



УНИВЕРСИТЕТ ЗА НАЦИОНАЛНО И СВЕТОВНО СТОПАНСТВО

Факултет „Икономика на инфраструктурата“
Катедра „Национална и регионална сигурност“

ИВАН ВАСИЛЕВ ХИНОВСКИ

**СТРАТЕГИЧЕСКО РАЗВИТИЕ НА ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА
В БЪЛГАРИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „доктор“ по научна специалност „Икономика и управление“ (Икономика на отбраната и сигурността)

Научен ръководител:
Доц. д-р Нончо Димитров

София, 2023 г

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от катедра „Национална и регионална сигурност“ при Университета за национално и световно стопанство – София.

Авторът е докторант в същата катедра. Изследванията и разработките представени в дисертационния труд са извършени в Университета за национално и световно стопанство – София, АЕЦ „Козлодуй“ и „Енергопроект“ в периода 1997-2021 г.

Дисертационният труд е с обем от 135 стандартни страници и съдържа: увод, списък на използваните съкращения, терминологичен речник, изложение в три глави, заключение, списък използваната литература. Използваните литературни източници са 47, от които 41 са на български и 6 на английски език. Публикациите по темата на дисертацията са 7.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 27 юни 2023 г. от 10 часа в залата „Научни съвети“ на Университета за национално и световно стопанство – София. Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в сектор „Научни съвети“ в УНСС-София.

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ:

ЕК-Европейска комисия

ЕС-Европейски съюз

ЕВРАТОМ (англ.EURATOM)-Европейска организация на ЕС за контрол и управление на развитието на ядрената енергия

НС- Народно събрание на Р. България

ЯЕ - Ядрена енергетика

ДАЕЕР-Държавна агенция за енергетика и енергийни ресурси

МЕЕР-Министерство на енергетиката и енергийните ресурси

МЕ-Министерство на енергетиката

ЗООС-Закон за опазване на околната среда

АДФИ- Агенция „Държавна финансова инспекция“

ДНИ-Дирекция за научни изследвания в „Енергопроект“

МПС- Междуправителствено споразумение

КЕВР- Комисия за енергийно и водно регулиране

ИКЕМ - Индустриален клъстер „Електромобили“

БЕХ-Български енергиен холдинг

БНЕБ- Българска независима електроенергийна борса

ЕСО-Електроенергиен системен оператор

ЕЕС- Електро-енергийна система

РМД-Работническо.мениджърско дружество

ПВУ-План за възстановяване и устойчивост

ЦДУ-Централно диспечерско управление на ЕЕС

НИП-Научноизследователски процес

НЕК- Национална електрическа компания

МААЕ-Международна агенция по атомна енергия, Виена

ЕБВР-Европейска банка за възстановяване и развитие

ЕИБ-Европейска инвестиционна банка

МИНАТОМ-Министерство на атомната промишленост на Руската Федерация

ТЕРМИНОЛОГИЧЕН РЕЧНИК

„Тройна спирала“ (англ., *triple helix*) – Нормативно изискване в европейската практика към организацията на инвестиционни проекти, целящо постигане на синергия при включване в дейността на трите звена: наука, внедряване и държавните/законодателни/регулаторни институции;

ОВОС- Оценка на въздействието върху околната среда, по смисъла на ЗООС: експертен доклад с оценки и заключения за допустимостта на даден инвестиционен проект от гледна точка допустимостта на степента на увреждане на околната среда;

ОЯГ- Отработило ядрено гориво: ядреното гориво, след използването му за производство на енергия в ядрен реактор;

„Опробвана“/апробирана ядрена технология – технология, която има утвърдени пазарни реализации;

РАО- радиоактивни отпадъци;

ВАО- високо радиоактивни отпадъци от преработката на ОЯГ;

НФП - Неутронно-физическо поле: физически параметър на ядрените реактори, характеризиращ определена форма на разпределение на неутрони вътре в активната зона на реактора;

ММР – Малки модулни ядрени реактори: ядрени реактори от ново поколение с по-малка мощност и някои предимства пред големите енергийни реактори;

КИИМ- Коефициент на използване на инстелираната мощност-сътношение между теоретично постижимото производство на енергия от дадена енергийна инсталация и реално постигнатата, определя са на годишна база;

ЕКУ (англ.) - Европейска валутна единица, предшественик на еврото до създаването му;

УСТЕ (англ.) – Европейски съюз за координиране преноса на електрическа енергия в ЕС;

NSA (англ.)- Nuclear Safety Account-Специална набирателна сметка на ЕБВР за проекти за ядрена безопасност;

LCP (англ.) – Оптимизационен модел за планиране на развитието на енергийната система с минимални разходи за енергетиката и обществото;

JVA (англ.) - Споразумение за създаване на смесено дружество;
DSM (англ.)-Demand-side-management (Управление на потреблението);
CfD (англ.) - Contract-for-differences (Договор за разликите);
PWR (англ.) - Вид енергиен ядрен реактор с вода под налягане, популярен като ВВЕР);
BWR (англ.) - Вид енергиен ядрен реактор с кипяща вода);
HTGCR (англ.) - Вид енергиен ядрен реактор с газово охлаждане с висока температура);
SWOT (англ.) - Вид системен анализ включващ четири елемента на даден проблем - определяне на силни и слаби страни, възможности и рискове пред даден проект или инициатива;
PESTEL (англ.) - Вид системен анализ включващ определяне на политическите, икономическите, социалните, технологичните, екологичните и правни аспекти на отрасъл, политика или проект;
EKK (англ.) - „Европейски Консорциум Козлодуй“ : Обединение от няколко фирми за изпълнение на модернизацията на 5-ти и 6-ти блок в АЕЦ“Козлодуй“;
БЕР (англ.)- Базова инженерингова фаза: Фаза на подготовка на данни и документация за модернизацията на 5 и 6-ти блок на АЕЦ“Козлодуй“;
MoU (англ.) - Меморандум за разбирателство;
SAR (англ.) - Доклад за анализи на безопасността, еквивалент на ТОБ;
PSAR (англ.) - Периодичен *SAR*;
NRA (англ.) - Ядрена Регулаторна Агенция на САЩ.

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на темата

Темата за бъдещата роля на ядрената енергетика днес е безспорно актуална в светлината на приетите политики за декарбонизация на индустрията и енергетиката в Европа и в света и особено след последните декларации на управляващите политически структури на ЕС и двете последни международни конференции по климата – COP-26 и COP-27, признаващи нейния бъдещ принос за това.

Много важни за обществото обстоятелства и подробности от развитието и управлението на българската ядрена енергетика в периода след 1989 год. до днес остават без да са анализирани и некомментираны, което се оценява като дефицит в общественото пространство в областта на енергетиката. Като активен участник в преходния процес на този отрасъл от една система на централно планиране към друга - по-пазарна и криеща рискове, авторът споделя опита си и на тази основа провежда едни задълбочени многостранни анализи на процесите като предлага решения за подобряване на условията за развитие на този отрасъл, предлага нови политики и представя доктрина за развитието му.

Фактът, че докторантът е автор или пряк участник в много от представените анализи и разработки, а понякога – само наблюдател или критик, му позволява да претендира за автентичност и обективност на всичко изложено, а предложените резултати-програми, политики и стратегически действия са с принос в науката за управление на този отрасъл.

II. ОБЕМ И СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1.1. Фази на развитие на българската ядрена енергетика - стратегически решения и кратка ретроспекция на изграждането на АЕЦ “Козлодуй“

Дисертационният труд се състои от увод, три глави, заключение и библиография с обща обем от 137 страници текст, 13 таблици и 11 фигури. Библиографията се състои от използвана литература и публикации на докторанта. Използваните литературни източници са 47, от които 41-на български език и 6- на английски език. Публикациите свързани с темата са 7 на брой.

Дисертационният труд е структуриран в следната последователност:

УВОД

ГЛАВА ПЪРВА: Стратегически анализ на развитие на ядрената енергетика в България: стратегически решения, горивен цикъл, интегрални ефекти.

1.1. Фази на развитие на българската ядрена енергетика - стратегически решения и кратка ретроспекция на изграждането на АЕЦ “Козлодуй“

1.2. Обобщен анализи на енергийните стратегии на България с отношение към ядрената енергетика – системни грешки, външни фактори и резултати

1.3. Очертаване на проблемите при заинтересованите страни в процеса на производството, търговията и рециклирането на ядрено гориво

1.4. Подходи и инструментриум за изследване приноса на основни инвестиционни проекти в ядрената енергетика за нейното стратегическо развитие. Синтезис на резултатите от управлението на проектите в ядрената енергетика.

1.5. Характеристики на управлението на научно-изследователските и проектантски дейности в България като фактор за стратегическото развитие на ядрената енергетика и като елемент на „тройната спирала“. Европейски измерения на постиженията

1.6. Изводи към Глава първа

ГЛАВА ВТОРА: Моделиране на текущото състояние на ядрената енергетика на България: участници, ключови проекти и стратегически действия, методология за класификация и оценка на резултатите.

2.1. Икономически характеристики и предимства на ядрената енергетика и приноса ѝ за националната икономика и националния енергиен баланс на страната. PESTEL-анализ.

2.2. Модел за централизирано проектно управление при разработване на първата ядрена енергийна стратегия на България и значението ѝ за стратегическото развитие на ядрената енергетика. Европейски измерения на постиженията.

2.3. Методика за оценка и категоризация на резултатите от анализите на управленските действия в ядрената енергетика

2.4. Анализ на актуалните рискове за развитие на ядрената енергетика на България в новата геополитическа обстановка в Европа и предложения за компенсирането им

2.5. Изводи към Глава втора

ГЛАВА ТРЕТА: Оценка на стратегическите алтернативи на ядрената енергетика в България: модел за стратегически действия в контекста на актуалните критерии в ЕС и постигане на пазарна конкурентноспособност, „ядреното“ дърво на България.

3.1. Апробиране на модела и новите стратегически направления на развитието на българската ядрена енергетика – критерии, анализ на ограниченията и рисковете и програма за действие. SWOT-анализ на новата технология на ММР.

3.2. Актуални условия и варианти за развитие на българската ядрена енергетика в контекста на изискванията на европейските нормативни документи. Доктрина за развитие на ядрената енергетика. Необходими институционални действия.

3.3. Доктрина за развитие на ядрената енергетика в България 2022-2040 г. и „дърво“ на алтернативите за развитието ѝ: принципи и цели.

3.4. Сравнителен анализ на предлагания модел и на изследваните чуждестранни модели.

3.5. Изводи към Глава трета

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

V. СПРАВКА ЗА ПРИНОСИТЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

VI. ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

VII. ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

III. СЪДЪРЖАНИЕ И РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

УВОД

Понятието „стратегическо развитие на ядрената енергетика“

В началото на изследването се уточнява понятието „стратегическо развитие на ядрената енергетика“, което според автора е: *“процес на разработване на планове, решения и действия за осъществяване на мисията и целите, за стратегията и планирането на инвестиции и предприемане на действия с дългосрочни последици за развитие на ядрената енергетика в България, при спазване на нормативните изисквания за ядрена и радиационна безопасност, международните стандарти за ядрена сигурност и антипролиферация, диверсификация на доставките на ядрено гориво и изпълнение на основната цел: запазване на водещата роля и конкурентноспособност на ядрената енергетика в страната с достигане на дял над 50% в националния енергиен баланс към 2050 г.* Анализите и изследванията, свързани с това стратегическо развитие са важни поради фундаменталния характер на тази част от енергийната индустрия, като определящи за националната енергетика и националната сигурност на страната.

Идентифицираният **изследователски проблем** в настоящия дисертационен труд е отсъствието на актуална, добре обоснована, обществено и политически приета с консенсус стратегия и програма за действия, които са основната причина за отсъствие на адекватни правителствени действия за развитие на ядрената енергетика в България.

В хода на изпълнение на тази задача се следва **генералната цел и подчинените цели** на дисертационния, определени както следва:

- **генерална цел:** дефиниране на аргументи, политики, законодателни решения и подходящи инвестиционни програми с цел повишаване на дела на ядрената енергетика в брутното производство на електроенергия в България (над 50% след 2050 г.);

- **подчинени цели** – определяне на необходимите управленски действия и мерки за запазване на нивата на ядрената безопасност, ядрената сигурност и икономическата ефективност на целеви нива, съгласно действащите стандарти и проекта на новата Енергийна стратегия на страната, обявена на 17 януари 2023 година.

Основна съществена част от изследователския проблем включва и определянето на стратегическите перспективи за развитие на отрасъла чрез приложение на нови технологии.

Задачата на дисертационния труд е, чрез анализи на досегашното развитие и актуалната конюнктура в отрасъла да бъдат синтезирани изводи и да бъдат дефинирани количествени и качествени критерии за осигуряване на дългосрочни перспективи за развитие на ядрената енергетика в периода 2023-2050 г., с цел постигане на стратегическата цел за развитие към 2050 г.: *разширяване на нейния дял над 50% в националния енергиен баланс към 2050 г.*

Тук е необходимо да се изтъкне и важноста на следните подзадачи в дисертационния труд свързани с предложения на политики и мерки за:

1. Постигане и респектиране на високи нива на безопасност, експлоатационна надеждност, корпоративна и ядрена сигурност съгласно действащите международни стандарти;

2. Поддържане на ценови нива на енергията в инвестиционния процес съгласно принципа LCP;

3. Поддържане на устойчив процес на приложение на иновации и реализиране на нови технологични проекти, които съдействат за постигане на генералната цел.

В задачите на изследването се включват също и анализ на структуроопределящи процеси, ключови управленски и корпоративни политики и реализирани/нереализирани проекти, авторски заключения.

Обект на изследването е ядрената енергетика на България, в частност структура на отрасъла, вътрешните процеси и взаимодействия, перспективните направления за развитие и бариерите пред това развитие, а **предметът на изследването** - нейното стратегическо развитие, включително същност, специфика,

политики, причини за състоянието, цели, критерии, значими фактори, технологии, методи и прочие в дългосрочния времеви хоризонт 2023 - 2040 година. Според автора целите и критериите за успех на такова развитие като минимум включват:

1) Запазване на дела на ядреното енергопроизводство на енергия в националния енергиен баланс на днешното ниво, на конкурентни пазарни цени;

2) Следване на приоритета „Безопасността - на първо място“;

3) Осигуряване на диверсификация на доставките на свежо ядрено гориво от квалифицирани доставчици от страни от ОЕСД;

4) Осигуряване на корпоративна сигурност и устойчива система за подготовка на кадри за ядрената енергетика;

5) Осигуряване на безопасно третиране и трайно съхранение на всички категории радиоактивни отпадъци и отработилото ядрено гориво;

6) Изграждане на заместващи мощности на блокове 5 и 6 в АЕЦ „Козлодуй“;

7) Приложение на новите ядрени технологии „малки модулни реактори“ за комбинирано производство на електрическа и топлинна енергия на конкурентни цени.

Посредством проучване на същността, спецификата и приложението на стратегическите перспективи на ядрената електроенергия се правят обобщени изводи за развитието и сигурността на целия енергиен сектор на страната.

Конкретни цели на дисертационния труд са:

- Да определи и анализира управленски грешки в миналото, да синтезира изводи и заключения, които да сведат до минимум повтарянето им;

- Да дефинира нови стратегически цели на развитие с цел запазване и разширяване на нейния дял в националния мощностен и енергиен баланс, при осигуряване на по-висока сигурност на доставките;

- Да изследва стратегиите и факторите, които ограничават и възпрепятстват развитието на ядреното производство на електроенергия.

Изследователската теза е, че запазването и повишаването на дела на ядрената енергетика е от стратегическо значение както за устойчивостта на българската икономика, така и за цялата енергийна система на страната ни.

Изведените от докторанта водещи методологични принципи в дисертацията са:

- Тезата *„Information is not knowledge”*: изследването не е само процес на събиране на информация, а по-скоро *даване на структуриран отговор на група въпроси*, които в редица случаи са противоречиви.

- Дефиницията „стратегическо развитие на ядрената енергетика“ дава представа за комплексността на проблема за стратегическо развитие на този отрасъл на енергетиката, който не се изчерпва с един проект, с една програма за развитие или с една политика.

- Изследванията и дефинирането на решенията на проблемните области в ядрената енергетика изискват задълбочено прилагане на различни научни методи, които да докажат твърденията на автора.

- Сложността произтича от трудното намиране на автентична и обективна информация и данни, на които да се базира изследването - *в повечето случаи те обикновено са ограничени, за служебно ползване, непълни, трудни за намиране и систематизиране, а и при някои теми – с ограничено ниво на достъп, което затруднява изследвателя и влияе на качеството на изследването.*

- Използвани са следните шест методи на изследване:
 - документални (експертни) анализи;
 - декомпозиране на комплексни проблеми;
 - синтез на политики;

- сравнителни анализи;
- SWOT-анализи, и
- PESTEL-анализи.

Ограничения на изследването: Редица странични процеси и политики, които съпровождат развитието на ядрената енергетика не се анализират, включително: ролята и за гориво-енергийния баланс на страната; математическото моделиране на плановете и стратегията за развитие; политическите фактори за бъдещото ѝ развитие. Другите ограничения произтичат от обстоятелството, че ядрената енергетика генерира електрическа енергия, топлинна енергия, радиоактивни продукти, отработило ядрено гориво, а като предмет на дисертационния труд са перспективите, свързани само за производство на електроенергия.

Изучаването на методологическите аспекти на стратегическите заплахи и перспективи е направено с оглед на предвиждане на екзогенните фактори за намаляване на неопределеността на заплахите пред сигурността на ядрената енергетика във всички аспекти.

Разработена е методика за практическо изследване на направленията на стратегическото развитие на ядрената енергетика в България, която да се апробира в реалните практически условия на сектора. В тази връзка ще се търсят и възможните приноси на дисертационния труд, а именно: оценяването на предимствата и перспективите на различните технологии за ядрено производство, разработването на методика за изследване на стратегическите перспективи на ядрената енергетика в България, практическо изследване на стратегическите перспективи и конструирането на стратегии за повишаване сигурността на целия енергиен сектор.

Изпълнението на поставените в дисертационния труд задачи се свързва с постигане на изследователските цели. Възможността да се премине от теоретическо познание към практическа употреба и научна новост получава своята реализация. Усъвършенстването на съществуващите стратегии посредством овладяването на използваните методи и умения за анализ и аргументация,

представлява научна новост и начин за предотвратяване на бъдещи негативни ситуации.

Загубата на документална и институционална памет в този отрасъл, която днес е факт, е една от тежките управленски грешки, имаща сериозни негативни последици при развитието му - загуба на конкурентоспособност и управленска енергия, липса на кадрова компетентност, занижена корпоративна сигурност, повтаряне на едни и същи управленски грешки и дори в някои случаи – морална деградация на хора по високите етажи на властта.

ГЛАВА ПЪРВА: Стратегически анализ на развитие на ядрената енергетика в България: стратегически решения, горивен цикъл, интегрални ефекти.

Фази на развитие на ядрената енергетика

За обективната оценка на състоянието и перспективите за развитие на ядрената енергетика, в дисертационния труд е направен и представен преглед на фазите на развитието ѝ, с анализ на хронология на събитията, управленските действия и стратегическите решения. В тази част на докторската работа са описани фазите на изграждане на първата атомна електроцентрала в България АЕЦ“Козлодуй“ с авторски анализи на някои от първите стратегически грешки при избора на технологията, коментирани са липсата на стъпани на „свобода“ по избор на партньори в логистичната верига на доставки на ядрено гориво и други резервни части и услуги.

Строителството на АЕЦ „Козлодуй“ започва на 6.04.1970 г. на площадка, разположена на около 4 км от талвега на река Дунав, 5 км източно от гр. Козлодуй, избрана по изходни данни, подготвени от български институти, Топлоелектропроект - Москва и НИИПИЕС "Енергопроект"- София. Тези институти изготвят техническия проект и работни проекти за първите четири блока. В дисертационния труд се изтъква важния факт, че в изграждането на уникалното и до днес за България съоръжение участват над сто хиляди проектанти, научни работници, строители

и монтажници от България. Това доказва работещия по онова време принцип на „тройната спирала“. В проекта са осъществени няколко изцяло български проекта, които се внедряват за първи път в световната практика при строителството на атомни електроцентрали. Някои от тези технически решения, разработени в „Енергопроект“, са значителни инженерни постижения, към които проявяват голям интерес и специалисти от много други страни.

Първият етап в изграждане на централата завършва с изграждането на блокове 1 и 2, снабдени с водо-водни енергийни реактори с единична електрическа мощност от 440 MW всеки (ВВЕР-440, модел В-230), въведени в промишлена експлоатация съответно през м. юли 1974 г. и м. ноември 1975 г.

Успоредно със строителството на блокове 1 и 2, през октомври 1973 г. започва изграждането на следващите два блока, което представлява **втория етап**, завършил с въвеждане в експлоатация на блокове 3 и 4 съответно през м. декември 1980 г. и м. май 1982 г., със същия тип реактори, но с усъвършенствани системи за безопасност, в сравнение с блокове 1 и 2. Авторът изтъква, че именно това е причината на по-късен етап тези две двойки реактори да се оценяват с различно ниво на безопасност.

Въвеждането в експлоатация на 5 и 6 блок с реактори ВВЕР-1000/В-320 е **третия етап**, осъществено съответно през септември 1988 г. и декември 1993 г. Тези блокове са съоръжени с редица модерни инсталации, като например пасивни системи за безопасност, защитен контейнмънт на реакторната инсталация, автоматизирана система за контрол и управление на технологичните процеси. Изградено е хранилище за отработило ядрено гориво (ОЯГ). За обучението на оперативния персонал за блокове 5 и 6 е изграден и модерен учебен център.

През 1997 – 2000 година на площадката на централата са изградени цех за преработка на ниско- и средноактивни РАО и склад за временното им съхранение, които през 2004 година са прехвърлени на новосъздаденото Държавно предприятие „Радиоактивни отпадъци“

Докторантът изтъква една от най-тежките фази в развитието на българската ядрена енергетика след 1989 г., когато АЕЦ

„Козлодуй“ е подложена на серия от международни одити на безопасността. Първата от тях, OSART-мисията на МААЕ в блокове 1 – 4 е „поискана“ от българското Правителство през юни 1991 г. и открива редица недостатъци при експлоатацията и ремонта на централата. След натиск от ЕС започва процедура за спиране на четирите блока по причина, че „не отговарят на европейските стандарти за сигурност“. През 2004 г. са затворени 1-ви и 2-ри блок на АЕЦ „Козлодуй“, а в началото на 2007 г. са затворени и 3-ти и 4-ти блок. Така българската енергетика губи 1760 MW базови генериращи мощности с най-ниската себестойност на произвежданата електроенергия в Европа.

Докторантът като съвременник и участник в процесите от този период оценява реакциите и правителствените възражения срещу преждевременното затваряне на реакторите 1-4 в АЕЦ „Козлодуй“ в България на **недостатъчно ниво**.

На 29 ноември 1999 година комисарят по разширяването на ЕС Гюнтер Ферхойген заявява: „... разбирането на Комисията е, че окончателното затваряне на 3-ти и 4-ти блокове на АЕЦ „Козлодуй“ ще стане най-късно през 2006 година съгласно споразумението, подписано през 1999 година“, въпреки заявката пред ЕК на тогавашния премиер Иван Костов, че това ще стане „... *съответно 2008 г. и 2010 г.*“

В процеса на анализиране на обстоятелствата и фактите свързани със затваряне на тези реактори докторантът открива и изтъква редица важни оценки и официални становища за необективния натиск, но премълчани и неизползвани от управляващите по това време, например:

- През 2003 година МААЕ в официално становище заявява, че ЕК вече няма аргументи да оспорва безопасността на блокове 3 и 4 на АЕЦ „Козлодуй“, поради аргумента, че: *„След положителната оценка, дадена на АЯРе, от ЕК вече не би трябвало да оспорват издадените от тях лицензи за сроковете на експлоатация на реактори III и IV в АЕЦ „Козлодуй“ съответно за срокове от 8 и 10 години“.*

• Въпреки горната авторитетна положителна оценка през 2004 г. са затворени 1-ви и 2-ри блок на АЕЦ „Козлодуй“, а в началото на 2007 г. са затворени и 3-ти и 4-ти блок.

През 2007 година АЕЦ „Козлодуй“ е работила с коефициент за използване на инсталираните мощности (КИИМ) от 83,58%, което е едно от най-високите световни постижения. Приоритетите в управлението на тази централа винаги са били поддържане на високо ниво на безопасност и надеждност, което косвено се доказва от високия КИИМ в експлоатационната ѝ история. Това обаче не означава, че всички заплахи и рискове за работата ѝ като корпоративна сигурност¹, пазарна сигурност² и киберсигурност са адекватно адресирани в последните години на развитие на енергетиката, пред каквито предизвикателства тя е изправена. Част от тези проблеми са адресирани в дълбочина по-нататък в дисертационния труд.

Енергийни стратегии на България

В периода след 1989 г. в отговор на изискванията за модерно икономическо и енергийно развитие в България е започнало разработването на енергийни стратегии с цел планиране на оптимално развитие на отрасъла. В тази връзка авторът анализира прилаганите подходи и методологии, технологията на планиране и аргументацията на едно или друго решение, което като краен резултат формира една или друга инвестиционна стратегия на държавата. Тезата на автора е, че един грешно избран подход и технология на планиране може да костват много на българското общество като основния риск е разхищение на публичен ресурс и необосновано високи цени на енергията. Не на последно място зад една необективна, или да я наречем „поръчкова“ енергийна стратегия могат да се крият корпоративни, а и често корупционни интереси. А в експертните енергийни среди в България отдавна битува мнението, че всички разработени и приети енергийни стратегии в страната в годините от 1989 г. до сега, в една или друга степен са подчинени

¹ Проф. д-р Димитър Димитров, проф. д-р Тилчо Иванов, проф. д-р Цветан Цветков и др. „Корпоративна сигурност“, Издателски комплекс- УНСС, София, 2021

² Тодор Недев, УНСС, „БНЕБ-възможности за управление на риска“, IDEAS, 2019, <https://ideas.repec.org/a/dat/earchi/y2019i2p33-43.html>

на една или друга стратегическа цел, зад която се крият корпоративни интереси. Това е твърдение на автора на настоящото изследване, поради многократните му участия в различни „творчески“ колективи за разработка на документи, наричани високопарно: *последната, най-нова, най-обективна, и най-важна за енергийното развитие на страната стратегия*. Технологиите на планиране на развитието на този отрасъл отдавна не са на съвременно ниво и отстъпват както по актуалност на методологията³ така и при разработването им.

Представен е авторски експертен анализ на първите три официални енергийни стратегии, които могат да се нарекат „правителствени“, защото са разработвани и представени от името на съответните кабинети и са били утвърдени с решения на съответните министерски съвети. Общите дефицити на тези програмни документи са, че не са определяли времеви обхвати на прогнозите и предлаганите действия, а други са имали съвсем кратки – само 5 години за първата стратегия на правителството от 1997 г., или много амбициозни периоди на действие - като стратегията от 2010 г. - до 2030 година.

Анализираните „правителствени“ стратегии са:

- 1) *Енергийна стратегия, 1999, пълен текст убликувана през 2001 г., наречена съкратено „Стратегия 2001“⁴;*
- 2) *Енергийната стратегия на Република България, публикувана през 2002 г., наречена съкратено „Стратегия 2002“⁵;*
- 3) *Енергийната стратегия на Република България до 2020 година , публикувана през 2011 г., под мотото „За надеждна, ефективна и по-чиста енергетика“, наречена съкратено „Стратегия 2011“⁶;*

³ Проф.д-р Димитър Димитров, „Приложение на сценарийното планиране в бизнеса, отбраната и сигурността“, Изд.комплекс, УНСС, 2012

⁴ Енергийна стратегия, 1999, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, код на документа 16.1

⁵ Енергийна стратегия, 2002, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, код на документа 16.2

⁶ Енергийна стратегия на 2011, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, код на документа 16.3

Някои от последните правителства, по една или друга причина са работили в нов период на интензивни промени и нови енергийни политики, което е ограничавало свободното лансиране на големи инвестиционни проекти без сериозна обосновка. Това е наложило по целесъобразност такива разработки да се възлагат на външни организации. Такива примери са няколко възложени анализа и разработки, чиито цели и резултати са анализирани в дисертационния труд, а именно:

- на БЕМФ през 2009 г. *„Анализ на варианти за развитие на електрогенериращите мощности в България в периода до 2030 година“*, възложител НЕК ЕАД, 2009 г;

- на БАН през 2016 г. *„Изготвяне на Национална стратегия в областта на енергетиката (с фокус върху електроенергетиката)“*, възложена от БЕХ ЕАД, 2016 г.;

-на Черноморския изследователски енергиен център (ЧИЕЦ) - *„Прогнозен общ енергиен баланс на Република България за периода 2021-2030 и с хоризонт до 2050 година“*, възложен от Националния доверителен екофонд, 2018 г., всъщност от правителството на Р България;

Авторът на изследването оценява положително факта, че тези три институции са били извикани „на помощ“ при обосновката и формирането на политиките на правителството и на публичните дружества НЕК-ЕАД и БЕХ по най-комплицираните теми на днешното развитие на отрасъла, но изразява несъгласие с факта, че и трите разработки са възложени без конкурси, без предварително обявявани задания и изискване за предоставяне на списък на експертите. В повечето случаи изпълнителите са формирали сами техническите задания, което ограничава съответния документ в рамките на нивото на компетентност на екипа. Тези разработки, чиито цели и технологии на анализите имат и общи, но и специфични характеристики, преследват една и съща задача: как по най-ефективен начин в обществена полза да се развива българската енергетика.

Всички анализирани енергийни стратегии и разработки имат една обща цел и най-често тя е **доказване на необходимостта от експанзия на генериращите мощности, или накратко казано - строителство на нови централи**. Изключения от тази цел правят само енергийната стратегия, разработена през 2009 г. от БЕМФ 2009 г. и тази на ЧИЕЦ от 2019 г.

В трите „държавни стратегии“ се използват различни техники за доказването на необходимостта от екстензивно развитие на генериращите мощности.

Поради това анализиранияте документи ни предлагат голямо разнообразие на прогнози по тип и съдържание, които в редица случаи си противоречат, **почти всички не се потвърждават** както бе споменато вече, **а в редица случаи изглеждат и нелогични.** **Общ сериозен недостатък и на трите „държавни“ стратегии е подценяването на ролята на енергийната ефективност.** Избира се подход за по-лесно и привлекателно за бизнеса планиране, включващо строителство на нови енергийни мощности.

Всяка една от изброените стратегии има и своите специфики и методология, произтичащи от конкретния период в развитието на енергетиката, от възгледите на ръководството за приложимостта на подходите, от данните и резултатите, „убеждаващи“ ни в правотата на заключенията и т.н.

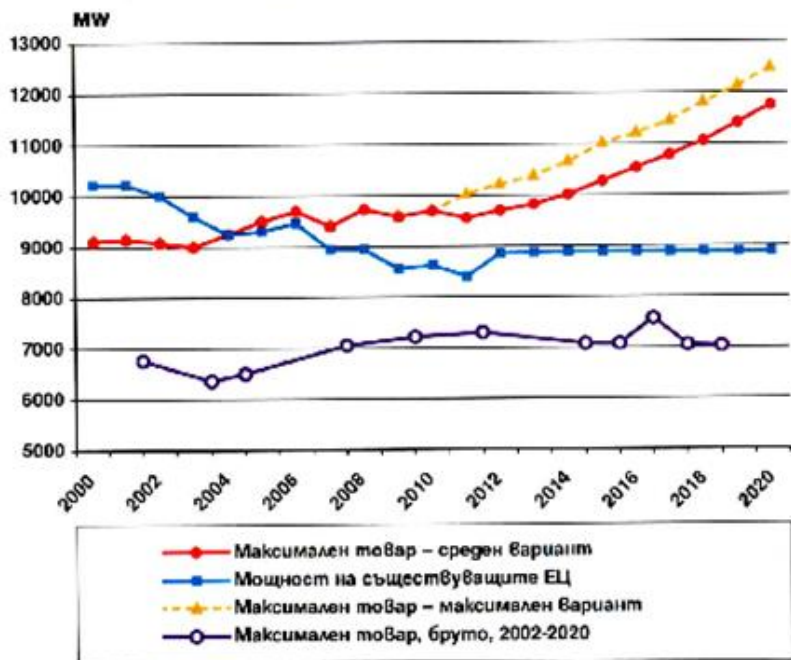
Сравнявайки подходите и методологията, както и резултатите от достъпните до специалистите прогнози в различните стратегии и анализи, разработени в периода 1999 – 2010 г. , се налагат следните заключения, произтичащи от анализа на данните на приложените в дисертационния труд фигури:

1. Открояват се само две разработки, които не налагат конкретен инвестиционен проект и това са анализът на БЕМФ от 2009 г. и енергийната стратегия на ГЕРБ от 2011 година. За тях е характерно сравнително доброто съвпадение на прогнозите с реалните данни;

2. Отлично съвпадение с реалните данни показва и прогнозата за електропроизводството в прогнозния период 2004 - 2015 г. в стратегията на ОДС от 1999 година;

3. Най-сериозни грешки в прогнозите и отклонения от реалните данни за развитие на електроенергетиката показват анализите на консултанта “Parsons” по проекта АЕЦ „Белене“ от 2004 г., ясно видими на фигурата по-долу. Грешката в прогнозата е завишаване на максималния товар с повече от 40% в периода 2010-1020 г.

Фиг. 19. Развитие на разполагаемата мощност на съществуващите електрически централи и максималния товар в ЕЕС, прогноза 2004



4. Грешката в прогнозата за инсталираната мощност в стратегията на НДСВ от 2004 г. спрямо реалната се дължи на факта, че в онзи период на управление не е било възможно да се прогнозира такъв ръст на ВЕИ за 2005 – 2015 г. Реализираният ръст на тези мощности достига до 17 500 MWe;

5. Прогнозите в стратегията на ОДС от 1999 г. въпреки „целевата задача“ за обосновка на новите мощности в комплекса „Марица изток“ се характеризират с добра точност за прогнозираното електропроизводство (фиг. 2 в дисертационния труд) и за инсталираните мощности (фиг. 4. в дисертационния труд), но с погрешни прогнози за максималния товар (фиг. 5 в дисертационния труд) и бруто потреблението (фиг. 3 в дисертационния труд), което е косвена обосновка на целесъобразността от строителство на нови генериращи мощности;

6. Авторът на анализите намира за нереално високи и трудно обясними прогнози в два от анализирания документа – ръста на инсталираната мощност (фиг. 4 в дисертационния труд) в анализа на ЧИЕЦ и потенциала на износа на електроенергия (фиг. 6. в дисертационния труд) в

анализа на БАН. Обяснението е, че в стратегията на БАН се търси „синтетично“ доказателство за целесъобразността на АЕЦ „Белене“, а некоректните резултати в прогнозата на ЧИЕЦ са вследствие допускането за интензивни инвестиции в нови ВЕИ, които въпреки голямата мощност имат нисък принос в енергийния баланс.

Изводът на автора от представените в тази част анализи и резултати водят до заключение, че има методически грешки в прилагания у нас подход при планиране развитието на енергетиката. Възлагането на разработки с предварително избрани изходни условия при изготвяне на стратегии, възложени на предварително подбрани колективи от специалисти е порочен подход и не съответства на добрите европейски практики⁷ за икономически анализи и планиране дейността на публичните дружества в енергетиката, които са добре регулирани в нормативните документи.

Свежо ядрено гориво и отработило ядрено гориво

В дисертационния труд се разглеждат и важните теми за доставките на свежо ядрено гориво и политиките с отработилото гориво за българската ядрена енергетика, които продължават да са особено актуални и днес. В тази връзка е разработен експертен анализ на развитието на условията по доставките на свежо ядрено гориво за АЕЦ „Козлодуй“, както и на проблемите с отработилото ядрено гориво.

Доставките на свежо ядрено гориво за АЕЦ „Козлодуй“ от началото на експлоатацията на всички блокове на централата се е осъществявало на базата на серия от междуправителствени споразумения (МПС) между Народна Република България и Съветския съюз от: 15 юли 1966 г., 1 октомври 1981 г. и допълненото МПС от 27 март 1984 г. В тях категорично е записано, че Русия е *“правоприемник на всички задължения по тези спогодби, включително и на вторичните продукти от тези доставки“*. Доставкаите са се осъществявали и в момента се осъществяват по

⁷ Иванов, Т. “Икономически анализ в публичния сектор“, Поредица „Управление на промяната“, ИПОИ при БАН, Сдружение Джордж Маршал, 2009

дългосрочни рамкови договори първоначално на специализираното външнотърговско дружество „Енергоимпекс“, а впоследствие от поделения на Министерството на енергетиката, Комитета по енергетика, Асоциацията „Енергетика“, пак Комитета по енергетика и накрая – Министерство на енергетиката. Търговските партньори по сделките са били Асоциацията „Енергетика“, а впоследствие след реструктуриране на отрасъла след 1994 година - НЕК, и накрая търговското дружество АЕЦ „Козлодуй“.

За производството на ядреното гориво за АЕЦ „Козлодуй“ се е използвал български уран, обогатен предварително в България до т.нар. „жълт кейк“ в рамките на 15-годишен договор за износ в СССР, като цената, по която е калкулиран този български продукт в горивото, е била в границите на 60-130 USD за килограм метал. За сравнение, цените на “жълтия кейк” на международните борси в периода 1976-1986 г. са нараствали непрекъснато и не са падали под 200 USD за килограм тежък метал⁸. Това според докторанта, е една от стратегическите грешки на тогавашното управление на отрасъла, което не е намерило достатъчно кураж и аргументи да прекрати тази несправедлива за България търговска практика.

Цената на типичните за работа на блокове ВВЕР-440 в стационарен режим работни горивни касети Р-3,6 с обогатяване по изотопа Уран-235 от 3,6% бе около 60 000 рубли/брой за първите доставки през 1974 г. и достигна до 120 000 рубли/брой в края на 15-годишния период на договора. Въпросните цени са обявявани за строго поверителни, определяни са еднозначно от съветската страна и приемани безусловно от българските енергийни търговци. Дори двойно увеличените доставки на гориво след 1980 г. във връзка с пускане на двата нови 3 и 4 блок не са приети като основание за дисконтиране, все пак поискано от българската страна. Към 1991 г. цената на ядреното гориво достига рекордното равнище от над 120 000 рубли/брой и се оказва една от най-високите за руско свежо ядрено гориво за страните от СИВ – поредната неотработана неизгодна търговска практика за българската ядрена енергетика.

⁸ Michel Hansen, Trends in Uranium Supply, IAEA Bulletin, vol.18,NO 5/6, 1982, https://www.iaea.org/sites/default/files/185_604881627.pdf

Независимо от настъпилите политически промени през 1989 г доставките на свежо ядрено гориво продължават по действащите договори. Доставките са с редовно периодично актуализиране на цените по неизвестна за българската страна руска методика. Прави чест и на двете страни, обаче, че не се повлияват от политическите процеси и запазват сигурността на доставките на професионално равнище, но всъщност България не е имала никакъв друг избор.

През 1991 г., след създаване на НЕК-ЕАД, в чиято структура влиза и АЕЦ „Козлодуй“, режимът на внос на ядрено гориво се променя – партньорът по договорите от българска страна вече не е „Енергоимпекс“, а НЕК-ЕАД. Тогава именно са преподписани и двата 5-годишни договора с руското специализирано търговско обединение „Техснабэкспорт“ за доставки на свежо ядрено гориво за ВВЕР-440 и ВВЕР-1000.

Общото при двата договора, освен 5-годишния срок на доставките, е и клаузата „твърди задължения на купувача за количества и доставки по фиксирани цени“. Характерното в случая е, че „твърдите задължения“ засягат само купувача НЕК, като осигуряват, от една страна, твърд монопол на доставките от един единствен продавач за петгодишния период, а от друга *„санкции за по-ниски доставки на гориво съгласно графика“* (понижени доставки), възлизащи на кошмарната санкция от 10 000 USD за отказана касета за ВВЕР-440 и 32 660 USD за отказана касета за ВВЕР-1000! И още едно ограничително непазарно условие - доставки и използване на ядрено гориво от други доставчици освен руската фирма „Техснабэкспорт“ в договорите до 1991 г. изрично е указано, че не се допуска. Авторът прави паралел с еквивалентната клауза *„взимаш или плащаш“* в договорите за доставки на природен газ от друг един руски монополист „Газпром“.

Експертен сравнителен анализ на калкулациите и структурата на цените изпълнен от автора сочи силна неравномерност – ниски разходи за урановата суровина, нейната преработка и обогатяване, както и за производството на топлоотделящите горивни елементи; в същото време цените за производство на касетите са необяснимо високи. Цената на горивото за ВВЕР-1000 в АЕЦ „Козлодуй“ в анексите към договора

от 1993 г. се движи от 382 665 до 391 925 USD/касета в зависимост от обогатяването. Това според експерти определено е необяснимо по-висока цена от тази за горивото за ВВЕР-440 и противоречи на световната пазарна тенденция за логично понижаване на специфичните разходи за гориво при реактори с по-висока мощност. Освен това, редица анализи, както на специалисти от АЕЦ „Козлодуй“, така и официални становища на тогавашното ръководство на централата съдържат констатации и за друг съществен недостатък на това гориво (наред с високата му цена) – повреди на горивни елементи налагащи известни ограничения на мощността на реакторите.

Най-интересен аспект в търговското „изкуство“ на руския доставчик е предвиденото ново условие в договорите, че *„при подобряване на качеството на ядреното гориво и неговите нови технико-икономически показатели“ доставните цени подлежат на повишаване“ (?!)*

Другите неадекватно уредени въпроси в договорите за доставки на ядрено гориво са гаранционният срок и възможността за рекламации, които според автора и специалистите по ядрено гориво са буквално символични. И досега в експлоатационната практика на АЕЦ „Козлодуй“ доставчикът на ядреното гориво не е понесъл никаква отговорност за реално възникнали проблеми по доставеното от него гориво, каквито е имало, но по разбираеми причини никой не е посмял да предяви претенции, рекламации или поне да предизвика обсъждане на темата на по-високо ниво. Други затруднения произтичат от факта, че гаранциите са валидни само при определени условия, много често формални и трудно постижими, което ограничава възможностите за заявяване на доказуеми рекламации. Такива са например условието за предварително съхраняване на горивото в централата преди зареждането му (не повече от една година!) и въведената дефиниция на понятието „календарен срок на експлоатация“, вместо „продължителност на горивната кампания“.

Изводът от изготвената от автора обобщена справка за един дълъг експлоатационен период на експлоатация на АЕЦ „Козлодуй“ до 2000 г. за статистика на повреди на ядреното гориво, дължащи

се на различни причини са дадени в таблица в дисертационен труд⁹, но от тях е трудно да се даде коректно обективно заключение какво е равнището на надеждност на руското ядрено гориво. А основната причина е липса на база за сравнение с други подобни реакторни инсталации и други алтернативни ядрени горива на други производители. За радост, днес този процес на монополно владение на пазара на свежо ядрено гориво от един производител в България отива към края си с появяването на оферти и от други фирми.

В историята на експлоатацията на блокове ВВЕР-1000 в АЕЦ „Козлодуй“ обаче има няколко случая, в които поради дефекти на горивото са възниквали аномални експлоатационни режими, наложили принудителни дълги периоди на работа с понижена мощност - до 70% от номиналната. Един от тези случаи е причинил сериозни проблеми в енергийната система, тъй като е възникнал в зимен период. Съвсем пресен пример в тази връзка е от 2021 г. когато блок 6 в АЕЦ „Козлодуй“ е бил принуден да работи на понижена мощност до 1007 МВт поради изисквания за безопасност. Като заключение, обаче, авторът изразява своето лично експертно мнение, че въпреки проявените дефекти руското ядрено гориво притежава добри експлоатационни характеристики. Това се доказва от сравнително ниския коефициент на отражение на отказите по причини на горивото върху общата надеждност на централата.

Най-сериозният за решаване инженерен въпрос, който има ключово значение за перспективите на ядрената енергетика в България е въпросът за безопасното и устойчиво третиране на ОЯГ. И тук проблемът е, че поради липсата на такива технологии на пазара се налага масовата практика на отложените решения – дълговременно съхранение в хранилища от различен тип на площадките на ядрените съоръжения или извозване нанякъде, в редица случаи, особено за България, без уточнени крайни условия и последствия.

⁹ Доклад на АЕЦ“Козлодуй“ до НЕК, Доклад с данни за откази на ядрено гориво, 14.10.1997г. www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski , password: Ivan Hinovski, код на документа 1.12 и 1.13

В първото МПС между България и СССР от 15 юни 1966 г., засягащо изграждането и експлоатацията на блоковете ВВЕР-440 в АЕЦ “Козлодуй“, въпросите за връщане на ОЯГ не са уговорени, но всеобщото разбиране на българските специалисти, е че това безусловно е регламентирано със записа *„Русия е правоприемник по всички задължения по тези спогодби, свързани с ядреното гориво“*, т.е. не става изрично въпрос за заплащане на транспортните операции и обратното приемане на отработило ядрено гориво от България в СССР.

По-късно, обаче Русия ревизира клаузите на това споразумение и настоява, че България трябва да си заплаща услугите по приемане, съхраняване и преработка на ОЯГ. Първото възстановяване на дискусиите по темата е през 1994 г. при които за първи път руската страна допълнително усложнява проблемите, като освен заплащане на услугата за ОЯГ поставя на България и едно друго много тежко условие, че България трябва да се подготви да приема обратно от Русия *„остъклените високо активни отпадъци след изтичане на технологично необходимото време за отлежаване на тези отпадъци в завода за преработка*. И ултимативно заявява: *„При непостигане на такава договореност българската страна сама ще решава въпроса с отработилото ядрено гориво от АЕЦ „Козлодуй“*.

Това е неочакван обрат в политиката на Русия по отношение на българската ядрена енергетика и генерира един от най-високите рискове пред нея, анализиран от автора в дисертационния труд в раздела 2.4. Но, българската страна безропотно и безкритично приема и това условие.

Големият търговски спор в търговските отношения по темата за обрантно връщане на ОЯГ в Русия, в които пряко участие е взел и автора на дисертационния труд, е цената на горивото в договора - заявената необосновано висока руска цена от 660 \$/ kg тежък метал в горивото, спрямо обоснованото българско предложение от 400 \$/ kg. При все още отворения спор за цените, през 1997 г. с участието на докторанта за първи път са били уточнени и редица други важни клаузи и технически параметри на сделката

В заключение, от методологична гледна точка оценката на автора е, че стратегическите цели в областта на доставките на ядрено гориво за АЕЦ“Козлодуй“ от пускането ѝ в експлоатация до сега са изпълнени – те са били устойчиви и сигурни, претърпели са, обаче редица метаморфози, които могат да бъдат обобщени в три различни фази на развитие, всяка със своята специфика, търговски политики и резултати, описани в дисертационния труд.

Модернизации и инвестиции в ядрената енергетика

Темата за модернизациите и инвестициите в ядрената енергетика е включена в дисертационния труд, защото тя е релевантна с целта и изследователската задача за определяне на параметрите на стратегическото развитие на ядрената енергетика.

Първата значима модернизация в ядрената енергетика е тази на блокове 1-4 в АЕЦ“Козлодуй“ със средства от ЕБВР. Тя е реализирана в периода 1995-2001 и е първият голям инвестиционен проект в АЕЦ “Козлодуй“ след спирането на тези блокове през 1991 г., която практически временно разреши проблемите и създаде възможности за повторното им пускане в експлоатация. Стратегическата цел на този проект бе модернизация на блокове 1-4 и привеждане на нивото на безопасността им в съответствие с европейските стандарти. Финансирането в размер на 23 милиона ECU е безвъзмездно и е осигурено от ЕБВР-NSA въз основа на подписан Меморандум и тристранен търговски договор между ЕБВР - NSA, Комитета по енергетика и НЕК¹⁰. Клаузите в договора са много тежки и неизгодни за България-освен безвъзмездната помощ България се задължава да изпълни редица условия и ангажименти, най-тежкото от които е преждевременно извеждане от експлоатация на блокове 1 - 4 (независимо от предстоящите модернизации и постигнатото ново равнище на безопасност), **без за това да са предвидени финансови ресурси**. Реализацията на проекта доведе до подмяна на редица важни за безопасността системи и повишава значително степента на безопасност на всичките четири блока.

¹⁰ EBRD, Kozloduy NPP Units 1-4 Decommissioning Programme and the National Disposal Facility,

<https://ecep.ebrd.com/delta/viewNotice.html?displayNoticeId=20878279>

С този проект модернизацията на блокове 1-4 не приключва. През последните 15 години от тяхната експлоатация бяха извършени редица други нови подобрения със собствено финансиране, целящи да повишат безопасността в съответствие с повишените световни стандарти и с технологичното развитие на ядрената индустрия. В основата на тези правилни управленски решения бе надеждата, че това ще бъде оценено и ЕК ще промени решението си за преждевременното им спиране. Така например в периода 1991 – 2002 г. са били реализирани нови три значителни програми за модернизация, като първите две са били на 1–4 блок, а третата – за 3 и 4 блок на обща стойност USD 245 млн. В периода 2000 – 2002 г. за същите блокове са инвестирани още USD 66 млн. До края на 2005 г., когато фактически са приключили всички мерки за повишаване нивото на безопасността им, в съответствие с условията на получените дългосрочни лицензии за експлоатация (неоценени от ЕК!), са изпълнени допълнителни модернизации на стойност от € 14,3 млн.

През 1996 г. е **подготвена втората модернизационна програма в АЕЦ “Козлодуй” и първа такава на блокове 5 и 6 в АЕЦ “Козлодуй”**, която е реализирана в периода 1996-2007. Този проект е един от ангажиментите на България в рамките на договора с NSA на ЕБВР за грантово финансиране на първите четири блока представен по-горе. Това е вторият подред, но най-голям като бюджет инвестиционен проект в АЕЦ “Козлодуй” след модернизацията на блокове 1-4, стратегическите цели на който са повишаване на надеждността и безопасността чрез рехабилитация на технологични системи и осигуряване на работа на блоковете до края на проектния им експлоатационен срок. На оператора на ядреното съоръжение, по това време НЕК, е предоставен доклад-обосновка с анализ на актуалното състояние на надеждността и безопасността на експлоатация на тези съоръжения. Докладът е изготвен от асоциацията на международните ядрени регулаторни органи и завършва с препоръка тези мощности да бъдат модернизирани с цел повишаване на надеждността, безопасността, и постигане на ефективна работа до края на експлоатационния им срок. Проектът се реализира от специално създадения ЕКК с

участието на 3-те европейски компании Сименс, Фраматом и руската Атомстройэкспорт, но в него участва и американската Уестигхаус. Бюджетът на проекта от USD 425 м.млн. (€ 314 млн.) е определен едва през 2001 г., в рамките на който се предвижда реализация на 204 технически мерки за повишаване на ядрената безопасност и експлоатационна надеждност. Финансирането е осигурено чрез дългосрочни кредитни споразумения с банките "Евратом" - € 220,5 млн., "Ситибанк" – USD 72,5 млн., "Росэксимбанк"- Русия – USD 52 млн., АЕЦ "Козлодуй" с € 146 млн. собствени средства, от които вече са вложени € 60 млн.евро. Останалата част от модернизацията на стойност USD 87 млн. е възложена на Уестигхаус, която осигурява финансирането чрез американски банки. Модернизацията е концентрирана върху мерки за подобряване на устойчивостта и надеждността на дълговременното охлаждане на реактора, радиационната и противопожарна безопасност и защита, подобряване на аварийното електрозахранване и надеждността на експлоатацията. Изпълнението е реализирано без извънредни спирания на експлоатацията - на четири продължителни етапа по време на годишните основни ремонти и презареждане на реакторите.

С реализацията на тази програма за модернизация, АЕЦ "Козлодуй" успешно внедрява препоръките предписани в ръководния документ на МААЕ за типовия проект В-320 на ВВЕР-1000. Като допълнителни положителни ефекти от реализираната модернизация могат да бъдат изредени множество резултати, освен повишената безопасност и надеждност на блоковете.

Много съществен е изводът, че през 2007 г. след завършване на тази програма е констатирано качествено изменение в състоянието на блоковете спрямо 2001 г. Основната промяна е свързана не само с постигнатото ново ниво на безопасност и надеждност на блоковете, но и проява на положителните ефекти от приложение на принципа на „тройната спирала“. И това е така, защото близо две трети от всичките 212 мерки са свързани с научно-приложни анализи за доказване на новото ниво на безопасност.

Този проект се оценява като стратегически успех за ядрената енергетика, защото за всички става ясно, че за да могат тези

съоръжения да останат в експлоатация до края на експлоатационния им срок е необходим един непрекъснат процес на верификации на нивото на безопасност и периодични рехабилитации. Не напразно според американските стандарти за безопасност, регламентирани от федералния надзорен орган на САЩ – NRA, на всеки 10 години ядрените оператори са задължени да извършват периодични анализи и актуализиране на нивото на безопасност на съоръженията, като се разработват и представят за одобрение т.н. PSAR - предварителен доклад за анализи на безопасността. Тази нова политика придобива популярната квалификация „продължаваща модернизация“.

Третата модернизационна програма в АЕЦ“Козлодуй“ – втората модернизация на блокове 5 и 6 е целеви проект, 2010-2018, чиято стратегическа цел е различна от предходните два. Докато те целяха рехабилитация на системите и съоръженията с цел достигане на проектния срок на експлоатация, с тази модернизация се цели удължаване на срока за експлоатация над проектния. И в този проект методите и средствата за постигане на целта са същите – анализи на безопасността и надеждността на системите, и рехабилитация или подмяна на елементи или цели системи, свързани с безопасността, надеждността или разполагаемостта при изтекъл или изтичащ ресурс.

Подготовката на проекта стартира още през 2010 г. , скоро след завършване на дейностите по първия модернизационен проект на блокове 5 и 6, когато от резултатите от ТОВ-а се е наложило заключението, че тези блокове имат потенциал да бъдат експлоатирани дълги години (но неопределено колко?!) след проектните им експлоатационни срокове, които са респективно 2017 и 2021 година. За целта на 17 февруари 2011 г., е обявена обществена поръчка на тема *“Комплексно обследване на фактическото състояние и оценка на остатъчния ресурс на оборудването и съоръженията на блокове 5 и 6 на АЕЦ “Козлодуй”*, като задачата е възложена на международния руско-френски консорциум от "Концерн Росенергоатом", "Росатом сервис" и Electricite de France (EDF).

Тази програмата, наричана съкратено „Целева модернизация-2“ е мащабно начинание, подобно на предишната програма, включващо използването на големи финансови и човешки ресурси и засягащо различни инженерни области. По неофициални данни бюджетът на проекта първоначално е бил определен на над 400 млн. лева, които е трябвало да бъдат осигурени от парични приходи на централата, тъй като АЕЦ "Козлодуй" годишно заделя по 120 млн. лв. за амортизационни отчисления. За реално изразходените средства, обаче, няма достъпна публична информация. Предвидено е, аналогично на подхода на предишната модернизация на тези блокове работите по проекта да се провеждат паралелно с плановете ремонти, в които ще влизат дейностите по удължаване на експлоатационния им ресурс.

Агенцията за ядрено регулиране (АЯР) е одобрила своевременно програмата за удължаване срока на експлоатация на 5-и и 6-ти блок, и в резултат от изпълнението ѝ предлагат експлоатационния срок на реактора да се удължи с 30 години, а не каквито в началото са били очакванията на АЕЦ "Козлодуй" - с 20 години, с възможност за още десет. Ремонтите и подмяната на оборудването за 5-и блок са приключили до ноември 2017 г., когато е изтекъл 30-годишният му срок за експлоатация. Животът на 6-и блок приключва през 2021 г., като след завършване на дейностите, регулаторът е направил преглед на аналитичните доклади и е издала нов лиценз за експлоатация с удължаване на сроковете на експлоатация на двата блока с по 10 години над проектния.

Един от най-оспорваните инвестиционни проекти в ядрената енергетика на България е **инвестиционния проект АЕЦ "Белене"**, който претърпява 5 несполучливи опита да бъде реализиран.

Този проект според методологията на анализа предложена от автора в 2.3. се класифицира като **натрупване на серия управленски грешки** поради дефицит на компетентност: непоправима, по няколко комбинирани причини – политически, корпоративни и недостъпна компетентност, а категоризацията на последствията от грешките – второ ниво от трите възможни, с много резерви относно възможността за обективна оценка на тези последствия. Положителният ефект от привличане на стратегически

партньор в проекта – немския концерн RWE не е достатъчен да промени класификацията на този проект.

Проектът АЕЦ „Белене“ се характеризира и с нарушена функционалност на „тройната спирала“ – липсата на включване на научно-техническия потенциал на страната, което оказва негативно въздействие върху качеството на разработките и развитето му.

Въпреки многото анализи на този проект, все още не е ясно кои са обективните причини за многократните му провали. Негативните оценки за организацията на проекта са илюстрирани от автора чрез прилагане на оценките на стратегическия инвеститор RWE за българското „управление“. Тази оценка е депозирана с официален документ само 6 месеца, преди RWE да вземе окончателното решение да се изтегли от проекта с констатацията, че е провален¹¹.

АЕЦ „Белене“ възниква в резултат на погрешна политика от най-висока степен на тежест-3, породена от необоснована експанзия на генериращите мощност преди 1989 година. През 1990 г. в резултат на настъпилите промени и тежката финансово-икономическа криза в страната проектът е замразен, а на площадката се извършват единствено консервационни работи, като с решение на 36-тото Народно събрание той официално е спрян. Съгласно методиката в 2.3. това е принудена стратегическа грешка от ниво 1, която може да бъде избегната, защото в последствие ефектът от нея е определен като преразходи от над 1 млрд. лева за консервация и поддръжка на изградената инфраструктура.

Първият опит да се провери актуалността на проекта и на неговата адекватност за тогавашните условия в ЕЕС на България прави през 1997 г. тогавашния министър на енергетиката и енергийните ресурси на България. С негова заповед и под неговото председателство на 12 май 1997 г. е проведен разширен експертен технически съвет с участието на всички компетентни организации, търговски дружества и поделения на министерството. На този съвет главният проектант от руска страна АЭП е поканен да представи актуализирана оферта за довършване на спрянатата централа с финансиране от

¹¹ Нотариално заверена декларация за напускане на проекта АЕЦ „Белене“ от RWE, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, код на документа 10.12

руски банки. Моделът на проекта, който руската страна предлага е ВОО или ВОТ, но прогнозната цена на произвежданата електроенергия е **7 щатски цента/kWh**, което едновременно с условието за задължително изкупуване на електроенергията по дългосрочен договор не се приема от съвета.

Вторият опит за изграждане на нова ядрена мощност бе идея на „Енергопроект“ и бе лансиран и съгласуван с НЕК през 1998 г. Идеята е била за **„изграждане на блок 7 в АЕЦ „Козлодуй“ с използване на оборудването, доставено за АЕЦ „Белене“**. За целта, на „Енергопроект“ е възложено да разработи техническо задание на договор с НЕК за изготвяне на технически доклад с такъв предмет. Аргументите за този нестандартен проект са, че на площадката „Белене“ е съхраняван вече повече от 7 години доставения пълен комплект оборудване за първи блок на АЕЦ „Белене“, което е налагало ежегодни разходи за над 6 милиона лева, свързани с поддържането му. За съжаление дори заданието на този проект не е прието с консенсус от съвета на НЕК, а с това и идеята за стартирането му е отложено.

Третият опит се подготвя в края на 1998 г., когато „Енергопроект“ заявява в МААЕ-Виена нов проект за техническа помощ на тема *„Експертиза на състоянието и технико-икономическа обосновка за използване на доставеното оборудване за АЕЦ „Белене“ в ново строителство“*. МААЕ откликва бързо и още в началото на 1999 г. е предоставена експертна помощ в рамките на нов съвместен проект с МААЕ - BUL/0/005. По този проект задължението на „Енергопроект“ е да разработи предварителна технико-икономическа обосновка за изграждане на нова ядрена мощност в България – това, което НЕК дори отказа да възложи на предишния етап. МААЕ определя за участие четирима известни световни експерти по отделните части на проекта, които допринасят за успешното му завършване. От заключенията в докладите на експертите се налагат следните два важни извода: **първо**, съществуващото оборудване е със запазени експлоатационни характеристики и осигурено качество и може да се вложи в нов проект от типа В-320 или по-модерния В-392, и **второ**, срокът за реализация на един такъв проект е около 8 години, а бюджетът, при най-консервативни оценки с отчитане на актуалните цени на строително-монтажните работи, възлизаше само на **1,9 милиарда USD** - невъзможна за поситигане цена при днешните условия.

При тези резултати проектът тогава е бил технически реализуем и икономически целесъобразен, но изискването на тогавашното ръководство на

НЕК ЕАД за финансиране със 100% чужди инвестиции е блокирало подготовката му.

През 2003 г. започва поредният нов опит „номер четири“ за построяване на АЕЦ „Белене“, първоначално без да се търси експертизата на „Енергопроект“, което авторът на дисертационния труд оценява като поредната нова стратегическа грешка. За целта новото ръководство на министерството е разработило и представило нова енергийна стратегия, която е трябвало да замени действащата до момента, като целта на документа, както е описано в Глава 1, Раздел 1.2 на дисертационния труд е била „обосновка на новия инвестиционен проект АЕЦ „Белене“ като целесъобразен. Този опит е подготвен много добре професионално и институционално, но при неясна концепция-да се използва ли или не доставеното вече оборудване, като окончателното решение е да се обяви нов търг за доставка на оборудване и услуги. Така се стига до обявяване на конкурс за проект „под ключ, който спечелва руската „Атомстройекспорт“.

Пореден пример за нарушаването на принципа на „тройната спирала“ е изключването на „Енергопроект“ от всички фази на обсъжданията по проекта. А основната причина за това е, че неговата концепция и подход за проекта се различават от тези на НЕК. Експерти по ядрена енергетика на „Енергопроект“ многократно са представяли в медиите и на обществени форуми актуалните европейски критерии и изискванията към строителството на нови ядрени централи, които според тях в този проект са нарушени. А те въпреки че са сложни и комплексни, са лесно разбираеми и се основават на принципите в „ядрената библия“ на Европейския съюз – стандарта EUR (Европейски изисквания към ядрените инсталации) – том 1, глава 6.

В резултат на тези забележки на „Енергопроект“ са формулирани и 7-те основни причини за прогнозирания скорошен провал на проекта, между които фалшивата информация за бюджета на проекта, прогнозната цена на електроенергията и държания в тайна от обществото дългосрочен договора за изкупуване на енергията.

Едно от малкото, но важни постижения на този етап е било успешно проведеният конкурс за избор на стратегически инвеститор. Така една от най-големите немски енергийни компании включително и ядрен оператор RWE влиза в България с инвестиционното намерение да строи АЕЦ „Белене“ в партньорство с НЕК. На 9 декември 2008 г. е подписан и договора между НЕК ЕАД и „РВЕ Пауър България“ ЕООД за изграждане на атомната

централа „Белене“, или т. нар. Споразумение за създаване на смесено дружество (JVA).

Никога до този момент българската ядрена енергетика не е получавала в аванс такова огромно международно доверие. И това безспорно се дължало основно на имиджа на поколението успешни ядрени енергетици в АЕЦ „Козлодуй“, което от пускането на централата в експлоатация през 1974 година непрекъснато е доказвало професионалътъм и безопасна експлоатация на съоръженията.

През 2005 г. настъпва период на влошаване на прозрачността в управлението на проекта и нарушаване на редица правила, регламентирани от Министерството на енергетиката и от RWE като участник в проектната компания. Този период от развитието на проекта се характеризира с непрекъснатата борба между НЕК и RWE, чиито усилия за установяване на ред и прозрачност в проекта са се сблъскали с наложилите се погрешен стил на управление и непрозрачните действия по организация на търговете. Така логично се стига и до решението на RWE за напускане на проекта, което от своя страна води и до край на поредния „опит № 4“ за завършване на този инвестиционен проект.

През 2011 г. натрупаните сериозни съмнения за злоупотреби в този проект предизвикват създаване на специална анкетна комисия в 41-то Народно събрание за одит на проекта, извършен от АДФИ, в чийто доклад са констатирани сериозни нарушения на действащите нормативни документи в България, като безstopанственост, некадърно управление и нарушения за десетки милиони евро.

Констатираните нарушения по проекта, установени от проверката на АДФИ¹², в съкратен вид са следните:

1. Само в договора НЕК ЕАД – „Атомстройекспорт“ са констатирани 9 нарушения, аргументирани в доклада на АДФИ от 11.04.2012 година.

2. Две от най-съществените нарушения са изразходваните не по предназначение средства от мостов кредит на банка „BNP PARIBAS“ в размер на € 300 мил. (€140 млн. лихви!).

3. Нарушенията при продажбата на старото оборудване за „Белене“ на руската „Атомстройекспорт“ са сериозни: при официална експертна оценка

¹² Междинен доклад на комисията на НС за проверка на АДФИ за АЕЦ „Белене“, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, код на документа 10.13

на стойността на това оборудване от € 295 млн., изготвена от компетентен оценител. След поредица от „експертни редукции“ на тази цена по неаргументирани причини от ръководството на НЕК, без протоколни записи на обсъжданията, в подписания договор за продажба стойността е намалена на €117 млн., като на НЕК до края на 2012 г. са платени реално само €87,6 млн. А любопитното заключение от тази сага е, че въпросното българско оборудване бе продадено през 2006 г. на руската компания „Атомстройэкспорт“ на цена само от € 87,6 млн., и в момента работи успешно в Калининската атомна централа в Русия.

4. Тежки нарушения са констатирани и при изразходване на целевите средства от 300 милиона лева, предоставени от Държавния бюджет на Република България за покриване на вноската на НЕК в уставния капитал на съвместното дружество с избрания стратегически партньор RWE.

Според анализите на автора на настоящия дисертационен труд, днес е повече от ясно, че проектът АЕЦ „Белене“ е в безизходица.

Доказателство за това е пълната неяснота относно хода на последния търг за нов стратегически инвеститор на проекта - „опит 5“, обявен през 2018 г. , както и актуалното състояние на действащите основни нормативни документи – ОВОС на площадката и разрешението за проектиране, с изтекла валидност през 2015 г.¹³ Редица анализи и разработки на авторитентни чуждестранни специалисти също бяха пренебрегвани¹⁴.

В заключение, ядрените експерти, включително и авторът на дисертационния труд, многократно са настоявали за провеждане на анализ на рисковете на проекта и приемане на програма за минимизирането им. Предложени са редица съвременни научно-приложни подходи¹⁵ за управление на проектния риск, които не са приложени при реализация на проекта.

Управление на научно-изследователските и проектни

¹³ Документ на АЯР, Копие на изтеклото разрешение за проектиране на АЕЦ „Белене“ на 14 юли 2015 година, “Записки по българската енергетика“, стр.60

¹⁴ The risk of completing Belene NPP, 2018, Prof. Dr. Yanko Yanev, Vienna International Nuclear Center Competence (Nuclear Energy Policy Risks and Market Risks are critical)

¹⁵ Проф-д-р Иван Георгиев, Доц.д-р Цв.Цветков, „Управление на проектния риск“, Изд.комплекс, УНСС, 2011

дейности

Включването на тези тема в анализите на дисертанта се оценява като важна за оценка и гарантиране съществуването на условия за приложение на принципа на „тройната спирала“. Без съмнение съществуването на национални компетентни звена в ядрената енергетика като НИППИЕС „Енергопроект“, „Минстрой“, Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика, Софийския технически университет, катедрите „Топло и ядрена енергетика“ и „Електрически централи и мрежи“, Софийския университет – Стопанския, Физическия и Химическия факултет и някои други звена се оценява като абсолютно необходимо. Тези институции „покриваха“ основните дейности свързани с НИП и „поддъжка“ на развитието на ядрената енергетика в България и гарантиране изпълнението на принципа на „тройната спирала“. Някои от тях имаха по-второстепенна роля, поради естеството на дейностите, които им се възлагаха, както и съобразно компетентността им, но всички те имаха участие в подготовката на кадри и разработката на различни изследователски задачи от началото на развитие на ядрената енергетика стартирало през далечната 1966 година до сега.

Основната роля при подготовка на базата за развитие на българската ядрена енергетика, обаче е играл специализирания институт „Енергопроект“ – както в НИП и комплексните изследвания за избора на площадки, така и при другите научни изследвания и участието в проектиране и авторския надзор при монтажа и строителството.

Днес, за съжаление условията за проявление на положителните ефекти от принципа на „тройната спирала“ са в сериозен дефицит поради отсъствието на едно от трите звена – научно-техническата поддръжка на развитието. Темата за важността и авторитета на централната научно-техническа организация „Енергопроект“ в енергетиката в периода 1973-2001 г., е практически неизчерпаема. На фона на неблагоприятните за него събития, случили се по-късно и довели до практическото му ликвидиране след приватизацията, все пак могат да бъдат маркирани някои от най-важните периоди в развитието специално на ядреното направление. Някои от неговите постижения, които са

го направили истинската академия на българската ядрена енергетика са:

-Ключово участие във всички проекти в ядрената енергетика в качеството му на главен проектант на всички блокове на АЕЦ“Козлодуй“, на АЕЦ“Белене“ по-късно, както и на всички специални инженерни съоръжения свързани с ядрената енергетика, с инсталации за преработване и съхранение на РАО и ОЯГ, за изследователски реактори, както и за използване на радиоактивни източници и материали.

-Участие в Държавната пускова комисия на АЕЦ „Козлодуй“ , блок 1-4, 1973-1974.

-Съществен принос при защита на експлоатацията на блокове 1-4 и повторното им пускане след спренето им през 1991 година.

-Провеждане на уникалните динамични тестове на блокове 1-4.

-Реализиране на специален режим на работа на реактори 1-4.

-Първо приложение на компютърни технологии за определяне на характеристики на реактора на 3-ти блок по време на пуск.

-„Енергопроект“ до съществуването си винаги е определял хоризонтите на развитие на българската енергетика

Едва ли има специалисти по енергетика в страната, които да не са убедени във важната и водеща роля на „Енергопроект“ във всички нейни области до критичната стратегическа грешка - пагубната ѝ приватизация през 2001 г., което доказва липсата на държавна стратегия в българската енергетика.

За последен път „Енергопроект“ доказва незаменимостта си през 1999 г., когато по възложен от ДАЕЕР договор разработва модел и проект за реструктуриране на електроенергийната система на страната и разделянето ѝ в няколко обособени самостоятелни търговски дружества. Днешната структура на българската енергетика е базирана на тази последна разработка на „Енергопроект“.

За компенсиране на тежките последствия за ядрената енергетика от загубата на елемента научно-изследователска поддръжка в „тройната спирала“, авторът предлага временна компенсираща мярка. Тя се състои в създаването към ръководството на БЕХ на специализирана временна нещататна структура **Съвет за стратегическо развитие на енергетиката**¹⁶, който да компенсира дефицитите на техническа и управленска компетентност в енергетиката. На вниманието на Министерство на енергетиката е представен вариант за организация на този съвет, с подробно разработени цели и процедури за работа.

Изводи към ГЛАВА ПЪРВА

Представените резултати от анализите в тази глава на дисертационния труд касаят специфични аспекти на развитието на ядрената енергетика в страната от първите пускове на блокове и преговорите за доставки на свежо ядрено гориво – до оценка на актуалната роля на този отрасъл за енергетиката.

Ценен принос за днешното планиране на този отрасъл е паралелният анализ и обобщените заключения на всички енергийни стратегии, разработени от различни авторски колективи, и в различни периоди от развитието на отрасъла. Въпреки това, резултатите от този анализ идентифицират редица общи и повтарящи се грешни подходи в процеса на разработване на тези документи, въпреки ясно и точно регламентираните европейски регулации на тези дейности. За съжаление и в последната енергийна стратегия (визия), представена на 17 януари 2023 г. част от погрешните подходи се повтарят – дефиниране на цели без прогноза за икономическо развитие на държавата и маркетингово проучване на регионалните потребности на енергия.

Специално внимание е отделено на политиките в договорите за доставка на свежо ядрено гориво и ОЯГ, които са анализирани

¹⁶ БЕМФ, Писмо до Министерство на енергетиката с обосновка на създаването на национален Съвет за стратегическо развитие на енергетиката, кореспонденция на БЕМФ, изх.№ МЕ-С-12/13.12.2022 г. .

ретроспективно, като са формирани и препоръки, които са публикувани от автора в специализирани сайтове.

От анализиранияте няколко инвестиционни проекта в ядрената енергетика се налагат изводите, че някои от тях, обосновани и организирани добре, са изиграли положителен ефект върху безопасността и конкурентноспособността на бранша, като например трите модернизационни проекта, за разлика от 5-те неуспешни опита за реализация на проекта АЕЦ“Белене“, класифициран от автора като стратегическа грешка от най-високото ниво-3, със сериозни икономически щети за икономиката. Авторът намира корелация между качеството на проектната структура и начина на избор на консултантите по проекта, с крайните резултати. Всички успешно реализирани проекти имат опитни международно признати консултанти, докато проектът „Белене“ затъва в неясни управленски решения, а впоследствие и в обвинения за нарушения и злоупотреби с публични средства.

В дисертацията е оценено негативно съвременното състояние и управлението на научно-изследователските и проектантски действия в енергетиката, както и състоянието на въпроса с осигуряване на кадрите специално за ядрената енергетика. Състоянието е изключително тревожно, е констатацията на автора. Липсата на последователност, приемственост и дефицити на компетентност са основните последици от липсата на стратегия за развитие на отрасъла и подготовката на кадри. Авторът предлага две компенсирани мерки – създаване на национален „Съвет за стратегическо развитие на енергетиката“ и подготовка и реализиране на широкомащабна и целева национална кампания „избери енергетиката“.

ГЛАВА ВТОРА: Стратегически анализ на текущото състояние на ядрената енергетика на България: участници, ключови проекти и стратегически действия, методология за класификация и оценка на резултатите.

Икономически характеристики и предимства на ядрената енергетика

Актуалните икономически показатели на АЕЦ “Козлодуй“ доказват безспорния ѝ принос за поддържане на релативно ниски цени на електроенергията, както и високата сигурност на енергийния баланс на страната. След 2012 г., когато дойде „ударът“ с високите цени на електроенергията от фотоволтаици, АЕЦ“Козлодуй“ продължава да поддържа ниска себестойност, с което балансира общата цена на енергийния микс и я поддържа на сравнително ниско, приемливо за потребителите ниво. Това е видно от таблица 2 в дисертационния труд, представена по-долу, за периода от 1 юли 2014 г. до 30 юни 2015 г., сравнени с тези от 1.07.2022 г.

| <i>Производител</i> | <i>Цена на изкупуване, лв/MWh</i> | | | | | <i>Коментар</i> | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|--------------------------------|
| <i>Година</i> | <i>2005г.</i> | <i>2010г.</i> | <i>2015 г.</i> | <i>2020г.</i> | <i>2022г.</i> | | |
| АЕЦ“Козлодуй“ | 14,77 | 15,75 | 29,7 | 54 | 54,77 | 60,96 | |
| ТЕЦ „Марица Изток 2 „ | 30,51 | 35,01 | 68 | 185 | 328,19 | 328,19 | <i>Ръст на цените емисиите</i> |
| ТЕЦ „Бобов дол“ | | | | | | 673,15 | |
| ТЕЦ „Русе“ | | | 285 | | | 569,68 | <i>Природен газ</i> |
| НЕК-хидро | | | | | | 80,99 | |
| НЕК-микс | | | | | | 81,9 | |
| AES | | | | | | 385,07 | |
| Contur Global | | | | | | 326,32 | |
| ВЕИ (под 500 kw) | | | | | | 279,7 | |
| ВяЕЦ | | | 138 | | | | <i>субсидирани</i> |
| ФтЕЦ | | | 220 | | | | <i>субсидирани</i> |
| Малки ВЕЦ | | | 237 | | | | |

Таблица. Сравнение на регулираните цени на електроенергията от различни производители в България

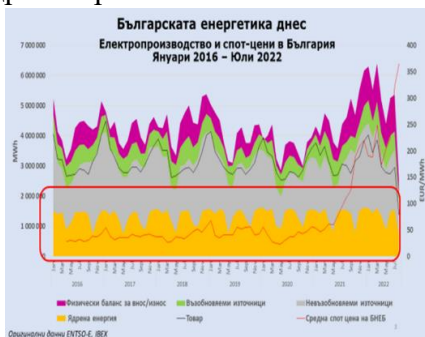
Интегрална оценка на ефектите от развитието на ядрената енергетика за страната в 6-те основни сфери: политически, икономически, социални, технологични, екологични и юридически

дава разработения от докторанта PESTEL-анализ, представен в дисертационния труд.

Все по - ясно се налага изводът, че целта на ЕС за пълна декарбонизация на сектор електроенергетика в периода до 2050 г. е невъзможно да бъде постигната без развитие на ядрена енергетика, което бе потвърдено на COP26 в Париж и на конференцията COP27 през 2022 г. в Кайро.

Защо точно ядрена енергетика ?

На двете фигури по-долу (фиг.8 и фиг.9 в дисертационния труд) са представени две диаграми, от които, на първата, се обосновава необходимостта от изграждане на нови ядрени мощности в България, отчитайки липсата на перспективи на въглищните централи и появата на голям дефицит от базова мощност след извеждането им от експлоатация. На втората фигура са представени сравнителни данни за ефективността на инвестициите в различните видове генериращи мощности, които безспорно доказват най-високата ефективност на инвестициите в ядрени проекти.



Фиг.8



Фиг.9

Тези изводи се налагат и от анализа на резултатите от най-актуалните обобщени световно усреднени показатели на инвестиционната агенция LAZARD за LCOE на електроенергията от всички известни на пазара генериращи мощности¹⁷.

¹⁷ Доклад на инвестиционна агенция Lazard, Сравнителни цени на енергията от различни източници, www.lazards-levelized-cost-of-energy-version-150-vf.pdf

Налага се заключението, че предимствата на ядрените енергийни блокове като устойчивост на производството и надеждност, свързана с независимостта им от външни фактори дава сериозно стратегическо предимство на тези технологии за бъдещото им приложение в страната, като за сега основните планове са свързани с по-нататъшното развитие на АЕЦ“Козлодуй“. Възможните направления за развитие на тази централа са свързани с две направления – максимално удължаване на експлоатационния срок на блокове 5 и 6, за което още сега е необходимо да се предприемат редица инженерно-технически мерки и да се проведат изследвания, и изграждане на два нови блока. Това е най-дискутираната в последно време тема от специалисти по ядрена енергетика в публичното пространство, като освен това предложението се обсъждат и варианти за завършване на АЕЦ “Белене“. Идеята за 7-ми и 8-ми блок набира поддръжници сред енергийни експерти и икономисти и поради провала на проекта АЕЦ“Белене“, който в момента е загубил основните разрешителни и мотивационни фактори да продължи. Съществуват и варианти за изграждане на един или два малки реактори на същата площадка. Въпреки това, пред ядрената енергетика на България стоят за разрешаване редица сложни проблеми от които зависи успешното ѝ развитие, които се дискутират по-нататък. Тук трябва да се подчертае, че какъвто и нов ядрен проект да бъде стартиран необходимо е да бъдат изпълнени редица актуални нормативни изисквания съответстващи на европейското законодателство за ново ядрено строителство, дискутирани в част 3.3.

Централизирано проектно управление и първата ядрена енергийна стратегия

За първи път през 1998 г. българската енергийна общност осъзна, че развитието на ядрената енергетика трябва да бъде поставено на систематична, структурирана основа, макар и такова изискване да не произтичаше от изискванията на нито един конкретен международен документ по това време. Така постепенно се формира потребността от разработване на национална стратегия за безопасно използване на мирния атом и развитие на ядрената

енергетика. Това е по идея на докторанта, която е била подкрепена както от ръководството на НЕК, така и от тогавашния председател на ядрения регулатор (КИАЕМЦ).

Важни обстоятелства, които са наложили необходимостта от реализиране на тази идея са развиващите се по това време няколко важни процеси в българската ядрена енергетика, свързани с неизвестността за бъдещето на блокове 1-4, планираната модернизация на блокове 5 и 6 и наложени редица нови изисквания към принципите на планиране развитието и управлението на ядрената енергетика.

Разработката на въпросната стратегия е изпълнена от НЕК, съгласувано с КИАЕМЦ, с разбирането за настъпващите все по-тежки и сложни изисквания към бъдещето на този отрасъл. Новите общоевропейски изисквания, които се е налагало да бъдат събрани в подобен стратегически документ, бяха развиващата се глобализация на пазарите, все по-строгите изисквания към опазване на околната среда, появилите се на пазара нови енергийни технологии и необходимостта от дефиниране на специфичните институционални отговорности на участниците в този ресор. За жалост дори и днес, повече от 20 години след разработването и приемането на стратегията, тези ключови изисквания към инвестиционните процеси в България се пренебрегват, като неправомерно и пагубно за държавата се заместват от политически аргументи и решения.

Така за първи път в стратегически документ, определящ развитието на този енергиен отрасъл, всички тези „за“ и „против“ са поставени обективно в контекста на бъдещото членство на страната в ЕС. Като пример за това може да се посочи залегналият принцип: изборът за изграждане на нови ядрени мощности или отказът от изграждането им да се формира въз основа на доказани икономически и технически предимства и възможност за конкурентност, а не да бъде предопределен от други съображения - политически или корпоративни интереси, на каквито прояви сме били свидетели. Другата основополагаща теза е, че евентуалното прилагане на държавни помощи за такива проекти ще се основава само на доказателства за целесъобразност, като например

намаляване на зависимостта от вносни горива, съкращаване на емисиите на парникови газове и повишаване на степента на енергийна сигурност на страната.

В стратегията¹⁸ се третира и актуалния за онзи момент въпрос с бъдещата експлоатация на блокове 1-4 в АЕЦ „Козлодуй“ и условията, при които тя би била целесъобразна, като се изтъква, че тяхната модернизация до необходимите равнища на безопасност ще изисква съществени капиталови разходи. Също така, за пръв път след 1991 г. и злополучната мисия OSART се изразява открито експертното становище, че темата за безопасността на четирите блока системно е била подценявана от държавното ръководство, въпреки многократно изразените оценки на специалисти, че не отговаря на някои от съвременните изисквания.

Този първи вариант на стратегията и концепцията за бъдещето на блокове 1-4 не е бил приемлив за ЕС, но големите спорове и разминавания в позициите на страната и на европейските институции бяха по темата кое е технически възможно и икономически изгодно.

В разработения документ се поставя за решаване и другият принципно важен въпрос - какво ще бъде необходимото електропроизводство на страната по години до 2020 и какво електропотребление то трябва да задоволява? По тази тема в аналитичната част на документа се изразява несъгласие с официалната прогноза на НЕК за потреблението и върховия товар на системата, които към 2010 г. са:

-в екстензивната прогноза на КЕ – потребление спрямо върхов товар 57 TWh/при пикова мощност 10 531 MW,

-в прогнозата на колектива, разработил ядрената стратегия („Енергопроект“ и специалисти на НЕК) – потребление спрямо върхов товар 47,5 TWh при пикова мощност от 8 800 MW.

¹⁸ Стратегия за безопасно използване и развитие развитие на ядрената енергетика в България, 1998 г., анотация, „Записки по българската енергетика“, стр.87, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski , password: Ivan Hinovski, код на документа 6.1;

В разработения проект на стратегията са представени и резултатите от всички други необходими за взимане на решения данни за структурата на производството на електроенергия в ЕЕС на страната. Разгледани са и някои от алтернативите на отделните групи мощности, но това не е свързано и не влияе на решението за изграждане на ядрени мощности. Анализирана е подробно и темата за технологичните алтернативи на реакторните инсталации към онзи момент, предложенията на пазара и финансовите параметри на проектите. Основно внимание е отделено на критериите за избора на площадка – „Белене“ или „Козлодуй“, както и на вида на реакторната технология. В документа са определени основните критерии, които трябва да бъдат прилагани при анализа на възможните алтернативи и окончателното вземане на решение:

- натрупаният опит от експлоатация на този тип реактори;
- наличното оборудване за един блок в АЕЦ „Белене“;
- готовността за търговско предлагане на усъвършенстван прототип на реакторна инсталация от този вид;
- ограниченията за единичната мощност на реакторната инсталация;
- зададеният/възможният срок за въвеждане в експлоатация, определен в националния план за развитие на генериращите мощности в електроенергийната система;
- сложността и разходите за извеждане от експлоатация на съоръжението;

В последния раздел на стратегията се поставят конкретни изисквания за бъдещото развитие на безопасна ядрена енергетика, които никога до момента не са поставяни открито в официален документ и дори и днес са актуални.

Със съжаление може да се констатира, че в нито една от предлаганите през периода 2015- 2020 година инвестиционни стратегии и планове за изграждане на нови ядрени мощности в България, такива важни изисквания, определящи безопасното им развитие, не присъстват. Те са отстъпили място на други приоритети, до голяма степен свързани с корпоративни интереси.

Категоризация на резултатите от управлението в ядрената енергетика: качествени и количествени измерители на стратегическото развитие

Авторът предлага в дисертационния труд приложение на нов систематичен подход при анализите, оценките и класификация на управленските действия в ядрената енергетика, чрез приложение на следните групи дефиниции и категории: с **положителен ефект**, или **погрешни/ от политическо, корпоративно или от технологично естество /от некомпетентност, или принудени от външни фактори/;**

Група рискове: Видовете рискове са: от **политическо, технологично** или **относно работата на централата в пазарни условия;**

Групите грешки се подразделят на: **политически принудени, управленски, или от некомпетентност;**

От гледна точка на ефектите от тези грешки те биват **консумирани, или в развитие, поправими или непоправими;**

Дефицитите в енергийните политики са: с **възможности за корекции, или без такива, т.е. консумирани;**

Категоризация на ефектите от стратегическите действия в зависимост от тежестта на последствията –положителни или отрицателни, със следните категории на тежест в зависимост от икономическите ефекти/щети;

-Първа категория: при положителни или негативни последствия от предприети и реализирани действия, които имат локален положителен ефект върху развитието на ядрената енергетика, или, ако са негативни - могат да бъдат компенсирани с алтернативни мерки и не причиняват значителни икономически щети, в диапазона до 10-15 млн.лева.

-Втора категория са положителни или негативни последствия от предприети и реализирани действия, които имат въздействие върху общия енергиен и мощностен баланс на страната, или, ако са негативни – трудно могат да бъдат компенсирани с алтернативни мерки и причиняват значителни икономически щети в диапазона от 100-500 млн.лева.

-Трета категория са положителни или негативни последствия от предприети и реализирани действия, които имат радикален положителен ефект върху развитието на ядрената енергетика, или, ако са негативни – не могат да бъдат компенсирани с алтернативни мерки и причиняват значителни икономически щети, в размер на над 1 млрд. лева.

В таблица 4 в дисертационния труд са приведени конкретни примери за оценки на предприети положителни или отрицателни стратегически действия. Тук е необходимо да се подчертае становището на докторанта, че негативни ефекти могат да се получат не само от погрешни действия по приети решения, но и при ненавременен взимане на дадени решения, или закъснения при изпълнението им.

Анализите на ефектите от изпълнение на **принципа на „тройна спирала“** трябва да дадат отговори за наличие или не на взаимодействие и синхронни политики на 3-те фактора: енергетика, държавни и публични институции, и научно-техническа поддръжка. Такива анализи са извършени и резултатите от тях са представени в настоящия труд в съответните области на развитие на проектите.

Като обобщение на резултатите от приложение на методологията в дисертационния труд са дадени осем примера за положителни ефекти и два примера за отрицателни ефекти от прилагане/нарушаване на правилата на **„тройната спирала“** в областта на ядрената енергетика.

Другата група резултати от приложение на авторската методика представена по-горе са свързани с по-важните постижения и грешки в стратегическото развитие на българската ядрена енергетика, с оценка на тежестта им съгласно методиката и могат да бъдат обобщение в следните 19 констатации, описващи 11 грешки, основно в миналото и 8 успешни действия, описани, аргументирани и категоризирани в дисертационния труд.

Актуални рискове за развитие на ядрената енергетика

Авторът на дисертационния труд предлага оценка и на различните актуални рискове за стратегическото развитие на

ядрената енергетика. Те представляват различни степени на неопределеност да бъде постигната една или друга цел, а тяхното успешно управление се постига само в рамките на пълното им интегриране в процесите на управление на отрасъла.

За избора на правилните приоритети в бъдещото развитие на ядрената енергетика на страната с оглед постигане на стратегическата цел от минимум 50% дял на ядреното производство в общия енергиен баланс на страната от съществено значение е идентифициране на рисковете пред нея и определяне на програма за действия с цел преодоляването им. За осигуряване на необходимата устойчивост в развитието на ядрената енергетика трябва да се постигне концентриране и решаване не само на проблемите породени от външните фактори, но също така и върху вътрешните. Важно е да се подчертае, че видовете рискове и броят им са променливи във времето като брой и характеристики, и са функция от редица динамични промени в пазарната среда, геополитиката и субективни управленски фактори.

Следвайки 11-те принципа на управление на рисковете пред българската ядрена енергетика в дисертационния труд е предложено степенуването им по принципите на „тежест“ на отражение на отрицателното въздействие върху постижимостта на стратегическата цел. Така авторът на настоящия труд определя основните 8 групи рискове пред развитието на ядрената енергетика на България към 2023 г., категоризирани от него по важност и ниво на критичност, както следва:

Група рискове № 1 - Осигуряване на устойчива система за доставки на свежо ядрено гориво и третиране на отработилото ядрено гориво съгласно стандартите на ЕС;

Група рискове № 2 - Загубата на елементи от тройната спирала – устойчива система за подготовка на специалисти и научно-изследователска и проектна поддръжка на развитието и експлоатацията на АЕЦ;

Риск № 3 - Липса на планове и програми на правителствено ниво за изграждане на нови ядрени мощности и подготовка на необходимите законодателна, организационна, финансова и инженерна инфраструктура;

Риск № 4 - Предопределяне на стратегически инженерни решения от некомпетентни организации, включително и намеса на политически фактори;

Риск № 5 - Диверсификация на проблемни монополни доставки на резервни части и експертни услуги от заводи-производители и специализирани институти;

Риск № 6 - Техническото постигане на ново удължаване на експлоатационния срок на блокове 5 и 6 ;

Риск № 7 - Загуба на пазарно позициониране и икономически щети от непласиране на произведената електроенергията при определени режими в ЕЕС свързан с работата на ВЕИ.

Риск № 8 – Активиране от страна на руския партньор на клаузата за приемане обратно в България на ВАО от преработката на ОЯГ

Изводи към ГЛАВА ВТОРА

Основните изводи от анализите включени в тази част на дисертационния труд могат да бъдат обобщение, както следва:

1. Представена е аргументирана икономическа обосновка на целесъобразността от изграждане на нови ядрени мощности като заместващи на въглищните централи, които в един период от време ще бъдат изведени от експлоатация.

2. Безспорно е доказан положителния принос на научно-изследователските организации в България за постигане на положителни резултати във всички фази на проектиране, изследвания, пускови действия и експлоатация на ядрената централа. Значителен е броят на положителните резултати от приложение на принципа на „тройната спирала“ в експлоатацията и модернизацията на АЕЦ“Козлодуй“.

3. Съществуването на национален научно-технически потенциал на страната способен да разработва стратегически документи е доказано още през 1998 година, когато България самостоятелно разработва първата Национална ядрено-енергийна стратегия във формат, отговарящ на всички модерни изисквания, актуални и до днес. За съжаление, предложената програма за

действия в този документ, защитаваща националните интереси е нарушавана многократно по отношение на обосновката на целесъобразността от нови инвестиционни проекти.

4. Разработаният от автора проект за създаване на „Съвет за стратегическо развитие на енергетиката“ като постоянно действащ орган към БЕХ, представлява компенсиращ механизъм на настъпилите сериозни дефицити в научно-изследователската поддръжка на енергетиката и функциите на тройната спирала и е целесъобразно да бъде обсъден на държавно управленско ниво и респективно структуриран в кратки срокове.

5. Предложената от автора методика за оценка и категоризация на резултатите от анализите на управленските действия в ядрената енергетика представлява база за толкова липсващите в тази област критерии за съпоставимост. Приведени са и полезни за практиката примери за ефектите от „тройната спирала“, както и за категоризация на управленски грешки, успешни политики и оценка на рисковете в приоритетен ред.

ГЛАВА ТРЕТА: Оценка на стратегическите алтернативи на ядрената енергетика в България: модел за стратегически действия в контекста на актуалните критерии в ЕС и постигане на пазарна конкурентноспособност, „ядреното“ дърво на България.

Апробиране на модела и новите стратегически направления - ММР

Авторът е изпълнил и представя тук резултатите от апробиране на модела за стратегическо развитие чрез приложение на новите ядрени технологии-малките модулни реактори (ММР)¹⁹. Огромните усилия на армия от изследователски институти и университети в Западна Европа, САЩ и Канада доведоха до ренесанс на надеждите на човечеството, че ядрената енергия ще

¹⁹ Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, IAEA, 2020 (<https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-power-for-the-future-new-iaea-publication-highlights-status-of-smr-development>)

бъде общодостъпна, сравнително евтина и мултиприложима за редица цели извън електроенергетиката. И като че ли големите ядрени проекти не са вече единствената алтернатива за развитие на ядрената енергетика в света, защото при тях все още инвестиционния риск поради дългите периоди на строителство и високите специфични разходи, както и другите рискове – пролиферационния, регулаторния, политическия и пазарния, остават на сравнително високо ниво. И това е причината такива големи проекти вече по-трудно да привличат инвеститори поради по-трудното набиране на инвестиционен капитал, но от друга страна, богатият положителен експлоатационен опит от т.н. опробвани технологии все още е фактор който държи пазарния дял на тези мощности на преобладаващо високо ниво.

Стимули за изследователски усилия в областта на новите ядрени технологии бяха решенията, гласувани на срещата за климата COP26 на ООН през ноември 2021 г., и на COP27 в Египет през 2022 г., където бе записано, че ядрената енергия се признава за фактор, допринасящ за нисковъглеродното бъдеще. Пак в тази връзка през юли 2022 г. Европейският парламент гласува декларация, в която инвестициите в ядрена енергия и някои форми на нисковъглероден природен газ се класифицират като устойчиви инвестиции - позиция, която няколко държави членки на ЕС приветстваха, но други не одобриха.

Това е и обяснението, че редица високотехнологични компании напредват в развитието и на най-новата технология - ММР и декларират готовност за търговска експлоатация на първите пазарни прототипи в периода до 2030 г. През 2020 година ЕК прие „Водородна стратегия на Европейския съюз“, която определя направленията, по които водородът може да съдейства за декарбонизация на индустрията, транспорта, енергетиката и ефективността на сградите. В тази връзка новите технологии на ММР са в синергия с тази стратегия поради възможностите на тези реактори за високоефективно комбинирано производство и на водород по метода на високотемпературната парна хидролиза

Общите характеристики на технологиите на ММР са представени в таблица 6 в дисертационния труд, както и във формата на SWOT– анализ, в таблица 7.

Въпреки описаните по-горе положителни характеристики на тези проекти, те притежават и някои недостатъци, поради все още развиващите се и неопробвани технологии като например: при тях поради сравнително малките размери на активната зона не се постига оптимално разпределение и висока напрегнатост на НФП като в стандартните големи реактори, което е причина за по-ниското специфично енергоотделяне в активна зона, а по-този начин и по-ниската ефективност на термодинамичния цикъл и на к.п.д. на инсталациите, както и други.

За детайлна илюстрация на икономическите характеристики на един средно взет референтен проект на АЕЦ с ММР средна мощност, докторантът е разработил специално подбран за целите на топлофикационните дружества тестов пример, подробните резултати от който са дадени в таблица 8 в дисертационния труд.

Най-характерните резултати и заключения от този тест са следните:

- 1) Необходима инвестиция от € 3447,42 mln , приемлив за едно средноголямо европейско топлофикационно дружество, с отчитане на бъдещите изисквания за декарбонизацията на енергийните производства;;
- 2) Продължителност на проекта: 48 месеца;
- 3) Нетна топлинна мощност: 874 MW;
- 4) Определената възръщаемост на проекта от 15 години може да бъде съкратена чувствително при отчитане и на приходите от продажба на топлинна енергия и на водород, което тези технологии предлагат.

ММР безспорно са в основата на трансформацията на ядрената индустрия в света днес и като такива са залегнали и като алтернативно стратегическо направление в концепцията на проекта за доктрина за развитие на ядрената енергетика на България, предложена от автора и представена в раздела 3.3. Тук се споменават в аванс някои уникални възможности на ММР за изграждане на специфични електроенергийни системи в по-малки и по-гъвкави

производства и тяхното успешно участие на енергийните пазари у нас и в чужбина. На тези пазари ще се окаже, че ще има необходимост освен от големи ядрени мощности, така и по-малки, компактни и маневрени ядрени модули. ММР предоставят редица текива предимства както за централизираната ЕЕС като възможности за балансиране на променливото производство на ВЕИ, така и за бъдещите енергийни общности и за индустриални потребители. Те могат да играят важна роля, както при осигуряването на енергийна автономност на големи индустриални клъстери, така и за снабдяване с топлинна и електрическа енергия от топлофикационни дружества на жилищни райони. Не на последно място – те предлагат и най-икономически изгодното производство на водород, което вече бе споменато и при което България има съществени предимства пред другите страни в региона поради географското си разположение и близостта до ЕС.

Актуални условия и варианти за развитие на българската ядрена енергетика.

Стартираният процес на либерализация на енергийните пазари в ЕС дефинира нови условия за развитие на електроенергетиката и ядрената енергетика и нови регулации. Така например стратегията и доктрината за развитие на ядрената енергетика в България, която предстои да бъде разработена и приета трябва бъде подчинена на изискванията и критериите към бъдещото развитие на енергетиката на страната като цяло:

- планиране на развитието на електроенергетиката с минимални разходи;
- осигуряване на условия за изпълнение на поетите от страната ангажименти към Европейската комисия по Интегрирания Национален план за енергия и климат (ИНПЕК)²⁰;
- интегрирано планиране на развитието на електроенергетиката и енергетиката за отопление и охлаждане.

²⁰ Интегриран Национален План за енергетика и климат, Министерство на енергетиката, 2020 г. <https://www.me.government.bg/news/integriran-plan-v-oblastta-na-energetikata-i-klimata-na-republika-balgariya-2021-2030-2823.html>

Отчитайки съвременните изисквания в нормативните документи на ЕС бъдещото планиране на развитието на мощностния и енергиен баланс на България, включително и ядрените мощности, е в зависимост от редица външни системни фактори, в изпълнение на ангажиментите в ИНПЕК.

За успешното изпълнение на тези цели са необходимите институционални промени в нормативната уредба съгласно европейските стандарти и създаване на условия за изпълнение на следните **13** стратегическите цели:

- 1) Разработване и приемане на нова национална енергийна стратегия и доктрина за развитие на ядрената енергетика в България;
- 2) Пълна либерализация на енергийния пазар в страната, едновременно с изграждане на национална система „Защита на енергийно уязвимите домакинства“;
- 3) Всички бъдещи инвестиции в електроенергетиката трябва да се основават на икономическа целесъобразност съгласно изискванията на ЗЕ и принципа LCP;
- 4) Подготовка за изграждане на нови ядрени мощности с отчитане на възможностите на новите технологии;
- 5) Въвеждане на експлицитно условие за провеждане на тръжни процедури за всеки нов проект съгласно параметрите на LCP, ангажиментите на страната по пакета „Чиста енергия“;
- 6) Въвеждане на системите на „зелените сертификати“ и „статистически прехвърляния“ вместо дългосрочни договори за задължително изкупуване;
- 7) Разработване на нова тарифна политика - мрежови тарифи, и повишаване на броя на тарифите за индустриалните и битовите потребители;
- 8) Въвеждане на законови стимули за новите инвестиции във ВЕИ и изискването за паралелно изграждане и на системи за съхраняване на енергия;
- 9) Създаване на законодателни стимули за развитие на енергийните общности като ефективна форма на разпределено производство на енергия и привличане на инвестиции в отрасъла;

10) Реформи в институции и енергийни дружества - излизане на АУЕР от шапката ма МЕ;

11) Излизане на „независимите“ мрежови оператори ЕСО и Булгартрансгаз от БЕХ, реформиране на НЕК ЕАД, оздравяването му и листването му на борсата;

12) Създаване на стимули за инвестиране във високоефективни когенерации на биомаса, селскостопански отпадъци и битови отпадъци, които могат да имат основен принос за устойчивото развитие на общините;

13) Разработване на национална програма и стимули за оползотворяване на геотермалния ресурс на страната.

В последните години в енергетиката на България настъпиха дълбоки технологични промени без съществени изменения в структурата на генериращите мощности, които създават рискове за устойчивостта на ЕЕС и изискват компенсиращи мерки. Тези промени се изразяват в ръст на новоизградени ВЕИ в енергийната система, които през 2020 г. достигнаха 2 211 MW, и нови заявления за изграждане и присъединяване на ВЕИ, които към 1.09.2022 г. са над 24 000 MW. Всичко това поражда сериозни рискове за балансиране на системата и сигурността на доставките. Дори тези 24 000 MW от ВЕИ да не бъдат реализирани в пълен обем към 2030 година прогнозата е те да достигнат минимум 25% от мощностния баланс, а към 2050 – 35-40% поради чисто пазарни процеси, което създава определени рискове от дискредитиране на инвестиционните инициативи (отказ от договори за изкупуване на енергията, или „отрицателни“ цени на изкупуването ѝ);

Понастоящем с приоритет трябва да се изпълнят следните мерки:

-Изграждане на ВЕЦ-ове и ПАВЕЦ-ове за компенсиране на нарастващия дял на променливото производство на зелена енергия в енергийната система;

- Нова енергийна стратегия за ВЕИ– регионални квоти за ВЕИ, изисквания за допълнителни инвестиции за съхранение на произведената енергия в определени диапазони на денонощието;

- Планиране изграждането на нови ядрени мощности с електрическа мощност от 3000-4000 MW, съгласно анализите и прогнозата на автора представени в таблици 9 и 10 в дисертационния труд. В тях

са посочени данните за прогнозите на мощностния и енергийния баланс на страната в периода 2023-2030 година съгласно ИНПЕК и Плана за развитие на мрежата на ЕСО²¹, коригирани с данните за потреблението на електромобили по данни на ИКЕМ²² и допълнени с екстраполация на резултатите от анализите и прогнозите на автора.

Така например към 2050 г. съотношението на мощностите според прогнозите на автора ще бъде 44%-АЕЦ, 42% - ВЕИ, включително и големи ВЕЦ. В същите таблици са представени и прогнозни данни с екстраполации на автора за мощностния и енергийния баланс към 2040 г., въз основа на проведени анализи и моделиране, с отчитане на реалните КИИМ по тип генерация (отчет ЕСО²²) и допускане на включване в енергийната система на два нови блока от 1000 MW и постепенно закриване на ТЕЦ на въглища (27% към 2035 г.)

Три са важните изводи и препоръки от тези прогнозни резултати:

1. Политиките на постепенно закриване на въглищните централи не трябва да се ускоряват поне до 2040 г., след което в зависимост от икономическата конюктура на добива на местни въглища и пазарните условия в региона трябва да се планират следващите действия.
2. За изпълнение на стратегическите цели на българската енергетика за сигурност на доставките, ръст на производството на беземисионна електроенергия и запазване на обема на износа на електроенергия към други системи, е необходимо изграждане като минимум на два нови 1000 MW ядрени блока до 2040 г., плюс допълнително няколко ММР;

²¹ План за развитие на преносната електрическа мрежа на България за периода 2021-2030 т., ЕСО, 2021 г.

²² Писмо на ИКЕМ до БЕМФ, Оценка на необходимия мощностен баланс на националната енергийна система на България за развитие на електромобилността до 2030 г., архив на БЕМФ, вх.№ В-ВИ-7/2022 г.

3. Ръстът на дела в общата инсталирана мощност от 23% към 2030 година спрямо базовата 2026 г. води до ръст в този период само от 11% на дела на ВЕИ в общия енергиен баланс на ЕЕС;

4. Разработване на стратегия за бъдещето на доставеното оборудване за АЕЦ „Белене“.

Като се вземе предвид съвременната геополитическа обстановка в ЕС, бъдещето на това оборудване може да се развие по следните **три сценария:**

1) Влагане на оборудването в нов проект в АЕЦ „Козлодуй“ или в АЕЦ „Белене“:

За целта е необходимо провеждане на задълбочено проучване за наличие на инженерни компании, лицензирани за дейностите по такъв проект: пре-проектиране с отчитане на съвременните нормативни изисквания, разработване на технически проект и ТОВ, поемане на гаранциите на главен технолог, главен проектант и научен ръководител на пуско-налаждъчните дейности на пускане, които са необходими за гаранциите по Виенската конвенция за гражданска отговорност за ядрена вреда на трети лица при ядрена авария. Такива компании с доказан потенциал и международен опит има в Чехия, Украйна и Финландия, като същите могат да бъдат консултирани.

2) Продажба на оборудването на трета страна: Потенциален интерес за това могат да проявят Украйна и други държави от Близкия изток, развиващи или експлоатиращи ядрена енергетика с руски технологии.

3) Включване на собственика на оборудването НЕК-ЕАД или БЕХ в международен проект за изграждане на две блока с ВВЕР-1000 в трета страна: Участието на страната може да стане чрез получаване на дялово участие в такъв проект срещу апортиране на оборудването и документацията, както и с експертен принос на опитен ядрен оператор като АЕЦ „Козлодуй“. По мнение на докторанта, този вариант има същественото предимство, че спестява на страната усилията по аранжиране на финансирането за нов ядрен проект у нас, но и недостатъка за нарушена прозрачност на сделката тъй като почива на бартер. А общоизвестно е, че такива сделки са натоварени с корупционен заряд.

Възможностите за развитие на АЕЦ „Козлодуй“ според автора към днешна дата са в две направления – максимално удължаване на експлоатационния срок на блокове 5 и 6, и изграждане на два нови блока. Това е най-дискутираната в последно време тема от специалисти по ядрена енергетика в публичното пространство, като освен това предложението се обсъждат и варианти за завършване на АЕЦ „Белене“. Идеята за 7-ми и 8-ми блок набира поддръжници основно поради провала на проекта АЕЦ „Белене“, който в момента е загубил основните разрешителни и мотивационни фактори да продължи. Изграждането на два нови блока в Козлодуй по оценка на експерти и на докторанта ще бъде по-евтино от построяването на АЕЦ „Белене“, което се доказва в дисертационния труд по-нататък. Допълнителни предимства са и обстоятелствата, че в централата има вече изградени: система за техническа вода за охлаждане, система за радиационен мониторинг и аварийно планиране. Един от основните проблеми пред проекта „7-ми блок в АЕЦ „Козлодуй“, който може да го забави е необходимостта от пре-проектиране на разширението с отчитане на всички нови изисквания за безопасност, разработване на нов Доклад за обосновка на безопасността, и доказване на техническата възможности за изграждане и на 8-ми блок.

Редица ядрени експерти споделят песимистичната прогноза, че повторно удължаване на работата на блокове 5 и 6 с нови 10 години след 2029 г. ще бъде трудно обосновано по някои технически причини, а и непрекъснато усложняващите се нови регулации на ЕС в областта на ядрената безопасност, което не означава че трябва да се откажем от този приоритет. Това всъщност означава, че такъв неблагоприятен сценарий от евентуална загуба на 2 200 MW в АЕЦ „Козлодуй“ след 2029-2030 г. трябва да бъде взет предвид и там ускорено следва да бъде планирано изграждане на между 1 000 и 2 000 MW заместващи мощности. От съображения за осигуряване на положително възприемане на този проект от ЕК, авторът предлага проектът да не се представя като „нова ядрена мощност“, а като „заместваща“ такава.

За илюстрация на изводите на автора, в таблица 11 в дисертационния труд и тук по-долу са представени обобщени икономически характеристики на три варианта на развитие на нова

ядрена мощност, включващи изграждането на нова АЕЦ и заместващи мощности на площадката на АЕЦ „Козлодуй“ – в два варианта, докладвани на международен дискуссионен форум на БЕМФ за АЕЦ“Белене“ през 2018 г.²³.

| <i>Параметър / проекти</i> | <i>АЕЦ „Козлодуй, Бл. 7 (single)</i> | <i>АЕЦ „Козлодуй, Бл. 7 и 8</i> | <i>АЕЦ „Белене“, Бл. 1 и 2</i> |
|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| Собствен капитал | 1 014 | 1 889,62 | 2 065 |
| Цена на собствения капитал | 8,68% | 8,68% | 8,68% |
| Дълг | 3 952 | 7 558 | 8 261 |
| Цена на дълга | 4,88% | 5,21% | 5,22% |
| Среднопретеглена цена на капитала (WACC) | 4,85% | 5,49% | 5,49% |
| NPV | 305,63 | 8 | -929,87 |
| IRR | 5,15% | 5,49% | 5,00% |
| NPV- очаквани разходи | 6 697 | 11 419 | 12 287 |
| LCOE | 68,66 | 70,02 | 75,37 |
| Нетно произведена електричество MWh | 438 725 693 | 877 370 547 | 877 370 547 |
| ПРИХОДИ: млн. EUR | 41 453 | 83 366 | 83 366 |

Какъвто и нов ядрен проект да бъде стартиран, актуалните общи нормативни изисквания към него са еднакви и са следните:

- Доказана реакторна ядрена технология от поколение 3+ или по-нови, налични на пазара в ЕС от страни-членки на ОИСР (OECD);

- С предимство ще се ползват ММР поради предимствата им за условията на енергийната система на България;

- Достатъчно високо ниво на ядрена безопасност – съответстващо на изискванията и стандартите на ЕС;

- Допълнителни изисквания на ЕС по отношение на експлоатацията:

- Устойчива и успешна работа в условия на конкуренция на либерализирани пазари / регионални доставки на съседни енергийни мрежи;

²³ Иван Хиновски, „Предварителна оценка на предимствата, рисковете и възможностите за реализация на нова ядрена мощност в АЕЦ“Козлодуй“, Национален дискуссионен форум, БЕМФ, 20.02.2018 г., Народно събрание

-Диверсификация на доставките на ядрено гориво и висока ефективност на горивния цикъл;

-Нов пазарен формат на дългосрочни търговски договори за продажба на енергията, или договори за разликите от типа CfD;

-Ефективна структура на проекта и финансирането, включително включване и на доставчика на оборудването;

-Предварителна квалификация на доставчиците на оборудването – членство в ОИСР;

-Офертите трябва да включват ясни и обосновани ангажименти за :

1. Приложение на опробвани и световно доказани решения на проблемите с извеждане от експлоатация и управление на отработилото ядрено гориво;

2. Ангажименти и гаранции за спазване на графика за строителство и бюджета на проекта.

Предварителните „отключващи“ условия на старта на подготовката на един нов ядрен проект в България, съгласно PESTEL-анализа, които са и условия на ЕК са:

Политически:

- Приемане на нова Национална енергийна стратегия с определяне на ролята на ядрената енергетика и постигане на консенсус в обществото и в Народното събрание;

- Разработване на актуален технико-икономически анализ на потенциалните варианти на такива проекти – блокове 7 и 8 в АЕЦ“Козлодуй“, АЕЦ“Белене“, регулиращи или многоцелеви ММР или други технологии и предлагането им за публично обсъждане и постигане на консенсус;

- Разработване и представяне на ЕК на устойчив модел на проекта с отчитане на възможностите му за работа на либерализирания пазар на електроенергия и участието в проекта на акционери от други държави в региона.

Технически:

- Разработване и приемане на Национална стратегия за управление на радиоактивните отпадъци и отработилото ядрено гориво;

-Завършване и представяне за публично обсъждане на резултатите от дейностите по избор на площадка и прединвестиционното

проучване за изграждане на Национално хранилище за окончателно подземно съхранение на ОЯГ и висосоактивни РАО;

-Представяне на доказателства за устойчиви решения и обществено приемане на инвестиционния проект от общините-приемници на тези съоръжения;

-Включване на опцията за нова ядрена мощност в 10-годишните планове на ЕСО за развитие на електрическите мрежа;

-За проектите да бъдат избирани „опробвани“ ядрени технологии от поколение 3+ за големи реактори или ММР-и след тръжна процедура.

Доктрина за развитие на ядрената енергетика в България 2022-2040 г.: принципи и цели

Авторът на дисертационния труд предлага и обосновава целесъобразността на използване на термина „доктрина“, преди „стратегия“, поради по-комплексния ѝ характер. Доктрината, според него представлява развита и допълнена стратегия с редица други необходими документи: планове и действия, които осигуряват ефективността ѝ, както и регламентиран ред за актуализацията ѝ и разработване на поредната редакция. Такива са например определени срокове и времеви хоризонти в нея, цели и критерии за успех на отделните мерки, необходими промени в законодателството и нормативната уредба, система за осигуряване на качество и текущ контрол, отговорници и участници в процеса. В редица публикации²⁴, ²⁵, ²⁶ и други, както и в горния раздел авторът развива отделни аспекти на така необходимата на страната доктрина. За визуализация на различните алтернативи на развитие е

²⁴ Иван Хиновски, Доктрина за развитие на ядрената енергетика в България, Списание „Ютилитис“, бр.10, декември 2022 г., ISSN 1312-3017).

²⁵ Иван Хиновски, Антон Иванов, Доклад на научния форум „Енергийната трансформация в България в контекста на плана RePowerEU“, Научноизследователски център по енергиен бизнес и инфраструктура на УНСС, 27.02.2023 г.

²⁶ Иван Хиновски, Актуално състояние на българската енергетика и стратегическата роля на ядрената енергетика, Научно списание на УНСС, 2022г.

разработено т.н. „дърво“ на алтернативите, представено тук, както и на фиг. 11 в дисертационния труд.



Фиг.11. „Дърво“ на алтернативите за стратегическо развитие на ядрената енергетика в България

Всеки един от представените на фигура 11 различни алтернативи има своята специфичност по отношение на областта на приложение и целите на инвестицията, въпреки, че всички те имат общи характеристики, които са представени в приложения в таблица 12 на дисертационния труд SWOT-анализ.

Днес вариантите за стратегическо развитие на българската ядрена енергетика съгласно резултатите от анализите на автора се характеризират така:

1. Все по-трудно и малко вероятно изглежда реализирането на **алтернатива 1а** или **4а** (вариант с използване на доставеното оборудване за ВВЕР-1000), описани тук и по-нататък от докторанта и представени на фиг.11.

2. Изграждане на един или два блока с голяма мощност на площадка „Козлодуй“ от ново поколение след международен търг и условие за участие в производството на компоненти от оборудването в България (**алтернативи 1б** или **4б**).

3. Изграждане на два малки модулни реактори на площадка „Белене“ със спецификация за комбинирано производство на водород (**алтернативи 2** или **5**), въз основа на международен търг и преговори за стратегическо партньорство при производството на елементи от тези съоръжения. Изграждане на два ММР с обща електрическа мощност в диапазона 1000-2000 MW на площадка в близост до София (Кремиковци или Гара Яна) със спецификация за комбинирано производство на електрическа и топлинна енергия за отоплителни и охладителни цели на територията на София (**алтернатива 7**).

Което и да е от коментираните възможни направления на развитие на ядрената енергетика да бъде избрано, целите за защита на критичната инфраструктура²⁷ като условия за постигане на безопасност и сигурност, и осигуряване на антипролиферационните технически мерки, са в основата на приемливост на проекта.

Резултатите от проведените изследвания и анализи за разработване на доктрината дават основание за интегралното ѝ представяне в таблица 13 на дисертационния труд.

Сравнителен анализ на предлагания модел и на изследваните чуждестранни модели.

Изказването на европейския комисар по енергетика г-жа Кадри Симсон, че „*Ядрената енергетика присъства в плановете на ЕК за зелена трансформация*“ се потвърждава и от фактите: към 2030 г. дела на производството на електроенергия с ядрен произход ще се повиши до 15-16% от общия обем за Европа. Пак по оценки на ЕК общо за ЕС до 2030 година в ядрената енергетика ще бъдат инвестирани € 350-400 млрд. за подмяна на остарели ядрени

²⁷ Доц.д-р Цв.Цветков & други, „Защита на критична инфраструктура-икономика и организационни аспекти“, Фонд НИД, УНСС, София, 2011

блокове с нови, в това число и € 40-50 млрд. за удължаване на ресурса на някои ядрени блокове.

Становището изразено от автора на дисертационния труд е, че не трябва да се губи време в безсмислени дискусии „за и против ядрената енергия“, защото редица други страни, много по-консервативни от България в тази област досега като Полша и Великобритания активно обръщат погледи към тези технологии и вече имат подписани предварителни договори за съвместни изследвания и строителство с някои от големите технологични компании. Начало на нови инвестиции в тази област декларира и редица други страни от Западна Европа като Швеция, Франция, Финландия.

От паралелния анализ на ядрено-енергийните стратегии на други европейски страни се налагат следните важни за България изводи и заключения:

Чехия: Планира една от най-екстензивните програми за ядрено строителство за изпълнение на целта за пълна климатична неутралност към 2050 г. Планират се 6 (или дори 7) нови големи атомни централи с мощност от 1200 MW след проведен международен търг.

Планирани са и 4 нови АЕЦ с ММР, основно за комбинирано производство на електроенергия и топлинна енергия, като на всичките тях са определени и лицензирани площадки в близост до големи градове.

Съседна Румъния се отказва се от решението да разширява АЕЦ“Черна вода“ с нов блок CANDU и е подписала договор GE-Hitachi за съвместни проучвания за изграждане на 3 броя ММР по поречието на р.Дунав за комбинирано производство на електроенергия и други продукти.

Полша: В приетата от страната национална енергийна стратегия се планира поетапно заместване до 2050 г. на въглищните централи със строителството на нови 6 ядрени блока. Проведен е международен търг, който е спечелен от две компании Westinghouse с проекта AP-1000 и Korea Hydro&Nuclear Power Company с APR-1400.

Полша е първата страна в ЕС, в която частни индустриални компании вече имат подписани МоU с доставчици на ММР, като това са GE-Hitachi с модела BWRX-300 и NuScale с модулния реактор от 77 MW.

Изненадващо за мнозина енергийни анализатори през 2022 г. Полша подписа МоU първо с корейската компания за изграждане на 4 блока с реактори APR-1400 на Балтийско море.

Полша е развила и ще приложи оригинален подход за организация на новите ядрени проекти, който ще привлече инвеститори²⁸.

Словакия е другата „ядрена“ държава в Централна Източна Европа, която планира интензивно развитие на ядрена енергетика с цел постигане на ядрен дял в националния енергиен баланс от минимално 55%. Планирано е изграждане на 2 нови блока 3-ти и 4-ти с 1200 MW в АЕЦ „Моховце“ и други 2 блока в АЕЦ „Бохунице“.

В енергийната доктрина на **Унгария** включена в националния план „Енергетика и климат“ на страната е предвидено постигане на амбициозната цел от 90% беземисионна енергетика до 2030 г., което включва следния план за действия:

- Удължаване експлоатационния ресурс на действащите 4 блока с ВВЕР-440/модел 213 на площадка „Пакш“ с 10 години;
- Затваряне на всички въглищни централи до 2025 година;
- Строителство на нови 2 блока от типа АЭС-1200 на РОСАТОМ на същата площадка;
- Повишаване дела на ВЕИ в националния енергиен баланс до 40%;
- Изграждане на системи за съхранение на електроенергия от ВЕИ с мощност минимум 1000 MW до 2026 година, плюс минимум 100 MW до 2030 г. на разположение за първично регулиране на честотата в ЕЕС.

Изводи към ГЛАВА 3

²⁸ Horbaczewska, Ł. Sawicki, The SaHo Model for Nuclear Power, IAEA Virtual Event EVT1904634, 1-3 March 2022

Анализите в Глава 3 са посветени на задачата за изготвяне на прогноза и формулиране на основните цели на дисертационния труд – анализи на рисковете пред отрасъла, както и изследване на критериите и ограниченията при апробиране на модела. Съществената цел на представените резултати от изследванията в тази глава са избор на варианти и подходи за реализиране на стратегическа цел - дял на ядреното производство над 50% в общия енергиен баланс на страната към 2050 г.. Това е аргументирано с предложение на няколко конкретни стратегически инвестиционни проекти: изграждане на два нови големи реактори с единична мощност от 1000-1200 MW, както и няколко 4 или 5 малки ММР, чието приложение и разположение тепърва трябва да се уточнява. Дискутиран е и проблема с потенциалния формат на проекта за използване на доставеното оборудване за АЕЦ“Белене“, по която тема авторът предлага варианти за решаване на казуса.

Особен акцент в дисертационния труд е даден на необходимите промени в нормативната база, както и неотложните решения на управленско ниво за стартиране на големите инвестиционни проекти, както и подготовка на проектите с ММР, подобно на всички други страни в Централна и Източна Европа.

Представен е и сравнителен анализ на ядрените стратегии в други страни от ЕС, както и ключови изявления на комисаря по енергетика в ЕК г-жа Кадри Симсон относно бъдещето на ядрената енергетика, изводите от които са, че предложените в дисертационния труд стратегически действия и национална ядрена доктрина съвпадат с целите на други европейски държави.

В представените данни за интензивността на дейностите в областта на ядрената енергетика в други страни от Източна Европа и от паралела със състоянието в България се налага констатацията за съществено изоставане, което трябва в съкратени срокове да бъде компенсирано.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Темата за стратегическото развитие на ядрената енергетика в България е изключително актуална днес като фактор за енергийна и

национална сигурност в контекста на динамиката на геополитическите събития на международната сцена, целите за декарбонизация дефинирани в „Зелената сделка“ и ПВУ, постигане на диверсификация на услуги и доставки на ядрено гориво и внедряване на нови технологии. Това се доказва от анализите и констатациите в хода на дисертационния труд. Значимостта на темата се дължи и на редица външни фактори, продиктувани от все по-динамичната обстановка в енергетиката и турбулентността на енергийните пазари.

Предимствата на българската ядрена енергетика, които се доказват в този труд са, че:

1) тя осигурява устойчиво евтина базова електроенергия в продължение на целия експлоатационен период, което е особено важно за стандарта на крайните битови потребители в България;

2) производството на електроенергия от ядрен произход, поради себестойността ѝ след изплащане на инвестицията е с най-висок потенциал за износ;

3) страната все още разполага, макар и с прогресивно намаляващи ресурси, на опитни и добре обучени специалисти ангажирани във всички фази на инфраструктурното развитие на тази област, осигуряващи условия за изпълнение на стратегическата цел – постигане на дял на ядреното производство от минимум 50% в общия енергиен баланс.

Това обстоятелство от една страна благоприятства стабилността на отрасъла и националната икономика, но от друга - поставя за решаване редица други сложни задачи, необходимостта от множество реформи и нови инвестиционни проекти с оглед запазване на стратегическата ѝ роля. В контекста на бъдещото развитие на ядрената енергетика в дисертационния труд са представени и анализирани някои от по-сериозните актуални рискове пред нея, върху които трябва да се работи за да бъдат компенсирани.

В дисертационния труд са идентифицирани също така и някои от основните недостатъци и пропуски в досегашното управление на този отрасъл като са очертани проблемните области в развитието им чрез задълбочено приложение на редица нови

политики и съвременни изследователски научни методи, с идеята за постигане на основната стратегическа цел. Освен за изпълнение на вече споменатите планове, прилагането на извършените анализи спомага и за емпирично доказване на предложените в дисертационния труд стратегии, програми за действия и политики, както и за сформирание на конкретни предложения за усъвършенстване на дейността на държавните и регулаторните институции, отговорни за тези дейности.

Важен продукт от авторските анализи в дисертационния труд е разработеният проект на програмата за привличане на професионален интерес към енергетиката и компенсирание на тежките кадрови дефицити.

Авторът защитава основната теза в дисертационния труд, че развитието на ядрена енергетика и постигане на основната ѝ цел: дял в брутното национално производство на електроенергия от над 50% от ядрени източници е възможно и е фактор за повишаване на националната сигурност и поддържане на стабилност на националната икономика. За това Република България се нуждае от една нова пазарно ориентирана енергийна политика и реформи в областта на цялата енергийна индустрия, включително и доктрина за развитие специално на ядрената енергетика, чиито принципи авторът е разработил и предлага. Основа за това е публично обсъждане и приемане от Народното събрание на нова енергийна стратегия, отчитаща съвременните световни критерии и стандарти за ядрена сигурност, безопасност, екологичност, равнопоставеност и недискриминационни условия за развитието на алтернативни енергийни технологии. Такава стратегия (визия) бе представена пред енергийната общественост на 17.01.2023 г. от Министерство на енергетиката, което е стъпка по пътя на стратегическото развитие на ядрената енергетика. В този важен правителствен документ, обаче, са необходими допълнения на нови политики, планове за разработване и приемане на нови нормативни документи и уточнения, както и разработване на работна програма за реализацията ѝ в практиката.

Един от основните изводи от проведените проучвания на тази сложна и комплексна тема като стратегическото развитие на

ядрената енергетика е, че анализите на базисни понятия като „енергийна политика“ и приложение на принципа на „тройната спирала“ са ключови за намиране на оптималните решения. Важна информация и база за бъдещото развитие дава и ретроспекцията на действията и развитието на отрасъла до настоящия момент, и особено анализа и класифицираните от автора стратегически грешки в развитието му. Всички те са представени и анализирани в първата и втората част на дисертационния труд.

В третата част на труда са изяснени бъдещите стратегически действия в българската ядрена енергетика в контекста на актуалните критерии на ЕС и постигане на пазарна конкурентноспособност. За тази цел аргументирано се предлагат нови политики и технологични направления, които трябва да бъдат следвани за осигуряване на успешно изпълване на съдържанието на дефиницията „стратегическо развитие“.

V. СПРАВКА ЗА ПРИНОСИТЕ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

-Разработена е характеристика на развитието на ЯЕ от началния пуск на ядрената централа до днес;

-Аргументирана е икономическата целесъобразност от изграждане на заместващи мощности с цел декарбонизация на енергетиката;

-Анализирани и оценени са резултатите от разработените енергийни стратегии и изследователски проекти по ЯЕ,

-Идентифицирано е множество от грешки на управленски подходи и решения с негативни резултати за състоянието и развитието на ЯЕ;

-Установени са дефицитите в политиката за управление на свежото ядрено гориво в условията на производствен монопол и са дефинирани ефектите от нея като един от най-сериозните рискове за развитие на ЯЕ;

-Установен е проблема за нарушаване на принципа за „тройната спирала“ при стратегическото планиране, проектиране и реализиране на развитието на ЯЕ;

-Представени и оценени са многобройни конкретни приноси на „Енергопроект“ и НИП за развитие на ЯЕ, като е отбелязан ефекта от „пагубната приватизация“ на дружеството и са предложени цели, структура, предмет на дейност и мерки за компенсиране на дефицитите и укрепване на секторния НИП;

-Предложена е авторска методика за оценка на резултатите от стратегическите управленски решения;

-Предложена е оригинална систематизация на рисковете за развитие на ЯЕ и мерки за тяхното управление;

-Разработено е „дърво“ на развитието на ядрената енергетика в България;

-Разработени са основните принципи на бъдещата доктрина за развитие на ядрената енергетика, визуализирана оригинално чрез „дисекция“ на енергетиката.

VI. ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Иван Хиновски, *Актуално състояние на българската енергетика и стратегическата роля на ядрената енергетика*, Научно списание на УНСС, 2022 г.
2. Иван Хиновски, *Доктрина за развитие на ядрената енергетика в България*, Списание „Ютилитис“, бр.10, декември 2022 г., ISSN 1312-3017).

3. Иван Хиновски, Антон Иванов, *Икономически характеристики на ядрената енергетика на България и приноса ѝ за декарбонизация на икономиката*, Научен форум „Енергийната трансформация в България в контекста на плана RePowerEU“, Научноизследователски център по енергиен бизнес и инфраструктура, УНСС, 27.02.2023г.
4. Монография „*Записки по българската енергетика*“, Издателство Сиела, 2021г.
5. Ivan Hinovski, „*The place of the nuclear option in the national energy strategy of Bulgaria*“, 7-th Regional Congress of Central and Eastern Europe on Nuclear Technologies, 11-12.09.2022., Prague, Check Republic (in English), https://www.szwgroup.com/central-eastern-europe-nuclear-industry-congress/news_detail.aspx?id=1132095
6. Ivan Hinovski, *Decarbonization of Bulgaria's energy sector: options for energy development with a 2050 horizon*, Conference of Atlantic Club “Energy Dissected”, 17.02.2023, Sofia, Boyana Government Residency (in English)
7. Иван Хиновски „*Предварителни оценка на предимствата, рисковете и възможностите за реализация на нова ядрена мощност*“, Национален дискуссионен форум, “Изграждането на АЕЦ“Белене“-целесъобразност, алтернативи, икономически модели“, Народно събрание, пл. „Народно събрание“, зала „Изток“, 20.02.2018 г.
<https://www.bulenergyforum.org/bg/arhiv-energiino-subitie/izgrazhdaneto-na-aecbelene-celesobraznost-alternativi-ikonomicheski-modeli>

VII. ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА:

1. Проф.д-р Димитър Димитров, проф.д-р Тилчо Иванов, проф. д-р Цветан Цветков и др. „Корпоративна сигурност“, Издателски комплекс- УНСС, София, 2021
2. Тодор Недев, УНСС, „БНЕБ-възможности за управление на риска“, IDEAS, 2019,
<https://ideas.repec.org/a/dat/earchi/y2019i2p33-43.html>
3. Проф.д-р Димитър Димитров, „Приложение на сценарийното планиране в бизнеса, отбраната и сигурността“, Изд.комплекс,

УНСС, 2012

4. Енергийна стратегия, 1999, пълен текст,
www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski ,
password: Ivan Hinovski, код на документа 16.1
5. Енергийна стратегия, 2002, пълен текст,
www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski ,
password: Ivan Hinovski, код на документа 16.2
6. Енергийна стратегия на 2011, пълен текст,
www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski ,
password: Ivan Hinovski, код на документа 16.3
7. Иванов,Т. “Икономически анализ в публичния сектор“,
Поредица „Управление на промяната“, ИПОИ при БАН,
Сдружение Джордж Маршал, 2009
8. Michel Hansen, Trends in Uranium Supply, IAEA Bulletin,
vol.18,NO 5/6, 1982,
https://www.iaea.org/sites/default/files/185_604881627.pdf
9. Доклад на АЕЦ“Козлодуй“до НЕК, Доклад с данни за откази
на ядрено гориво, 14.10.1997г.
www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski ,
password: Ivan Hinovski, код на документа 1.12 и 1.13
10. EBRD, Kozloduy NPP Units 1-4 Decommissioning
Programme and the National Disposal Facility
<https://ecepp.ebrd.com/delta/viewNotice.html?displayNoticeId=20878279>
11. Нотариално заверена декларация за напускане на проекта
АЕЦ“Белене“ от RWE,
www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski,
password: Ivan Hinovski, код на документа 10.12
12. Междинен доклад на комисията на НС за проверка на АДФИ
за АЕЦ“Белене“, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski,
password: Ivan Hinovski, код на документа 10.13
13. Документ на АЯР, Копие на изтеклото разрешение за
проектиране на АЕЦ“Белене“ на 14 юли 2015 година, “Записки
по българската енергетика“, стр.60
14. The risk of completing Belene NPP, 2018, Prof. Dr. Yanko Yanev,
Vienna International Nuclear Center Competence (Nuclear Energy

Policy Risks and Market Risks are critical

15. Проф-д-р Иван Георгиев, Доц.д-р Цв.Цветков, „Управление на проектния риск“, Изд.комплекс, УНСС, 2011
16. БЕМФ, Писмо до Министерство на енергетиката с обосновка на създаването на национален Съвет за стратегическо развитие на енергетиката, кореспонденция на БЕМФ, изх.№ МЕ-С-12/13.12.2022 г.
17. Доклад на инвестиционна агенция Lazard, Сравнителни цени на енергията от различни източници, www.lazards-levelized-cost-of-energy-version-150-vf.pdf
18. Стратегия за безопасно използване и развитие развитие на ядрената енергетика в България, 1998 г., анотация, „Записки по българската енергетика“, стр.87, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski , password: Ivan Hinovski, код на документа 6.1;
19. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, IAEA, 2020 (<https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-power-for-the-future-new-iaea-publication-highlights-status-of-smr-development>)
20. Интегриран Национален План за енергетика и климат, Министерство на енергетиката, 2020 г. <https://www.me.government.bg/news/integriran-plan-v-oblastta-na-energetikata-i-klimata-na-republika-balgariya-2021-2030-2823.html>
21. План за развитие на преносната електрическа мрежа на България за периода 2021-2030 т., ЕСО, 2021 г.
22. Писмо на ИКЕМ до БЕМФ, Оценка на необходимия мощностен баланс на националната енергийна система на България за развитие на електромобилността до 2030 г., архив на БЕМФ, вх.№ В-ВИ-7/2022 г.
23. Иван Хиновски, „Предварителна оценка на предимствата, рисковете и възможностите за реализация на нова ядрена мощност в АЕЦ“Козлодуй“, Национален дискуссионен форум, БЕМФ, 20.02.2018 г., Народно събрание
24. Иван Хиновски, Доктрина за развитие на ядрената енергетика в България, Списание „Ютилитис“, бр.10, декември 2022 г.,

ISSN 1312-3017).

25. Иван Хиновски, Антон Иванов, Доклад на научния форум „Енергийната трансформация в България в контекста на плана RePowerEU“, Научноизследователски център по енергиен бизнес и инфраструктура на УНСС, 27.02.2023 г.
26. Иван Хиновски, Актуално състояние на българската енергетика и стратегическата роля на ядрената енергетика, Научно списание на УНСС, 2022 г.
27. Доц.д-р Цв.Цветков & други, „Защита на критична инфраструктура-икономика и организационни аспекти“, Фонд НИД, УНСС, София, 2011
28. Horbaczewska, Ł. Sawicki, The SaHo Model for Nuclear Power, IAEA Virtual EventEVT1904634, 1-3 March 2022



**Economics of Infrastructure Faculty
Department of National and Regional Security**

IVAN VASSILEV HINOVSKI, NuclEng.

**STRATEGIC DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER
INDUSTRY IN BULGARIA**

SUMMARY

of the PhD dissertation to acquire an academic and scientific
doctoral degree in the scientific field of study Economics and
Management (Economics of Defence and Security)

Scientific supervisor:
Assoc. Prof. Dr. Noncho Dimitrov

Sofia 2023

The dissertation was discussed and scheduled for defence by the Department of National and Regional Security of the University of National and World Economy of Sofia.

The author is a PhD student in the same department. The research and developments presented in the dissertation were performed at the University of National and World Economy of Sofia, Kozloduy NPP and Energoproject in the period 1997 to 2021.

The dissertation includes 135 standard pages and contains: introduction, list of the abbreviations, glossary, body in three chapters, conclusions, and reference list. There are 46 references, 39 of them are in Bulgarian and 7 in English. The publications on the subject matter of the dissertation are 7.

The defence of the dissertation will be held on 27 June 2023 at 10 am in the Scientific Council's meeting room, at the University of National and World Economy of Sofia. The materials for the defence of the dissertation are available to the stakeholders in the Scientific Councils Section at the University of National and World Economy of Sofia.

USED ABBREVIATIONS

| | |
|-------|--|
| BEH | Bulgarian Energy Holding |
| BNAO | Bulgarian National Audit Office |
| CDCC | Central Dispatch Control Center |
| DSR E | Directorate for Scientific Research of Energoproject |
| EBRD | European Bank for Reconstruction and Development |
| EC | European Commission |
| EIB | European Investment Bank |
| EPA | Environmental Protection Act |
| EPG | Electric Power System |
| ERP | Recovery and resilience plan |
| ESO | Electricity System Operator |
| EU | European Union |
| EVIC | Electric Vehicles Industrial Cluster |
| EWRC | Energy and Water Regulatory Commission |
| IAEA | International Atomic Energy Agency, Vienna |
| IBEE | Independent Bulgarian Energy Exchange |
| IGA | Intergovernmental Agreement |
| MAERF | Ministry for Atomic Energy of the Russian Federation |
| ME | Ministry of Energy |
| MEB | Management and Employee Buyout |
| MEER | Ministry of Energy and Energy Resources |
| NA | National Assembly of the Republic of Bulgaria |
| NEC | National Electric Company |
| NP | Nuclear Power |
| R&D P | Research and Development Process |
| SAEER | State Agency for Energy and Energy Resources |

GLOSSARY

BEP - Basic engineering phase: Phase of the preparation of data and documentation for the modernization of Units 5 and 6 at Kozloduy NPP

BWR - Boiling water reactor uses demineralized water as a coolant and neutron moderator.

ECK - European Consortium Kozloduy - An association of several companies for the implementation of the modernization at Units 5 and 6 of Kozloduy NPP

ECU - European currency unit, which is the predecessor of the Euro currency unit

EIAR - Environmental Impact Assessment Report according to Environmental Protection Act: An expert report containing assessments and conclusions for eligibility of a given investment project in terms of the admissibility of the level of environmental damage

HTGCR - A high-temperature gas-cooled reactor is a nuclear reactor that uses a graphite moderator with a once-through uranium fuel cycle.

JVA - A business arrangement in which two or more parties agree to pool their resources to accomplish a specific task

LC - The load capacity is the relation between the theoretical and practical electricity generation by a given energy generation installation defined on an annual basis.

LCP - An optimization model for planning the development of the energy system with minimum costs of the electric power industry and the public

MoU - Memorandum of Understanding

NPF - Neutron Field; A physical parameter of nuclear reactors characterizing a certain form of neutron distribution in the reactor core

NRA – UN Nuclear Regulatory Agency

NSA - Nuclear Safety Account - a special collection account of the European Bank for Reconstruction and Development for nuclear safety projects

PESTEL- A PESTLE analysis studies the political, economic, sociological, technological, legal and environmental aspects of an industry, policy or project.

PSAR – Periodic *SAR*

PWR - A pressurized water reactor (PWR) is a type of light-water nuclear reactor. The Russian version of this type is known as WWER.

Recognized nuclear technology - a technology that has a recognized market application.

SAR Safety Assessment Report, which is equivalent to the Safety Case

SMR - Small Module Reactors: Nuclear reactors of a new generation which have a smaller capacity and some advantages compared to the large power reactors;

SNF - Spent Nuclear Fuel after it has been used for electricity generation in a nuclear reactor;

SWOT - SWOT stands for Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats, and thus a SWOT analysis is a technique for assessing these four aspects of a given project or initiative.

Triple helix - A regulatory requirement in the European practice for the organization of investment projects aiming at the synergy involving the three components science, implementation and state/legislative/regulatory institutions.

UCTE - Union for the Coordination of the Transmission of Electricity

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE PHD DISSERTATION

Relevance of the topic

Today, the future role of nuclear energy is undoubtedly topical issue in the light of the policies adopted for the decarbonisation of industry and energy sector in Europe and all over the worlds, and, in particular, after the recent declarations of the governing political structures of the European Union and the past two UN climate change conferences - COP-26 and COP-27, recognising its future contribution.

Very important for the public circumstances and details about the development and management of the Bulgarian nuclear power industry in the period after 1989 until today have not been analyzed and discussed, which is considered a gap in the field of electric power industry. Being an active participant in the transition process of this industry from a central planning system to a system, which is more market-oriented and risk-involving, the author shares his experience and, on this basis, makes detailed multilateral analyses of the processes, proposing solutions to improve the conditions for the development of this industry, offering new policies and presenting a vision for its development.

The fact that the PhD student is an author or a direct participant in many of the analyses and developments presented, and sometimes only an observer or a critic, allows him to claim authenticity and objectivity of everything presented, and the proposed results-programmes, policies and strategic actions contribute to the management science in this industry.

II. SCOPE AND STRUCTURE OF THE PHD DISSERTATION

1.1. Stages of development of the Bulgarian nuclear power industry - strategic decisions and a short history of the construction of Kozloduy NPP

The PhD dissertation consists of an introduction, three chapters conclusion and a bibliography with a total of 140 pages, 13 tables and 11 figures. The bibliography consists of a reference list and publications of the PhD student. The references are 37, 34 of them are in Bulgarian and 4 in English. The number of publications is 12.

The PhD dissertation is structured as follows:

INTRODUCTION

CHAPTER ONE: Strategic analysis of the development of nuclear power in Bulgaria: Strategic decisions, fuel cycles, integrated facts

1.1. Stages of development of the Bulgarian nuclear power - strategic decisions and a short history of the construction of Kozloduy NPP

1.2. A summary of the energy strategies in Bulgarian related to the nuclear power - system mistakes, external factors and results

1.3. Outline of the issues of the stakeholders in the process of generation, trade and reprocessing of nuclear fuel

1.4. Approaches and tools for studying the contribution of the main investment projects to the strategic development of nuclear power industry. Summary of the results of the project management in nuclear power

1.5. Characteristics of the management of the R&D and engineering activities in Bulgaria as a contributor for a strategic development of nuclear power and a component of the triple helix. European dimensions of the achievements

1.6. Conclusions to Chapter 1

CHAPTER TWO: Modelling of the current state of nuclear power in Bulgaria: Players, key projects and strategic actions, methodology for classification and assessment of the results.

2.1. Economic characteristics and advantages of nuclear energy and its contribution to the national economy and national energy balance.

PESTEL analysis

2.2. A model for centralized project management for the development of Bulgarian first nuclear energy strategy and its significance for the strategic development of nuclear energy. European dimensions of the achievements

2.3. Methods for evaluation and categorization of the results of the analyses of management actions in the nuclear power industry

2.4. Analysis of the current risks for the development of nuclear power in Bulgaria in the new geopolitical situation in Europe and proposals for their compensation

2.5. Conclusions to Chapter Two

CHAPTER THREE: Assessment of strategic alternatives for nuclear energy in Bulgaria: a model for strategic action in the context of current EU criteria and achieving market competitiveness, Bulgarian "nuclear" tree.

3.1. Validation of the model and new strategic directions in the development of the Bulgarian nuclear power - criteria, analysis of the limitations and risks, and action programme. SWOT analysis of the new small module reactor technology

3.2. Current conditions and options for the development of Bulgarian nuclear power in the context of the requirements of the European regulations. Concept for nuclear power development. Required institutional actions

3.3. Concept for the development of nuclear power in Bulgaria for the period 2022 to 2040 and a tree of the alternatives for development. Principles and objectives

3.4. Comparative analysis of the offered model and researched foreign models

3.5. Conclusions to Chapter 3

IV. CONCLUSION

V. CONTRIBUTIONS TO THE PHD DISSERTATION

**VI. PUBLICATIONS ON THE TOPIC OF THE PHD
DISSERTATION**

VII. REFERENCES

III. CONTENTS AND RESULTS OF THE RESEARCH

INTRODUCTION

The term 'strategic development of nuclear power'

At the beginning of the research, it is necessary to clarify the term '**strategic development of nuclear power**', which according to the writer is *'the process of development of plans, solutions and actions for implementing the mission and objectives, the strategy and planning of the investments and taking actions with long-term consequences for the development of the nuclear power in Bulgaria adhering to the regulatory requirements for nuclear and radiation safety, international standards for nuclear security and proliferation, diversification of the nuclear fuel supply and performance of the main goal: keeping the leading role and competitiveness of national nuclear power by achieving a share of over 50% in the national energy balance by 2050.* Analyses and researches related to this strategic development are important due to the fundamental nature of this part of the energy industry being crucial for the national energy power industry and national security.

The **research problem** identified in this PhD dissertation is the lack of an up-to-date, well-founded strategy and action programme accepted with consensus by the public and at political level, which is the main reason for the lack of adequate governmental actions for the development of nuclear power in Bulgaria.

In the course of the development of this dissertation, the **main aim and objectives** of the dissertation are defined as follows:

- **main aim:** definition of arguments, policies, legislative solutions and appropriate investment programmes to increase the share of nuclear power in the Bulgarian gross electricity generation (above 50% after 2050);
- **objectives:** definition of the required management actions and measures to maintain the levels of nuclear safety, nuclear security and economic efficiency at target levels in compliance with the current standards and the draft of the new national energy strategy announced on 17 January 2023.

An essential part of the research problem includes the identification of the strategic aspects of the development of the nuclear industry by application of new technologies.

The task of the PhD dissertation is by analysing the recent development and the current situation in the nuclear industry to summarize the conclusions and define quantitative and qualitative criteria for ensuring long-term prospects for development of the nuclear industry in the period 2023 to 2050 to achieve the strategic goal for development by 2050: *increase in the share of nuclear power to over 50% of the national energy balance by 2050.*

It is necessary to point out the importance of the following objectives in the PhD dissertation related to the proposals of policies and measures to:

1. Achieve and adhere to high levels of safety, operational reliability, corporate and nuclear security in accordance with current international standards;
2. Establish energy price levels in the investment process according to the LCP principle;
3. Maintain a sustainable process of application of innovations and implementation of new technology projects that contribute to achieving the main aim.

The task of the research also includes an analysis of structural processes, key management and corporate policies and implemented/unimplemented projects, and the findings of the author.

The topic of the research is nuclear power in Bulgaria, in particular the structure of the nuclear industry, internal processes and interactions, the development prospects, as well as the barriers to this development, and the subject of the research is its strategic development, including the nature, specifics, policies, reasons for the current situation, objectives, criteria, significant factors, technologies, methods, etc. in the long-term plan from 2023 to 2040. According to the author, the objectives and success criteria for such development at least include:

- 1) Maintain the share of nuclear power generation in the national energy balance at the current level at competitive market prices;
- 2) Follow the priority 'Safety First';

- 3) Ensure diversification of fresh nuclear fuel supply from qualified suppliers from OECD countries;
- 4) Ensure corporate security and a sustainable system for training staff for nuclear power;
- 5) Ensure safe treatment and permanent storage of all categories of radioactive waste and spent nuclear fuel;
- 6) Construction of replacement capacities for Units 5 and 6 at Kozloduy NPP;
- 7) Application of the new nuclear technologies for small modular reactors for electricity and heat co-generation at competitive prices.

By researching the nature, specifics and application of the strategic prospects of nuclear energy, summarized conclusions are made for the development and security of the entire energy power industry in the country.

The specific objectives of the dissertation are:

- To identify and analyse management mistakes in the past, to summarize the findings and conclusions that minimize their recurrence;
- To define new strategic development objectives to maintain and increase its share in the national power and energy balance, while ensuring greater security of supplies;
- To examine the strategies and factors which limit and impede the development of nuclear power generation.

The research thesis is that maintaining and increasing the share of nuclear energy is of strategic importance both for the sustainability of the Bulgarian economy and for the entire energy system of our country.

The leading methodological principles in the dissertation are:

- *The thesis 'Information is not knowledge'*: Research is not just a process of gathering information, but rather than *giving a structured answer to a group of questions* that in many cases are controversial.
- The definition 'strategic development of the nuclear energy' gives an idea of the complexity of the problem of strategic development of nuclear industry, which is not limited to one project, one development programme or one policy.
- Researching and defining solutions to problem areas in nuclear power requires a thorough application of various scientific methods to prove the author's statements.

- The complexity stems from the difficulty of finding authentic and objective information and data on which to base the research - *in most cases, these are usually limited, for official use, incomplete, difficult to find and systematize, and for some topics - with a limited level of access, which makes it difficult for the author and affects the quality of the research.*

- The following six research methods are used:

- document (expert) analyses;
- decomposition of comprehensive issues;
- policy synthesis;
- comparative analyses;
- SWOT analyses, and
- PESTEL analyses.

Limitations of the research: Many side processes and policies that support nuclear power development are not analysed, including: the role of nuclear power in the national fuel-energy balance, the mathematical modelling of plans and strategy for development, and the political factors for future development. Other limitations stem from the fact that nuclear power generates electricity, thermal energy, radioactive products, and spent nuclear fuel, but the subject of the dissertation is the prospects related to electricity generation only.

The research of the methodological aspects of strategic threats and prospects is made in order to predict the external factors which reduce the uncertainty of the threats to the security of nuclear power in all aspects.

A methodology for a practical study of the fields of strategic development of nuclear power in Bulgaria is developed and is to be validated in the real practical conditions of the nuclear industry. Accordingly, the possible contribution of the dissertation will be sought, i.e., the evaluation of the advantages and prospects of different nuclear generation technologies, the development of methods for the research of the strategic prospects of nuclear energy in Bulgaria, the practical study of the strategic prospects and the development of strategies to enhance the security of the entire energy power industry.

The accomplishment of the objectives set in the dissertation is connected to the achievement of the research main aim. The transition from theoretical knowledge to practical application and scientific innovation has been fulfilled. The improvement of existing strategies through acquiring the methods and skills used for analysis and justification are scientific innovation and methods to prevent negative situations in the future.

The loss of documentary and institutional memory in the nuclear industry, which is a fact today, is one of the gravest management mistakes with serious negative consequences for the development of nuclear power industry - loss of competitiveness and managerial energy, lack of personnel competence, understated corporate security, repetition of the same management mistakes and even, in some cases, moral degradation of high-rank officials.

CHAPTER ONE: Strategic analysis of the development of nuclear power industry in Bulgaria: Strategic decisions, fuel cycles, integrated effects

Stages of development of the nuclear power industry

For an unbiased assessment of the state and development prospects of the nuclear power industry, the dissertation provides an overview of the stages of nuclear power development, with an analysis of the chronology of events, management actions and strategic solutions. This part of the PhD dissertation describes the stages of the construction of the first nuclear power plant in Bulgaria - Kozloduy NPP with the author's analyses of some of the first strategic mistakes in the choice of technology. Also, the lack of "freedom" in the choice of partners in the supply chain of nuclear fuel and other spare parts and services was discussed.

The construction of Kozloduy NPP began on 6 April 1970 on a site located about 4 km from the middle of primary navigable waterways of the Danube River, 5 km east of the town of Kozloduy, selected on the basis of the input data prepared by Bulgarian institutes, Toployelektroproject of Moscow and the Scientific and Research Institute for Engineering and Consulting Services Energoproject of Sofia. These institutes prepared the technical design and detailed designs for the first four units.

The dissertation highlights the important fact that over a hundred thousand designers, researchers, construction workers and engineers from Bulgaria were involved in the construction of the facility, which is still unique. This proved the principle of the triple helix, which was functional at the time. Several entirely Bulgarian projects implemented for the first time in the world practice in the construction of nuclear power plants were carried during the the project. Some of these technical solutions developed by Energoproject are significant engineering achievements which attracted the attention of experts from many other countries.

The first stage in the construction of the plant was completed with the construction of Units 1 and 2, equipped with pressurized water reactors having electrical capacity of 440 MW each (VVER-440, model

B-230), and commissioned in July 1974 and November 1975, correspondingly.

In parallel with the construction of Units 1 and 2, the construction of the next two units began in October 1973, which was the second stage completed with the commissioning of Units 3 and 4 in December 1980 and May 1982 correspondingly, with the same reactor type but having the advanced safety systems compared to Units 1 and 2. The author points out that this was the reason why these two pairs of reactors were later evaluated with a different level of safety.

The commissioning of Units 5 and 6 with VVER-1000/B-320 reactors was the third stage carried out in September 1988 and December 1993 correspondingly. These units were equipped with a number of advanced installations such as passive safety systems, reactor containment, and automated process I&C system. A spent nuclear fuel (SNF) storage facility was built. A modern training centre was constructed for the training of Units 5 and 6 operating personnel. In 1997-2000, a low- and intermediate-level radioactive waste treatment plant and a temporary spent fuel storage facility were built at the plant site. Later, both facilities were transferred to the new state company for radioactive waste.

The PhD student points out that one of the most difficult phases in the development of the Bulgarian nuclear power industry after 1989 was the time when Kozloduy NPP was subject to a series of international safety reviews. The first of them, the IAEA OSART mission to Units 1-4, was 'requested' by the Bulgarian Government in June 1991 and identified a number of issues in the plant operation and maintenance. After pressure from the EU, a procedure was launched to shut down the four units because they 'did not meet European safety standards'. Units 1 and 2 at Kozloduy NPP were shut down for decommissioning in 2004 and Units 3 and 4 were shut down for decommissioning at the beginning of 2007. Thus, Bulgarian nuclear power industry lost 1760 MW of its basic installations for electricity generations at the lowest cost in Europe.

As a contemporary and participant in the processes of that period, the PhD student finds the response and governmental disagreement to the earlier closure of Units 1-4 at the Kozloduy NPP in Bulgaria as insufficient.

On 29 November 1999, EU Commissioner for Enlargement Günther Verheugen stated: '...the Commission's understanding is that the final shutdown of Units 3 and 4 of Kozloduy NPP will take place in 2006 at the latest, under the agreement signed in 1999', despite then Prime Minister Ivan Kostov's statement to the EC that this would happen '...in 2008 and 2010 correspondingly.'

In the process of analysing the circumstances and facts related to the closure of these reactors, the PhD student discovers and highlights a number of important assessments and official statements about the imposed pressure, but omitted and neglected by the statesmen at the time, for example:

- In 2003, the IAEA stated in an official statement that the EC no longer had arguments to challenge the safety of Units 3 and 4 at Kozloduy NPP on the grounds that: *'Following the positive assessment given to the Nuclear Regulatory Agency, the EC should no longer challenge the operating licenses they issued for Units 3 and 4 for a period of 8 and 10 years respectively.'*

- Despite the above competent positive assessment, Units 1 and 2 of Kozloduy NPP were closed in 2004 followed by Units 3 and 4 at the beginning of 2007.

In 2007, Kozloduy NPP operated with a load capacity factor of 83.58%, which is one of the highest achievements worldwide. The plant management priorities have always been to maintain a high level of safety and reliability, which is indirectly proven by the high load capacity factor in the plant's operating history. However, this does not mean that all operating threats and risks, such as corporate security²⁹, market security³⁰ and cyber security, have been adequately addressed in the recent years of development of the electric power industry, which are the challenges to the nuclear industry. Some of these issues are further addressed in the dissertation.

Energy strategies of Bulgaria

²⁹ Prof. Dr. Dimiar Dimitrov, Prof. Dr. Tilcho Ivanov, Prof. Dr. Tsvetan Tsvetkov, etc. „Corporate Security“, UNWE Publishing House Sofia, 2021

³⁰ Todor Nedev, UNWE, „IBEX- options for risk management“, IDEAS, 2019, <https://ideas.repec.org/a/dat/earchi/y2019i2p33-43.html>

In the post-1989 period, in response to the requirements for modern economic and energy development in Bulgaria, the development of energy strategies was initiated in order to plan the optimal development of the energy sector. Accordingly, the author analyses the approaches and methodologies applied, the technology of planning and justification of one or another decision, which as a final result, shapes one or another state investment strategy. The author's thesis is that a wrongly chosen approach and planning technology may cost Bulgarian society a lot, the main risk being a waste of public resources and unjustifiably high energy prices. Last but not least, behind a biased, or may we call it 'tailored' energy strategy, corporate and often corrupt interests are hidden. And in the Bulgarian energy expert circles an opinion has been shared for a long time that all the energy strategies developed and adopted in the country in the years after 1989 to the present days are to one or another degree presented in one or another strategic goal, behind which corporate interests hide. This is the statement of the author of the present research, due to his continuous participation in various 'creative' document development teams, referred to in high terms: *the latest, newest, most objective, and most important for the country's energy development strategy*. Development planning technologies in this sector have been for a long time out of date both in the relevance of methodology³¹ and in their development.

An expert analysis of the first three official energy strategies that can be considered 'governmental' since they were developed and presented on behalf of the relevant governments and were approved by decisions of the respective councils of ministers was made. The general shortcomings of these programme documents were that they did not define the time frame for the assessments and proposed actions, and others had a very short time period - only 5 years for the first governmental strategy of 1997 - or very ambitious time periods - such as the strategy for the period 2010 to 2030.

The 'governmental' strategies analysed are as follows:

³¹ Prof. Dr. Dimitar Dimitrov, Application of the scenario planning in the business, defence and security, UNWE Publishing House, 2012

4) *Energy Strategy, 1999, full text published in 2001, referred to as the 'Strategy 2001'*³²;

5) *Energy Strategy of the Republic of Bulgaria, published in 2002, referred to as the 'Strategy 2002'*³³;

6) *The Energy Strategy of the Republic of Bulgaria until 2020, published in 2011 under the slogan 'For reliable, efficient and cleaner energy', referred to as the 'Strategy 2011'*³⁴.

Some of the recent governments, for one reason or another, have functioned in a new period of intensive changes and new energy policies, which prevented the free launch of large investment projects without serious justification. This required, where appropriate, outsourcing of such developments. Such examples are the several outsourced analyses and developments whose objectives and results are analysed in the dissertation as follows:

- Bulgarian Energy and Mining Forum, 2009, *Analysis of the options for the development of energy generation installations in Bulgaria by 2030*, commissioned to - NEC EAD, 2009;

- Bulgarian Academy of Science, 2016, *Preparation of a national strategy in the field of electric power industry (with focus on electricity generation industry)*, commissioned by BEH EAD, 2016;

- Black Sea Energy Research Centre, *Forecast for the total energy balance of the Republic of Bulgaria for the period 2021 to 2030 and with timeframes by 2050*, commissioned by the National Trust Eco-fund, 2018, in fact, the government of the Republic of Bulgaria.

The author of the research appreciates the fact that these three institutions were summoned to support the justification and development of the policies of the government and the public companies NEK-EAD and BEH on the most complicated issues of the current development in the industry, but disagrees with the fact that all three developments were commissioned without tender procedures, without pre-defined Terms of Reference and the requirement to provide a list of experts. In most cases,

³² Energy strategy, 1999, full text, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, document code 16.1

³³Energy strategy, 2002, full text, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, document code 16.2

³⁴Energy strategy 2011, full text, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, document code 16.3

the contractors developed the terms of reference on their own, which limited the relevant document to the level of expertise of the team. These developments, whose objectives and technologies of the analysis have general and specific characteristics, pursue the same objective: how to develop the Bulgarian power industry in the most efficient manner for the public benefit.

All the analysed energy strategies and developments have one common goal, and most often it is to **prove the need for expanding the generation capacities or in short - the construction of power plants**. The only exceptions to this objective were the energy strategies developed by the Bulgarian Energy and Mining Forum in 2009 and the Black Sea Energy Research Centre in 2019.

The three 'governmental strategies' apply different methods to prove the need for extensive development of generation installations. Therefore, the analysed documents offer us a wide variety of forecasts by type and content, which in many cases contradict each other, **almost all of them are not verified** as already mentioned, and **in a number of cases they also seem illogical. A serious disadvantage common to all three governmental strategies is the underestimation of the role of energy efficiency**. The chosen approach is one of easier and more business attractive planning, involving the construction of new energy generation capacities.

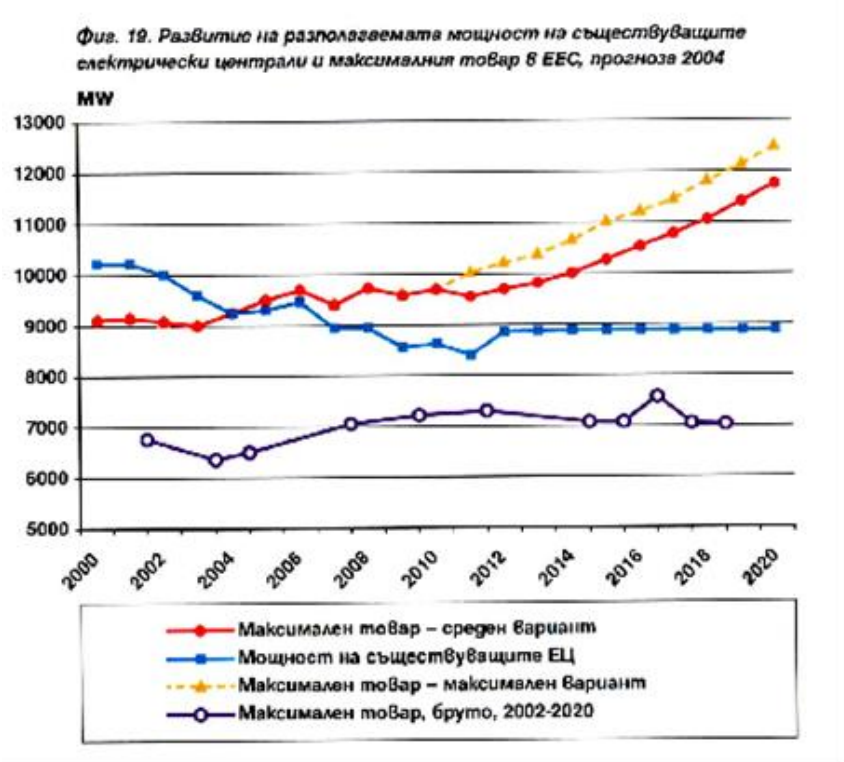
Each of the strategies listed also has its specifics and methodology, resulting from the particular period in the development of the energy power industry, management views on the feasibility of the approaches, and the data and results, which 'convince' us of the correctness of the conclusions, etc.

Comparing the approaches and methodology, as well as the results of the forecasts available to specialists in the different strategies and analyses developed in the period 1999 to 2010, the following conclusions are made according to the analysis of the data in the figures enclosed in the dissertation:

7. There are only two developments that stand out, which do not require a specific investment project and these are the BEMF analysis of 2009 and the GERB energy strategy of 2011. These are characterised by a relatively good compliance of forecasts with the actual data;

8. The excellent compliance with actual data also shows the forecast of electricity generation for the estimated period 2004 to 2015 in the 1999 Strategy developed by the United Democratic Forces.

9. The most serious forecast errors and deviations from actual data for energy power industry development are shown in the analyses of the *Parsons*, consultant for the Belene NPP project of 2004, clearly seen in the figure below. The forecast error is an increase of peak load by more than 40% in the period 2010 to 2020.



10. The error in the forecast for the installed capacity in the strategy of the National Movement for Stability and Progress of 2004 compared to the actual one is due to the fact that at this time it was not possible to predict such rate of renewable sources of energy for the period 2005 to 2015. The rate of implementation of these installations reached up to 17 500 MWe;

11. The forecasts in the 1999 strategy of the United Democratic Forces, despite the ‘target task’ to justify the new capacities

in the Maritsa East complex, are characterized by good accuracy of the predicted electricity generation (Fig. 2 in the dissertation) and the installed capacities (Fig. 4. in the dissertation), but with erroneous predictions for the maximum load (Fig. 5 in the dissertation) and gross consumption (Fig. 3 in the dissertation), which is an indirect justification of the appropriateness of the construction of the new generation capacities

12. The author of the analyses considers unrealistically high and difficult to explain the forecasts in two of the analysed documents - the growth of installed capacity (Fig. 4 in the dissertation) in the analysis of the Black Sea Energy Research Centre and the potential for electricity export (Fig. 6. in the dissertation) in the BAS analysis. The explanation is that the BAS strategy seeks ‘synthetic’ evidence for the appropriateness of the Belene NPP, and the improper results in the forecast of the Black Sea Energy Research Centre are due to the assumption of intensive investments in new renewable sources of energy which despite their large capacity have a low contribution to the energy balance.

The author's findings from the analyses and results presented in this part leads to the conclusion that there are methodological mistakes in the approach applied when planning the development of electric power industry. Outsourcing the development of strategies with pre-selected initial conditions to pre-selected teams of experts is a vicious approach and does not comply with good European practices³⁵ for economic analysis and planning of the activities of public companies in the electric power industry, which are well-established in the regulations.

Fresh nuclear fuel and spent nuclear fuel

The dissertation also addresses the important issues of fresh nuclear fuel supply and spent fuel policies for the Bulgarian nuclear power industry, which remain particularly relevant today. Accordingly, an expert analysis of the development of the conditions for the supply of fresh nuclear fuel to Kozloduy NPP, as well as the problems with spent nuclear fuel is made.

³⁵ Ivanov, T “Economic analysis in the public section, Publication Series Management of change, Institute for parallel processing at BAS, George Marshal Association, 2009

The supply of fresh nuclear fuel to Kozloduy NPP since the beginning of the plant operation has been based on a series of intergovernmental agreements (IGAs) between the People's Republic of Bulgaria and the former Soviet Union, dated from 15 July 1966, 1 October 1981 and the supplemented IGA of 27 March 1984. They clearly state that Russia is the *'successor to all obligations under these agreements, including the by-products of these supplies'*. The supplies were and are still made under long-term framework contracts, initially by the foreign trade company Energoimpex, and subsequently by divisions of the Ministry of Energy, the Energy Committee, the Energy Association, again the Energy Committee and finally the Ministry of Energy. The trading partners in the transactions were the Energy Association, and later following the restructuring of the industry after 1994 - NEC, and finally the commercial company Kozloduy NPP.

For the production of the nuclear fuel for Kozloduy NPP, Bulgarian uranium, enriched in Bulgaria to the so-called 'yellow cake' under a 15-year export contract with the former USSR, the price calculated for this Bulgarian product in the fuel was in the range of 60 to 130 Russian Roubles per kilogram of metal. By comparison, the prices of 'yellowcake' on the international exchanges in the period 1976 to 1986 increased steadily and did not fall below 200 US dollars per kilogram of heavy metal³⁶. This, according to the PhD student³⁶, was one of the strategic mistakes of the then managers of the electric power industry, which did not find enough courage and arguments to put an end to this unfair trade practice for Bulgaria.

The standard fuel assemblies for the stable mode of operation of the WWER units, P-3,6, with 3.6% isotope enrichment of ²³⁵uranium cost about 60,000 Russian rubles per fuel assembly for the first deliveries in 1974 and reached 120,000 Russian roubles per fuel assembly at the end of the 15-year contract period. The prices in question were considered strictly confidential and determined solely by the former Soviet Union and accepted unconditionally by Bulgarian energy traders. Even the doubling of fuel supplies after 1980 in connection with the commissioning of the two new Units 3 and 4 was not considered as

³⁶ Michel Hansen, Trends in Uranium Supply, IAEA Bulletin, vol.18,NO 5/6, 1982, https://www.iaea.org/sites/default/files/185_604881627.pdf

grounds for discount, yet requested by the Bulgarian side. By 1991, the price of nuclear fuel reached a record-breaking level of 120,000 Russian roubles per fuel assembly and happened to be one of the highest prices for Russian fresh nuclear fuel paid by the Council for Mutual Economic Assistance countries - another unfavourable commercial practice for the Bulgarian nuclear power industry.

Despite the political changes in 1989, the supply of fresh nuclear fuel continued under the existing contracts. The price of the supplies was regularly updated according to a Russian methodology unknown to the Bulgarian side. It is to the credit of both parties, however, that they were not influenced by political processes and the security of supply was maintained at a professional level, but, in fact, Bulgaria did not have any other choice.

In 1991, after the establishment of NEK EAD, whose organizational structure also included Kozloduy NPP, the nuclear fuel import regime was changed - the Bulgarian contractor was no longer Energoimpex, but NEK EAD. At that time the two 5-year contracts for the supply of fresh nuclear fuel for WWER-440 and WWER-1000 were re-signed with the Techsnabexport, Russian nuclear fuel supplier.

Both contracts, apart from the 5-year supply period, contain a clause of the 'firm commitments of the buyer for amounts and deliveries at fixed prices'. What is significant in this case is that the 'firm commitments' affect only NEC, the buyer, thus ensuring on the one hand, a firm monopoly of supply by a single Supplier for the five-year period, and on the other hand '*penalties for smaller amounts of fuel deliveries than the scheduled*' (reduced deliveries) amounting to the nightmare penalty of 10,000 USD for a rejected delivery of fuel assembly for WWER-440 and 32,660 USD for rejected delivery for WWER-1000! There is another restrictive non-market condition, which is explicitly stated in the contracts before 1991 - the deliveries and use of nuclear fuel from suppliers other than the Russian Techsnabexport would not be allowed. The author compares it to the equivalent '*take or pay*' clause in the natural gas supply contracts with Gazprom, another Russian monopoly supplier.

An expert comparative analysis of the calculations and pricing schedule performed by the author shows a strong irregularity - low costs

for the uranium raw material, its processing and enrichment, as well as the production of the fuel rods; at the same time, production prices of a fuel assembly are high, which is unexplainable. The fuel price for the WWER-1000 units at Kozloduy NPP, as indicated in the contractual Annexes 1993 ranges from 382,665 USD to 391,925 USD per fuel assembly depending on the enrichment. This, according to experts, is an inexplicably higher price compared to the fuel price for WWER-400 and in contradiction with the global market trends of logical decrease in the fuel costs for large conventional reactors. Moreover, a number of analyses, both by Kozloduy NPP experts and official statements by the then plant management, contain findings of another significant drawback of this fuel (in addition to its high cost) - fuel rod failures imposing certain power limitations.

The most interesting aspect of the commercial 'art' of the Russian supplier is the new condition in the contracts, stating that *'in case of improvement of the quality of the nuclear fuel and its new performance indicators, the prices of the delivery are subject to increase'*(?!)

Other issues inadequately settled in nuclear fuel supply contracts are the warranty period and the option for claims, which according to the author and nuclear fuel experts are symbolic. Up to date, in the operating practice of Kozloduy NPP, the nuclear fuel supplier has not borne any responsibility for real issues occurred with the fuel they supplied, but for understandable reasons nobody dared to make claims, complaints or at least brought up the issue to a higher level. Other difficulties stem from the fact that warranties are valid only under certain conditions, very often formal and difficult to achieve, which limits the possibilities of making claims that can be proved. These include, for example, the condition that fuel should be stored at the plant before refuelling (for not more than one year!) and the introduction of the definition of 'calendar operating time' instead of 'fuel cycle duration'.

The conclusion from the summary report on the statistics of nuclear fuel failures due to various causes for a long period of operation of Kozloduy NPP until 2000 prepared by the author is given in a table in

the dissertation³⁷. However, it is difficult to make a proper unbiased conclusion what the level of reliability of Russian nuclear fuel is. And the main reason is the lack of a basis for comparison with other similar reactor installations and other alternative nuclear fuels of other manufacturers. Fortunately, today this process of monopolistic domination of the fresh nuclear fuel market by one manufacturer in Bulgaria is coming to an end with the emergence of offers from other companies.

In the history of operation of WWER-1000 Units at Kozloduy NPP, however, there have been several cases in which abnormal operating modes occurred due to fuel defects, resulting in long periods of operation at reduced power - up to 70% of rated power. One of these cases caused serious problems in the electric power grid since they occurred in winter. A very recent example is dated back to 2021 when Unit 6 at Kozloduy NPP was operated at a reduced power of 1007 MW due to safety requirements. In conclusion, however, the author expresses his personal expert opinion that, despite the defects, Russian nuclear fuel has good performance indicators. This is confirmed by the relatively low fuel failure factor affecting the overall plant reliability.

The most serious engineering issue to be addressed, which is of key importance for the prospects of nuclear power in Bulgaria, is the issue of safe and sustainable treatment of SNF. And here the problem is that due to the lack of such technologies on the market, the common practice of deferred solutions is imposed - long-term storage in repositories of different types at the sites of the nuclear facilities or transportation to other locations, in many cases, in Bulgaria, in particular, without specified final conditions and consequences.

In the first Intergovernmental agreements between Bulgaria and the former USSR of 15 June 1966, for the construction and operation of the WWER-440 Units at Kozloduy NPP, the return of spent nuclear fuel was not agreed, but the general understanding of the Bulgarian experts was clearly expressed in the text stating '*Russia is the successor in title to all obligations under these agreements related to nuclear fuel*', i.e. it

³⁷ Report of Kozloduy NPP to NEC, Report for nuclear fuel failure, 14.10.1997. www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, document code 1.12 and 1.13

does not clearly about the issues related to the transport operations and the return of the Bulgarian spent nuclear fuel to the USSR.

Later, however, Russia reconsiders the clauses of this agreement and insisted that Bulgaria should pay for the services of receiving, storing and reprocessing spent nuclear fuel. The discussions on the subject were brought up again in 1994, when for the first time the Russian party contributed to a further complication on the issues by imposing on Bulgaria, in addition to paying for the SNF service, another very severe condition that Bulgaria must prepare to take back from Russia the *'vitrified high-level waste after the expiry of the required time for their in the reprocessing plant'*. And categorically states, *'If such an agreement can not be reached, the Bulgarian side will solve the issue of spent nuclear fuel from Kozloduy NPP on its own.'*

This is an unexpected change in Russian policy towards Bulgarian nuclear power creating one of the highest risks analysed by the author in the dissertation in Section 2.4. However, the Bulgarian side also accepted this condition unquestioningly and uncritically.

The major commercial dispute in the trade relations on the subject of the return of SNF to Russia, in which the author of the dissertation was directly involved, is the contractual fuel price - the unjustified high Russian price of 660 USD/kg of heavy metal in the fuel, compared to the justified Bulgarian offer of 400 USD/kg. With the price dispute still open, a number of other important clauses and technical parameters of the transaction were clarified for the first time in 1997, the process in which the PhD student also took part.

In conclusion, from a methodological point of view, the author's opinion is that the strategic objectives in the field of nuclear fuel supply to Kozloduy NPP since the plant commissioning until the current days have been met – the fuel supplies were sustainable and secure, but they have undergone several changes which can be summarised in three different phases of development, each having its own specifics, commercial policies and results, as described in the dissertation.

Modernisation and investment in nuclear power

The topic of modernisations and investments in nuclear power is included in the dissertation because it is relevant to the aim and research objective of defining the parameters of strategic development of nuclear power.

The first significant modernization in nuclear power was the modernization of Units 1- 4 at Kozloduy NPP under the the EBRD funds. It was implemented in the period 1995 to 2001 and was the first major investment project in Kozloduy NPP after the shutdown of these units in 1991, which, in fact, temporarily resolved the issues and make possible their restart. The strategic objective of this project was to upgrade Units 1- 4 and bring their safety level in line with European standards. The financing amounting to 23 million ECU was the EBRD-NSA grant based on a signed Memorandum and Tripartite Commercial Contract between EBRD-NSA, the Energy Committee and NEC³⁸. The clauses in the contract were very severe and unfavourable for Bulgaria - apart from the grant, and Bulgaria was obliged to fulfil a number of conditions and commitments, the most severe of which was the earlier closure Units 1- 4 (despite the upcoming modernizations and the new level of safety achieved), **without providing any financial resources for this**. The implementation of the project led to the replacement of a number of safety-related systems and the significant enhancement of the safety of all four units.

This project did not end the modernization of Units 1- 4. Over the past 15 years of their operation, a number of other new upgrades were carried out with own financial support, aimed at safety improvement in compliance with increased global standards and with technological developments in the nuclear industry. These proper management decisions were taken with the hope that this would be appreciated and that the EC would change its decision for the earlier closure. For example, between 1991 and 2002, three major new modernisation programmes were implemented, the first two at Units 1– 4 and the third at Units 3 and 4, totalling to 245 million USD. Between 2000 and 2002, another 66 million USD was invested in the same units. By the end of 2005, when all the measures to increase their safety level were effectively

³⁸ EBRD, Kozloduy NPP Units 1-4 Decommissioning Programme and the National Disposal Facility, <https://ecep.ebrd.com/delta/viewNotice.html?displayNoticeId=20878279>

completed, in compliance with the conditions of the long-term operating licences received (underestimated by the EC!), further upgrades were carried out at the cost of 14.3 million EUR.

In 1996, the second modernization program was **prepared at Kozloduy NPP, which was the first modernization programme at Units 5 and 6 of Kozloduy NPP**, was implemented in the period 1996 to 2007. This project is one of the Bulgarian commitments in the NSA contract under the EBRD for grant funding of the first four units presented above. This is another but with the largest budget investment project at Kozloduy NPP after the modernization of Units 1- 4, whose strategic objectives were to increase reliability and safety through the upgrades of process systems and to ensure the plant operation by the end of their design operating lifetime. The operator of the nuclear facility, at that time NEC, was provided with a justification report analysing the current state of reliability and safety of operation of these installations. The report was prepared by the Association of International Nuclear Regulators and ended with a recommendation that these facilities should be upgraded to improve their reliability and safety, and achieve efficient operation by the end of their operational lifetime. The project was implemented by a special European Concorium Kozloduy involving the 3 European companies Siemens, Framatome and Russia's Atomstroyexport, and also the American Westinghouse. It was not before 2001, when the project budget of 425 million USD (314 million EUR) was calculated and provided for the implementation of 204 technical measures to increase nuclear safety and operational reliability. Funding was provided under long-term loan agreements with Euratom Bank - 220.5 million EUR, Citibank - 72.5 million USD, Rosexsim - Russia - 52 million USD and Kozloduy NPP with 146 million EUR of its own funds, as 60 million EUR of which has already been invested. The rest of the modernization works, at the cost of 87 million USD, were commissioned to Westinghouse, which provided the financing through US banks.

The modernisation focused on measures to improve the stability and reliability of the reactor core long-term cooling, radiation and fire safety and protection, emergency power supply and operational reliability. The implementation was carried out without any additional

outages - for four continuous phases during the annual outages and refuelling.

By implementing this modernisation programme, Kozloduy NPP successfully implemented the recommendations specified in the IAEA guidance document for the WWER-1000 B-320 type reactors. As additional positive effects of the implemented modernization, several outcomes apart from enhanced plant safety and reliability can be listed.

It is very important that in 2007, after the completion of this programme, a significant change in the condition of the plant compared to 2001 was identified. The main change was not only the new level of plant safety and reliability but also the positive effects of the application of the triple helix principle. The reason was that almost two-thirds of all 212 measures were related to applied scientific analyses to prove the new safety level.

This project is considered a strategic success for nuclear power because for all these facilities to remain in operation by the end of their operating lifetime, it became obvious that a continuous verification of their safety level and periodic modernizations is required. For this reason, the US safety standards established by the US Nuclear Regulatory Commission requires US nuclear operators to perform periodic safety reviews every ten years and improve the safety of the installations accordingly. As a result, Preliminary Safety Analysis Report (PSAR) is developed and submitted for approval. This new policy is known as 'continuous modernization'.

The third modernization programme at Kozloduy NPP, which was the second modernization of Units 5 and 6, was a target project for the period 2010 to 2018, whose goal was different from the previous two modernizations. While they aimed to the modernization of the systems and facilities in order to reach the design lifetime, this modernization aimed to extend plant operating lifetime beyond the design lifetime. And in this project, the methods and tools to achieve this goal were the same – system safety and reliability analysis, and modernization and replacement of items or whole systems related to safety, reliability or availability in case of expired or expiring lifetime.

The preparation of the project started already in 2010, soon after the completion of the works under the first Units 5 and 6 modernization

project when as a result of the safety analysis results the conclusion was made that these units had the potential for operation of many years ahead (but it was not specified how many year?!) after their operating lifetime expired, which was in 2017 and 2021 correspondingly. Accordingly, on 17 February 2011, a public procurement procedure was announced with the subject matter '*Comprehensive assessment of the current condition and evaluation of the remaining lifetime of the equipment and facilities at Units 5 and 6 at Kozloduy NPP*', which was commissioned to the international Russian and French Consortium consisting Rossenergoatom, Rosatom Service and Electricite de France (EDF).

This programme referred to as 'Target modernization -2' is a large-scope programme similar to the previous programme involving huge financial and human resources and affecting different engineering areas. Based on unofficial data, the initial budget of the project was estimated to over 400 million BGN, which should be provided by the plant revenues, since Kozloduy NPP allotted over 120 million BGN for depreciation allowances annually. However, there is no publicly available information on the actual funds spent. Similar to the approach of the previous plan modernization, it was planned to carry out the works under the project in the frames of the planned outages, which would include the activities to extend their operational lifetime.

The Bulgarian Nuclear Regulatory Agency (BNRA) promptly approved the programme to extend the operational lifetime of Units 5 and 6, and as a result of the programme implementation, it was proposed to extend the plant's operating lifetime by 30 years, rather than by 20 years, with the possibility for another 10 ten years, which were initially the expectations of the Kozloduy NPP. The Unit 5 maintenance and repairs and equipment replacements were completed by November 2017, when its 30-year operating lifetime was to expire. The design operating lifetime of Unit 6 was to expire in 2021, and after the completion of the activities, the regulator reviewed the analytical reports and issued a new operating license for 10 years beyond the plant design lifetime.

One of the most disputed investment projects in Bulgarian nuclear energy is **Belene NPP investment project**, which underwent 5 unsuccessful attempts for implementation.

This project according to the analysis methodology proposed by the author in item 2.3 is classified as **the accumulation of a series of management mistakes** due to a lack of competence: fatal, for several combined reasons - political, corporate and of insufficient competence, and the categorization of the consequences of mistakes - the second level of the three possible levels, with many doubts about the possibility for unbiased assessment of these consequences. The positive effect of attracting the strategic partner in the project, that is the German Concern RWE, is not enough to change the classification of this project.

Another characteristic of Belene NPP project is also the compromised functionality of the triple helix, i.e. the lack of involvement of the national scientific and technical potential, which negatively affects the quality of the developments and its development.

Despite the numerous analyses of this project, it is still unclear what the objective reasons for its repeated failures are. The author illustrates the negative evaluations of the project organization by applying the assessments of the Bulgarian 'management' by the strategic investor RWE. This assessment was described in an official document only 6 months before the RWE final decision for withdrawal from the project, announcing the project failure³⁹.

Belele NPP is a result of a wrong policy of the highest degree of severity-3, caused by an unjustified expansion of electricity generation installations before 1989 - construction of 4 WWER-1000/model B320 units, negotiated as early as February 1987 - another strategic management mistake of level 2. In 1990, as a result of the changes and the severe financial and economic crisis in the country, the project was frozen and only conservation works were carried out on the site. Later, it was officially stopped by a decision of the 36th National Assembly. According to the methodology in Item 2.3., this was a forced strategic mistake of level 1, which could be avoided because its effect was subsequently determined as overexpenditure of over 1 billion BGN for conservation and maintenance of the already built infrastructure.

The first attempt to verify the relevance of the project and its adequacy for the then conditions in the Electric Power System of

³⁹ Notary certified declaration for RWE withdrawal from the Belene NPP, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, document code 10.12

Bulgaria was made in 1997 by the then Minister of Energy and Energy Resources of Bulgaria. By his order and under his chairmanship, an extended Expert Technical Council was held on 12 May 1997, with the participation of all competent organizations, commercial companies and the ministry's departments. At this council, the main designer from the Russian side, Atomenergoprogress, was invited to present an updated offer to complete the suspended plant construction with financing from Russian banks. The Russian side proposed the build-own-operate (BOO) or build-operate-transfer (BOT) contract, but the estimated price of the generated electricity was 7 US cents/kWh, which, along with the condition for mandatory purchase of electricity under a long-term contract, was not accepted by the council.

The second attempt to build a new nuclear power plant was the idea of Energoprojekt and it was launched and agreed upon with NEC in 1998. The idea was to 'build Unit 7 at the site of Kozloduy NPP using the equipment delivered to the Belene NPP'. Therefore, Energoprojekt was commissioned to develop the Terms of Reference for a contract with NEC for the preparation of a technical report. The arguments for this non-standard project were that the complete set of equipment delivered for the first unit of Belene NPP had already been stored at the Belene site for over 7 years, which imposed annual costs of over 6 million BGN. Unfortunately, the NEC Council did not accept with the consensus the project terms of reference and thus the idea of launching this project was postponed.

The third attempt was made at the end of 1998 when Energoprojekt submitted to the IAEA in Vienna a new project for technical support on the topic '*Expertise of the condition and feasibility study for using the delivered equipment for the Belene NPP in new construction*'. The IAEA responded quickly and already at the beginning of 1999 expert support was provided within the framework of a new joint project with the IAEA - BUL/0/005. According to this project, the Energoprojekt obligation was to develop a preliminary feasibility study for the construction of a new nuclear power in Bulgaria, which NEC refused to commission at the previous stage. The IAEA appointed four internationally recognized experts for the separate parts of the project, who contributed to its successful completion. The main conclusions

made based on the expert reports are as follows: **firstly**, the existing equipment has kept its performance indicators and quality and may be used in a new design of the B-320 type or the more modern B-392 type reactor, and **secondly**, the deadline for the implementation of such a project is about 8 years. However, the budget, according to the most conservative estimates taking into account the updated prices for construction and installation works, amounted to only **1.9 billion USD** - an impossible price to achieve under today's conditions.

Given these results, the project was then feasible from technical **terms** of view and appropriate from an economic point of view, but the requirement of the then management of NEC EAD to fully rely on the foreign investments froze its preparation.

In 2003, **attempt number four**, which is another new attempt to build the Belene NPP began, initially without seeking the Energoprojekt **expertise**, which the author of the dissertation considers another new strategic mistake. For this purpose, the new management of the ministry developed and presented a new energy strategy, which was supposed to replace the current one, and the purpose of the document, as described in Chapter 1, Section 1.2 of the dissertation was 'the justification of the new Belene NPP investment project' as appropriate. This attempt was very well grounded professionally and institutionally, but with an unclear concept - whether or not to use the already delivered equipment, and the final decision was to announce a new tender for the supply of equipment and services. This led to the call for a tender for a "turnkey" project, which was won by Atomstroyexport.

Another example of the violation of the triple helix principle was the **exclusion** of Energoprojekt from all phases of the project discussions. And the main reason was that their concept and approach to the project differed from that of the NEC. The Energoprojekt nuclear energy experts presented many times to the media and to the public forums the current European criteria and requirements for the construction of new nuclear power plants, which, according to them, were violated in that project. And although they are complicated and comprehensive, they are easy to understand and are based on the principles in the 'nuclear bible' of the European Union - the EUR standard (European requirements for nuclear installations) - Volume 1, Chapter 6.

As a result of these remarks made by Energoproject, the 7 main reasons for the predicted forthcoming failure of the project were also outlined, including the false information about the project budget, the estimated **electricity** cost and the long-term power purchase agreement which were kept secret from the public.

One of the few, however, important achievements at this stage was the **successful** tender held for the selection of a strategic investor. Thus, one of the largest German energy companies, including the nuclear operator RWE, stepped into Bulgaria with the investment intention of constructing Belene NPP in partnership with NEC. On 9 December 2008, the contract for the construction of the Belene Nuclear Power Plan between NEC EAD and RWE Power Bulgaria EOOD, or the so-called Joint Venture Agreement (JVA) was signed

Never **before** had Bulgarian nuclear energy received such huge international trust in advance. And undoubtedly this was owing to the reputation of the generation of successful nuclear power engineers at the Kozloduy NPP, who, since the plant commissioning in 1974, have continuously demonstrated professionalism and safe plant operation.

In 2005, there was a period of deterioration in the transparency of project management and violation of a number of rules established by the Ministry of Energy and by RWE as a participant in the project company. This period of the project's development is characterized by a continuous struggle between NEC and RWE, whose efforts to establish order and transparency in the project was confronted by the imposed wrong management style and non-transparency in the tender process. This is how the logical RWE's decision to leave the project was reached, which, in turn, led to the end of another attempt No. 4 to complete this investment project.

In 2011, the serious doubts about abuses made in this project caused the **establishment** of a special survey commission in the 41st National Assembly for the project carried out by ADFI, in whose report serious violations of the current regulations in Bulgaria were identified, such as mismanagement, incompetent management and violations for tens of million EUR.

The identified project violations identified by ADFI's⁴⁰ inspection are as **follows**:

1. There **were** 9 violations in the contract between the NEC EAD and Atomstroyexport identified in the PFIA report of 11 April 012.

2. Two of the most significant violations were the 300 million EUR (140 million EUR in interest rate!) from a bridge loan to the BNP PARIBAS bank, which was inappropriately spent.

3. Violations in the sale of the old equipment for Belene NPP to the Russian **Atomstroyexport** were serious: According to the official expert estimation, the cost of this equipment amounted to 295 million EUR, and after a series of 'expert reductions', the price in the signed contract was reduced to 117 million EUR due to unjustified reasons and without any records of the discussions. In fact, by 2012 NEC was paid only 87.6 million EUR. And the curious conclusion of this story is that the Bulgarian equipment in question was sold in 2006 to the Russian company Atomstroyexport at the price of only 87.6 million EUR, and currently, it is successfully operated at the Kalinin Nuclear Power Plant in Russia.

4. Serious violations were also found in spending the targeted funds of 300 **million** BGN, provided by the State Budget of the Republic of Bulgaria to cover NEC's contribution to the authorized capital of the joint company with the selected strategic partner RWE.

According to the analyses of the author of this dissertation, today it is more **than** evident that the Belene NPP project is at a dead-lock.

The evidence is the lack of clear vision about the progress of the last tender for a new strategic investor of the project – '**Attempt No. 5**', announced in 2018, as well as the current status of the basic regulations in force - the EIA Report of the site and the design permit, which expired

⁴⁰ Interim report of the Commission of the National Assembly for the inspection performed by the Public Financial Inspection Agency for Belene NPP “, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, document code.13

in 2015⁴¹. A number of analyses and developments by recognized foreign specialists were also ignored.⁴²

In conclusion, nuclear experts, including the author of the dissertation, have repeatedly insisted on conducting an analysis of the project risks and adopting a risk mitigation programme. A number of modern scientific approaches⁴³ for project risk management were proposed but not implemented during the project implementation.

Management of R&D and engineering activities

Including **these** topics in the analyses made by the PhD student is considered an important assessment and provision for the application of the triple helix principle. Undoubtedly, the existence of national competent institutions in nuclear energy, such as the Research Institute for Engineering and Consulting Services Energoproject, "Minstroy", the Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Thermal Power and Nuclear Energy and Power Plants and Networks Departments at Technical University of Sofia, the Faculty of Economics, Physics and Chemistry of Sofia University and some other units are considered completely necessary. These institutions provided for the main activities related to the research and development process and supported the development of nuclear energy in Bulgaria and ensure the implementation of the triple helix principle. Some of them played a more secondary role due to the nature of their activities and their competence, but all of them have been involved in the personnel training and the development of various R&D projects from the very beginning of the development of nuclear energy since 1966 until today.

The main role in preparing the basis for the development of the Bulgarian nuclear energy industry was played by Energoproject, which **specialized** in both R&D activities and comprehensive assessments of the site selection, and other scientific studies, as well as involvement in

⁴¹ Interim report of the Commission of the National Assembly for the inspection performed by the Public Financial Inspection Agency for Belene NPP, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, document code.13

⁴² The risk of completing Belene NPP, 2018, Prof. Dr. Yanko Yanev, Vienna International Nuclear Center Competence (Nuclear Energy Policy Risks and Market Risks are critical)

⁴³ Prof. Dr. Ivan Georgiev, Assoc. Proff. Dr. Tsv. Tsvetkov, "Project Risk Management", Publishing House, UNSS, 2011

engineering activities and designer's supervision during installation and construction.

Today, it is very difficult to demonstrate the positive effects of the triple helix **principle** due to the serious lack of one of the three model components, which is the Research and Development. The discussion of the importance and authority of Energoproject as the main research and development organization in the electric power industry in the period 1973 to 2001 is an inexhaustible topic. In light of the dramatic events Energoproject experienced and which later led to its liquidation after it had been privatized, it is still possible to outline some of the most important stages of development in the nuclear field: Some of the achievements that have made it the true academy of Bulgarian nuclear energy are:

- **Key participation in all projects in nuclear energy** as the main designer of all units of Kozloduy NPP, and Belene NPP at a later stage, as well as all special engineering facilities related to nuclear energy, radioactive and spent nuclear fuel treatment and storage facilities, research reactors, as well as the handling radioactive sources and materials.
- **Participation in the State committee for the commissioning of Unit 1- 4 of Kozloduy NPP, 1973- 1974.**
- **An important contribution to the protection of the operation of Units 1- 4 and their restart after their shutdown in 1991.**
- **Conduct of the unique thermal dynamic tests of Units 1-4.**
- **Implementation of a special mode of operation for Units 1-4.**
- **The first application of information technologies to determine characteristics of Unit 3 during start-up.**
- **By the end of its existence, Energoproject always set out the horizons of growth of the Bulgarian energy power industry.**

There are hardly any energy experts in the country who are not convinced of the important and leading role of Energoproject in all its fields its disastrous privatization in 2001 a critical strategic mistake, which proved the lack of a state strategy in the Bulgarian electric power industry.

The last time when Energoproject proved its irreplaceable value was in 1999, when a model and design for the restructuring of the national electric power system and its division into several separate independent commercial companies was developed. Today's structure of the Bulgarian power industry is based on the last development of Energoproject.

To compensate for the severe consequences for nuclear power of the loss of the research and development support in the triple helix, the author proposes a temporary compensatory measure. It is the establishment of **the Council for the Strategic Development of Electric Power Industry**⁴⁴, a specialised temporary structure, to compensate for the lack of technical and management competence in the electric power industry. An option for the arrangement of this Council with detailed objectives and operating procedures was submitted to the Ministry of Energy.

Conclusions to Chapter 1

The results of the analyses presented in this chapter of the dissertation refer to specific aspects of the development of nuclear energy in the country, ranging from the commissioning of the units and the negotiations for supplies of fresh nuclear fuel to an assessment of the current role of the nuclear industry for the energy sector.

A valuable contribution to today's planning of this industry is the parallel analysis and summary of conclusions of all energy strategies developed by different study teams and at different periods of the development of the industry. However, the results of this analysis show a number of common and recurring wrong approaches in the development process of these documents, despite clearly and precisely established European regulations for these activities. Unfortunately, in the latest energy strategy (vision), presented on 17 January 2023, some of the wrong approaches are applied again - the definition of objectives

⁴⁴ Bulgarian Energy and Mining Forum, Letter to the Ministry of Energy with justification for the establishment of Council for strategic development of electric power industry, Bulgarian Energy and Mining Forum Correspondence, Reference No. ME-C-12/13.12.2022/

without a forecast for the national economic development and a market survey of regional energy demands.

Special attention is paid to the policies in the contracts for the supply of fresh nuclear fuel and spent nuclear fuel analysed retrospectively, and recommendations published by the author on specialized websites were made.

As a result of the several analysed investment projects in nuclear energy, the conclusions are drawn that some of them, justified and organized well, had a positive effect on the safety and competitiveness of the industry, such as the three modernization projects, in contrast to the 5 unsuccessful attempts to implement the Belene NPP project, considered by the author as a strategic mistake of the highest level 3, with serious economic consequences. The author finds a connection between the quality of the project structure and the method of selection of project consultants, and the final results. All successfully implemented projects have experienced internationally recognized consultants, while the Belene project sank in unclear management decisions, and subsequently in accusations of violations and misuse of public funds.

The dissertation gives a negative assessment of the current state and management of R&D and engineering activities in the energy sector, as well as the situation with the staffing issues in the nuclear energy industry. The author concludes that the situation is really alarming. The lack of consistency, succession and competence are the main consequences of a missing strategy for the development of the industry and the training of personnel. The author proposes two compensatory measures - the establishment of a national Council for Strategic Development of Energy and the preparation and implementation of a large-scale and targeted national campaign called 'Choose the electric power industry'".

CHAPTER TWO Strategic analysis of the current state of nuclear power industry in Bulgaria: Players, key projects and strategic actions, methodology for classification and assessment of the results.

Nuclear power performance indicators and advantages

The current performance indicators of Kozloduy NPP, as well as nuclear energy in general, for maintaining relatively low electricity prices in the country, as well as the country's energy balance are irrefutable. After 2012 when the shock of high electricity prices due to photovoltaics, Kozloduy NPP contributed to maintaining low generation costs, thus balancing the total price of the energy mix and maintaining it at a relatively low and accepted for the consumer level. This can be seen in Table 2 of the dissertation, given below, for the period 1 July 2014 to 30 June 2015 compared to those from 1 July 2022.

| <i>Supplier</i> | <i>Purchase Price, BGN /MWh</i> | | | | | <i>Note</i> | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----|-------------|-------------|----------------------------|
| Year | 2005 | 2010 | 2015 | | 2020 | 2022 | |
| | | | 2017 | | | | |
| Kozloduy NPP | 14.77 | 15.75 | 29.7 | 54 | 54.77 | 60.96 | |
| Maritsa East 2 TPP | 30.51 | 35.01 | 68 | 185 | 328.19 | 328.19 | <i>Emission price rate</i> |
| Bobov Dol TPP | | | | | | 673.15 | |
| Rousse TPP | | | 285 | | | 569.68 | <i>Natural gas</i> |
| NEC- hydro | | | | | | 80.99 | |
| NEC -mix | | | | | | 81.9 | |
| AES | | | | | | 385.07 | |
| Contur Global | | | | | | 326.32 | |
| Renewables (below 500 KW) | | | | | | 279.7 | |
| Wind Power Plant | | | 138 | | | | <i>Subsidised</i> |
| Photovoltaic Power Plant | | | 220 | | | | <i>Subsidised</i> |
| Small HydroElectric Power Plants | | | 237 | | | | |

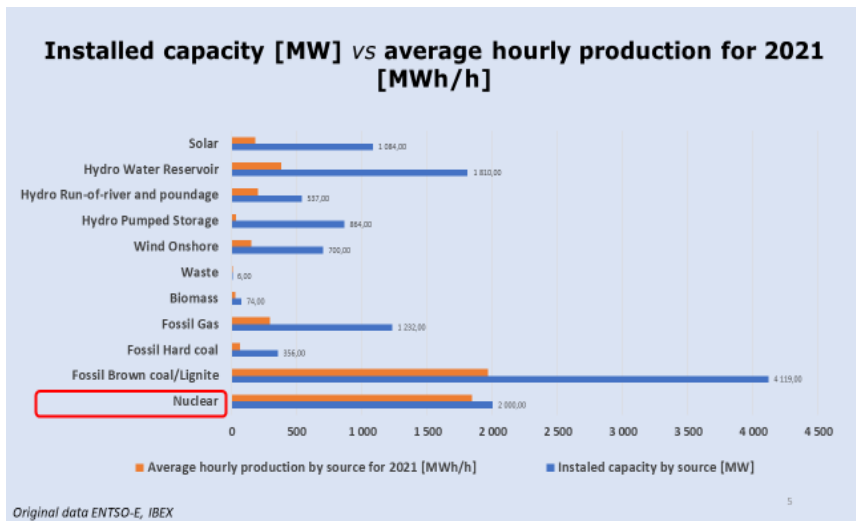
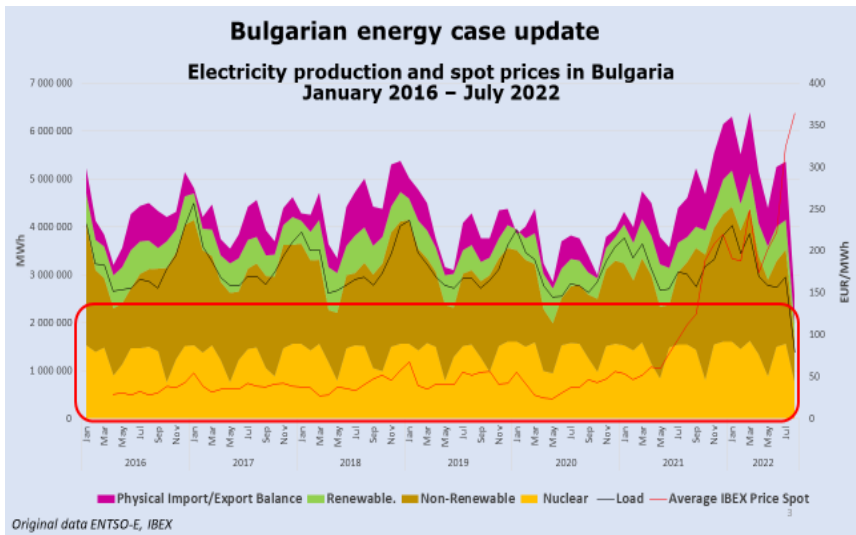
Table 2 Comparison of the regulated electricity prices from different producers in Bulgaria

Integral assessment of the effects of the development of nuclear power for Bulgarian society in the 6 main areas: political, economic, social, technological, ecological and legal are provided by PESTEL analysis of the PhD student and is presented in the dissertation.

It is becoming obvious that the EU's goal of full decarbonisation of the energy section by 2050 is impossible to achieve without the development of nuclear power, which was confirmed at the 26th Climate Change Conference in Paris and at 27th Climate Change Conference in 2022 in Cairo.

Why exactly nuclear energy?

The two figures below present two diagrams, the first of which demonstrates the need to build new nuclear installations in Bulgaria, taking into account the declining prospects of coal-fired power plants and the occurrence of a large deficit of baseload capacity after their decommissioning. The second figure presents comparative data on the effectiveness of investments in different types of generation installations, which undoubtedly proves the highest effectiveness of investments in nuclear projects.



These conclusions are also supported by the analysis of the results of the most recent summarized international averaged indicators of the

LAZARD⁴⁵ investment agency for Levelized Cost of Energy (LCOE) of all known generation installations at the market.

It is concluded that the advantages of nuclear power units due to their generation stability and reliability related to their independence from external factors, provide these technologies with a serious strategic advantage for their future application in the country. Currently, the main plans are related to the further development of Kozloduy NPP. There are two options for the plant development - the maximum extension of the operating lifetime of Units 5 and 6, which requires a number of engineering and technical measures and studies, and the construction of two new units. These are the most recently discussed topics by nuclear energy specialists in the public domain. In addition, options for the completion of Belene NPP are also discussed. The idea for the construction of Units 7 and 8 is becoming more and more popular among energy experts and economists also due to the failure of the Belene NPP project, which has now lost the main permits and motivation factors to proceed. There are also options to build one or two small modular reactors at the same site.

However, Bulgaria's nuclear power industry faces a number of complicated issues that are crucial for its successful development and which are discussed below. It should be pointed out that whatever new nuclear project is launched, a number of current regulatory requirements complying with European legislation for new nuclear construction, discussed in Section 3.3, should be met.

Centralised project management and the first nuclear energy strategy

For the first time in 1998, the Bulgarian energy community realised that the nuclear energy industry should be developed on a consistent, structured basis, although no specific international document of the time contained such a requirement. Thus, the need for the development of a national strategy for the peaceful use of atomic energy and the development of nuclear power gradually become obvious. This was the idea of the PhD student, which was supported by both the NEC

⁴⁵ Lazard Investment Agency Report, Comparative princess of energy due to different sources, www.lazards-levelized-cost-of-energy-version-150-vf.pdf

management and the then Chairman of the Bulgarian Nuclear Regulator (Committee on the safe use of atomic energy for peaceful purpose).

Important circumstances that required the implementation of this idea were several important processes developed in the Bulgarian nuclear power industry at that time, related to the uncertainty of the future of Units 1- 4, the planned modernization of Units 5 and 6 and a number of new requirements imposed on the planning principles of the development and management of nuclear power.

The strategy in question was developed by the NEC, in coordination with the Committee on the use of atomic energy for peaceful purpose, with the understanding of the increasingly severe and complicated demands on the future of this industry. The new pan-European requirements that needed to be brought together in such a strategic document were the evolving globalisation of markets, the increasingly stringent environmental requirements, the new energy technologies that appeared on the market and the need to define the specific institutional responsibilities of the actors in this sector. Unfortunately, even today, more than 20 years after the development and adoption of that strategy, these key requirements for investment processes in Bulgaria are still ignored being unduly and detrimentally for the country are replaced by political arguments and decisions.

Thus, for the first time in a strategic document defining the development of this energy sector, all these pros and cons are placed objectively in the context of the country's future EU membership. As an example of this, the underlying principle can be pointed out: the choice to build or not new nuclear capacities should be based on proven economic and technical advantages and competitiveness, rather than be predetermined by other considerations - political or corporate interests, as we have witnessed. The other underlying thesis is that the possible application of state aid to such projects would only be based on evidence of appropriateness, such as reducing dependence on imported fuels, reducing the greenhouse gas emissions and increasing the country's energy security.

The strategy⁴⁶ also addressed the current issue at the time of the future operation of Units 1- 4 at Kozloduy NPP and the conditions under which this would be appropriate, pointing out that Units 1-4 upgrading to the required safety levels would require substantial capital costs. Also, for the first time since 1991 and the ill-fated OSART mission, the expert opinion was openly expressed that the issue of the safety of the four units had been underestimated consistently by the state government, despite multiple opinions expressed by the experts that plant safety did not meet some of the modern requirements.

This first version of the strategy and the concept for the future of Unit 1- 4 was not acceptable to the EU, but the major disputes and differences in the positions of Bulgaria and the European institutions were about what was feasible from a technical point of view, as well as cost-efficient.

The developed document also brought up the other fundamental issue - what would be the country's demand for electricity generation by year until 2020 and what electricity consumption should it satisfy? Also, the documents disagreed with the NEC's official forecast for the system consumption and peak load, which as of 2010 was as follows:

- in the extensive forecast of the Energy Commission - consumption compared to peak load 57 TWh/at a peak capacity of 10 531 MW,
- in the forecast of the team that developed the nuclear strategy (Energoproject and NEC experts) - consumption compared to the peak load - of 47.5 TWh at a peak capacity of 8 800 MW.

The draft strategy also presented the results of all other data required for decision-making about the structure of electricity generation in the national electric power system. Some of the alternatives to the different groups of capacities were also considered, but this was irrelevant and did not influence the decision to build nuclear installations. The topic of the technological alternatives of the reactor installations at that time, the market offers and the financial parameters of the projects were also analysed in detail. The main attention is paid to the criteria for site selection - Belene or Kozloduy, as well as the type of reactor

⁴⁶ Strategy for safe use and development of nuclear power in Bulgaria, 1998, Annotation, Notes on the Bulgarian electric power industry “, page 87, full text, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, document code 6.1;

technology. The document set out the main criteria to be applied in the analysis of possible alternatives and final decision-making:

- the operating experience with this type of reactor;
- the equipment available for one unit at Belene NPP;
- the preparedness to commercially offer an advanced prototype of a reactor installation of this type;
- the limitations on the unit power of the reactor installation;
- the potential/feasible deadline for commissioning set in the national plan for the development of generating capacity in the electric power system;
- the complexity and cost of decommissioning the facility.

The last section of the strategy sets out specific requirements for the future development of safe nuclear power that has never been outlined in an official document before and are still relevant today.

It is regrettable to note that none of the investment strategies and plans proposed for the construction of new nuclear capacities in Bulgaria in the period 2015-2020 include such important requirements for their safe development. They have given way to other priorities largely related to corporate interests.

Categorisation of management performance in nuclear power

This dissertation applies a new systematic approach to conducting analyses and making proposals for strategic action by applying the following definitions and categories, which the author proposes to be the quantitative and qualitative metrics of strategic development:

Group of implemented solutions: In this dissertation, the following definitions for the types of solutions are introduced: **political**, due to **incompetence** or **technologically forced**, and respectively: **optimal** or **wrong**;

Risk group: The risk types are as follows: **political**, **technological** or in terms of **the plant operation in the market conditions.**;

The groups of mistakes are subdivided into: **politically imposed**, **management**, or due to **incompetence**;

In terms of the effects of these mistakes, they are either **made** or **in progress**, repairable or irreparable;

The failures of energy policy are: with the possibility or without the possibility for adjustment, i.e. already made;

Classification of the nature of managerial actions - political, corporate, technological and imposed by external factors;

Categorization of the effects of strategic actions depending on the severity of the consequences - positive or negative.

Three levels are proposed, depending on the relative severity of the effects;

- **First category:** in case of positive or negative consequences of actions taken and implemented, that have a local positive effect on the development of nuclear energy, or if negative they can be compensated by alternative measures and do not cause significant economic damage, in the range of 10 to 15 million BGN.

- **The second category** is positive or negative consequences of actions taken and implemented that have an impact on the overall energy and power balance of the country, or if negative they can hardly be compensated by alternative measures and cause significant economic damage, in the range of 100 to 500 million BGN.

- **The third category** is positive or negative consequences of actions taken and implemented that have an absolute positive effect on the development of nuclear energy, or if negative they cannot be compensated by alternative measures and cause significant economic damage, amounting to over 1 billion BGN.

Table 4 in the dissertation provides specific examples of the assessment of positive or negative strategic actions taken. Here it is necessary to underline the PhD student's opinion that negative effects can be caused not only by wrong actions on decisions taken but also by ill-timed decisions or delays in their implementation.

Analyses of the effects of the implementation of **the triple helix principle** should provide answers about the presence or lack of interaction and consistent policies among the 3 components: Electric power industry, state and public institutions, and R&D support. Such analyses have been made and their results are presented in this dissertation in the corresponding areas of project development.

As a summary of the results of the application of the methodology, the dissertation provides eight examples of positive effects

and two examples of negative effects of the application/violation of the rules of **the triple helix principle** in the field of nuclear energy.

The other group of results derived from the application of the author's methodology presented above is related to the more important achievements and mistakes in the strategic development of Bulgarian nuclear power, with an assessment of their significance according to the methodology and can be summarized in the following 19 findings, describing 11 mistakes, mainly in the past and 8 successful actions, described, justified and classified in the dissertation.

Current risks for nuclear power development

The author of the dissertation also proposes an assessment of the various current risks for the strategic development of nuclear energy. They represent different degrees of uncertainty to achieve one or another objective, and their successful management is only achieved within the framework of their full integration into the industry's management processes.

To choose the right priorities in the future development of the country's nuclear energy industry to achieve the strategic goal of at least a 50% share of nuclear power generation in the country's total energy balance, it is essential to identify the risks it faces and define an action plan to overcome them. To ensure the required sustainability in the development of nuclear energy, it is necessary to focus on and resolve issues caused by both external and internal factors. It is important to emphasise that the types of risks and their number are changing over time in number and characteristics, and are a function of a number of dynamic changes in the market environment, geopolitics and subjective management factors.

Following the 11 principles of risk management in the Bulgarian nuclear power industry, the dissertation proposes a grading of risks according to the principles of the significance of the negative effects on the feasibility of the strategic goal. Thus, the author of this dissertation identifies the main 7 groups of risks for the development of nuclear power in Bulgaria by 2023, categorized by their importance and level of severity as follows:

Risk Group 1 - Ensuring a sustainable system for the supply of fresh nuclear fuel and the treatment of spent nuclear fuel under the EU standards

Risk Group No. 2 - Loss of components of the triple helix - a sustainable system for training of specialists and R&D and engineering support for the development and operation of an NPP;

Risk No. 3 - Lack of plans and programmes at the government level to build new nuclear capacity and prepare the required legal, organisational, financial and engineering infrastructure;

Risk No. 4 - Predetermination of strategic engineering decisions by incompetent organizations, including interference with political factors;

Risk No. 5 - Diversification of problematic monopoly supplies of spare parts and expert services provided by manufacturers and specialized institutes;

Risk No. 6 - A new operating lifetime extension of Units 5 and 6;

Risk No. 7 - Loss of market position and economic damages due to failure to sell the electricity produced under certain regimes in the electric power system, which is related to renewable sources of energy.

Conclusions to CHAPTER TWO

The main conclusions of the analyses included in this part of the dissertation can be summarized as follows:

1. A justified economic assessment of the appropriateness of construction of new nuclear capacities as replacement of the coal-fired power plants that will be decommissioned in a certain period of time is presented.

2. The positive contribution of research and development organisations in Bulgaria to achieving positive results in all phases of design, research, commissioning and operation of a nuclear power plant has undoubtedly been demonstrated. The number of positive results from the application of the triple helix principle to the operation and modernization of Kozloduy NPP is significant.

3. The existence of a national scientific and technical capacity of the country capable of developing strategic documents was already proved in 1998 when Bulgaria independently developed the first National Nuclear Energy Strategy in a format complying with all modern requirements that are still relevant today. Unfortunately, the proposed action plan in this document protecting national interests has been repeatedly violated in terms of justification of the appropriateness of new investment projects.

4. The project developed by the author for the establishment of a ‘Council for Strategic Development of Energy’ as a permanent body within the BEH structure, is a compensatory mechanism for the serious gaps that have occurred in the R&D support of the electric power industry and the functions of the triple helix and it is appropriate to be discussed at the state government level and structured in a shortest possible time.

5. The methodology proposed by the author for the evaluation and categorization of the results of the analyses of management actions in the nuclear power industry constitutes the basis for the comparability criteria so lacking in this field. There are examples of both the effects of the triple helix and the categorization of management mistakes, successful policies and risk assessment given by order of priority.

CHAPTER THREE: Assessment of strategic alternatives for nuclear energy in Bulgaria: a model for strategic action in the context of current EU criteria and achieving market competitiveness, Bulgarian ‘nuclear’ tree.

Validation of the model and new strategic directions - SMR

The author has performed and presents here the results of the validation of the model for strategic development by application of new nuclear technologies-small modular reactors (SMR)⁴⁷.

The tremendous efforts of a huge number of research institutes and universities in Western Europe, the USA and Canada have led to a renaissance of the hope of mankind that nuclear power will be widely

⁴⁷ Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, IAEA, 2020 (<https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-power-for-the-future-new-iaea-publication-highlights-status-of-smr-development>)

available, relatively cheap and multifunctional for a range of purposes beyond the field of electric power industry. And it seems that large nuclear projects are no longer the only alternative for the development of nuclear power worldwide because of the investment risk due to long construction periods and high specific costs, as well as other risks, such as proliferation, regulatory, political and market risks remain at a relatively high level. And this is the reason why such large projects today have problems in attracting investors due to the more difficult collection of investment capital, but on the other hand, the vast positive operating experience of so-called proven technologies is still a factor that contributes to the high market share of these facilities.

Incentives for research efforts in new nuclear technologies were the decisions taken at the 26th UN Climate Change Conference in November 2021 and at 27th UN Climate Change Conference in Egypt in 2022, where it was written that nuclear energy was recognised as a contributor to a low-carbon future. Again, in this context, in July 2022, the European Parliament voted a declaration classifying the investments in nuclear power and some forms of low-carbon natural gas as sustainable investments, a position welcomed by several EU Member States but disapproved by others.

This is also the explanation that a number of high-tech companies are advancing in the development of the latest technology, the SMR, and declare that the first market prototypes will be ready for commercial operation by 2030. In 2020, the European Commission adopted the Hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, which offers solutions to decarbonise across the industry, transport, power energy and building efficiency, industry, transport, power and buildings sectors. Accordingly, the new technologies of SMR are in synergy with this strategy due to the capabilities of these reactors for the co-generation of hydrogen by high-temperature steam hydrolysis.

The general characteristics of the SMR technologies are presented in Table 6 in the dissertation, and in the format of the SWOT analysis, in Table 7.

Despite the positive design features described above, they also have some disadvantages due to the still developing and untested technologies, such as: Due to the relatively small dimensions of the

reactor core, the optimum power distribution and density of the neutron flux differs from the standard large reactors, which leads to the lower specific power distribution in the reactor core, and thus the lower thermodynamic cycle and plant efficiency, etc.

For a detailed illustration of the economic characteristics of the reference design of a small modular reactor NPP having a power capacity of up to 300 MW(e) per unit, the PhD student has developed a sample test case adopted in particular for the needs of the central heating companies, the detailed results of which are given in Table 8 in the dissertation. The most typical results and conclusions of this test are as follows:

- 1) Required investment of 3447, 42 million EUR, acceptable for a medium-sized European district heating company, taking into account future requirements for the decarbonisation of energy generation.
- 2) Project duration: 48 months
- 3) Net thermal output: 874 MW
- 4) The defined project return on investments of 15 years can be shortened considerably by taking into account the revenues from the sale of heat and hydrogen offered by these technologies.

The SMRs are undoubtedly at the basis of the transformation of the nuclear industry in the world today and that is why there incorporated as an alternative strategic direction in the new vision for the development of the nuclear power industry in Bulgaria, presented in Section 3.3. Some unique features of the SMRs for building specific power systems in smaller and more flexible electric power systems and their successful participation in energy markets at domestic and foreign markets are mentioned here in advance. It seems that these markets need large nuclear capacities as well as smaller, compact and more flexible nuclear modules. The SMRs provide a number of advantages for both centralised electric power systems as a tool for balancing the variable energy generation due to renewable sources of energy and for future energy communities and industrial consumers. They can play an important role in providing energy independence for large industrial clusters as well as for the supply of heat and power by district heating companies. Last but not least, they also offer the most cost-efficient hydrogen production, which has already been mentioned, and where Bulgaria has significant advantages over

other countries in the region due to its geographical location and proximity to the EU.

Current conditions and options for the development of the Bulgarian nuclear power industry

The process of liberalization of the energy markets in the EU defines new conditions for the development of power and nuclear energy as well as new regulations. For example, the strategy and vision for the development of nuclear energy in Bulgaria, which is to be developed and adopted, must comply with the requirements and criteria for the future development of the country's energy sector as a whole:

- planning the development of the electricity sector at minimum costs;
- ensuring the conditions for the implementation of the country's commitments to the European Commission under the Integrated National Energy and Climate Plan (INPEC)⁴⁸;
- integrated planning for the development of energy generation, heating and cooling.

Taking into account the current requirements in the EU regulations, the future planning of the development of Bulgaria's power and energy balance, including nuclear capacities, depends on a number of external system factors, in line with the commitments in the INPEC.

For the successful implementation of these objectives, institutional changes in the regulatory framework according to European standards and the provision of conditions for the implementation of the following **13** strategic objectives are required:

- 1) Development and adoption of a new national energy strategy and vision for the development of nuclear energy in Bulgaria;
- 2) Full liberalization of the energy market in the country, simultaneously with the establishment of the national system "Protection of energy vulnerable households";
- 3) All future investments in the electricity sector should be based on economic feasibility in accordance with the requirements of the EA and the LCP principle;

⁴⁸ Integrated National Energy and Climate Plan, Ministry of Energy, 2020 <https://www.me.government.bg/news/integriran-plan-v-oblastta-na-energetikata-i-klimata-na-republika-balgariya-2021-2030-2823.html>

- 4) Preparation for the construction of new nuclear capacities taking into account the capabilities of new technologies;
- 5) Introduction of the special condition for performance of tender procedures for every new project according to the LCP parameters, the country's commitments under the Clean Energy Package;
- 6) Introduction of "green certificates" and "statistical transfers" instead of long-term power purchase contracts;
- 7) Develop a new tariff policy - network energy tariffs, and increase the number of energy tariffs for industrial and domestic consumers;
- 8) Introduce legal incentives for new investments in renewable sources of energy and the requirement for parallel construction of energy storage systems;
- 9) Create legislative incentives for the development of energy communities as an efficient form of distributed energy generation and attract investment in the sector;
- 10) Reforms in institutions and energy companies - separation of the Sustainable Development Energy Agency from the Ministry of Energy;
- 11) Separation of the "independent" grid operators ESO and Bulgartransgaz from the BEH, transformation of NEK EAD, its rehabilitation and listing on the stock exchange;
- 12) Creating incentives to invest in highly efficient biomass co-generations, agricultural waste and domestic waste co-generation, which can make a major contribution to the sustainable development of local communities;
- 13) Develop a national program and incentives for the utilization of the national geothermal resource.

In recent years, Bulgaria's energy sector has undergone profound technological changes without significant changes in the structure of electricity generation capacities, which pose risks to the sustainability of the EES and require compensatory measures. These changes are reflected in the growth of newly built RES in the energy power system, which amounted a total of 2 211 MW in 2020, and new applications for the construction and connection of RES, which are over 24 000 MW as of 1 September 2022. All this poses serious risks to system balance and security of supply. Even though these 24,000 MW generated by the RES are not be fully generated by 2030, the forecast is that they will reach at

least 25% of the power balance, and by 2050 - 35- -40% as a result of pure market processes, which creates certain risks of compromising the investment initiatives (cancellation of power purchase agreements, or "negative" power purchase prices);

The following measures should now be implemented as a matter of priority:

- -Construction of hydropower plants and pumped storage hydropower plants to compensate for the increasing share of variable green energy generation in the energy power system;

- A new RES energy strategy - regional RES allowances, requirements for additional investments for storage of the generated energy in certain ranges of the day;

- Planning of the construction of new nuclear capacities with an electrical capacity ranging between 3000 and 4000 MW, according to the author's analyses and forecasts presented in Tables 9 and 10 in the dissertation. They show the data for the power and energy balance forecasts of the country in the period 2023- 2030 according to the INPEC and the Grid Development Plan of the ESO⁴⁹, modified with the data on the consumption of electric vehicles according to the EVIC⁵⁰ data and supplemented with an extrapolation of the results of the author's analyses and forecasts. For example, by 2050, the ratio of the power capacities according to the author's forecasts will be 53% for NPPs, 47% for RES, including large hydropower plants. The same tables contain the forecast data with the author's extrapolations for the power and energy balance in 2040, based on analyses and modelling performed, taking into account the load capacity factors by generation type (ESO22 report) and the assumption for the inclusion in the power system of two new 1000 MW units and the gradual phase-out of 48% coal-fired power plants by 2050.

There are three important conclusions and recommendations derived from these forecast results:

⁴⁹ Plan for the development of transmission power network un Bulagria for the period 2021-2030, ESO, 2021.

⁵⁰ Letted from EVIC to BENF, Assessment of the required power balance of the national energy power system of Bulgaria for the development of electric mobility by 2030, BEMF Archive, Reference No. B-BI-7/2022

5. The coal-fired power plant gradual phase-out policies should not be speeded up until at least 2040, and then, depending on the economic situation with the domestic coal mining and market conditions in the region, next steps should be planned.

6. In order to meet Bulgaria's strategic energy goals of security of supply, growth in emission-free electricity generation and maintaining the amount of electricity export to other systems, the construction of at least two new 1000 MW nuclear units including several additional SMRs is required by 2040.

7. The share in the total installed capacity of 23% by 2030 compared to the base year 2026 shows an increase of the RES share of only 11% in the total energy balance of the energy power system;

8. Developing a strategy for the future of the equipment supplied to Belene NP;

Taking into account the current geopolitical situation in the country and Europe, there are **three options** for the future of this equipment:

2) Incorporation of the equipment in a new project at Kozloduy NPP or Belene NPP:

For this purpose, it is necessary to conduct a detailed study on the availability of engineering companies licensed for the activities of such a project: redesign of the WWER-1000 units taking into account the current regulatory requirements, development of the technical design and the Technical Specifications, taking the responsibilities of the main process engineer, main designer and scientific supervisor of the commissioning activities, which are necessary as safeguards under the Vienna Convention on civil liability in the event of a nuclear accident. Such companies with proven capacity and international experience are available in the Czech Republic, Ukraine and Finland and can be consulted.

2) Selling the equipment to a third party: Ukraine and other countries in the Middle East developing or operating nuclear power with Russian technology may be potentially interested.

Involvement of the owner of the equipment NEC-EAD or BEH in an international project for the construction of two WWER-1000 units in a third country: the country can participate by obtaining

a share in such a project by receiving the equipment and documentation, as well as with the expert contribution of an experienced nuclear operator, such as Kozloduy NPP. In the opinion of the PhD student, this option has the significant advantage of saving the country the efforts of arranging financing for a new nuclear project, but also the disadvantage of impaired transparency of the transaction since it is based on an exchanged deal. And it is common knowledge that such deals pose risk of corruption.

According to the author, the opportunities for the development of Kozloduy NPP are related to two priority areas - the maximum extension of the operating lifetime of Units 5 and 6, and the construction of two new units. Recently, this has been the most discussed topic by nuclear energy experts, and in addition to this proposal, the options for the completion of the Belene NPP are also discussed. The idea for the construction of Units 7 and 8 is becoming more and more popular among energy experts and economists also due to the failure of the Belene NPP project, which has now lost the main permits and motivation factors to proceed. The construction of two new units for Kozloduy will be cheaper than the construction of the Belene NPP, according to the opinion of experts and the PhD student, which is proved later in the dissertation. Additional advantages are also the already existing systems at the plant, which do not require the construction of new systems: service waters system, radiation monitoring system and emergency planning. One of the main problems that could cause its delay is the need to redesign works taking into account all new safety requirements, and developing a modern Safety Assessment Report.

A number of nuclear experts support the conservative forecast that the operating lifetime extension of Units 5 and 6 by another 10 years after 2029 will be difficult to justify for some technical reasons and the continuously complicating EU regulations in the nuclear safety area, which does not mean we should abandon this priority. It means that such an adverse scenario of a possible loss of 2 200 MW at Kozloduy NPP after the period 2029 to 2030 should be taken into account, and the construction of between 1 000 and 2 000 MW of replacement capacities should be quickly planned. For reasons of ensuring a positive perception

of this project by the EC, the author suggests that the project should not be presented as "a new nuclear capacity" but as "a replacement" capacity.

To illustrate the author's conclusions, Table 11 in the dissertation and this Chapter contain the summary of economic parameters of the three options for the development of new nuclear capacity, including the construction of a new NPP and replacement capacities at the site of the Kozloduy NPP - in two options. The data were reported at the BEMF International Discussion Forum on Belene NPP in 2018⁵¹.

| <i>Parameters / projects</i> | <i>Kozloduy NPP Unit 7</i> | <i>Kozloduy NPP Unit 7 and 8</i> | <i>Belene NPP Unit 1 and 2</i> |
|--|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Equity | 1,014 | 1,889.62 | 2,065 |
| Equity value | 8.68% | 8.68% | 8.68% |
| Loan | 3,952 | 7, 558 | 8,261 |
| Loan cost | 4.88% | 5.21% | 5.22% |
| Weighted average cost of capital (WACC) | 4.85% | 5.49% | 5.49% |
| NPV | 305.63. | 8. | -929.87. |
| IRR | 5.15% | 5.49% | 5.00% |
| NPV- expected expenditures | 6,697. | 11,419. | 12,287. |
| LCOE | 68.66. | 70.02. | 75.37. |
| Net electricity generations MWh | 438,725, 693 | 877,370, 547 | 877,370, 547 |
| REVENUES: Million EUR | 41,453. | 83,366. | 83,366. |

Table 11. Summary of economic parameters of the three options for the development of new nuclear capacity

Whatever new nuclear project is launched, the current general regulatory requirements are the same and are as follows:

- Proven Generation 3+ or newer nuclear reactor technology available on the EU market from OECD member countries

⁵¹ Ivan Hinivski, Preliminary assessment of the advantages risks and feasibility options for a new nuclear installation at the site of Kozloduy NPP, National Discussion Forum, BEMF, 20 February 2018, National Assembly

- Preference will be given to SMRs due to their advantages for the conditions of the Bulgarian power system;
- Sufficiently high level of nuclear safety - compliant with EU requirements and standards;
- Additional EU requirements regarding the operation:
 - Sustainable and successful operation under conditions of competition in deregulated markets/regional supplies for the neighbouring energy networks;
 - Diversification of nuclear fuel supply and high fuel cycle effectiveness;
 - No long-term commercial contracts for the sale of the energy or state guarantees (The only possibility is negotiating the contract for differences);
 - Effective project structure and financing, including involvement of the equipment supplier;
 - Pre-qualification of equipment suppliers - OECD membership
 - Bids should include clear and justified commitments to:
 1. Application of solutions tested and proven wide world of the decommissioning and spent fuel management issues;
 2. Commitments and guarantees to meet the construction schedule and project budget.

The PESTEL-analysis and EC initiation conditions for the launch of the preparation of a new nuclear project in Bulgaria are as follows:

Political:

- Adoption of a new National Energy Strategy defining the role of nuclear energy and building nuclear energy consensus in the public and the National Assembly;
- Development of an up-to-date cost-benefit analysis of the potential options for such projects - Units 7 and 8 at Kozloduy NPP, Belene NPP, regulating or multi-purpose SMRs or other technologies and they public discussion and consensus building;
- Development and presentation to the EC of a sustainable project model taking into account the project's ability to operate in the deregulated electricity market and the involvement of shareholders from other countries in the region;

Technical:

- Development and adoption of a National Strategy for Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management;
- Completion and presentation for public discussion of the results of the site selection activities and the pre-feasibility study for the construction of a National repository for spent fuel and high-level radioactive waste storage and; Presentation of evidence of sustainable solutions and public acceptance of the investment project by the local communities where these facilities are located;
- Including the option for new nuclear power capacity in the 10-year ESO plans for the development of the electricity grids;
- The Generation 3+ nuclear technology is to be selected a recognised nuclear technology after a tender procedure.

Vision for the development of nuclear power in Bulgaria for the period 2022- 2040: Principles and objectives:

The author of the dissertation proposes and justifies the appropriateness of using the term "vision" rather than "strategy" because of its more complex nature. The vision in the author's opinion is a developed and extended strategy with a number of other required documents: plans and actions that ensure its effectiveness, as well as an established process for update and revision. These include, for example, the deadlines and time frames, the objectives and success criteria for individual measures, the necessary changes in legislation and regulatory framework, a system of quality assurance and ongoing monitoring, and the process coordinators and participants. In a number of publications⁵²,⁵³ and ⁵⁴as well as in the above Chapter, the author develops different aspects of the national vision, which the country requires. To demonstrate

⁵² Ivan Hinovski, Vision for the development of nuclear power in Bulgaria, Utilities Magazine, Issue 10, December 2022, ISSN 1312-3017.

⁵³ Ivan Hinovski, Anton Ivanovm Report from the Scientific Forum on Energy Transformation in Bulgaria in the context of the RePowerEU Plan, Research and Development Centre for Energy Busines and Infrastructure at UNWE, 27.02.2023.

⁵⁴ Ivan Hinovski, Current status of Bulgaria energy power industry and the strategic role of nuclear power, UNWE Scientific Magazine, 2022

the different development alternatives, a "tree" of alternatives has been developed and presented in Figure 11 of the dissertation.



Figure 11. "Tree" of alternatives for the strategic development of nuclear energy in Bulgaria

Each of the different alternatives presented in Figure 11 has its own specifics in terms of the area of application and the investment objectives, although they all have common characteristics, which are presented in the SWOT analysis given in Table 12 of the dissertation.

Today, the options for the strategic development of the Bulgarian nuclear power industry according to the results of the author's analyses are characterized as follows:

4. It seems increasingly difficult and unlikely to implement **alternative 1a** or **4a** (option with the use of the delivered equipment for WWER-1000), described here by the PhD student and presented in Fig. 11.

5. Construction of one or two high-capacity units at the Kozloduy site of a new generation after an international tender and under the

provision for participation in the manufacturing of equipment components in Bulgaria (alternatives 1b or **4b**).

6. Construction of two small modular reactors at the Belene site for hydrogen co-generation (**alternatives 2 or 5**), based on an international tender and negotiations for a strategic partnership for the manufacturing of the components of these facilities.

Construction of two SMTs with a total electrical capacity in the range of 1000- -2000 MW at a site near Sofia (Kremikovtzi or Yana Station) for cogeneration of electric and thermal power for heating and cooling needs at the territory of Sofia (**alternative 7**).

The results of the studies and analyses carried out for the vision development provide the basis for its integral presentation in Table 13 of the dissertation. Whatever alternative is chosen in the future, the author recommends the application of the OECD⁵⁵ methodological guidelines in the planning of new projects, with the technical measures for the protection of critical infrastructure⁵⁶ and, last but not least, the measures for the physical protection and protection against proliferation of nuclear materials as the basis of the plant security activities.

Comparative analysis of the offered model and researched foreign models

The statement of the European Commissioner for Energy, Ms Kadri Simson that *"Nuclear energy is present in the EC's green transformation plans"* is also supported by the facts: by 2030, the share of nuclear electricity generation will increase to 15- -16% of the total generation for Europe. According to other EC estimates a total of 350-400 billion EUR will be invested in nuclear power in the EU by 2030 to replace ageing nuclear units, including 40- 50 billion EUR to extend the operating lifetime of some nuclear units.

⁵⁵ OECD (2019) Guidelines on Corporate Governance of State-owned Enterprises, 2015 edition

⁵⁶ Assos. Prof. Dr. Ts. Tsvetov & co., Protective of critical infrastructure - „Защита на критична инфраструктура-икономика и организационни аспекти“, Фонд НИД, УНСС, София, 2011

The opinion expressed by the author of the dissertation is that time should not be wasted in pointless discussions "for and against nuclear energy", because a number of other countries, much more conservative than Bulgaria in this field, such as Poland and the UK, have considered these technologies and have already signed preliminary agreements for joint research and construction with some of the major technology companies. A number of other Western European countries such as Sweden, France and Finland have also announced new investments in this field. The parallel analysis of the nuclear energy strategies of other European countries leads to the following important conclusions and implications for Bulgaria:

Czech Republic: plans one of the most extensive nuclear construction programmes to meet the goal of full climate neutrality by 2050. There are 6 (or even 7) new large nuclear power plants with a capacity of 1200 MW planned after an international tender.

There are also 4 new NPPs with SMRs planned, mainly for electricity and power co-generation, all of them located and licensed near big cities.

Neighbouring Romania has given up the decision to expand the Cerna Voda NPP with a new CANDU unit and has signed a contract with GE-Hitachi for joint studies for the construction of 3 SMRs along the Danube for electricity and other products co-generation.

Poland: The country's national energy strategy plans to phase out coal-fired power plants by 2050 with the construction of 6 new nuclear units. An international tender was held and won by two companies, Westinghouse for the AP-1000 project and Korean Hydro & Nuclear Power for APR-1400. Poland is the first country in Eastern Europe to offer an original approach to the implementation of a nuclear project starting as a 100% state-owned project⁵⁷.

Poland is the first country in the EU where private industrial companies have already signed the Memorandum of Understanding with SMR

⁵⁷ Horbaczevska, L. Sawicki, The SaHo Model for Nuclear Power, IAEA Virtual EventEVT1904634, 1-3 March 2022

suppliers, such as GE-Hitachi with the BWRX-300 model and NuScale with the 77 MW modular reactor.

Surprisingly for many energy analysts in 2022 Poland signed the Memorandum of Understanding first with the Korean company to build 4 units with APR-1400 reactors on the Baltic Sea.

Slovakia is the other "nuclear" country in Central Eastern Europe that is planning an intensive development of nuclear energy to achieve a nuclear share in the national energy balance of at least 55%. It is planned to build 2 new 1200 MW Units 3 and 4 at the Mohovce NPP and another 2 units at the Bohunice NPP.

The energy vision of Hungary, included in the country's National Energy and Climate Plan, is to achieve the ambitious target of 90% emission-free energy by 2030, which includes the following action plan:

- Extending the operational lifetime of the existing 4 WWER-440/model 213 units at the site of Paks NPP by 10 years;
- Phase-out of all coal-fired power plants by 2025;
- Construction of 2 new units of NPP-1200 type by ROSATOM at the same site;
- Increasing the share of RES in the national energy balance to 40%;
- Construction of renewable energy storage systems with a capacity of at least 1000 MW by 2026, plus at least 100 MW by 2030 available for primary frequency regulation of the electric power system.

Conclusion to CHAPTER 3

The analyses in Chapter 3 are devoted to the task of making a forecast and outlining the main objectives of the dissertation- analyses of the risks facing the industry, as well as a study of the criteria and limitations of model validation. The essential objective of the research results presented in this chapter is the selection of options and approaches for the achievement of a strategic goal - a share of the nuclear generation above 50% in the total energy balance of the country by 2050. This is justified by the proposal of several specific strategic investment projects: the construction of two new large reactors with a single capacity of 1000-1200 MW, as well as several 4 or 5 small modular reactors, whose application and location have yet to be specified. The author also discusses the problem of the potential format of the project for the use of

the supplied equipment for the Belene NPP and the author proposes options for solving the case.

The dissertation is focused on the necessary changes in the regulatory framework, as well as the urgent decisions at the management level for the launch of large investment projects, and the preparation of the SMR projects, similar to all other countries in Central Eastern Europe.

A comparative analysis of nuclear strategies in other EU countries is also presented, as well as key statements by Ms. Kadri Simson, EC Energy Commissioner, on the future of nuclear energy, the conclusions of which are that the strategic actions and national nuclear vision proposed in the dissertation are in line with the objectives of other European countries.

According to the data presented on the intensity of activities in the nuclear energy field in other Eastern European countries and the comparison with the situation in Bulgaria, the conclusion is that Bulgaria is running behind and this should be compensated in the shortest possible time.

IV. CONCLUSIONS

The strategic development of nuclear energy in Bulgaria is a hot topic today as a factor for energy and national security in the context of the dynamics of geopolitical events on the international scene, the decarbonisation objectives defined in the Green Deal and the RRP, the achievement of diversification of services and supplies of nuclear fuel and the implementation of new technologies. This is proven by the analyses and findings in the course of the dissertation. The significance of the topic is also due to a number of external factors driven by the increasingly dynamic energy environment and the turbulence in energy markets.

The advantages of the Bulgarian nuclear power which are proved in this paper are as follows;

- 1) it provides sustained cheap baseload energy over the entire operational period, which is particularly important for the standard of end-users in Bulgaria, and

2) nuclear electricity generation, because of its cost has the highest export potential.

3) the country still has, even though significantly decreasing, experienced and well-trained experts involved in all phases of the infrastructural development of this field providing the conditions for the implementation of the strategic goal - to achieve a share of nuclear generation of at least 50% in the total energy balance.

This circumstance, on the one hand, provides for the stability of the nuclear power industry and the national economy, but on the other hand, it brings up a number of other complicated tasks for resolution, the need for numerous reforms and new investment projects to keep its strategic role. In the context of the future development of the nuclear power industry, the dissertation presents and analyses some of the more serious current risks in the nuclear power industry, which should be addressed in order to be compensated.

The dissertation also identifies some of the main deficiencies and gaps in the current management of this industry by outlining the problem areas in their development through the application of a number of new policies and modern research scientific methods, with the idea of achieving the main strategic goal. In addition to the implementation of the plans already mentioned, the application of the analyses performed also helps to empirically prove the strategies, action plans and policies proposed in the dissertation, as well as to make specific proposals for improving the activities of the state and regulatory authorities responsible for these activities.

An important outcome of the author's analyses in the dissertation is the draft of a programme to attract professional interest in electric power industry and compensate for severe staffing shortages.

The author defends the main thesis in the dissertation that the development of nuclear power and the achievement of its main goal, which is a share in the gross national electricity production of more than 50% from nuclear sources is possible and is a factor in improving national security and maintaining the stability of the national economy. Therefore, the Republic of Bulgaria needs a new market-oriented energy policy and changes in the entire energy industry, including a vision for the development of nuclear energy in particular, whose principles have

been developed and proposed by the author. The basis for this is a public discussion and adoption by the National Assembly of a new energy strategy, taking into account modern global criteria and standards for nuclear security, safety, sustainability, equality and non-discriminatory conditions for the development of alternative energy technologies. Such a strategy (vision) was presented to the energy public on 17 January 2023 by the Ministry of Energy, which is a step on the road to the strategic development of nuclear energy. However, this important government document requires the additions of new policies, plans for the development and adoption of new regulations and clarifications, as well as the development of a work programme for its implementation.

One of the main conclusions of the research conducted on this complex and complicated topic such as the strategic development of nuclear energy is that the analysis of basic concepts such as "energy policy" and the application of the triple helix principle is key to finding the optimal solutions. The retrospection of the actions and development of the industry to the current days, and the analysis and strategic mistakes identified by the author in particular provide important information and a basis for future development. All these are presented and analysed in the first and second chapters of the dissertations.

In the third chapter of the dissertation, the future strategic actions in the Bulgarian nuclear energy sector are clarified in the context of the current EU criteria and achieving market competitiveness. To this end, new policies and technologies to be followed to ensure successful implementation of the content of the definition of "strategic development" are offered.

V. CONTRIBUTIONS TO THE PHD DISSERTATION

The main scientific and applied contributions of the dissertation can be defined as:

- The characterization of the development of the nuclear power from the commissioning of a nuclear power plant until the current days is developed;

- The economic feasibility of the construction of replacement capacities for the purpose of decarbonisation of the electric power industry is justified.

- The results of the developed energy strategies and research projects in nuclear power field are analysed and evaluated,

- A number of mistakes in the management approaches and decisions with negative effects on the state and development of nuclear power are identified;

- Deficiencies in the policy for fresh nuclear fuel management under the condition of production monopoly are identified and its effects are defined as the most serious risks for NPP development;

- The issue of violation of the triple helix principle in strategic planning, design and implementation of nuclear power development has been identified;

- Numerous specific contributions of Energoproject and R&D process to the development of are presented and evaluated, pointing out the effect of the "disastrous privatization" of the company and proposing objectives, structure, scope of activities and measures to compensate for the deficiencies and strengthen the industrial R&D process;

- A methodology for assessing the results of strategic management decisions is proposed;

- An original classification of nuclear power risks and measures for their management are proposed;

- A "tree" of the nuclear energy development in Bulgaria is developed;

- The basic principles of the future vision for the development of nuclear energy are developed, visualized in a unique manner through "dissection" of the electric power industry.

VI. PUBLICATIONS ON THE TOPIC OF THE PHD DISSERTATION

1. Ivan Hinovski, *Current status of Bulgarian electric power industry and strategic roles of nuclear power*, UNWE Scientific Magazine, 2022г.

2. Ivan Hinovski, *Vision for the development of the nuclear power in Bulgaria*, Utilities Magazine, Issue 10, December 2022, ISSN 1312- 3017).
3. Ivan Hinovski, Anton Ivanov, *Economic characteristics nuclear power industry and its contribution to the national economy and national energy balance*, Scientific Forum on Energy transformation in Bulgaria in the context of the RePowerEU plan, Scientific and Research Centre for Energy Business and Infrastructure at the UNWE, 27 February 2023
4. Monograph „Notes on the Bulgarian electric power industry“, Publishing House Siela, 2021г.
5. Ivan Hinovski, „The place of the nuclear option in the national energy strategy of Bulgaria“, 7-th Regional Congress of Central and Eastern Europe on Nuclear Technologies, 11-12.09.2022., Prague, Check Republic (in English), https://www.szwgroup.com/central-eastern-europe-nuclear-industry-congress/news_detail.aspx?id=1132095
6. Ivan Hinovski, *Decarbonization of Bulgaria's energy sector: options for energy development with a 2050 horizon*, Conference of Atlantic Club “Energy Dissected”, 17.02.2023, Sofia, Boyana Government Residency (in English)
7. van Hinovski, *Preliminary assessment of the advantages risks and options for the implementation of a new nuclear power plant*, National discussion forum, "The Construction of Belene NPP-feasibility, alternatives, economic models", National Assembly. „National Assembly“, “East“ Hall, 20 February 2018 <https://www.bulenergyforum.org/bg/arhiv-energiino-subitcie/izgrazhdaneto-na-aecbelene-celesobraznost-alternativi-ikonomicheski-modeli>

VII. REFERENCES:

29. Проф.д-р Димитър Димитров, проф.д-р Тилчо Иванов, проф. д-р Цветан Цветков и др. „Корпоративна сигурност“, Издателски комплекс- УНСС, София, 2021
30. Тодор Недев, УНСС, „БНЕБ-възможности за управление на риска“, IDEAS, 2019,

<https://ideas.repec.org/a/dat/earchi/y2019i2p33-43.html>

2. Проф.д-р Димитър Димитров, „Приложение на сценарийното планиране в бизнеса, отбраната и сигурността“, Изд.комплекс, УНСС, 2012
3. Энергийна стратегия, 1999, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski , password: Ivan Hinovski, код на документа 16.1
4. Энергийна стратегия, 2002, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski , password: Ivan Hinovski, код на документа 16.2
5. Энергийна стратегия на 2011, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski , password: Ivan Hinovski, код на документа 16.3
6. Иванов,Т. “Икономически анализ в публичния сектор“, Поредица „Управление на промяната“, ИПОИ при БАН, Сдружение Джордж Маршал, 2009
7. Michel Hansen, Trends in Uranium Supply, IAEA Bulletin, vol.18,NO 5/6, 1982, https://www.iaea.org/sites/default/files/185_604881627.pdf
8. Доклад на АЕЦ“Козлодуй“до НЕК, Доклад с данни за откази на ядрено гориво, 14.10.1997г. www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski , password: Ivan Hinovski, код на документа 1.12 и 1.13
9. EBRD, Kozloduy NPP Units 1- 4 Decommissioning Programme and the National Disposal Facility <https://eceppebrd.com/delta/viewNotice.html?displayNoticeId=20878279>
10. Нотариално заверена декларация за напускане на проекта АЕЦ“Белене“ от RWE, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, код на документа 10.12
11. Междинен доклад на комисията на НС за проверка на АДФИ за АЕЦ“Белене“, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski, password: Ivan Hinovski, код на

- документа10.13
12. Документ на АЯР, Копие на изтеклото разрешение за проектиране на АЕЦ“Белене“ на 14 юли 2015 година, “Записки по българската енергетика“, стр.60
 13. The risk of completing Belene NPP, 2018, Prof. Dr. Yanko Yanev, Vienna International Nuclear Center Competence (Nuclear Energy Policy Risks and Market Risks are critical
 14. Проф-д-р Иван Георгиев, Доц-д-р Цв.Цветков, „Управление на проектния риск“, Изд.комплекс, УНСС, 2011
 15. БЕМФ, Писмо до Министерство на енергетиката с обосновка на създаването на национален Съвет за стратегическо развитие на енергетиката, кореспонденция на БЕМФ, изх.№ МЕ-С-12/13.12.2022 г.
 16. Доклад на инвестиционна агенция Lazard, Сравнителни цени на енергията от различни източници, www.lazards-levelized-cost-of-energy-version-150-vf.pdf
 17. Стратегия за безопасно използване и развитие развитие на ядрената енергетика в България, 1998 г., анотация, „Записки по българската енергетика“, стр.87, пълен текст, www.bulenergyforum.org/bg/content/kniga/-ivan-hinovski , password: Ivan Hinovski, document code 16.1
 18. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, IAEA, 2020 (<https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-power-for-the-future-new-iaea-publication-highlights-status-of-smr-development>
 19. Интегриран Национален План за енергетика и климат, Министерство на енергетиката, 2020 г. <https://www.me.government.bg/news/integriran-plan-v-oblastta-na-energetikata-i-klimata-na-republika-balgariya-2021-2030-2823.html>

20. План за развитие на преносната електрическа мрежа на България за периода 2021- 2030 т., ЕСО, 2021 г.
21. Писмо на ИКЕМ до БЕМФ, Оценка на необходимия мощностен баланс на националната енергийна система на България за развитие на електромобилността до 2030 г., архив на БЕМФ, вх.№ В-ВИ-7/2022 г.
22. Иван Хиновски, „Предварителна оценка на предимствата, рисковете и възможностите за реализация на нова ядрена мощност в АЕЦ“Козлодуй“, Национален дискуссионен форум, БЕМФ, 20.02.2018 г., Народно събрание
23. Иван Хиновски, Доктрина за развитие на ядрената енергетика в България, Списание „Ютилитис“, бр.10, декември 2022 г., ISSN 1312- 3017).
24. Иван Хиновски, Актуално състояние на българската енергетика и стратегическата роля на ядрената енергетика, Научно списание на УНСС, 2022 г.
25. Иван Хиновски, Антон Иванов, Доклад на научния форум „Енергийната трансформация в България в контекста на плана RePowerEU“, Научноизследователски център по енергиен бизнес и инфраструктура на УНСС, 27.02.2023 г.
26. OECD (2019) Guidelines on Corporate Governance of State-owned Enterprises, 2015 edition
27. Доц.д-р Цв.Цветков & други, „Защита на критична инфраструктура-икономика и организационни аспекти“, Фонд НИД, УНСС, София, 2011
28. Horbaczewska, Ł. Sawicki, The SaHo Model for Nuclear Power, IAEA Virtual EventEVT1904634, 1- 3 March 2022