

# КОЛИЧЕСТВЕНО ИЗМЕРВАНЕ НА ВЪНШНИТЕ ЕКОЛОГИЧНИ РАЗХОДИ ЗА ПОДПОМАГАНЕ НА ВЗЕМАНЕТО НА УПРАВЛЕНСКИ РЕШЕНИЯ

*Ст.н.с. II ст. д-р Снежана Костова\* и Гл. ас. Нонка Георгиева\*\**

*\*Секция Хибридни Системи и Мениджмънт, Институт по Управление и  
Системни Изследвания, Българска Академия на Науките*

*\*\*Катедра Математика и Статистика, Стопанска Академия “Д. А. Ценов”*

## **Резюме:**

Цел на настоящата статия е да бъдат описани основните етапи на методология за количествена (монетарна) оценка на външните разходи, свързани със здравето на хората и околната среда, както и съществуващите информационни продукти за нейното практическо приложение.

За илюстрация на методологията са представени резултати за външните разходи при производство на ел. енергия от централа, работеща с въглища и разположена в централната част на Европа, получени с една от версиите на продукта EcoSense.

**Ключови думи:** устойчиво развитие, външни разходи.

## **Abstract:**

The goal of presented paper is to describe main steps of the Impact Pathway Methodology for external costs calculation and the existing software tools for its practical application.

Results for external costs from coal fired power plant located in the central part of Europe are presented. The results are obtained by one of the versions of the software tool EcoSense.

**Key words:** sustainable development, external costs.

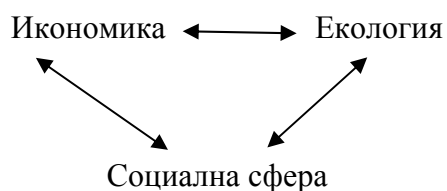
## **I ВЪВЕДЕНИЕ**

Най-често използваната дефиниция на термина устойчиво развитие е дадената през 1987(World Commission on Environment and Development (WCED),

Our Common Future, Oxford 1987, p. 43) и тя гласи: "Развитие, което задоволява нуждите на настоящето без да излага на риск възможностите на бъдещите поколения да посрещат своите нужди".

За да се тества устойчивостта на икономическите дейности е необходимо да бъдат изследвани техните настоящи и бъдещи влияния върху околната среда и икономическите и социални последици от тези влияния. Големият въпрос, свързан с устойчивото развитие е може ли да бъде постигнат икономически растеж с използването на инвестиции, методи и технологии на производство, които намаляват щетите върху околната среда. Това може да бъде постигнато главно с въвеждането на нови, екологични технологии. Основен и все още неразрешен напълно въпрос си остава въпросът как да измерваме надеждно доколко една технология нанася по-малко вреди на околната среда от друга. Един от начините да бъде даден отговор на този въпрос е чрез разработването на методи и средства за количествена оценка на влиянията на различните технологии върху околната среда и пресмятане екологичната ефективност на разглежданото производство, инвестиция, услуга и т.н. Това изисква усилията на широк кръг специалисти - мениджъри, биолози, физици, химици, математици, инженери, специалисти по системни изследвания и редица други. На практика тематиката «Околна среда» намира измерение в почти всички специалности, а проблемите са с изключително широка обществена значимост и решаването им касае всички хора. Освен че устойчивото развитие на обществото е предмет на интердисциплинарни изследвания, то има и интернационален характер, тъй като е известно, че замърсителите нямат граници.

Изследванията и дейностите за осигуряване на устойчиво развитие би трябвало да включват всички аспекти на взаимодействията:



Игнорирането на някои от тези взаимодействия може да доведе до голям сблъсък на интереси и в крайна сметка до отрицателни резултати. Европейският съюз като обединение на 27 държави притежава инструменти, с които да стимулира активности за тяхното решаване чрез обединяването специалисти от

различни области в международни колективи и мрежи на компетентност или обратно, да санкционира активности, които вредят на този процес. Политиката на ЕС в областта на научните изследвания дава приоритет на изследванията по Околна среда в сега действащата Седма Рамкова Програма и във вече приключилите Пета и Шеста Рамкови Програми. Ето защо големите постижения се правят в рамките на големи международни проекти, в плана на всеки от който е предвидена опция по разпространение на резултатите. Прилагането на резултатите в различните страни си има специфика и за да бъде получен оптимален резултат, съобразяването с тези специфични особености е задължително.

Целта на настоящата статия е да бъде описана и илюстрирана методология за количествена (монетарна) оценка на външните разходи, свързани със здравето на хората и околната среда, съществуващите средства за нейното практическо приложение и някои от значимите резултати, получени в рамките на големи Европейски проекти.

Част от задължителните етапи за получаването на надеждни количествени оценки на вредните влияния върху здравето на хората и околната среда са следните:

1. Създаване, поддържане и постоянното обновяване на бази данни, съдържащи огромно количество информация от различен характер (за замърсяванията, за географските особености, за метеорологията и т.н.) и осигуряване на лесен достъп до тази информация;
2. Осигуряване на съвместимост на тази информация за различните страни и региони в еднакви формати, например във форматите, изисквани от Евростат;
3. Разработване на модели за разпространението на различните видове замърсители в различните среди (въздух, почви, вода и др.);
4. Разработване на надеждни средства, софтуерни системи и др. за извършване на пресмятанията.
5. Изследване на неопределеността, надеждността и приложимостта на различните методики;

6. Наличие на икономически модели на макро, мезо и микро ниво за обвързване на икономическите активности с получените оценки и др.

Проблемите, свързани с пресмятането на външните екологични разходи, свързани с човешки дейности от различен характер са били обект на изследване в редица приключили (серията ExternE Европейски проекти) и действащи Европейски проекти (NEEDS(2004-2008), GRACE(2005-2008), CASES(2005-2008) и EXIOPOL(2007-2011)). Едно от най – големите предимства на подхода за количествена (монетарна) оценка на влиянията, че резултатите, получени при използването на този подход са лесно разбираеми от широк кръг специалисти, поради което могат да бъдат използвани от мениджъри и политици при вземането на решения, свързани с определяне на екологични такси, субсидии, предоставени за опазване на околната среда, планиране и оценка на политики и инвестиции от гледна точка на устойчивото развитие и т.н.

Методологията е разработена в рамките на серията европейски проекти *ExternE* [2] и *NewExt* [4] и е прилагана многократно за изследвания в различни региони на света.

## **II МЕТОДОЛОГИЯ ЗА КОЛИЧЕСТВЕНО ИЗМЕРВАНЕ НА ВЪНШНИТЕ РАЗХОДИ**

От икономиката на публичния сектор [1] е известно, че т.н. външни ефекти (externalities) възникват, когато производството или потреблението на определени стоки и услуги от дадени субекти влияе на други субекти, които нямат пряко отношение към тези стоки и услуги. Тези ефекти може да имат както позитивен, така и негативен характер, като в първия случай повишават, а във втория намаляват благоденствието на засегнатите субекти. За преодоляване на тези ефекти засегнатите субекти трябва да направят социален разход, който не е включен в частните разходи по производството на тези стоки и услуги и съответно в пазарната цена на продукта. В икономическата литература тези разходи се наричат външни разходи (external costs).

Типичен пример за негативни външни ефекти и съответни външни разходи са тези, свързани с екологичните последици от производството и

потреблението на стоки и услуги, с други думи разходи, свързани с негативното влияние върху здравето на хората и околната среда. Констатирането на негативни външни ефекти и съответните външни разходи само по себе си не е решение на проблема по тяхното преодоляване. Необходима е държавна регулация за превръщане на външния разход във вътрешен и по този начин да бъдат отчетени и платени обществените загуби. Механизмите за това могат да бъдат разнообразни и изборът на определен механизъм изисква задълбочени проучвания, така че той да постига социален оптимум за всички заинтересувани лица.

Например, ако бъде въведена глоба на грам емисия отделяна от автомобилите, която да бъде плащана от производителите им, това би довело до повишаване на цените на тези автомобили. Това от своя страна автоматично би породило намалени продажби, по-продължителна употреба на старите коли, които са с по-лоши екологични показатели. По този начин, вместо положителен, се постига отрицателен ефект от предприетите мерки, т.е. вместо да се намалят, емисиите от коли се увеличават.

Известен факт в България, който показва неспазване на механизмите за превръщане на външния разход във вътрешен е, че глобите налагани на предприятията, които драстично замърсяват околната среда и предизвикват повишена заболяемост сред стотици хиляди жители са незначителни. Това дава възможност на собствениците на тези предприятия да плащат без притеснение глобите, наложени от държавата и да продължават да произвеждат отрицателни външни екологични ефекти за обществото, последиците от които се носят от гражданите. Това състояние се дължи в голяма степен и на факта, че в обществото и специализираните научни и образователни среди не се популяризират и прилагат съществуващи методологии за количествена оценка на щетите.

От казаното дотук става ясно, че е наложително популяризирането и прилагането на надеждни методи и средства за количествена оценка на вредните влияния от производството и потреблението на стоки и услуги, които да подпомагат намирането на балансиран, оптимален за всички заинтересовани страни управленски решения. Това ще доведе до задълбочени проучвания и количествени пресмятания не само на допълнителните екологични разходи, но и на последиците от различните мерки за тяхното отчитане, т.е. до тяхното

превръщане във външни разходи (в литературата този процес е известен като *internalisation of external costs*).

В последните години се наблюдава огромен интерес и напредък в разработването на подходи и методологии за тази цел, главно в рамките на интегрирани европейски проекти. Най-голям напредък е постигнат в създаването на методология за определяне на външните разходи при производството на ел. енергия от различни енергийни източници (десетки EU проекти в последните години) и в областта на транспорта. Съществуват изследвания и за други производства и крайни продукти като например пресмятането на външните разходи при производството и потреблението на азотни торове (проекта SUSTOOLS, [3], [5], [6]. В рамките на проекта *ExternE* е разработена оригинална методология [2] (*Impact Pathway Methodology - IPM*) за пресмятане на външните разходи при производството на ел.енергия, която успешно може да бъде приложена и за други производства. На базата на тази методология са разработени и софтуерни продукти за извършване на пресмятанията.

Методологията е разработена на базата на *bottom-up* подхода, като се проследява пътя на замърсителя от неговото образуване, през разпространението, различните химични и физични трансформации, които претърпява и всички рецептори, на които оказва вредно влияние по време на целия си жизнен цикъл. Степента на това влияние се оценява във физически величини на базата на така наречените функции Доза-Влияние (*DRF function*) или още Концентрация-Влияние (*CR Function*), които се определят от лабораторни и експериментални изследвания. Като се има предвид огромното разнообразие на съществуващи замърсители и потенциални рецептори, многообразието на химични и физични трансформации, които те претърпяват в различни среди (въздух, вода, почва, човешко тяло), сложните процеси на транспортиране и промяна на концентрацията на замърсителите в различните среди, става ясно, че е нереално (а и не е необходимо) да се поставя за цел изследването и оценяването на всички влияния. За всеки индивидуален случай се преценява и се избират най-значимите от тях, които да бъдат оценени във физически единици. След получаването на оценки във физически величини се прави преход към монетарна оценка чрез използване на различни подходи. На

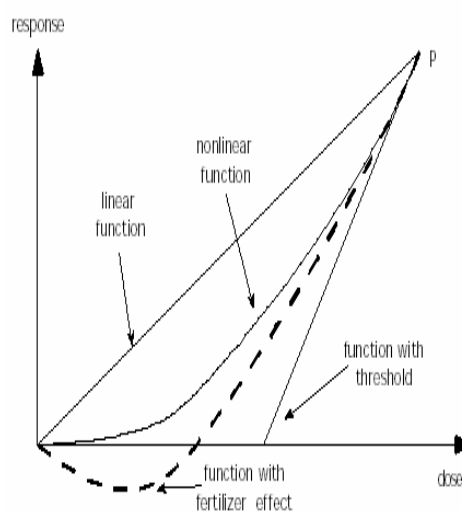
последно място се изследват възможните начини, чрез които външните разходи да се преобразуват във вътрешни, така че да се реализира ефект за обществото.

Методологията се състои от следните четири стъпки:

1. Идентификация на източника на замърсяване, географското му положение, физическите му характеристики (например височина и диаметър на комина) и детайлен инвенторен анализ на отделяните емисии. Като изход от този етап се предполага наличието на детайлно описание на източника, количеството и видовете замърсители, описание на начина, по който замърсителят попада в околната среда и други детайли, т.е дали се изхвърлят през комин с определена скорост, концентрация и температура, дали са от линейни източници на замърсяване (транспортни), дали се изхвърлят във водата или в почвата директно и т.н.
2. Пресмятане на концентрациите на замърсителите в засегнатите региони, като се използват наличните транспортни модели. Описание на начините на разпространение на замърсителите в различни среди чрез използване на транспортни модели на разпространение, промяната в нивото на концентрация на замърсителя, химичните и физични трансформации, които се случват по време на транспортирането, матриците Източник-Рецептор (Source – Receptor matrices). На този етап са от изключително значение наличието на голямо количество данни от различен характер- метеорологични; за релефа на терените, през които минава замърсителя; за гъстота на населението в районите, където попада; за водните, биологични и други ресурси, които биха могли да бъдат потенциални рецептори и съответно да понесат щети от този замърсител. Като резултат от този втори етап се предполага наличието на подробни таблици, съдържащи данни за концентрацията на замърсителя през целия му жизнен цикъл. Най-добре разработени модели има за атмосферното разпространение на замърсители. Моделирането на разпространението на замърсители в почвата е по-трудно, защото

зависи изключително от физичните и химични свойства на почвите.

3. Идентификация на възможните рецептори и съответните вредни влияния на замърсителите върху тях. В проекта *ExternE* са идентифицирани повече от 200 различни влияния, но изследването се ограничава до няколко приоритетни. На този етап се пресмятат физическите влияния върху здравето на хората, загубата на селскостопанската продукция, промени в климата, загуба на биоразнообразие, разрушаване на структури и материали и т.н. Щетите могат да бъдат пресметнати за различни нива – локално, регионално и световно. Пресмятането на физическите влияния се извършва чрез използване на модели, свързващи концентрацията на замърсителя (получена от дисперсното моделиране за различните среди) и съответния ефект, който се получава. Така се получават функциите Доза-Влияние. За голямото разнообразие от замърсители и рецептори, тези функции се определят от епидемиологични и лабораторни изследвания при задължителното участие на съответни експертни групи. Графиката на тази функция може да бъде линейна, прагова, функция с наторяващ ефект, нелинейна и др. , както е показано на Фигура 1.



Фигура 1. Функция Доза-Влияние



4. На четвъртия етап от методологията физическите оценки, получени на предишния етап се монетаризират. За някои от влиянията, които имат пазарни цени, като например селскостопанската продукция и материалите, за монетаризация се използват пазарните цени. При други се използват хедонични ценови схеми. При загуба на био-разнообразие и други щети върху екосистемите се пресмятат средствата, необходими за възстановяването му на съответните територии. За непазарните щети, като щетите върху човешкото здраве например се използва подход, базиран на индивидуалните предпочитания (willingness to pay (WTP) и willingness to accept (WTA)). С разширяване обхвата на разглежданите влияния и съответни щети, се обогатяват и използваните подходи за монетаризация на щетите.

### **III СОФТУЕРНИ ПРОДУКТИ, СЪЗДАДЕНИ ЗА ПРЕСМЯТАНЕ НА ДОПЪЛНИТЕЛНИТЕ РАЗХОДИ И РЕЗУЛТАТИ ПОЛУЧЕНИ С ТЯХ**

На базата на гореописаната методология са създадени софтуерни продукти, предимно за пресмятане на външните разходи при производството на ел. енергия и за замърсявания от транспорта, които могат успешно да бъдат използвани и за други индустриални производства. Тези компютърни средства свързват специфичната входна информация със съществуващи бази данни за метеорологията, релефа, населението и др., с моделите за разпространение на замърсителите в различни среди и моделите за физическа и монетарна оценка на щетите в едно хармонично цяло с цел пресмятане на външните разходи. Създадени са няколко такива софтуерни продукта, различаващи се по структура, обхват на пресмятанията (в зависимост от броя на източниците на замърсяване, от това, дали могат да пресмятат на локално, регионално или на глобално ниво) и др. особености.

- **Eco Sense (single-source)** – за пресмятане на външните разходи за стационарен, източник на замърсяване.

- **Eco Sense (multi -source)** - пресмятане на външните разходи за много източници на замърсяване, например за цял сектор в една страна или за всички сектори в целия EU.
- **Eco Sense – transport** – за пресмятане на външните разходи на замърсявания, причинени от транспорта.
- **Eco Sense – soil and water - WATSON** - пресмятане на външните разходи на замърсявания във водата и почвата.
- **EcoSenseLE ( Ecosense Lookup Edition)** – опростена online версия на EcoSense.
- **RiskPoll** – за целите на проекта SUSTOOLS
- **Eco Sense Web** – Интернет версия на EcoSense, изключително удобна и лесна за ползване от гледна точка на въвеждане на входната информация, в процес на разработка от Института по енергийни изследвания към Университета в Щутгарт в рамките на Европейският проект NEEDS. Не е необходима инсталация на продукта от всеки потребител, защото пресмятанията се извършват на институтския сървър, но затова пък е необходимо да се изчаква при наличие на много заявки за ползване.

За илюстрация на изложената методология ще представим резултати за външните разходи при производство на ел. енергия от централа, работеща с въглища и разположена в централната част на Европа. Резултатите са получени с една от версиите на продукта EcoSense.

#### **Техническите параметри са както следва:**

Годишно производство на ел.енергия– 6400 GWh/a

Годишно натоварване на централата в часове– 7000 h

Обем на изходящия газ - 2 360 000 Nm<sup>3</sup>/h

Температура на изходящия газ – 325.15 K

Височина на комина-230 m

Диаметър на комина- 8 m

#### **Емисии:**

- Класически замърсители на въздуха в [mg/Nm<sup>3</sup>]:  
SO<sub>2</sub>=194, PM<sub>10</sub>= 19, NO<sub>x</sub>=250 PM<sub>2,5</sub>=8

- Тежки метали в [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]: Cd = 25, As =25, Cr = 10, Ni=100, Hg=30, Pb=250,
- Газове, влияещи на глобалното затопляне  
 Операционни: CO<sub>2</sub>=6036210 [tons/a] CH<sub>4</sub>=0.0269[tons/a],  
 N<sub>2</sub>O=0.27[tons/a]  
 Upstream: CO<sub>2</sub>=26360 tons, CH<sub>4</sub>=84.88 tons, N<sub>2</sub>O=0.2 tons

Получени са следните резултати за външните разходи при това производство за локално и регионално ниво за категориите :

### **Човешко здраве, Материали и селскостопански добиви**

Локално ниво -	0.3691 Mio.Euro per Year
Регионално ниво -	107.6897 Mio.Euro per Year

**Загуба на био-разнообразие** - 8.3709 Mio.Euro per Year

### **Външни разходи, причинени от емисии, влияещи на глобалното затопляне**

Операционни	114.6895 Mio.Euro per Year
Upstream	0.0135 Mio.Euro per Year

### **Микрозамърсители**

Операционни	6.5037 Mio.Euro per Year
-------------	--------------------------

Получените външни разходи при производство на ел.енергия, пресметнати за производството на един kWh са 5.76 цента / kWh.

Пресмятането на външните разходи дава възможност да се правят сравнения за щетите върху здравето на хората и околната среда при използването на различни технологии за производство на един и същ продукт, например за различните начини на производство на енергия, различни начини за транспортиране на хора и стоки и т.н. Както бе споменато, основните резултати в пресмятането на външните разходи са постигнати най-вече в енергийния и транспортния сектор. В таблицата по-долу [2] са дадени външните разходи за производство на единица ел.енергия по различни технологии, пресметнати в рамките на проекта *ExternE*.

**Външни разходи (цент/квтч) за генериране на ел.енергия от различни  
ресурси за страни-членки на ЕУ**

	<i>Въглища</i>	<i>Торф</i>	<i>Нефт</i>	<i>Природен Газ</i>	<i>Ядрено гориво</i>	<i>Биомаса</i>	<i>Вода</i>	<i>Фотоволтаични елементи</i>	<i>Вятър</i>
<i>Австрия</i>				1-3		2-3	0.1		
<i>Белгия</i>	4-15			1-2	0.5				
<i>Германия</i>	3-6		5-8	1-2	0.2	3		0.6	0.05
<i>Дания</i>	4-7			2-3		1			0.1
<i>Испания</i>	5-8			1-2		3-5			0.2
<i>Финландия</i>	2-4	2-5				1			
<i>Франция</i>	7-10		8-11	2-4	0.3	1	1		
<i>Гърция</i>	5-8		3-5	1		0-0.8	1		0.25
<i>Ирландия</i>	6-8	3-4							
<i>Италия</i>			3-6	2-3			0.3		
<i>Нидерландия</i>	3-4			1-2	0.7	0.5			
<i>Норвегия</i>				1-2		0.2	0.2		0-0.25
<i>Португалия</i>	4-7			1-2		1-2	0.03		
<i>Швеция</i>	2-4					0.3	0-0.7		
<i>Англия</i>	4-7		3-5	1-2	0.25	1			0.15

Изследвания за външните разходи, свързани с превозването на пътници и стоки с различни превозни средства са правени за някои големи европейски градове и конкретни данни за тези разходи, пресметнати в Евро/100км могат да бъдат намерени на <http://www.externe.info/externpr.pdf>. Изследвания за външните разходи при производството и потреблението на азотни торове и различните начини за тяхната интернализация са правени в рамките на проекта SUSTOOLS и могат да бъдат намерени в [6]. За редица други икономически дейности обаче такива пресмятания все още липсват, а съществуват и редица концептуални въпроси, които все още не са намерили решение и са обект на изследване в редица действащи европейски интегрирани проекти.

По информация на авторите в България не са правени пресмятания за външните разходи при производството и потреблението на стоки и услуги и това би трябвало да бъде обект на засилен изследователски и практичен интерес в близко бъдеще.

#### **IV НЕОПРЕДЕЛЕНОСТ НА МЕТОДОЛОГИЯТА**

Един от съществените въпроси за всички съществуващи средства за пресмятане на външните разходи е сравнително голямата неопределеност. Източниците на тази неопределеност са много и е трудно да бъдат избегнати поради спецификата на методиката и целите, за които е създадена. Най-значимите от тях са свързани с непълнота и неточност на данните и моделите и

неопределеността на политиките за бъдещото развитие. Друг източник на неопределеност е предположението за равномерно смесване на замърсителите в атмосферата, изключително сложните химични реакции и взаимодействия в атмосферата, невъзможността на този етап да бъдат количествено измерени някои от съществуващите влияния и др. Тези пропуски в изследванията и данните рефлектират върху пълнотата на изследването, което обаче в никакъв случай не намалява неговата стойност и приложимост. Тези пропуски могат да бъдат отчетени с други методики и да бъдат взети под внимание при вземането на решения.

Методологията е използвана на различни равнища при подкрепа вземането на управленски решения, включително и на ниво Европейски съюз от Генералната Дирекция по Околна среда при подготовката и икономическите оценки на различни директиви, свързани с Околната среда.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основната цел на гореописаната методология е пресмятането на външните разходи, генерирани при производството и потреблението на различни стоки и услуги. Изследванията са все още в доста начален етап, а за България почти няма правени такива пресмятания (с изключение на участието на български учени в проекта SUSTOOLS за пресмятане на външните разходи при производството и потреблението на азотни торове). Зависимостта на външните разходи от специфичните условия във всяка страна налага те да бъдат пресмятани при отчитане на тези условия за всяка страна поотделно. Наличието на развита методология и съответни софтуерни продукти улеснява тези пресмятания и въпреки големия проблем с осигуряването на данни за емисиите и техническите характеристики на замърсяващите производства е наложително да бъдат направени такива пресмятания за големите замърсители в България. Получените резултати трябва да бъдат взети в предвид, т.е. да бъдат преобразувани във вътрешни разходи след задълбочен анализ на последствията от това преобразуване като внимателно бъдат пресметнати ползите и вредите от интернализацията на външните разходи, така че да бъде постигнат социален оптимум за всички заинтересовани страни и за обществото като цяло.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Brawn C. and Jakson P., Public sector economics, 4-th ed., Blackwell, 1995.
2. *ExternE* project, <http://externe.jrc.es/>.
3. Kostova S., Grancharova A, Boiadjiev D., Grancharov I. and Lekova A., Quantification of environmental and human health impact from fertilizer production in Bulgaria, *Environmental Engineering*, 10-18, 2005 (in bulgarian).
4. *NewExt* project, <http://www.ier.uni-stuttgart.de/forschung/projektwebsites/newext/>.
5. Vlaev T., Kostova S. and Todorov Ch., Quantitative assessment of human health and environmental damages caused from heavy oil and natural gas used in small heating plants –comparative analysis, *Energy Forum*, Varna, 422-426, 2005.
6. Von Blottnitz H., A. Rabl, D Boiadjiev, T. Taylor & S. Arnold, Damage Costs of Nitrogen Fertilizer in Europe and their Internalization. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 49, No. 3, 413 – 433, May 2006.