

# ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2024

## ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ТРАНСФОРМИРАНЕ В ЯЕЦ НА КОНДЕНЗАЦИОННИТЕ ТЕЦ НА ВЪГЛИЩА В БЪЛГАРИЯ

Петър Петров, Димитър Попов

### OPPORTUNITIES FOR CONVERTING COAL-FIRED POWER PLANTS TO NUCLEAR POWER PLANTS IN BULGARIA

Petar Petrov, Dimitar Popov

**Abstract:** The constant increasing of world's energy needs and meanwhile the adopted environmental protection policies in the last decade, have led to a reassessment of the sources and technologies used for production of thermal energy and electricity. The policy of carbon neutrality imposes the shut down and replacement of the most environmentally polluting power plants by 2050 which usually are Coal-Fired Power Plants (CPP). They could be replaced by Renewable Power Plants or Nuclear Power Plants (NPP). The most promising is the conversion of CPP to NPP (C2N) using nuclear technologies and especially Small modular reactors which are the most suitable for the task. This paper examines the potential CPP sites for C2N in Bulgaria and provides an overall assessment of their suitability for deployment of NPP, taking into account the aspects of site selection requirements, the possibilities of using existing equipment, systems and infrastructure, as well as non-technical factors.

#### **ВЪВЕДЕНИЕ.**

Постоянно нарастващите енергийни нужди в световен мащаб налагат разработването на нови технологии за производството на енергия, които да са в съответствие с приетите политики за опазване на околната среда. В резултат на това се въвеждат в експлоатация основно мощности, използващи възобновяеми източници на енергия (ВЕИ) или когенерация. Според Международната енергийна агенция през 2023 година мощностите, използващи ВЕИ, са нараснали в световен мащаб с близо 50% до 510 GW, като се очаква в следващите 5 години да се

въведат 3700 GW нови мощности, състоящи се основно от фотосоларни и вятърни електроцентрали [1]. Очаква се през 2025 година инсталираните мощности на ВЕИ да надминат тези на въглища.

В България са инсталирани над 7 GW ВЕИ мощности [2] и има интерес от инвеститори за инсталиране на много повече от планираните общо 12 GW от ВЕИ до 2035 година. Въпреки 7-те GW инсталирана мощност от ВЕИ произведената електроенергия от ВЕИ е 20,5% от общото количество произведена електроенергия в България за 2023 година [2]. Ядрените електроцентрали (ЯЕЦ) също са признати за нисковъглероден източник на електроенергия и с ключова роля за преминаването към чиста енергия, като в световен мащаб произвеждат повече от 10% от електроенергията, а в Европейския съюз (ЕС) повече от 15% [3,4]. В България ЯЕЦ са произвели малко на 40% от електроенергията за 2023 година, въпреки инсталираните само 2 GW мощности [2].

Ядрените технологии са наречени стратегически за европейската декарбонизация, като подобрените ядрени технологии с минимален отпадък от горивния цикъл и малките модулни реактори (ММР) се считат за технологии с нулеви нетни емисии, съгласно Законодателен акт за промишленост с нулеви нетни емисии на Европейската комисия [5]. Политиката за въглеродна неутралност до 2050 година налага спирането и замяната на най-замърсяващите електропроизвеждащи мощности, за каквито се считат топлоелектрическите централи, изгарящи въглища (ВТЕЦ), от страните ратифицирали Парижкото споразумение, сред които е и България като част от ЕС [6]. Предлагат се различни варианти за тяхното бъдеще като смяна на горивото с природен газ или биомаса, съоръжения за улавяне на въглеродния диоксид, превръщането им в хибридни централи с допълнителен източник на енергия от ВЕИ, включително и трансформирането им в съоръжения за съхранение на енергия. Необходимо е, обаче, да се вземе под внимание, че ТЕЦ, изгарящи въглища, покриват базовия и подвърховия електрически товари и са достатъчно гъвкави да покрият неравномерностите в денонощния и седмичния енергийни графици, а това е свързано със сигурността и надеждността на енергийната система. Повечето мощности от ВЕИ нямат постоянно енергопроизводство или динамично, покриващо потреблението. От друга страна

съвременните ЯЕЦ покриват базовия електрически товар, но не могат да си променят мощността често, за да покриват денонощния и седмичния товари.

Друга възможност е замяната на парогенераторите, изгарящи лигнитни или кафяви въглища, с ядрена паро-производителна инсталация (ЯППИ) и трансформирането на ВТЕЦ в ЯЕЦ (С2N) или разполагането на ЯЕЦ на мястото на ВТЕЦ. Това би позволило максимално оползотворяване на площадката и възможност за използване на водоизточник и права за ползването му, съществуващата до ВТЕЦ електропреносна инфраструктура заедно с електротехническите съоръжения на площадката, сгради, съоръжения, и оборудване от ВТЕЦ и в най-добрия случай – турбината с нейната регенеративна система, поради това че и двете са термични електроцентрали, респ. в тях се реализира един и същ термодинамичен цикъл и имат сходни изисквания за необходима площ за разполагане.

От друга страна за фотосоларните и вятърните централи се изисква много по-голяма площ за инсталирането на една и съща мощност, но не всички площадки, заемани от ВТЕЦ, биха покрили критериите за разполагането на ЯЕЦ, като при много малко от тях условията са подходящи за ядрена технология различна от ММР. За изграждането на ЯЕЦ от 1000 MW е необходима площ от приблизително 2,85 км<sup>2</sup>, за изграждането на фотосоларни инсталации със същата мощност са необходими 176 км<sup>2</sup>, а за вятърни централи дори още повече – 696 км<sup>2</sup> [7]. Очаква се част от моделите ММР да бъдат гъвкави, а други да могат да се използват в хибридни централи или със съоръжения за съхранение на енергия, но това е технология в процес на разработване, като много малко модели са лицензирани, част от лицензираните модели са на етап строителство и само един модел е в експлоатация. Друго препятствие е, че повечето технологии за съхранение на енергия или са ниско ефективни или са в процес на разработване. В същото време е необходимо технологиите, които ще заместят ВТЕЦ да са леснодостъпни и да произвеждат евтина електроенергия, която е основен ресурс в съвременната икономика и икономическият растеж и конкурентоспособността силно зависят от цената ѝ.

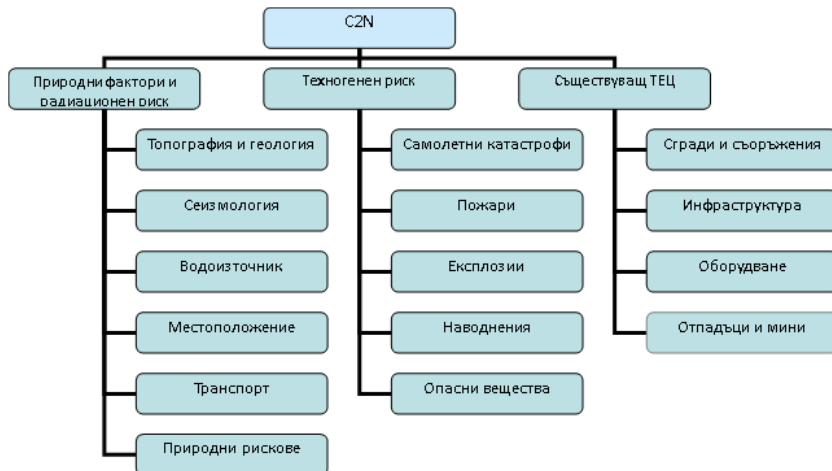
Целта на настоящия доклад е да направи предварителна оценка на възможните площадки в България, заемани от

кондензационни ВТЕЦ, за пригодността им за разполагане на ЯЕЦ. Топлофикационните централи и топлоелектрическите централи (ТЕЦ) на когенерация (произвеждащи едновременно електричество и топлинна енергия) са изключени от настоящата оценка, поради това че не се предвижда тяхното спиране и замяна съгласно действащите към момента политики и законодателство.

## **ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПЛОЩАДКИТЕ ЗА РАЗПОЛАГАНЕ НА ТЕЦ И ЯЕЦ И ПОТЕНЦИАЛНИ ПЛОЩАДКИ ЗА С2N В БЪЛГАРИЯ.**

Това че дадена площадка вече се използва, не намалява изискванията към нея, но има своите предимства при извършване на сложния технико-икономически анализ за избор на площадка за разполагане на ядрена мощност. Такава площадка има предимството, че вече е разработена, има осигурен водоизточник с право на ползване и режимът за обработка на водата е установен, има вече изградена връзка с енергосистемата и евентуално могат да се ползват сгради, съоръжения и оборудване, но има и недостатъци, произтичащи от различната тежест на факторите при избор на площадка за ТЕЦ спрямо площадка за ЯЕЦ и от работата на ТЕЦ-а.

При избор на площадка за разполагане на ЯЕЦ е необходимо да се вземе предвид законодателството в България и по-специално тези изисквания [8, 9, 10], където в Закона за безопасно използване на ядрената енергия е даден редът, по който се стартира процедурата по изграждане на ЯЕЦ в България, в Наредбата за осигуряване безопасността на ядрените централи са дадени групите характеристики, които се разглеждат при избор на площадка, както и условията, при които на дадена площадка не може да се изгради ЯЕЦ, а Наредбата за аварийно планиране и аварийна готовност при ядрена и радиационна авария постановява зоните за превантивни и неотложни защитни мерки и забраните за разполагане на жилищни сгради, промишлени предприятия, допускане на хора и т.н. в зоната за превантивни защитни мерки, която е с радиус приблизително 2 км. около ЯЕЦ. Законодателните изисквания и факторите, влияещи при С2N [11] са обобщени във Фиг. 1, давайки критерии за предварителна оценка за пригодността за разполагане на ЯЕЦ на площадки, заемани от ВТЕЦ, в Р. България.



Фиг. 1. Критерии за предварителна оценка

Част от факторите имат приблизително еднаква тежест за ТЕЦ и ЯЕЦ като топография и железопътна или водна транспортна връзка, но други като геология, сеизмология, природни и техногенни рискове имат различна тежест, като за последните изискванията за разполагане на ЯЕЦ са доста по-строги. При ЯЕЦ почвата трябва да е по-стабилна, защото основите са вкопани по-надълбоко и трябва да издържа по-голяма тежест. Нивото на подпочвените води при ЯЕЦ трябва да е по-ниско заради подълбоките основи и възможността за строителство на подземни хранилища за радиоактивни отпадъци (РАО). ЯЕЦ не може да се разполага на свлачищни терени или в райони, където максималното ускорение при земетресение надхвърля  $0,2g$ . Има очаквания някои модели ММР да издържат до ускорение  $0,3g$  и повече, но към настоящия момент единственият такъв модел е НТР-РМ, който е и единственият ядрен реактор от четвърто поколение в експлоатация.

Изискванията спрямо техногенните рискове при ЯЕЦ са доста по-високи заради опасността от изпускане и разпространение на радиоактивни вещества (РАВ). Изискванията към местоположението са коренно различни за ЯЕЦ спрямо ТЕЦ. За ВТЕЦ, особено ако изгаря лигнитни или кафяви въглища, е важно да е до горивната база, а за топлофикационните ТЕЦ е

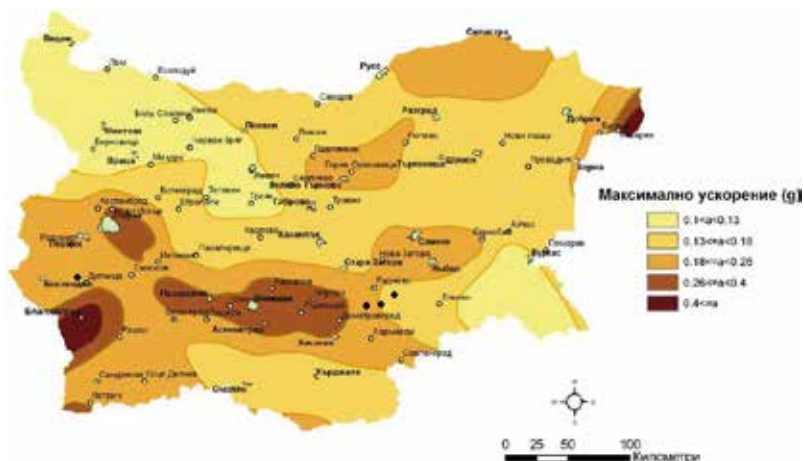
важно да са близо и до консуматорите, заради особеностите на топлинната енергия. ЯЕЦ трябва да е най-малко на  $2 \div 3$  км. от най-близкото населено място заради разполагането на зоната за превантивни защитни мерки и да не е до големи населени места заради рисковете от облъчване на населението с РАВ и необходимите защитни мерки в случай на авария. За ЯЕЦ близостта до мини на лигнитни или кафяви въглища е проблемна и нежелателна, заради рисковете от пропадане на терена и оттам необходимостта за укрепването му, ако това е възможно.

Големите промишлени ТЕЦ в България, които биха могли да бъдат подходящи за С2N са: "ЕЙ И ЕС-3С Марица Изток 1", "Марица Изток 2", "КонтурГлобал Марица Изток 3", "Бобов дол", "Брикел", "Марица 3", "Варна" и "Русе Изток" [12]. Това са електроцентрали с електрическа мощност не по-малко от 100 MW, които изгарят или са изгаряли въглища. ТЕЦ "Варна" и ТЕЦ "Русе Изток" вече са преминали на природен газ като гориво. ТЕЦ "Русе Изток" е с електрическа мощност 400 MW, работи в режим на когенерация и е разположен в рамките на град Русе, което го изключва от по-нататъшно разглеждане. ТЕЦ "Варна" се състои от 3 моноблока по 210 MW електрическа мощност (MWe) всеки и е разположен на 12 км. от град Варна, на брега на Варненското езеро при село Езерово, в доста гъсто населен район. Използва се за студен резерв на енергосистемата.

Много близо е и до Международно летище Варна, като всичко това прави площадката неподходяща за разполагане на ЯЕЦ въпреки наличието на водоем. "ТЕЦ "Брикел" е с мощност 200 MWe, разположен е в землището на град Гълъбово и работи в режим на когенерация, което изключва и него от по-нататъшна оценка. ТЕЦ "Марица 3" е с мощност 120 MWe и се намира в град Димитровград. Използването на тази площадка за разполагането на ЯЕЦ е невъзможно заради изискванията към зоната за превантивни защитни мерки. Освен това се намира в район с много висока сеизмична опасност [13]. Като възможности за С2N остават ТЕЦ "ЕЙ И ЕС-3С Марица Изток 1", ТЕЦ "Марица Изток 2", ТЕЦ "КонтурГлобал Марица Изток 3" и ТЕЦ "Бобов дол".

## ПРЕДВАРИТЕЛНА ОЦЕНКА НА ПРИГОДНОСТТА НА ПЛОЩАДКИ С ВТЕЦ ЗА С2N.

ТЕЦ "ЕЙ и ЕС-3С Марица Изток 1" (МИ1), ТЕЦ "Марица Изток 2" (МИ2), ТЕЦ "КонтурГлобал Марица Изток 3" (МИ3) и ТЕЦ "Бобов дол" (БД) са големи кондензационни централи с електрическа мощност над 600 MW и ще бъдат разгледани характеристиките на площадките, на които са разположени, като за максималното ускорение при земетресения е ползвана карта за повторяемост на 1000 години [13], въпреки изискването за честота най-малко 10-4 събития за година [9]. Местоположението на четирите ТЕЦ-а върху картата е допълнително отбелязано с черни точки.



Фиг. 2. Сеизмична опасност с период на повторяемост 1000 години

В табл. 1 са дадени важните характеристики на площадките, където са разположени БД, МИ1, МИ2 и МИ3.

Таблица 1.

**Важни характеристики на площадките на БД, МИ1, МИ2 и МИ3**

Характеристики	БД	МИ1	МИ2	МИ3
Населено място в радиус от 2 км.	Да	Да	Не	Да
Близост до големи населени места	Да	Не	Не	Не
Максимално ускорение (g)	0,26	0,26	0,18	0,26
Сеизмичен риск	Голям	Голям	Среден	Голям
Риск от свличане на терена	Не	Не	Не	Да
Охлаждане	Кули	Кула	Язовир+кул а	Кули
Транспорт	Наличен	Наличен	Наличен	Наличен
Риск от преминаващ и самолети	Обичаен	Завишен	Обичаен	Завишен
Риск от наводнение	Минимален	Минимален	Минимален	Минимален
Възраст на оборудването (години)	50	13	16, 24, ≈34	45

**ТЕЦ "Бобов дол"** се намира до Големо село, на 10 км. от град Дупница. Състои се от 3 моноблока с мощност 210 MWe всеки. Те са пуснати в експлоатация съответно през 1973 г., 1974 г. и 1975 г. Техническото водоснабдяване е от язовир Дяково и



река Джерман [12]. Високата сеизмична опасност, близостта до големи населени места и охлаждане при ограничена наличност на вода правят тази площадка неподходяща за разполагането на ЯЕЦ към настоящия момент, а и много вероятно и за напред, въпреки че в бъдеще може да се появят ядрени технологии, които да са безопасни и при максимално ускорение над 0,3g и да изискват много по-малки зони за превантивни и неотложни защитни мерки. Също така технологията за експлоатация на ЯЕЦ при ограничено количество охлаждаща вода е усвоена от малко държави, сред които не е България и дори Китай още не я е усвоил [14] въпреки бурното строителство на най-различни модели ядрени реактори и факта, че Китай е първата и единствена държава в света пуснала в експлоатация ММР. Използването на охладителни кули при ЯЕЦ е по-специфично и рядко срещано, като има отделни кули за отвеждане на топлината от кондензатора и за отвеждане на остатъчното енергоотделяне, което изисква усвояването на допълнителни знания и изграждането на допълнителни кули.

**ТЕЦ "ЕЙ И ЕС-ЗС Марица Изток 1"** е в землището на град Гълъбово, на мястото на стари мощности от някогашния ТЕЦ "Марица Изток 1". Това е най-новата ТЕЦ в България пусната през 2011 г. Към настоящия момент оборудването е работило по-малко от 15 години, което означава потенциално достатъчен остатъчен ресурс за използване при С2N [11]. Състои се от два еднотипни блока с обща мощност 670 MWe и се снабдява с техническа вода от язовир Розов кладенец [12]. Намира се сравнително близо до Международно летище Пловдив и Авиобаза "Граф Игнатиево". Основните предимства на тази площадка са наличието на железопътен транспорт, свързването с енергомрежата и новото оборудване, но всички останали характеристики я правят неподходяща за разполагането на ЯЕЦ в момента, но при определени условия в бъдещето би могла да се използва. Частната собственост на централата допълнително усложнява нещата, тъй като съгласно българското законодателство Министерски съвет решава за строителството на ядрена мощност [8].

**ТЕЦ "КонтурГлобал Марица Изток 3"** се състои от 4 моноблока с мощност 227 MWe всеки или общо 908 MWe. Централата е пусната в експлоатация между 1979 и 1981 г., като е

обновена през 2009 г., което включва и цилиндър ниско налягане (ЦНН) на турбините. Това предполага остатъчен ресурс на оборудването, но и необходимостта от допълнителен анализ и оценка на цилиндри високо и средно налягане на турбините. Техническото водоснабдяване е от язовир Розов кладенец. Разположена е на 2 км. северно от село Медникарово, в непосредствена близост до рудник "Траяново 3" [12]. Това местоположение означава необходимост от укрепване на земната основа, ако това е възможно разбира се, за да може площадката да отговори на изискванията за разполагане на ЯЕЦ. Рискът от преминаващи самолети е приблизително същият, като при ТЕЦ "ЕЙ И ЕС-ЗС Марица Изток 1". Основните проблеми на площадката са близостта до населено място и рудник, близостта до самолетни маршрути и сеизмичният риск на района. Неясният остатъчен ресурс на оборудването и охлаждането с охладителни кули допълнително усложняват нещата. Това прави площадката по-скоро неподходяща за С2N за момента, но в бъдеще това може да се промени, като частично реновираното оборудване предполага евентуалното използване с модел реактор с по-ниски параметри като по-удачен вариант.

**ТЕЦ "Марица Изток 2"** е най-голямата ТЕЦ в България. Състои се от осем блока с обща електрическа мощност 1620 MWe – 3 турбини по 177 MWe, една 165 MWe, и 4 турбини по 232 MWe. Първите четири турбини са относително нови и са работили около 15 години, с изключение на 165 мегаватовата, която е на почти 25 години. Останалите 4 турбини са въведени в експлоатация между 1985 г. и 1995 г., като 2 от тях са реновирани в частта на ЦНН преди близо 15 години. Това дава основание да се предположи достатъчен остатъчен ресурс на 3 от осемте турбини за използване при С2N [11]. За останалите 5 турбини е необходим допълнителен анализ и оценка, като те най-вероятно ще са подходящи за използване с модел ММР с по-ниски параметри, за да може по-дълго време да работят с остатъчния си ресурс. Централата е разположена на 4 км. от село Радецки, близо до западния бряг на язовир Овчарица. Ползва охлаждаща вода от язовира и една охладителна кула. ТЕЦ "Марица Изток 2" е разположена на площ от малко повече от 5 км<sup>2</sup> [12]. По груби оценки площта на централата е достатъчна за разполагането на ЯЕЦ с приблизително същата мощност, а изкуственият водоем

може да осигури охлаждането необходимо за ЯЕЦ със  $70 \pm 100\%$  от сегашната мощност на ТЕЦ-а в зависимост от термичния КПД на предвижданата ядрена мощност [11]. ТЕЦ "Марица Изток 2" е собственост на държавата чрез "БЕХ" ЕАД, както и язовир Овчарица, но чрез "НЕК" ЕАД, което би улеснило евентуално решение на Министерски съвет за изграждане на ЯЕЦ на тази площадка. Площадката на централата е разположена в не толкова зает район с максимално ускорение между  $0,13g$  и  $0,18g$  [13], което прави сеизмичния риск приемлив. Намира се по на север от ТЕЦ "КонтурГлобал Марица Изток 3", което я отдалечава от обичайните самолетни маршрути. Всички тези характеристики водят до извода, че площадката на ТЕЦ „Марица Изток 2“ с голяма вероятност е подходяща за разполагането на ЯЕЦ и оправдават по-детайлни и цялостни проучвания за пригодността ѝ.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

От осем възможни площадки за С2N в България 4 са или напълно неподходящи или не се налага смяна на горивото в обозримото бъдеще. Площадката на ТЕЦ "Бобов дол", ако изобщо може да се използва за разполагане на ЯЕЦ, ще изисква преодоляването на много препятствия и влагането на много средства, което би я отхвърлило при технико-икономическия анализ. Положението с площадката на ТЕЦ "ЕЙ И ЕС-3С Марица Изток 1" е подобно на това на площадката на ТЕЦ „Бобов дол“, като използването на нов терен достатъчно далеч от град Гълъбово може да преодолее част от препятствията. Площадката на ТЕЦ "КонтурГлобал Марица Изток 3" е малко по-благоприятна от тази на съседната площадка на ТЕЦ "ЕЙ И ЕС-3С Марица Изток 1", но най-малкото трябва да се решат 4 въпроса – със сеизмичната опасност, с охлаждането, с рудниците и със зоната за превантивни защитни мерки. Най-подходяща за разполагането на ЯЕЦ и за С2N се оказва площадката на ТЕЦ „Марица Изток 2“ и по-нататъшното ѝ разглеждане в тази връзка е оправдано.

Съдейки по Фиг. 2, много малко площадки в България биха били пригодни за разполагането на ядрена мощност и всяка възможна такава би трябвало да се обмисли внимателно, включително площадката на ТЕЦ „Марица Изток 2“ с оглед

разполагането на мощности, които да гарантират стабилността на енергийната система.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] World Energy Outlook 2023. Наличен онлайн: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/86ede39e-4436-42d7-ba2a-edf61467e070/WorldEnergyOutlook2023.pdf>. Дата на достъп 12.04.2024 г.

[2] Статистическа книжка 2023 ЕСО ЕАД. Наличен онлайн: <https://www.eso.bg/fileObj.php?oid=4990>. Дата на достъп 29.04.2024 г.

[3] Nuclear Power in a Clean Energy System. Наличен онлайн: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad5a93ce-3a7f-461d-a441-8a05b7601887/Nuclear\\_Power\\_in\\_a\\_Clean\\_Energy\\_System.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad5a93ce-3a7f-461d-a441-8a05b7601887/Nuclear_Power_in_a_Clean_Energy_System.pdf). Дата на достъп 12.04.2024 г.

[4] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220111-1>. Дата на достъп 12.04.2024 г.

[5] Регламент на европейския парламент и на съвета за създаване на рамка от мерки за укрепване на европейската екосистема за производство на продукти в областта на технологиите за нулеви нетни емисии (законодателен акт за промишленост с нулеви нетни емисии) Наличен онлайн: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023PC0161>. Дата на достъп 29.04.2024 г.

[6] Закон за ратифициране на Споразумението от Париж към Рамковата конвенция на Обединените нации по изменение на климата и за приемане на декларация по чл. 9, параграф 1 от споразумението. Наличен онлайн: [https://parliament.bg/bills/43/602-02-34\\_ZR\\_Sporazumenieto\\_ot\\_Parizh\\_po\\_izmenenie\\_klimata.PDF](https://parliament.bg/bills/43/602-02-34_ZR_Sporazumenieto_ot_Parizh_po_izmenenie_klimata.PDF). Дата на достъп 29.04.2024 г.

[7] J. Jacobs and L. Jantarasami, Can Advanced Nuclear Repower Coal Country? Наличен онлайн: [https://bipartisanpolicy.org/download/?file=wp-content/uploads/2023/03/Can-Advanced-Nuclear-Repower-Coal-Country\\_BPC-Report.pdf](https://bipartisanpolicy.org/download/?file=wp-content/uploads/2023/03/Can-Advanced-Nuclear-Repower-Coal-Country_BPC-Report.pdf). Дата на достъп 12.04.2024 г.

[8] Закон за безопасно използване на ядрената енергия. Наличен онлайн: <https://lex.bg/bg/laws/ldoc/2135455545>. Дата на достъп 29.04.2024 г.

[9] Наредбата за осигуряване безопасността на ядрените централи. Наличен онлайн: <https://lex.bg/en/laws/ldoc/2136906190>. Дата на достъп 29.04.2024 г.

[10] Наредбата за аварийно планиране и аварийна готовност при ядрена и радиационна авария. <https://lex.bg/laws/ldoc/2135761308>. Дата на достъп 29.04.2024 г.

[11] P. Petrov and S. Boycheva, Opportunities and challenges of converting coal-fired power plants to nuclear power plants. Докладвана на 29-та конференция на ЕМФ, 14-15 май 2024 г.

[12] Н. Набатов, Д Тафров, Т. Христова, К. Кънев, Й. Попов, С. Симеонов, Н. Пеловски, И. Айолов, Е. Харитоновна М. Дичева и Й. Йовчев, Електроенергетиката на България. ISBN 978-954-378-081-5.

[13] Окончателен отчет по договор: Сеизмично райониране на Република България, съобразено с изискванията на Еврокод 8 и изработване на карти за сеизмичното райониране с отчитане на сеизмичния хазарт върху територията на страната. Наличен онлайн:

<https://www.mrrb.bg/static/media/ups/articles/attachments/4934bd06998fe3c0ab0f8e4f264d33dc.pdf>. Дата на достъп 29.04.2024 г.

[14] S. Su, Y. Hin M. Lu, M. Mutailipu, K. Yan, Y. Zhang and S. Qvist, Repowering Coal Power in China by Nuclear Energy – Implementation Strategy and Potential. *Energies* 15(3) 2022, 1072. <https://doi.org/10.3390/en15031072>

## **БЛАГОДАРНОСТ**

Авторите изразяват своята признателност към Научноизследователския сектор при Технически университет – София за финансирането на това изследване по договор № 242PD0050-02.

## **АВТОРИ**

ас. инж. Петър Петров, Технически университет – София, E-mail: [pnpetrov@tu-sofia.bg](mailto:pnpetrov@tu-sofia.bg)

проф. д-р инж. Димитър Попов, Технически университет – София, E-mail: [dpopov@tu-sofia.bg](mailto:dpopov@tu-sofia.bg)