

ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2024

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА КАТО ИЗТОЧНИК НА ЕНЕРГИЯ: ПРЕДИМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ

Теодора Пантелеева

CHARACTERISTICS OF NUCLEAR POWER AS AN ENERGY SOURCE: ADVANTAGES AND DRAWBACKS

Teodora Panteleeva

The current article summarizes the main advantages and drawbacks of contemporary nuclear power.

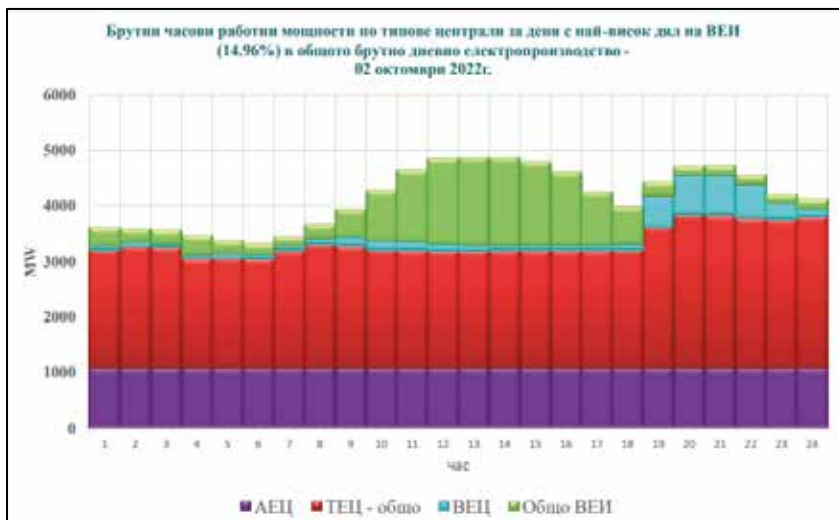
ВЪВЕДЕНИЕ

Ядрените централи, като всеки един източник на електроенергия, имат своите предимства и недостатъци – икономически, технологични, социални и екологични. Настоящата статия цели да обобщи основните предимства и недостатъци на съвременната ядрена енергетика. Данните ще бъдат използвани впоследствие за изготвяне на PESTLE анализ на отрасъла.

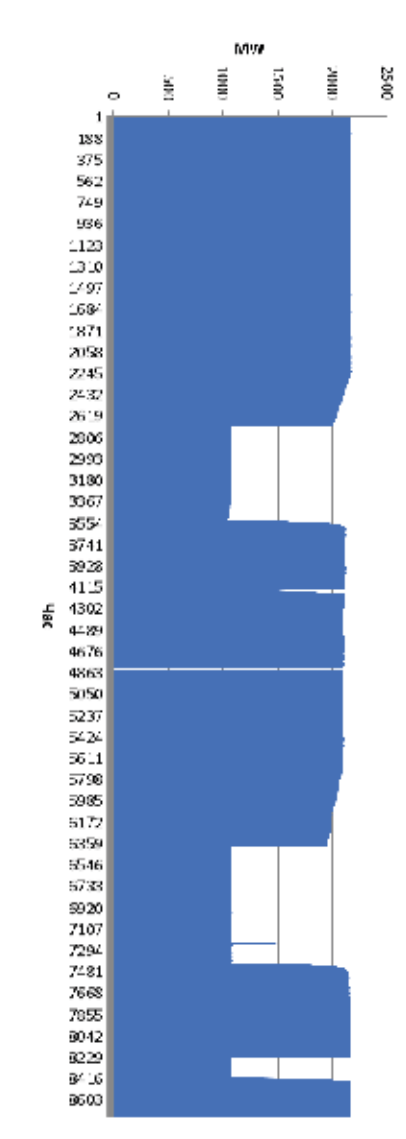
ПРЕДИМСТВА НА ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА

Отчитайки предимствата на различните производствени мощности, е важно да се изясни приносът им за обезпечаване на енергийната сигурност - ключов елемент от националната сигурност на всяка една държава. Енергийната сигурност е „увереност, че енергия ще има на разположение в количеството и качеството, необходими в дадените икономически условия“ [6]. В определението се акцентира на две неща: надеждна и достъпна електроенергия. В сектор „енергетика“, електроцентралите, работещи в постоянен режим на работа и осигуряващи минималното количество електроенергия за поддържане на електроенергийната система (ЕЕС), се наричат базови. Такива базови мощности са: ТЕЦ, ЯЕЦ, централите на природен газ и централите на нефт [3].

Едно от най-важните предимства на ядрените централи е базовият им характер. Те осигуряват предвидимост и надеждност в ЕЕС (Фигура 1 и Фигура 2). Фигура 1 изобразява общото брутно дневно електропроизводство по вид централи в България на 02.10.2022 г. – денят с най-висок дял на ВЕИ за 2022 г. (генерацията от АЕЦ „Козлодуй“ на 02.10.2022г. е само от блок 5, поради планов ремонт на блок 6 [4]) От фигурата се вижда, че ЯЕЦ и ТЕЦ работят в непрекъснат режим, 24 часа. Предимството на ВЕЦ е, че са маневрени, което определя върховият им режим на работа, а поради зависимостта от метеорологичните условия, ВЕИ се използват като допълващи източници на електроенергия. Освен базовият характер на ЯЕЦ, те се характеризират и с висок коефициент на използваемост на инсталираната мощност (КИИМ) [3]. По данни на годишния финансов отчет на единствената ядрена централа на територията на България - АЕЦ „Козлодуй“, за 2022 г. КИИМ е 90,35% [1]. На Фигура 2 е показан производственият профил на централата за 2023 г. и участието ѝ в електроенергийната система.



Фиг. 1. Общо брутно дневно електропроизводство по вид централа на 02.10.2022 г. [5]



Фиг.2. Производствен профил на ЯЕЦ „Козлодуй“ през 2023 г. [12]

От Фигура 1 и Фигура 2 може да се направи извод, че ЯЕЦ се характеризира като надежден и прогнозируем източник на електроенергия, работещ в непрекъснат режим на работа през

цялата година (с изключение на плановите ремонти) и е основен елемент от електроенергийния баланс на страната.

Таблица 1.
Експлоатационни разходи на
различни производствени технологии [9]

	ЯЕЦ	ТЕЦ - въглищни	ВЕЦ
Експлоатационни разходи	45,10%	10,97%	58,65%
Разходи за поддръжка	28,05%	10,97%	41,35%
Горивни разходи	26,85%	78,05%	0.00%

Друго предимство на ЯЕЦ, характеризиращо се с обезпечаване на енергийната сигурност в страните, е високата топлотворна способност на ядреното гориво [8]. Един грам уран е еквивалентен на 1,5-2 тона въглища [11], което означава, че в ЯЕЦ се произвежда голямо количество електроенергия с минимално количество вложен ресурс. Това, заедно с възможността на ядреното гориво да се възпроизвежда, води до нисък дял на горивните разходи – 26,85% [9] и съответно относително ниски производствени разходи (в зависимост от етапа на експлоатация, на който се намира съответната електроцентрала). Освен с нисък дял на горивните разходи, ЯЕЦ се характеризират и с нисък дял на разходите за поддръжка (Таблица 1).

Важно предимство на ядрената енергия е нискоемисионното електропроизводство на ядрените централи (Фигура 3). За постигане на целите за декарбонизация в сектор енергетика, от голямо значение е количеството емитирани вредни емисии, отделяни по време на производството на електроенергия от различните видове технологии. В техническия доклад за оценка

на ядрената енергия по отношение на критерия „не причинявай значителна вреда“ на Съвместния изследователски център към Европейската комисия (JRC) се прави детайлен анализ на въздействието върху околната среда и човешкото здраве от различните фази на ядрения горивен цикъл. Като заключение се правят следните изводи [14]:

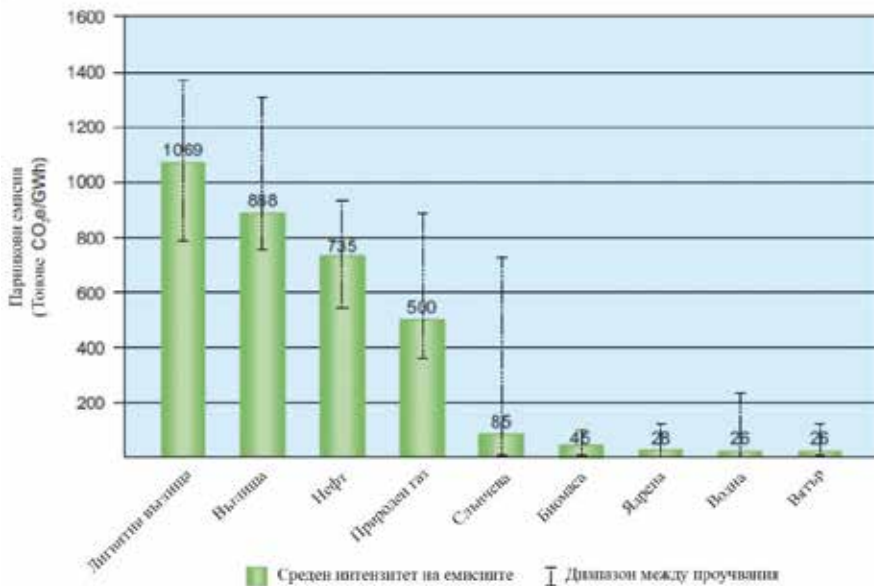
- Средните емисии на парникови газове, генерирани през всички фази от ядрения горивен цикъл за производството на електроенергия, са сравними със стойностите на емисиите на парникови газове, емитирани от водни и вятърни централи (Фигура 3);
- Ядреното електропроизводство има ниски емисии на серен диоксид (SO_2), азотни оксиди (NO_2) и прахови частици (PM), сравними с емисиите от ФЕЦ и ВЯЕЦ;
- Влиянието на ядрената енергия върху човешкото здраве и околната среда е сравнимо с това от ВЕИ, при нормална и безопасна експлоатация на централите;
- Всяка потенциална заплаха от причиняване на вреда върху човешкото здраве и околната среда по време на целия ядрен горивен цикъл може да бъде избегнато или предотвратено навреме;
- Ядреното производство на електроенергия не причинява по-голяма вреда върху човешкото здраве и околната среда в сравнение с останалите производствени технологии, включени в таксономията за устойчиво финансиране.

За постигане на целите за декарбонизация в сектор „енергетика“, от голямо значение са не само емитираните газове по време на електропроизводствения процес, но и наличността и необходимото количество вложени материали в различните производствени технологии, чрез които ще се постигне енергийния преход към нисковъглеродни източници.

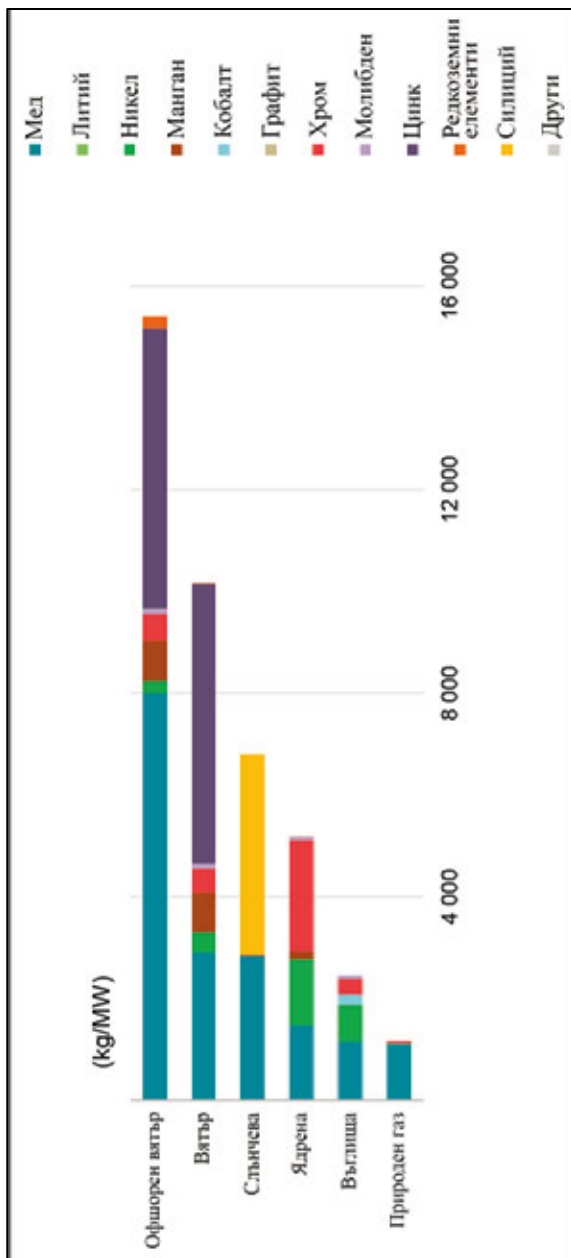
По данни на IEA [13], основните материали, влагани в производството на енергийните мощности, чрез които ще се осъществи енергийния преход и декарбонизацията на различните сектори са: мед, никел, кобалт, литий, графит. Ядрените технологии изискват 1470 kg/MW количество мед, което е пет пъти по-малко, в сравнение с офшорните вятърни (около 8000 kg/MW) и

около два пъти по-малко от слънчевите и вятърни технологии (Фигура 4).

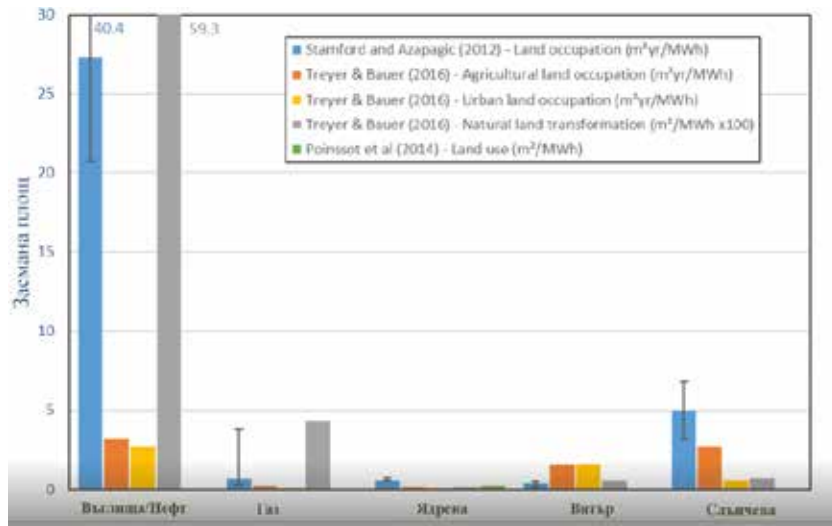
Освен ниската зависимост от материали и суровини за изграждане, ядрените централи се характеризират с малка териториална площ. По данни от техническия доклад за оценка на аспектите на ядрената енергия [14], може да се определи, че за производство на единица енергия от ЯЕЦ, необходимата площ е 0,3 m²/MWh, което е 4 пъти по-малко от газовите централи (1,3 m²/MWh) и значително по-малко от ФЕЦ (19 m²/MWh) и ВяЕЦ (99 m²/MWh) (Фигура 5).



Фиг.3. Интензитет на емисиите на парникови газове през целия жизнен цикъл на различните производствени технологии [14]



Фиг. 4. Използвани материали в енергийните технологии [13]



Фиг. 5. Заемана площ от основни електропроизводствени технологии в m^2/MWh -годишно [14]

Към всички предимства, изброени до сега, може да се добави дългият експлоатационен живот на ядрените централи, както и благоприятното влияние върху пазара на труда - още от строителството на самата централа (0-9 години), по време на експлоатацията на ЯЕЦ (10–60 години) до етапа на извеждане от експлоатация (61–70 години) [3].

НЕДОСТАТЪЦИ НА ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА

Дотук бяха изброени основни предимства на ядрената енергетика, но като всяка една производствена технология, ядрената е обвързана с икономически, технологични и социални недостатъци и предизвикателства: високи капиталови (първоначални) разходи; технически ограничения на реакторите; политическа несигурност; обществени нагласи и др.

Ядрените централи се характеризират с високи капиталови разходи основно заради спецификата на ядрените технологии, а именно – необходимостта от множество сложни системи за безопасност. Друг фактор е предпроектният етап, който е капиталоемък и дълъг процес, включващ: избор на

площадка на централата; технико-икономически анализ; оценка на въздействието върху околната среда (ОВОС), оценка на риска и др. [2]. Според [10], времето за изграждане на ядрена електроцентрала с номинална електрическа мощност около 1000 MW е около 88 месеца. В Таблица 2 е представено сравнение на средното надхвърляне на бюджетиранияте разходи и средното неизпълнение на предвиденото време при изграждане на различни производствени мощности – ЯЕЦ, ВЕЦ, ТЕЦ, ВяЕЦ и СлЕЦ.

Таблица 2.
Сравнение на производствени технологии
по надхвърлено време и разходи за строеж [15]

	Средно надхвърляне на бюджетиранияте разходи		Средно неизпълнение на предвиденото време за изграждане	
	%	млн. USD	%	месеци
ВЕЦ	70,6%	2,437	63,7%	43,20
ЯЕЦ	117,3%	1,282	64,0%	35,70
ТЕЦ	12,6%	168,5	10,4%	4,80
ВяЕЦ	7,7%	32,8	9,5%	0,22
СлЕЦ	1,3%	-4,2	-0,2%	-0,20

От Таблица 2 може да се направи извод, че средното надхвърляне на бюджетните разходи за ЯЕЦ са с най-висок коефициент - около 117% и с най-дълъг период на изграждане над предвиденото – 35,7 месеца, което се характеризира като друг техен недостатък.

Базовият характер на ядрените централи, в някои случаи, може да бъде и техен недостатък поради непрекъснатия им режим на работа. Техническата специфика на реакторите не позволява да бъдат гъвкави (често изключвани и включвани), което при намалено търсене на електроенергия води до свръхпроизводство, а в момент на планов ремонт и силно търсене на електроенергия – до невъзможност за покриване на пиковите товари. В зависимост от търсенето на свободния пазар – от една страна, свръхпроизводството води до увеличение на износа, но от друга – до нулеви цени на електроенергията. Затова е важно, при определяне на електроенергийния баланс на всяка държава, предварително да са анализирани ролята и възможностите на всеки един енергиен източник [3]. Съобразно мощностния състав на дадената електроенергийна система, ниската гъвкавост на ЯЕЦ би могла да доведе до принудително намаляване на производството на други източници.

Основно предизвикателство пред ядрената енергетика е политическата несигурност в някои демократични държави, породена от честата смяна на правителства. Това води до риск в инвестициите, тъй като развитието на електропроизводствените технологии зависят до голяма степен от политическите възгледи на управляващите относно структурата на електроенергийния сектор. Изграждането на ядрените проекти е дълъг и сложен процес, който ще е успешен само при водене на стабилна енергийна политика, насочена към развитие на ядрената енергетика [3].

Общественото мнение по отношение на ядрената енергия е друго важно предизвикателство пред ядрения сектор. Основните колебания сред обществото са заради последствията върху околната среда и човешкото здраве, вследствие на потенциална ядрена авария. Основният недостатък на ядрената енергетика е свързан с отделянето на опасни радионуклиди и лъчения, което има пряко негативно влияние сред обществото, а общественото приемане на програмите за ядрена енергия е от ключово значение за бъдещето на ядрения сектор [3]. Това налага създаването на строга законодателна и регулаторна рамка за безопасната експлоатация и управлението на ядрените съоръжения, източниците на йонизиращи лъчения, отработеното ядрено гориво и радиоактивните отпадъци.

Не на последно място, ядреният отрасъл е изправен пред няколко основни демографски рискове: намален интерес на студентите към инженерните специалности, отнасящи се към ядрения сектор; недостиг на нови висококвалифицирани служители, които да експлоатират текущите ядрени съоръжения; застаряващи кадри в научно-изследователската сфера; риск от липса на специалисти в бъдеще, необходими за безопасното управление на РАО, ОЯГ и съоръженията, в процес на извеждане от експлоатация; др. [7]. Идентифицирането и смекчаването на тези рискове, както и воденето на последователна държавна политика, са от ключово значение не само за бъдещото развитие на сектора, но и за безопасността по отношение на човешкото здраве и околната среда.

ЛИТЕРАТУРА

1. АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД. (2022). Годишен индивидуален финансов отчет. София: АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД.
2. АЕЦ Козлодуй - Нови мощности ЕАД. (2024). Икономика. Свалено от npp-nb: https://npp-nb.bg/?page_id=904
3. Боев, Б. (2021). Ядрената енергетика като елемент на електроенергийния микс на България - проблеми и възможности, Дисертация, СА „Д. А. Ценов“, Свищов, DOI:10.13140/RG.2.2.33790.10562, Свалено от: https://www.researchgate.net/publication/351067430_Adrenata_energetika_kato_element_na_elektroenergiijnia_miks_na_Blgaria_-_problemi_i_vzmoznosti
4. ЕСО. (2 9 2022 г.). Съобщение за временно ограничаване на капацитет. Свалено от ЕСО: <https://www.eso.bg/doc/?umm&ummid=571>
5. ЕСО. (2022). Статистическа книжка. Свалено от ЕСО : <https://www.eso.bg/fileObj.php?oid=4528>
6. Желязков, И., Т. Трифонов (2012). Енергийната сигурност на България, Фондация „Национална и международна сигурност“, С.
7. Найденов, И. (2018). Демографски рискове пред развитието на ядрената енергетика в Република България, Сборник „Енергиен форум 2018“, НТСЕБ, стр. 407- 420.
8. Пантелеева, Т. (2024) Характеристики на ядрената енергетика като източник на енергия: текущо състояние, Сборник „Енергиен форум 2024“, НТСЕБ (под печат)

9. Brook, B. W., Alonso, A., Meneley, D. A., & Misak, J. (2014). Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix. *Sustainable Materials and Technologies* 1-2, 8-16.
10. Carajilescov, P., & Moreira, J. M. (2011). Construction time of PWRs. International Nuclear Atlantic Conference. Brazil.
11. Chmielewski, A. G. (2015). One gram of uranium is equivalent to 1.5-2 tonnes of coal. *Energy* 9:2015, 50-51 [https://www.researchgate.net/profile/Andrzej-Chmielewski-4/publication/281715047_One_gram_of_uranium_is_equivalent_to_1_5-2_tons_of_coal/links/55f5aea308ae63926cf4e7a6/One-gram-of-uranium-is-equivalent-to-15-2-tons-of-coal.pdf?origin=publication_list]
12. Energy-charts. (2023). Public net electricity generation in Bulgaria. Свалено от <https://www.energy-charts.info/charts/power/chart.htm?l=en&c=BG>
13. IEA. (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Свалено от IEA: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
14. JRC. (2021). Technical assessment of nuclear energy with respect to the 'do no significant harm' criteria of Regulation (EU) 2020/852 ('Taxonomy Regulation'). Joint Research Center.
15. Sovacool, B., Gilbert, A., & Nugent, D. (2014). An international comparative assessment of construction cost overruns for electricity infrastructure. *Energy Research & Social Science* 3, 152-160.

АВТОР

Теодора Пантелеева, студент, кат. „Икономика и управление по отрасли“, Стопански факултет, СУ „Св. Климент Охридски“