. При дисконтна стапка од 6% проектот е рентабилен при износ на тарифата (на електростопанската организација-ECO) од 2.07 Ден/kWh, бидејќи FIRR изнесува 6.23. За дисконтна стапка од 12%, проектот е рентабилен за 4 центс и 2.96 Ден/kWh, бидејќи FIRR е 12.05.

Рентабилноста на инвестицијата од аспект на државата може да се анализира со помош на дијаграмот Б (со задолжување) и Табелите 3 и 4. За дисконтна стапка од 6% проектот е рента-

Табела 3. Варијанта а. со задолжување

- 6% дисконтна стапка

	1 cent		2 cents		ESO	3 cents		4 cents	
Ден/kWh	0,74	1,04	1,33	1,48	1,78	2,07	2,22	2,52	2,96
FIRR	-1,33	0,28	1,89	2,73	4,48	6,23	7,16	9,08	12,05
EIRR	0,27	2,23	4,18	5,21	7,32	9,43	10,55	12,86	16,41
FNPV	-12190	-9363	-6624	-5215	-2378	361	1770	4606	8754
ENPV	-8820	-5722	-2727	-1177	1931	4932	6476	9584	14130

- 12% дисконтна стапка

	1 cent		2 cents		ESO	3 cents		4 cents	
Ден/kWh	0,74	1,04	1,33	1,48	1,78	2,07	2,22	2,52	2,96
FIRR	-1,33	0,28	1,89	2,73	4,48	6,23	7,16	9,08	12,05
EIRR	0,27	2,23	4,18	5,21	7,32	9,43	10,55	12,86	16,41
FNPV	-14920	-12900	-10943	-9936	-7909	-5952	-4945	-2919	45
ENPV	-12105	-9933	-7828	-6745	-4566	-2461	-1378	801	3989

- Усвоен однос на валути (април 1998 г.)

1\$ = 1,8 DEM.	1 DEM. = 31 ДЕН.	1 \$ = 55,8 ДЕН.
----------------	------------------	------------------

Вредностите за NPV се во германски марки.

FIRR, FNPV- финансиска интерна стапка на рентабилност и нето сегашна вредност.

EIRR, ENPV- економска интерна стапка на рентабилност и нето сегашна вредност.

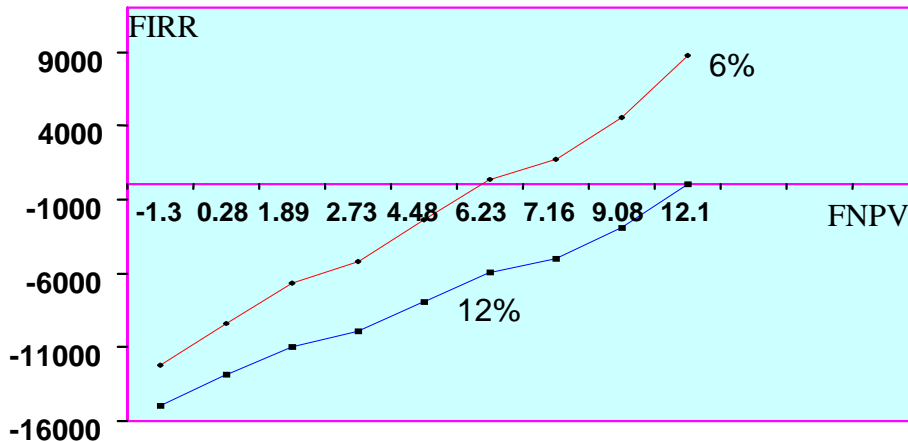
**Табела 4. Варијанта б. со сопствени вложувања**

- 6% дисконтна стапка

	1 cent			2 cents		ESO	3 cents		4 cents
Ден/kWh	0,74	1,04	1,33	1,48	1,78	2,07	2,22	2,52	2,96
FIRR	0,2	1,57	2,86	3,52	4,84	6,11	6,76	8,05	9,93
EIRR	0,68	2,31	3,87	4,67	6,26	7,79	8,57	10,13	12,39
FNPV	-11108	-8558	-6088	-4817	-2259	211	1482	4040	7788
ENPV	-10244	-7136	-4135	-2590	518	3519	5063	8171	12716

- 12% дисконтна стапка

	1 cent			2 cents		ESO	3 cents		4 cents
Ден/kWh	0,74	1,04	1,33	1,48	1,78	2,07	2,22	2,52	2,96
FIRR	0,2	1,57	2,86	3,52	4,84	6,11	6,76	8,05	9,93
EIRR	0,68	2,31	3,87	4,67	6,26	7,79	8,57	10,13	12,39
FNPV	-16161	-14373	-12641	-11749	-9956	-8224	-7332	-5539	-2915
ENPV	-15548	-13375	-11271	-10188	-8008	-5904	-4821	-2641	546



**Сл. 3-А. Функционална зависност на показателите FIRR и FNPV за варијанта со задолжување.**

билен при тарифа од 1.78 Ден/kWh, бидејќи EIRR е 7.32. Во случај на дисконтна стапка од 12% проектот е рентабилен при тарифа од 2.52 Ден/kWh, затоа што EIRR изнесува 12.86.

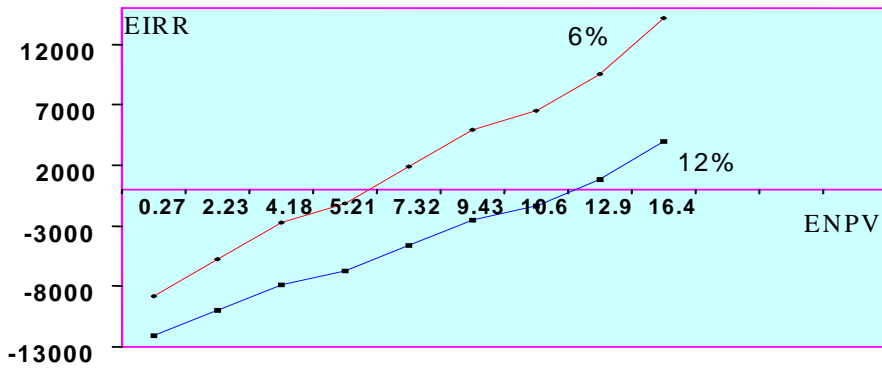
Аналогно, со помош на дијаграмите А и Б (Сл. 4) и Табелите 5 и 6. може да се изврши анализа на рентабилноста на инвестицијата и

за варијантата со вложувања сопствени средства во проектот.

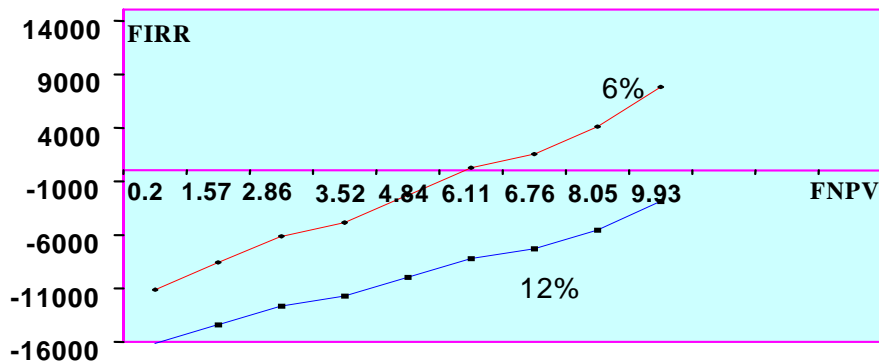
## 5. ЗАКЛУЧОК

Спроведената анализа трошоци ефекти, како дел од комплетната анализа користи-трошоци, претставува моќна алатка во подршката за донесување

одлука кај секој поединечен проект, земајќи го предвид и изворот на финансиските средства. Добиената цена на ветерната централа изнесува 1225 односно 986 \$/kW за двете варијанти и е блиска до светската цена (900 \$/kW).



Сл. 3-Б Функционална зависност на показателите EIRR и ENPV за варијанта со задолжување.



Сл. 4-А Функционална зависност на FIRR и FNPV за варијанта со сопствени вложувања.

Сл. 4-Б Функционална зависност на EIRR и ENPV за варијанта со сопствени вложувања.



## РЕФЕРЕНЦИ

[1] Mays Ian, The Status and Prospects of the Wind Energy, World Renewable Energy Congress, Denver, Colorado, USA. June 1966.

[2] Фуштиќ В., Проектирање на електрични центри, Инт. публ. ЕТФ Скопје. 1997.

[3] Несторовски М., Инвестиционна одлука, Економски факултет Скопје, 1996.

[4] Николов М., Техноекономска анализа на ветерна централа, семинарски труд, 1998.

[5] Kavallo A. et al. Technology and Economics, Part Wind Energy, Washington D.C. USA, 1995.

[6] Каталози и техничка документација, април 98.