

Доклад №: AUS0003437

България

ВКУ за геотермална енергия за енергийна сигурност в България (G4ES)

Резултат 3: Доклад с технически данни и препоръки за предоставяне на информация на Възложителя във връзка с подбора на обекти с добри перспективи за развитие на геотермална енергия - *Окончателен доклад*

04.04.2024 г.

Практика „Енергия & добив“



Отговорности

© Министерство на енергетиката на Република България
ул. „Триадица“ 8
София 1000
БЪЛГАРИЯ
Тел.: +359 2 9263 152; Интернет адрес: <https://www.me.government.bg/>

Настоящата разработка е продукт на експерти на Световната банка. Констатациите, тълкуванията и заключенията, изразени в нея, не отразяват непременно вижданията на изпълнителните директори на Световната банка или на правителствата, които те представляват. Световната банка не гарантира точността на данните, включени в настоящата разработка. Границите, цветовете, деноминациите и другата информация, показани на която и да било карта в настоящата разработка не предполагат никаква преценка от страна на Световната банка относно правния статус на която и да е територия или одобряването и приемането на такива граници.

Права и разрешения

Материалът в настоящата разработка е обект на авторско право. Всички запитвания във връзка с права и лицензи, включително субсидиарни права, трябва да бъдат отправяни до Министерство на енергетиката на Република България, ул. „Триадица“ 8, София 1000, България, Факс: +359 2 980 76 30, адрес на ел. поща: e-energy@me.government.bg

Списък на съкращенията

CAPEX	Капиталови разходи
ЦО	Централно отопление
КПТЕЕ	Комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия
ЕК	Европейска комисия
ИАОС	Изпълнителна агенция по околна среда към Министъра на околната среда и водите
УГС	Усъвършенствани геотермални системи
ИДС	Изключителна държавна собственост
ЕСТ	Европейска система за търговия с емисии
ЕС	Европейски съюз
КЕВР	Комисия за енергийно и водно регулиране
БВП	Брутен вътрешен продукт
GJ	Гигаджаул
ГеоЦО	Геотермално централно отопление
ПГ	Парникови газове
ПБ	Правителство на България
GW	Гигават
GWe	Гигават електрическа енергия
GWh	Гигават час
GWh _t	Гигават час топлинна енергия
ha	Хектари
МБВР	Международна банка за възстановяване и развитие
ДВГ	Двигател с вътрешно горене
l/s	Литри за секунда
ЛСОН	Средни разходи за топлинна енергия
МО	Местна община
МЕЕР	Министерство на енергетиката и енергийните ресурси
МЕ	Министерство на енергетиката
МОСВ	Министерство на околната среда и водите
MW	Мегават
MWe	Мегават електрическа енергия
MWh _t	Мегават-час термална енергия
MW _t	Мегават топлинна енергия
НПЕК	Национален план в областта на енергетиката и климата
Н&Г	Нефт и газ
ОРЕХ	Оперативни разходи
PM10	Прахови частици с диаметър 10 микрометри (µm) или по-малко
ПОС	Публична общинска собственост
ВКУ	Възмездни консултантски услуги
ВЕИ	Възобновяеми енергийни източници
RDF	Гориво получено от отпадъци
ПВУ	План за възстановяване и устойчивост
T	Температура
TDS	Общо разтворени твърди вещества

TЗ	Техническо задания
ТЕЦ	Топлоелектрическа централа
TWht	Терават час топлинна енергия
СБ	Световна банка

Съдържание

Резюме	10
1 Въведение	14
2 Контекст на енергийния сектор	18
2.1 Енергийна матрица.....	18
2.2 Декарбонизация на енергийната матрица	22
2.3 Геотермална енергия.....	24
3 Перспективни геотермални ресурси	26
3.1 Въведение и методология	26
3.2 Характеризиране на геотермалните региони.....	27
3.2.1 Северна България	27
3.2.2 Южна България	30
3.3 Геотермални приоритетни райони: избор и описание.....	32
3.4 Собственост върху геотермалните ресурси.....	34
4 Потенциал за генериране на геотермална мощност	37
4.1 Технологични и икономически варианти.....	37
4.2 Основни заключения	40
5 Потенциал за директно използване на геотермална енергия в България	41
5.1 Въведение и методология	41
5.1.1 Методология на потреблението на топлинна енергия за битови нужди.....	42
5.1.2 Методология за оценяване на потреблението на топлинна енергия за индустриални нужди	45
5.1.3 Инструмент за обработка на данни.....	45
5.2 Съществуващо потребление на топлинна енергия	46
5.2.1 Потребление на топлинна енергия за битови нужди	47
5.2.2 Потребление на топлинна енергия за промишлени нужди	50
5.2.3 Потребление на топлинна енергия от сектори земеделие и животновъдство	65
5.3 Потенциални двигатели на нарастване на потреблението на геотермална топлинна енергия	68
5.3.1 Очакван естествен растеж на потреблението на топлинна енергия	68
5.3.2 Въглищен преход.....	68
5.3.3 Сектори земеделие и животновъдство.....	70
5.4 Машабно производство на топлинна енергия	77
5.5 Анализ на комбинираното потребление и производство на топлинна енергия	81
5.5.1 Основни полюси на потреблението и производството на топлинна енергия	82
5.5.2 Фокус анализ на съвместимостта на основни геотермални райони и райони на потребление и производство на топлинна енергия.....	87
5.6 Фокусиран анализ на възможностите в идентифицираните приоритетни геотермални райони 94	
5.6.1 Плевен	94
5.6.2 София.....	97
5.6.3 Варна	98
5.6.4 Долината на река Струма	101
5.6.5 Велинград.....	102
5.6.6 Враца	104
5.6.7 Ерма Река	105
6 Икономически и финансов анализ на проекти за директно използване геотермална енергия	107
6.1 Методология	107

6.1.1	Общи допускания	107
6.1.2	Основни входни параметри за LCOH.....	109
6.2	Опростени таблици за пресмятане на LCOH.....	111
6.2.1	Казус А – Централно отопление: 3 600 експлоатационни часове на година	112
6.2.2	Казус Б – Индустрия: 8 000 експлоатационни часове годишно.....	113
6.3	Прилагане на инструмента за оценка на LCOH към приоритетни геотермални райони.....	114
6.4	Илюстративни казуси: сравнение на LCOH на геотермална технология с LCOH на други технологии	118
7	Екологични и социално-икономически фактори.....	121
7.1	Характеризиране на използваното на гориво и на емисиите на CO ₂ в съоръжения за производство на топлинна енергия.....	121
7.2	Екологични и социални фактори	123
7.2.1	Екологични ограничения.....	123
7.2.2	Екологични и социални аспекти	124
7.2.3	Социално-икономически ползи.....	126
7.2.4	Екологична и социална оценка.....	127
8	Заклучения.....	129
	Използвана литература.....	138
	Приложение А. Анализирана информация.....	142
	Обобщение на основните източници на информация	142
	Институционални бази данни	142
	Доклади относно националните геотермални ресурси	143
	Налична информация за химичните свойства на геотермалните води	149
	Анотиран списък с библиографски източници и препратки	150
	Доклади относно регионалното разпределение на геотермалните ресурси в България	150
	Доклади относно конкретни геотермални райони	154
	Доклади относно оползотворяването на геотермалните ресурси.....	157
	Приложение Б. Избрани геотермални райони.....	159
	Приложение В. Геохимия на термалните води в България	160
	Въведение.....	160
	Химични характеристики и класификация на водите	160
	Геотермометрия.....	165
	Приложение 1. Набор от химични данни, използвани за целите на доклада (събрани и прегледани от налични данни от литературата).....	169
	Приложение Г. Горива използвани от когенерационни и топлофикационни инсталации в България	170
	Приложение Д. Международни добри практики за изготвяне на оценки на въздействието върху околната среда и обществото.....	173

Списък на графиките

Графика 1: Консолидирана карта – Потребление на топлинна енергия и райони на геотермални ресурси	16
Графика 2: Енергиен микс на България (2010-2021 г.)	18
Графика 3: Електрически микс на България (2010-2021 г.)	19
Графика 4: Еволюция на цените на дребно в България: индустрия (вляво) и домакинства (вдясно)	21
Графика 5: Правителствата заделяха целево и разпределяха финансиране за защита на домакинствата и фирмите по време на енергийната криза (като % от БВП) от септември 2021 г. до януари 2023 г	21
Графика 6: Древни и съвременни термални бани в България. Руините на римските термални бани в Кюстендил с подова отоплителна система (вляво); термален плувен басейн в курорта Сапарева Баня (вдясно).	24
Графика 7: Местоположение на карбонатните водоносни слоеве от среден-горен девон (вляво) и среден-късен триас (вдясно) в Северна България	29
Графика 8: Температурна карта на дълбочина 1000 m под повърхността, показваща райони с по-висока температура в Югозападна България	31
Графика 9: Седем най-обещаващи геотермални райони, идентифицирани в България	34
Графика 10: Приложения на геотермални флуиди в зависимост от тяхната температура	39
Графика 11: Температура в сравнение с масов разход на геотермален флуид в нискотемпературни геотермални електроцентрали	40
Графика 12: Общи инвестиционни разходи (вляво) и производствени разходи за електричество, доставяно на мрежата (вдясно) за нискотемпературни геотермални електроцентрали	41
Графика 13: Пример на база екранна снимка от инструмента за обработка на данни	46
Графика 14: Потребление на топлинна енергия от общини и индустрии (MWh _t /г., 2022 г. спрямо по-обещаващи геотермални райони	49
Графика 15: Потребление на топлинна енергия за битови нужди по общини (MWh _t /г., 2022 г.)	50
Графика 16: Потребление на топлинна енергия за индустриални нужди по общини (MWh _t /г., 2022 г.)	52
Графика 17: Местоположение на основни химически предприятия и съответно потребление на топлинна енергия в България	55
Графика 18: Местоположение на заводи за неметални минерални продукти и съответно потребление на топлинна енергия в България	58
Графика 19: Местоположение на съоръжения за рафинирани нефтопродукти и съответно потребление на топлинна енергия в България	59
Графика 20: Местоположение на съоръженията за хартия, целулоза и печатни материали и съответно потребление на топлинна енергия в България	61
Графика 21: Местоположение на съоръженията за продукти от цветни метали и съответно потребление на топлинна енергия в България	63
Графика 22: Местоположение на предприятия за производство на чугун & стомана и съответно потребление на топлинна енергия в България	64
Графика 23: Потребление на топлинна енергия – други храни & напитки (2022 г.)	65
Графика 24: Потребление на топлинна енергия от животновъдството (2022 г.)	66
Графика 25: Местоположение на оранжерии и съответно потребление на топлинна енергия в България	67
Графика 26: Средно разпределение на използването на гориво (2018-2022 г.)	69
Графика 27: Използване на гориво (MWh/г.) от съоръжения за ЦО и КПТЕЕ	70
Графика 28: Животновъдство и геотермални райони	72
Графика 29. Основни възможни директни употреби на геотермална енергия в агроиндустриалния сектор	73
Графика 30: Местоположение на съоръженията за ЦО и КПТЕЕ в България (2022 г.) спрямо по-обещаващи геотермални райони	77

Графика 31: Генериране на топлинна енергия от съоръжения за ЦО и КПТЕЕ по оператори (MWh _t /г., 2022 г.)	78
Графика 32: Топло разпределителна мрежа на София	80
Графика 33: Индустриално и битово потребление на топлинна енергия (MWh _t /г., 2022 г.)	81
Графика 34: Основни пет района на потребление на топлинна енергия (MWh _t /г., 2022 г.)	83
Графика 34: Производство на топлинна енергия от съоръжения за КПТЕЕ в петте основни района на потребление на топлинна енергия в България (MWh _t /г., 2022 г.)	83
Графика 36: Потребление и производство на топлинна енергия по региони (MWh _t /г., 2022 г.)	85
Графика 35: Потребление на топлинна енергия според температурния диапазон (2022 г.)	86
Графика 36: Регион Русе – Местоположение на потреблението и производството на топлинна енергия	88
Графика 37: Регион София – Местоположение на потреблението на топлинна енергия	91
Графика 38: Регион Варна – Местоположение на потреблението и производството на топлинна енергия	94
Графика 39: Геотермален район Плевен: Потребление и производство на топлинна енергия (MWh _t /г., 2022 г.)	95
Графика 40: Карта на геотермалния район на Плевен с контури на извлекаемата термална енергия и местоположение на пробитите кладенци	96
Графика 41: Геотермален район София. Потребление и производство на топлинна енергия (MWh _t /г., 2022 г.)	98
Графика 42: Геотермален район Варна. Потребление и производство на топлинна енергия (MWh _t /год., 2022 г.)	100
Графика 45: Карта на геотермален район Варна с контуриране на извлекаемата термална енергия и местоположение на пробити кладенци	100
Графика 46: Геотермален район долината на Струма. Потребление и производство на топлинна енергия (MWh _t /г., 2022 г.)	103
Графика 43: Геотермален район Велинград. Потребление на топлинна енергия (2022 г.)	104
Графика 44: Геотермален район Враца. Потребление на топлинна енергия (2022 г.)	105
Графика 45: Потребление на топлинна енергия – Ерма река (2022 г.)	106
Графика 46: Схематична илюстрация на индиректна геотермална система, показваща установени граници на изчислението на LCOH, извършено за настоящото проучване	108
Графика 51: Пример за екранна снимка от управляващия панел на модел на LCOH	110
Графика 47: Производство на геотермална топлинна енергия (ефективност на топлообменника - 90%; температура на изхвърления солен разтвор - 40°C)	113
Графика 48: LCOH за геотермална енергия и сравнение с LCOH за алтернативни източници	113
Графика 49: Производство на геотермална топлинна енергия (ефективност на топлообменника - 90%; температура на изхвърления солен разтвор - 40°C)	114
Графика 50: LCOH за геотермална енергия и сравнение с LCOH за алтернативни източници	114
Графика 51: Сондажни разходи в сравнение с функция на дълбочината, използвана в модела на LCOH	116
Графика 52:: Пример за производство на топлинна енергия – ЦО в Софийския басейн – експлоатационни 3600 часа годишно	116
Графика 53: Пример за LCOH – ЦО в София – 3 600 експлоатационни часа годишно	117
Графика 54: Пример на производство на топлинна енергия – Варна – Индустриално приложение, експлоатационни 8000 часа годишно	117
Графика 55: Пример за LCOH - Варна – индустриално приложение, 8000 експлоатационни часа годишно	118
Графика 56: LCOH на проектни казуси в избраните геотермални райони в сравнение с финансови LCOH на алтернативни технологии, като се вземат предвид 3600 експлоатационни часа годишно	119
Графика 57: LCOH на проектни казуси в избраните геотермални райони в сравнение с икономически LCOH на алтернативни технологии, като се вземат предвид 3600 експлоатационни часа годишно	119
Графика 63: LCOH за проектни казуси в избраните геотермални райони в сравнение с финансови LCOH на алтернативни технологии, като се вземат предвид 8 000 експлоатационни часа годишно	120
Графика 58: LCOH за казуси на проекти в избраните геотермални райони в сравнение с икономически LCOH на алтернативни технологии, вземайки предвид 8 000 експлоатационни часа годишно	121
Графика 59: Средно потребление на гориво (2018-2022 г., MWh/г.) за съоръженията за производство на топлинна енергия (КПТЕЕ и ЦО)	123

Списък на таблиците

Таблица 1: Средно и годишно потребление на гориво от съоръженията за производство на топлинна енергия в България	20
Таблица 2: Тегло на горивото в производството на топлинна енергия (%)	20
Таблица 3: Статистика за използването на геотермална директна топлинна енергия през 2009 г	25
Таблица 4: Основни характеристики на избрани геотермални райони	33
Таблица 5: Обобщение на собствеността на ресурсите в избрани геотермални райони	35
Таблица 6: Оценено потребление на топлинна енергия и едромасхабно производство в България, 2018-2022 г. (MWh/г.)	43
Таблица 7: Данни за потребление на топлинна енергия за битови нужди, население и потребление на глава от населението, използвани за оценка на битовото потребление на топлинна енергия	44
Таблица 8: Общинско потребление на топлинна енергия в България	45
Таблица 9: Съоръжения за ЦО в България	50
Таблица 10: Енергийни потоци към индустриалния сектор в България	52
Таблица 11: NACE 2.1 - Сегментиране на индустриалните енергийни потоци, България (2022 г.)	53
Таблица 9: NACE 2.1 - Потребление на топлинна енергия от индустриални сегменти (2022 г.)	53
Таблица 10: Химически продукти	55
Таблица 11: Неметални продукти	57
Таблица 12: Рафинирани нефтопродукти	59
Таблица 13: Потребление на топлинна енергия от сегмент „Хартия, целулоза & печатни материали“	60
Таблица 17: Потребление на топлинна енергия от предприятия за цветни метали	62
Таблица 14: Потребление на топлинна енергия от производството на чугун & стомана	63
Таблица 15: Съоръжения за КПТЕЕ, снабдяващи оранжерии с топлинна енергия в България	66
Таблица 16: Съоръжения за КПТЕЕ: производство на топлинна енергия за индустриални нужди (2018–2022 г.)	79
Таблица 21: Най-големите потребители на топлинна енергия в България	82
Таблица 17: Потребление на топлинна енергия в регион Русе	88
Таблица 23: Производство на топлинна енергия в регион Русе	89
Таблица 18: Потребление на топлинна енергия в регион София	92
Таблица 19: Производство на топлинна енергия в регион София	93
Таблица 26: Потребление на топлинна енергия в регион Варна	93
Таблица 20: Производство на топлинна енергия в регион Варна	93
Таблица 21: Казуси на геотермални проекти, използвани за изчисляване на LCOH	115
Таблица 22: Емисионни фактори за CO ₂	122
Таблица 23: Бедност (2022 г.), безработица и уязвимо население (2021 г.) в целеви райони	127
Таблица 24: Процес „стъпка по стъпка“ за разработване на пилотни проекти	135

Резюме

Настоящият окончателен доклад съответства на Резултат № 3 „Доклад с технически данни и препоръки за предоставяне на информация на Възложителя във връзка с подбор на обекти с добри перспективи за развитие на геотермална енергия" в рамките на Компонент II от Споразумението за възмездни консултантски услуги (ВКУ), отнасящо се до геотермална енергия за енергийна сигурност в България, сключено между Министерството на енергетиката (МЕ) на Република България и Международната банка за възстановяване и развитие (МБВР). Целта на споразумението е да се предоставят консултантски услуги на Министерството на енергетиката относно идентифицирането на подходящи обекти с добри перспективи за използване на геотермална енергия, включително за потенциално директно използване на геотермална енергия за отопление и охлаждане и/или за потенциално производство на електроенергия, като част от Инвестиция 7 „Пилотен проект за комбинирана топлинна и електрическа енергия от геотермални източници", Компонент 4 „Ниско въглеродна икономика" на Плана за възстановяване и устойчивост (ПВУ) на България.

За целите на настоящия доклад Световната банка (СБ) е извършила оценки за: (i) определяне, количествено измерване и картиране на потреблението на топлинна енергия в България; (ii) идентифициране и ранкиране на най-обещаващите райони/места за мащабно геотермално развитие, отчитайки техните геоложки условия и характеристиките на геотермалните ресурси. Настоящата разработка се основава на тези оценки, като идентифицира седемте най-обещаващи райони на геотермални ресурси в страната и съпоставя този анализ с перспективата по отношение на потреблението от страна на битовия и индустриалния сектори, включително за централно отопление (ЦО) и за съоръжения за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия (КПТЕЕ).

Настоящият доклад е в съответствие с **ангажмента на България за диверсификация на енергийните източници**. Като държавата членка с най-въглеродоинтензивна икономика в Европейския съюз (ЕС), страната е изправена пред предизвикателства, произтичащи от голямата ѝ зависимост от невъзобновяеми енергийни източници, по-специално въглища и лигнитни въглища, които допринасят за над 70% от емисиите на парникови газове в страната. Последните геополитически събития, включително руското нахлуване в Украйна и повишаването на цените на енергията, ускори прехода на ЕС и България от изкопаемите горива към възобновяеми енергийни източници. В резултат на това в своя неотдавна актуализиран Национален план за енергия и климат (НПЕК 2024, който в момента се разглежда от Европейската комисия), страната е увеличила националните цели, свързани с възобновяеми енергийни източници и енергийна ефективност. В тази връзка, като част от Националния план за възстановяване и устойчивост, одобрен през април 2022 г., България се ангажира да увеличи значително дела на възобновяемите енергийни източници в своя енергиен микс (включително геотермалната енергия) до 2026 г. Въпреки значителния ръст на вятърната и слънчевата енергия през последните години, геотермалната енергия остава недостатъчно използвана в България.

Седем най-обещаващи геотермални райони бяха определени въз основа на наличната информация за геотермалните ресурси в страната, включително публично достъпни документи и доклади, изготвени от членове на академичните среди, данни от институционални източници, както и от срещи със заинтересовани страни и посещения на място в идентифицираните райони. Въз основа на това са идентифицирани следните обекти: в Северна България - Плевен, Варна и Враца, в Централна България - София и в Южна България – долината на река Струма, Велинград и Ерма река. Всички тези

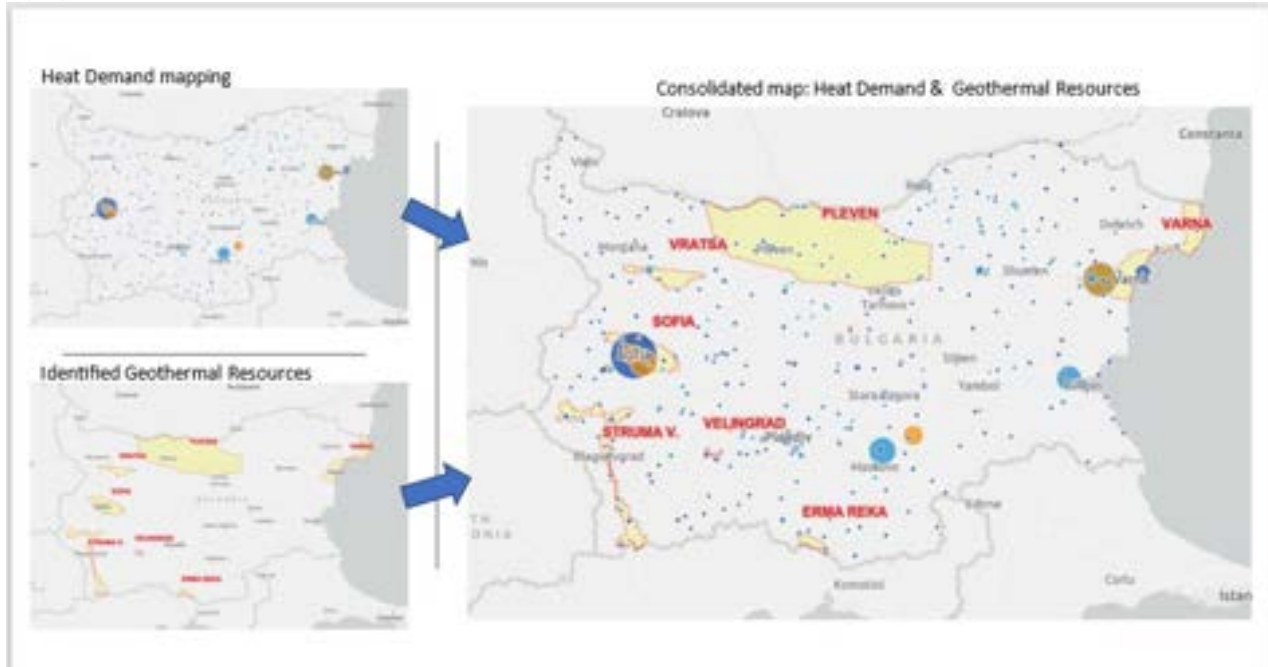
райони съдържат доказани геотермални ресурси със средни температури, подходящи за приложения с директно приложение.

Необходими са допълнителни изследвания, за да се проучи **потенциалът за генериране на електроенергия** от геотермална енергия, който изисква геотермални резервоари с по-висока температура от тези, които понастоящем са потвърдени в България. В Северна България изглежда, че в по-дълбоките водоносни хоризонти (3000 - 5000 m) са налични геотермални ресурси с температури, които биха могли да позволят производство на електроенергия в умерен мащаб, но те все още не са проучени и оценени достатъчно и трябва да бъдат допълнително проучени. По-дълбоките, все още несондирани части на геотермалните системи в Южна България могат да съдържат флуиди с по-висока температура в сравнение с тези, които понастоящем са известни на относително плитки дълбочини.

Потенциалът за директно използване на геотермална топлинна енергия в България е оценен, като първо се картографира потреблението на топлинна енергия за цялата територия на България, използвайки различни източници на обществена информация за оценка на потреблението на топлинна енергия в битовия сектор, индустрията и селското стопанство. Районите на София, Варна, Бургас, Пловдив и Хасково представляват петте основни зони с концентрация на потреблението на топлинна енергия в България. С оглед на топлинната енергията, генерирана от специални съоръжения, а именно съоръжения за ЦО и КПТЕЕ в трите региона - София, Варна и Русе, е видно, че са налице фактори за потенциала за използване на геотермална енергия: (i) значително потребление сред битови потребители; (ii) инфраструктура за производство на топлинна енергия (напр. съоръжения за ЦО и различни промишлени съоръжения); (iii) съоръжения за производство на топлинна енергия от въглища, които преминават към въглеродно неутрално гориво или се извежда от експлоатация в средносрочен план.

Извършеният във връзка с настоящия доклад анализ след това е използван и за оценка на **потенциалното потребление на топлинна енергия в идентифицираните геотермални райони** (Графика ES-1), което е силно диверсифицирано в зависимост от географската концентрация и енергийните обеми. Общините София и Варна са идентифицирани като представящи сходен модел: наличие на значителното битово потребление, съответна инфраструктура (т.е. система за ЦО), различни индустриални съоръжения и работещи на въглища съоръжения за производство на топлинна енергия, преминаващи към въглеродно неутрално гориво или към извеждане от експлоатация в средносрочен план. В долината на Струма, съществуващият оранжерийен бизнес би могъл да бъде пример за ефективно използване на геотермална енергия, допринасяйки за модернизирването и разширяването на устойчивото селско стопанство в България. Интересни възможности за геотермални приложения могат да се открият и в другите идентифицирани райони (Плевен, Враца, Велинград и Ерма Река), но геотермалните проекти обикновено са и ще бъдат с по-малък мащаб поради по-разпръснатото и ограничено потребление на топлинна енергия в тези райони. В Плевен и Враца, по-горещи геотермалните ресурси са разположени на дълбочини над 2000 m, което е предизвикателство за финансовата жизнеспособност на малките геотермални проекти.

Графика ES-1. Консолидирана карта – Потребление на топлинна енергия и райони на геотермални ресурси



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: *Heat demand mapping* - Карта на потреблението на топлинна енергия; *Identified Geothermal Resources* - Идентифицирани геотермални ресурси; *Consolidated map: Heat demand and Geothermal resources* - Консолидирана карта: Потребление на топлинна енергия и Геотермални ресурси.

Нови източници на потребление на топлинна енергия могат да възникнат от въглищния преход, например от системи за ЦО или от големи промишлени комплекси, които силно разчитат на въглища. В селскостопанския сектор, преминаването от отглеждани на открито култури към култури отглеждани в оранжерии може да подпомогне повишаването на устойчивостта на сектора към въздействията от изменението на климата. В идеалния случай, такова потребление би могло да бъде подкрепено чрез директно използване на геотермална енергия, което е успешно решение приложено в други страни.

При оценката на обектите с потенциал за геотермално развитие следва да се вземат предвид и **екологичните и социалните аспекти**. Анализът на екологичните ограничения и социално-икономическите условия в доклада не е изключил нито един от потенциалните обекти, а по-скоро е посочил някои ограничения (като при защитените зони) и рискове, които следва да бъдат оценени и смекчени, като може да е необходимо да се вземат предвид положителни външни фактори (от гледна точка на икономическо развитие) при приоритизирането на проекти.

Икономическият анализ на геотермалната енергия в избраните райони е установил, че геотермалната енергия е рентабилна опция, която същевременно има и слаб въглероден отпечатък. Разработен е двустепенен подход за оценка на усреднените разходи за геотермална енергия въз основа на ключови фактори, включително дебит, температура и дълбочина с използване на двустепенен инструмент за изчисление. Оценките на усреднените разходи за топлинна енергия (LCOH) за геотермалната енергия в избраните райони показват съществени разлики между отделните геотермални райони, отразяващи различия, присъщи в характеристиките на геотермалните ресурси. Примерни проекти показват, че геотермалната енергия е конкурентоспособна на алтернативните

технологии, когато се вземат предвид разходите за емисии на CO₂, докато финансовите разходи могат да бъдат конкурентоспособни в сравнение с някои други технологии в зависимост от местоположението и вида на проектите. Параметрите за подобен анализ обаче, следва да бъдат потвърдени за всеки отделен случай чрез подробен анализ.

Идентифицирането и изпълнението на пилотни проекти може да допринесе за намаляване на риска, свързан с развитието на геотермална енергия, като покаже жизнеспособността и потенциалния пронос на тази технология. Изискванията за намаляване на въглеродния отпечатък централните отоплителни системи в средносрочен план ги превръщат в идеални кандидати за използване на геотермална енергия при генериране на топлинна енергия за домакинства и малки предприятия намиращи се в определените перспективни райони. Оранжерии също представляват интересна възможност за повишаване на устойчивостта на селското стопанство срещу климатичните промени. Въз основа на комбинирания преглед на геотермалните ресурси, потреблението и производството на топлинна енергия, както и на очакваните икономически и финансови резултати, биха могли да се разглеждат три проекта като първоначални варианти за стартиране на геотермалното развитие в България: (i) централно отопление в София, (ii) централно отопление във Варна; (iii) оранжерии по Долината на река Струма.

1 Въведение

По Компонент 4 „Нисковъглеродна икономика“ от Плана за възстановяване и устойчивост, подкрепян от Европейската комисия, правителството на България се ангажира да разработи „Пилотен проект за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия от геотермални източници“ (Инвестиция 7), който в своите дейности включва преглед на съществуващата информация за геотермалния потенциал в България. Правителството на България е възложило на Световната банка (СБ) да подкрепи тези усилия в рамките на Споразумението за възмездни консултантски услуги (ВКУ), подписано на 4 май 2023 г. Контрагентът на СБ за тази задача е Министерството на енергетиката (МЕ) на България („Възложителят“).

Окончателният доклад съответства на Резултат 3 („Доклад с технически данни и препоръки за предоставяне на информация на Възложителя във връзка с подбора на обекти с добри перспективи за геотермално развитие“) в съответствие с Компонент II от Споразумението за ВКУ. Целта му е да предостави консултантски услуги за идентифициране на съответните райони с добри перспективи за използване на геотермална енергия, включително за потенциално директно използване на геотермална енергия за отопление и охлаждане и/или производство на електроенергия.

Цялостният обхват на работата по тази задача включва следните основни дейности:

- Преглед на подходяща съществуваща информация за геотермалните ресурси и общ анализ на съответните местни географски характеристики, екологични и социални аспекти, собственост върху ресурсите и предварително съществуващи начини на използване на известни, перспективни и нови обекти.
- Анализ на продуктивното използване и потреблението на геотермална топлинна енергия от местни общности и индустрии за обектите, идентифицирани от МЕ, както и на потенциалните възможности за генериране на електроенергия от геотермални източници и оценка на подходящи съществуващи съоръжения, които биха могли да оползотворяват геотермална енергия, включително и предварително проучване на високо ниво, свързано с потенциалната приложимост на използване /преминаване към геотермална енергия от страна на местните общности и индустрии.
- Подпомагане на Възложителя при идентифицирането на потенциални обекти за по-мощно геотермално развитие (цел: поне шест обекта), предоставяне на препоръки относно следващите стъпки и предложен анализ, които трябва да бъдат извършени от Министерството на енергетиката в бъдеще с цел оценка и потвърждаване на съществуващите геотермални ресурси, включително: а) потенциални изследвания на повърхността; б) информация, която може да е нужна на Възложителя, за да проектира сондажни дейности; в) добри практики за извършване на екологични и социални оценки; г) информация, която може да е нужна на Възложителя, за да извършва оценка на осъществимостта в бъдеще.

За тази цел, СБ е извършила следните оценки:

- Анализ на **продуктивно използване и потенциално потребление** на геотермална топлинна енергия от страна на местните общности и индустрии, насочен към определяне, количествено измерване и картиране на потреблението на топлинна енергия в България,

като база за идентифициране на потенциалните нужди на местните общности и индустрии, което може да бъде задоволено чрез предлагане на геотермална топлинна енергия.

- Обзор и обща оценка на **налични геотермални ресурси**, насочен към характеризирани на райони/места с добри перспективи за по-мощно развитие на геотермална енергия предвид техните геоложки условия и характеристиките на геотермалните ресурси според наличните/достъпните данни.

Оценката на наличните геотермални ресурси и съществуващото потребление на топлинна енергия в страната бе подпомогната от информация предоставена на редица срещи с ключови заинтересовани страни в София (в края на ноември и началото на декември 2023), и посещения на място на избрани ключови геотермални райони в България: Левуново, Сандански, Рупите, Велинград (Каменица и Драгиново), Сапарева баня, Кюстендил и София (Казичене и Равно поле)

Основните резултати от тези оценки са консолидирани в настоящия доклад, чрез интегриране на двата набора от данни, за да се опишат районите, в които потреблението и предлагането могат да се балансират и да стимулират развитието на геотермални проекти. Целта на настоящия доклад не е да предостави техническо решение или конкретен начин за разработване на проект, а по-скоро да определи съществуващото потребление на топлинна енергия, съпоставено спрямо локациите на най-обещаващите и достъпни източници на геотермална енергия в страната. С помощта на подобен анализ, на Министерството на енергетиката ще се предостави инструмент, който да подпомогне както ефективното планиране на геотермалното развитие, така и да предостави решения за по-нататъшна оценка на ресурсния капацитет, техническата и финансовата жизнеспособност на проектите в по-обещаващите места, имайки предвид ресурсните характеристики и установеното потребление на топлинна енергия.

Чрез структуриран подход, представените в доклада карти ще очертаят географското местоположение на потреблението на топлинна енергия и на геотермалните райони, идентифицирани като по-обещаващи за целите на търговско развитие. На Графика 1 по-долу е показана методологията, за картиране на потреблението (битово и индустриално) на топлинна енергия, включително централно отопление и съоръжения за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия, след което се извършва наслагване на потреблението върху идентифицираните перспективни геотермални райони. Целта на този анализ е да се определят отношенията между потреблението и предлагането за всеки от идентифицираните райони, като се оцени съответния техен порядък или мащаб и извлекат основни критерии за приоритизиране.

както и разликата между потреблението и предлагането на топлинна енергия (местоположение на геотермалните ресурси) могат да възпрепятстват икономическата ефективност на проектите и да се превърнат в предизвикателство за използването на геотермална енергия.

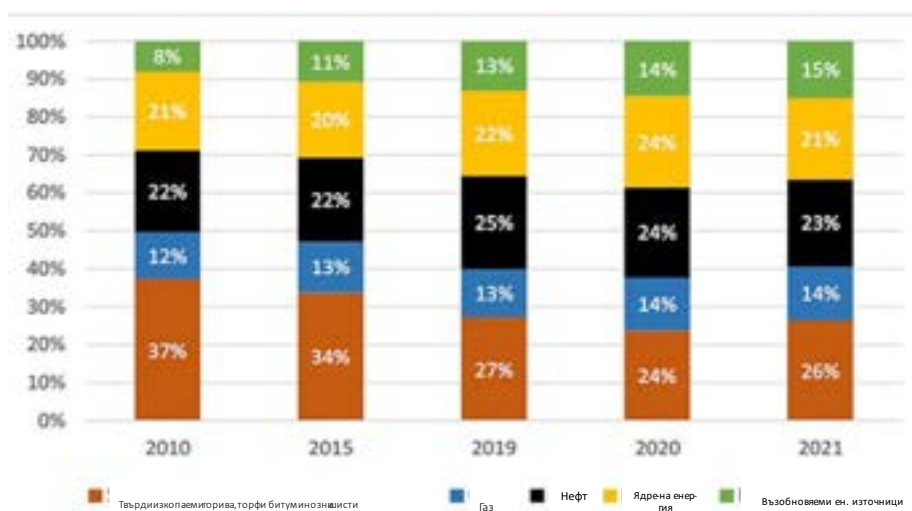
Настоящият доклад обобщава всички проучвания, извършени от СБ и предоставя технически данни, които са необходими на МЕ, за да се финализира подбора на съответните обекти с добри перспективи за използване на геотермална енергия. Докладът предоставя и препоръки относно следващи стъпки и по-нататъшен анализ, които да бъдат извършени с цел оценка и потвърждаване на съществуващите геотермални ресурси в районите с добри перспективи съгласно договореност с Министерството на енергетиката.

2 Контекст на енергийния сектор

2.1 Енергийна матрица

България е с най-енергоинтензивната и най-въглеродно интензивната икономика в ЕС. Тя заема последно място по качество на въздуха в Европейския съюз (ЕС). Енергийният сектор е най-големият емитент на парникови газове в страната, като е отговорен за повече от 50% от нейните общи емисии¹. Тази ситуация се дължи на голямата зависимост на енергийните доставки от невъзобновяеми източници, по-специално въглища. Към 2021 г., изкопаемите горива са представлявали 63% от енергийната матрица, докато традиционната биомаса е допринасяла с 15%, а останалите 21% са били представени от ядрената енергия (вж. Графика 2). Делът на изкопаемите горива показва тенденция към намаляване с 8% между 2010 и 2021 г. чрез замяната им предимно с възобновяеми източници.

Графика 60: Енергиен микс на България (2010-2021 г.)



Източник: Евростат²

Енергийното потребление в битовия сектор разчита предимно на електроенергия (42.8%), след това на твърди изкопаеми горива (5.8%), нефт (0.9%), възобновяеми енергийни източници и биогорива³

¹ Съгласно Доклада на ЕС за напредъка относно действията в областта на климата за 2022 г. най-голям принос към нетните емисии на парникови газове в България през 2021 г. има енергийният сектор (51%), следван от транспортния сектор (23%) и от промишления сектор (23%): https://climate.ec.europa.eu/system/files/2023-04/bg_2022_factsheet_en.pdf.

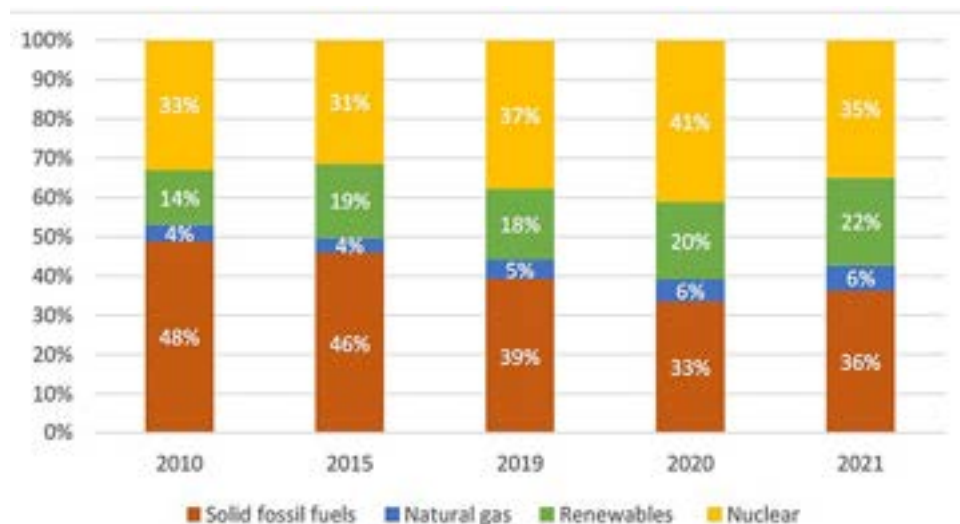
²

³ Предимно дърва за огрев и дървени пелети

(31.8%), директна топлинна енергия⁴ (14.1 %) и природен газ (4.7%) през 2021⁵.

В енергийния сектор към 2021 г., въглицата осигуряват 36 процента от произведената електроенергия, ядрената енергия - 35 процента, възобновяемите енергийни източници - 22 процента а природният газ - 6 процента (Графика 2).

Графика 61: Енергиен микс на България (2010-2021 г.).



Източник: Евростат

Превод на текста на графиката: Solid fossil fuels - Твърди изкопаеми горива; Natural gas – Природен газ; Въобновяеми източници; Nuclear –Ядрена енергия.

Изкопаемите горива доминират сред горивата използвани за отопление в България. На Таблица 1 и Таблица 2 са показани моделите на потребление на гориво, както и съответния принос на всеки вид гориво за производството на топлинна енергия в България, като се подчертава доминацията на въглицата и лигнитните въглища, както и необходимостта от постигане на устойчиви решения и диверсификация към по-чисти алтернативи за отопление. Разликата, която трябва да бъде преодоляна - 88% от потреблението на гориво за отопление, би могла да се покрие чрез използването на биомаса за генериране на топлинна енергия (при условие, че биомасата се произвежда по устойчив начин), която пряко да замести твърдите изкопаеми горива, докато геотермалната енергия, имайки предвид описаните в настоящия доклад характеристики, би могла да има значителен принос за директно приловение при системи за централно отопление, оранжерии и промишлени процеси; както и да подкрепи мерките за енергийна ефективност чрез предварително подгръване на подаваната в котела вода при различни отоплителни процеси. В другия край на спектъра, геотермалната термомопнена технология може да подпомогне електрифицирането на процесите на централно/пространствено отопление или индустриални топлоснабдителни процеси.

⁴ Топлинна енергия се произвежда от съоръжения за ЦО и КПТЕЕ

⁵ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households&oldid=437946%23Energy_products_used_in_the_residential_sector#Energy_products_used_in_the_residential_sector

Таблица 1: Средно и годишно потребление на гориво от съоръженията за производство на топлинна енергия в България.

Вид гориво	Средно						Средногодишни емисии на CO ₂ (t)*
	потреблени е на гориво 2018-2022 (MWh)	2018	2020	2019	2021	2022	
Въглища ⁶	6,181,387	6,727,659	5,679,688	5,904,165	5,368,548	4,295,037	2,105,133
Горивно масло	19,380	17,635	16,903	19,409	8,983	n.d.	5,400
Газьол	9,144	615	34,724	525	710	n.d.	2,439
Лигнитни въглища	2,425,424	2,196,830	2,723,437	2,356,004	n.d.	n.d.	881,884
Природен газ	9,573,571	8,324,099	8,625,701	8,346,204	9,294,789	8,441,264	1,933,478
RDF	11,294	26,820	0	18,358	0	n.d.	3,388
Твърда биомаса	1,349,067	1,641,854	864,340	1,569,880	772,363	53,615	53,963
Твърда биомаса - друга	28,370	0	0	88	64,831	76,930	1,135
Твърда биомаса - слама	4,370	392	11,522	9,937	0	0	175
Твърда биомаса – слънчогледови пелети	8,331	9,264	16,898	15,495	0	0	333
Твърда биомаса – дървени стърготини	10	0	0	52	0	0	0
Общо	19,610,349						4,987,329

Източник: Авторски анализ на данни от Евростат, Националния статистически институт, доклади на Изпълнителната агенция по околна среда и на приложения за ценообразуване на операторите на съоръжения за КПТЕЕ

Бележка: RDF = гориво, получавано от отпадъци / n.d.: непоказани

* t = метрични тона

Таблица 2: Тежест на горивото използвано за производство на топлинна енергия (%).

Вид гориво	Производство на топлинна енергия по вид гориво (средно потребление на гориво, 2018-2022 г.)
Въглища	31.51%
Горивно масло	0.10%
Газьол	0.05%
Лигнитни въглища	12.37%
Природен газ	48.83%
RDF	0.06%
Твърда биомаса	6.88%
Твърда биомаса - друга	0.14%
Твърда биомаса - слама	0.02%

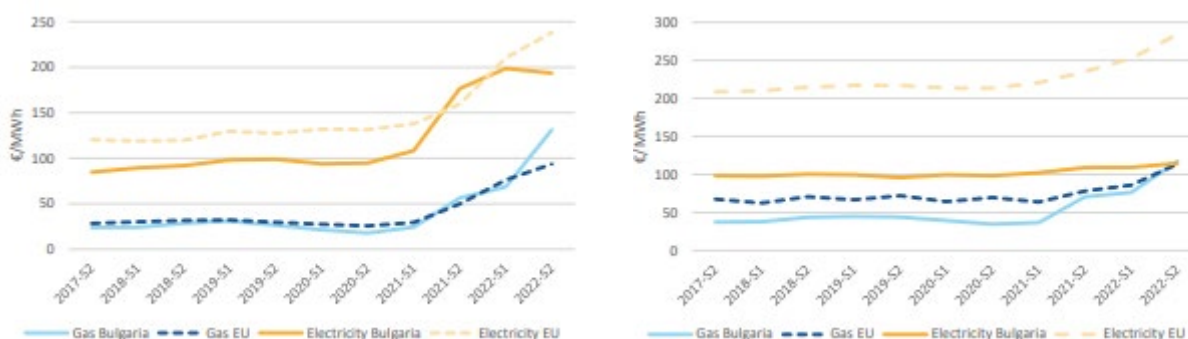
Твърда биомаса – слънчогледови пелети	0.04%
Твърда биомаса – дървени стърготини	0.00%

Източник: Авторски анализ

Бележка: RDF = гориво от отпадъци

В България се използват регулирани тарифи за таксуване на домакинствата за ползване на електроенергия и централно парно отопление. Тези тарифи бяха увеличени през 2022 г. с 3% при електроенергията и с 39% при централното парно отопление – относително ниски увеличения в сравнение с други страни в ЕС (Графика 4), като недостигът при предлагането е довел до повишаване на цените на суровините до равнища, невиждани в Европа. Въпреки тези мерки, обаче, приблизително 22.5% от населението не са могли да си позволят да поддържат домовете си достатъчно затоплени през 2022 година.⁷

Графика 4: Еволюция на цените на дребно в България: индустрия (вляво) и домакинства (вдясно)



Източник: Европейска комисия, Доклад за страната – България, 2023 г.⁸, от Евростат

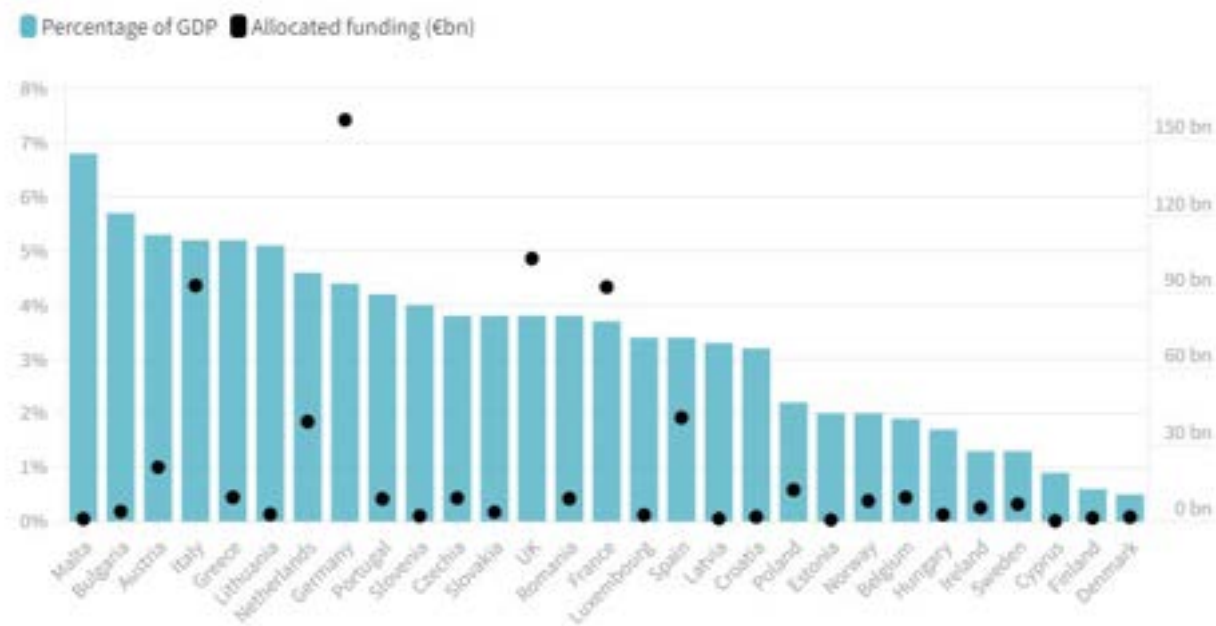
Превод на текста на графиката: Gas Bulgaria -Газ България; Gas EU- Газ ЕС; Electricity Bulgaria -Електроенергия България; Electricity EU-Електроенергия ЕС.

Тарифите са субсидирани чрез ценови тавани, с цел да предпазят домакинствата и бизнеса от резки увеличения на сметките за енергия, което се е отразило и върху публичните финанси. През 2022 г. правителството е заделило общо 3.9 милиарда евро под формата на субсидии за домакинствата и бизнеса, или 5.9% от БВП. Графика 5 сравнява средствата, заделени за субсидиране на домакинствата сред държавите членки на ЕС в периода септември 2021 - януари 2023 г., като България е предоставила второто най-високо ниво на субсидии спрямо БВП.

⁷ Евростат, https://energy-poverty.ec.europa.eu/observing-energy-poverty/national-indicators_en.

⁸ 2023 Доклад за България (https://economy-finance.ec.europa.eu/document/download/9f9f4e76-83da-451e-9dd0-4298913d693a_en?filename=BG_SWD_2023_602_en.pdf), стр. 40

Графика 5: Правителствата са заделяли целево и разпределяли финансиране за защита на домакинствата и фирмите по време на енергийната криза (като % от БВП), септември 2021 г. до януари 2023 г.



Източник: Брюгел, <https://www.bruegel.org/dataset/national-policies-shield-consumers-rising-energy-prices>

Превод на текста на графиката: Percentage of GDP - Процент от БВП; Allocated funding – Заделено финансиране

2.2 Декарбонизация на енергийната матрица

Голяма част от населението на България е изложено на нива на замърсяване на въздуха, превишаващи стандартите на ЕС, особено през зимата в градските райони, поради емисиите генерирани при производството на електроенергия и топлинна енергия. Според Европейската агенция за околна среда, през 2021 г. 28% от градското население на България е било изложено на нива на PM10, надвишаващи стандартите на ЕС⁹. По данни на Евростат, енергийната бедност в страната остава сред най-високите в ЕС, като през 2022 г. 18.1% от населението са забавяли плащания за комунални услуги, а 22.5% не са били в състояние да поддържат домовете си достатъчно затоплени.¹⁰

В съответствие със стратегическите цели на ЕС в областта на климата, България се е ангажирала да намали значително въглеродните емисии на своите енергийни доставки. През 2020 г. България прие *Национален план в областта на енергетиката и климата (НПЕК) за периода 2021 - 2030 г.*, който впоследствие бе актуализиран през юни 2024 г., а понастоящем е в процес на разглеждане от Европейската комисия (ЕК).¹¹ Страната си е поставила следните цели за 2030 г.: (i) намаляване на

⁹ Вж. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2023-country-fact-sheets/bulgaria-air-pollution-country>.

PM10 = прахови частици с диаметър 10 микрометри (µm) или по-малък.

¹⁰ Евростат: https://energy-poverty.ec.europa.eu/observing-energy-poverty/national-indicators_en.

¹¹ Очаква се на последната версия на НПЕК да бъде преразглеждана.

първичното потребление на енергия с 16% и на крайното потребление на енергия с 17% (в сравнение със стойностите на тези параметри от 2020 г.); (ii) увеличаване на дела на възобновяемата енергия от 20.5% (2018 г.) на 34.1%. В НПЕК са заложили инвестиции в размер на 42.7 млрд. Евро за постигане на заложените цели до 2030 г., което изисква целесъобразно използване на публичните ресурси за стимулиране на търговското финансиране и преимуществено приоритизиране на мерките, постигащи най-голямо въздействие при най-ниски разходи.

Като част от своя план за възстановяване и устойчивост (ПВУ), одобрен през април 2022 г., България се ангажира постепенно да се откаже от въглищата до 2038 г., а до 2026 г. и се очаква да увеличи значително дела на възобновяемите енергийни източници в своя енергиен микс (създаване на 3.5 GWe възобновяеми енергийни източници, като 1.4 GWe в комбинация със съхранение), включително на геотермална енергия. Като цяло в ПВУ са предвидени инвестиции в размер на 1.7 млрд. евро във възобновяеми енергийни източници, съхранение на електроенергия и междусистемни мощности, както и над 1 млрд. евро в енергоефективно обновяване на сградния фонд.

Руската инвазия в Украйна ускори необходимостта България да се откаже от изкопаемите горива за производство на електроенергия и топлинна енергия и да увеличи използването на местни енергийни ресурси. Още преди инвазията, ЕС се сблъсква с високи и нестабилни цени на енергията. През февруари 2022 г. цените на едро на газ и електричество са с над 200 процента по-високи от тези в предходната година. След избухването на войната, сигурността на снабдяването в някои държави-членки на ЕС се влошава, което допълнително повиши нестабилността на цените на енергията на световните енергийни пазари. България, която е разчитала основно на внос на руски газ (който е съставлявал над 70 процента от доставките на газ преди войната), прекъсва доставките от Русия в края на април 2022 г. Въпреки че страната успява да подsigури доставки на газ от други държави, рискът от недостиг на газ остава. Повишаването на цените на газа и все по-видимите последици от изменението на климата в континентална Европа изискват ускоряване на прехода от внос на газ и изкопаеми горива. През май 2022 г. ЕС стартира плана REPower EU за ускоряване на зеления преход и намаляване на зависимостта от вноса на руски газ. Планът предлага да се увеличи целта на ЕС за 2030 г., касаещи възобновяемата енергия (ВЕ) от настоящите 42.5% на 45%¹².

Макар през последното десетилетие производството на вятърна и слънчева енергия в България да се е увеличило бързо, потенциалът на геотермалната енергия е останал до голяма степен неизползван. Делът на енергията от възобновяеми източници в крайното енергийно потребление е нараснал повече от два пъти през същия период, като общата инсталирана мощност от възобновяемите източници възлиза на 5.2 GWe, от които 2.2 GWe от слънчева и вятърна енергия (към 2022 г.)¹³ Използването на геотермална енергия е все още доста незначително, като има приблизително 109 MWt инсталирани мощности, които директно използват геотермална енергия - най-вече в балнеологията (използването на минерални води за лечебни цели), но също така за индивидуално отопление на помещения, климатизация, оранжерии и геотермални термомпомпи (вж. Раздел II.3 по-долу за подробности). За да постигне целите заложили в НПЕК, България предвижда да добави 6.3 GWe допълнителни мощности от възобновяеми източници (слънчева, вятърна и биомаса) от 2020 г. до 2030 г., достигайки до 8.1 GWe общи инсталирани мощности, като слънчевата

¹² https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en.

¹³ IRENA, Статистика на капацитета на възобновяеми източници 2023 г., <https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023>.

енергия ще съставлява 5.5 GWe, вятърната енергия 2.6 GWe, а енергията от биомасата 0.3 GWe¹⁴.

2.3 Геотермална енергия

България има традиции в използването на геотермални води, най-вече за термални бани, които често водят началото си от времето на Римската империя. Исторически термални (топли минерални) бани съществуват в много градове, включително и в София, и често са още в експлоатация. Съвременните курорти за отмора и балнеотерапия (медицинско лечение, рехабилитация, релаксация и плуване) са разработени в няколко района на Централна и Южна България, както и по северното черноморско крайбрежие, тъй като термалните минерални води в тези региони имат ниска соленост и/или химически свойства, които са подходящи за термални бани и лечения (Графика 6).

Графика 62: Древни и съвременни термални бани в България. Руините на римските термални бани в Кюстендил с подава отоплителна система (вляво; термален; плувен басейн в курорта Сапарева Баня (вдясно).



Източник: Авторите

Освен за балнеология (къпане), термалните минерални води са били използвани още от римско време за отопление на помещения в сгради с термални бани (вж. пример на Графика 6), а в по-близки времена - в различни обществени и частни сгради (административни сгради, училища, библиотеки, хотели, жилищни сгради и др.), както и за други макар и ограничени по размер приложения.

Къпането в минерални бани все още е най-голямото и нарастващо приложение на геотермалната енергия в страната, което съставлява 60.1 процента от общия капацитет, докато геотермалните термопомпи съставляват 9.1 процента, отоплението на индивидуални помещения - 3 процента, климатизацията - 3 процента и оранжерииите - 1,5 процента. Останалата част (23.3 процента) от геотермалния капацитет е предназначен за други цели, като пране и миене на съдове, при които се включва нетермална употреба на минералната вода - снабдяване с питейна вода и бутилиране на

¹⁴ https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-06/bg_final_necp_main_en_0.pdf.

питейна вода и безалкохолни напитки - предимно в Южна България, където бизнесът с бутилиране на термална/минерална вода се е разраснал бързо през последните 30 години (Христов и к-в, 2021 г.; Христов и к-в, 2023 г.).

Общият геотермален капацитет възлиза на 109 MWt (към 2019 г.) и показва доста нисък ръст от около 11 процента между 2009 г. и 2019 г. (Таблица 3). Въпреки този общ ръст обаче, използването на термална минерална вода – включително за отопление на индивидуални помещения, климатизация, отопление на оранжерии и геотермални термопомпи – от 2009 г. насам е намалял инсталираният капацитет, което е индикация за стагнацията на геотермалния сектор в България. Наблюдаваното нарастване на общия капацитет по същество отразява увеличеното използване на термални минерални води за къпане и бутилиране на вода.

Сред всички приложения, отоплението на оранжерии е претърпяло значителен спад от 6 MWt през 2009 г. до 1,65 MWt през 2019 г. (Таблица 25). Намаленото използване на термална вода в някои относително големи оранжерии в района на Левуново (долината на река Струма) и Казичене (в района на София) очевидно е било свързано със загуба на международни пазари, непосилни оперативни разходи и други проблеми (Христов и к-в, 2021 г.).

Таблица 26: Статистика за директно използване на геотермална топлинна енергия през 2009 г.

УПОТРЕБА	Инсталиран капацитет (MWt)		Годишно използване на енергия (TJ/г.)		Коефициент на мощност	
	2009 г.	2019 г.	2009 г.	2019 г.	2009 г.	2019 г.
Отопление на индивидуални пространства (помещения)	9.28	3.3	128.56	49.9	0.44	0.48
Климатизация (охлаждане)	6.7	3.3	65.5	49.96	0.31	0.48
Отопление на оранжерии	5.99	1.65	88.68	25.45	0.47	0.49
Къпане и плуване	48.78	65.69	768.32	993.98	0.51	0.48
Други употреби (вкл. бутилиране на вода)	6.92	25.43	32.83	160.37	0.15	0.20
Междинна обща сума	77.67	99.37	1083.89	1279.66	0.44	0.41
Геотермални термопомпи	20.63	10.0	286.23	47.3	0.44	0.15
ОБЩО	98.3	109.37	1370.12	1326.96	0.44	0.38

Източник: Бояджиев и к-в, 2010 г.; Христов и к-в, 2021 г.

Някои приложения на термални води са изчезнали, като например геотермално подпомогнатото открито масово отглеждане на микроводоросли (*Chlorella vulgaris* и *Spirulina platensis*), създадено в геотермалния район Рупите (южна долина на Струма) от Българската академия на науките през 1967 г., използващо термална вода, извлечена от сондажен кладенец с температура 74°C. Микроводораслите се използват за производство на различни видове продукти за медицински и козметични приложения (Граматииков, 2002 г.; Фурнаджиева и к-в, 2003 г.). Тази дейност е спомената от Бояджиева и к-в (публикация от 2007 г.), но не се споменава в последващи публикации, а по време на посещенията на място (извършено от екипа на СБ в геотермалния обект Рупите) бе видно, че дейността е била преустановена.

3 Перспективни геотермални ресурси

3.1 Въведение и методология

За целите на настоящето проучване е изготвен преглед на наличната информация и документи относно геотермалните ресурси в България. Прегледани са публично достъпни документи и доклади, изготвени от членове на академичните среди, както и данни от институционални източници, например базата данни на ГЕОФОНД към Министерство на енергетиката и онлайн базата данни на МОСВ относно подземните води. Информацията включва минали проучвания, характеризиращи геотермалните ресурси в България, данни от проучвателни сондажи за други подземни ресурси в България, както и данни от проучвателни сондажи за други подземни ресурси (т.е. подземни води, нефт и газ). Някои доклади и документи предоставят резюмета, съдържащи основна информация, като *Геотермичен каталог на България* (Бояджиева и Гашаров, 2001 г.), а също прегледи на общата рамка и основните аспекти на геотермалните ресурси в България (напр. *Атлас на геотермалните ресурси в Европа*, публикуван от Европейската комисия, 2002 г.). Повечето от тези документи обаче, са изготвени през 90-те и началото на 2000-те години, а през последните 15-20 години същите не са претърпели съществени актуализации. Аотиран списък се съдържа в Приложение А: Преглед на информацията.

В допълнение към документния преглед, в края на ноември и началото на декември 2023 г. бяха проведени срещи с ключови заинтересовани страни и организирани посещения в предварително определени геотермални обекти в България - Левуново, Сандански, Рупите, Велинград (Каменица и Драгиново), Сапарева баня, Кюстендил и София (Казичене и Равно поле).

Въпреки наличието на значителна информация за геотермалните ресурси, както на местно, така и на регионално и национално равнище, голяма част от оригиналните данни (особено от сондажните кладенци, геофизичните изследвания и химичния анализ на геотермалните води) са в известна степен разпръснати и най-вече на хартиен носител. Информацията за химичните свойства на термалните минерални води (на база вземане на проби и от аналитични доклади), която е ключов елемент за оценката на геотермалните системи, често е с качество, което не е подходящо да послужи за разработване на подробни оценки на ресурси (вж. преглед на геохимични данни в Приложение В). Прегледът на наличната информация следователно доведе до оценка на високо равнище на потенциалните райони за по-мощно геотермално развитие в страната, докато разработването на конкретни проекти би изисквало подробни оценки и проучвания на място за характеризиране на местния геотермален ресурс.

Геоложките и хидрогеоложките условия на България определят ясно диференциране между северната и южната централна част на страната, със значителни последици за видовете и характеристиките на геотермалните системи, които се срещат в тези два основни региона. Геотермалните ресурси в Северна България са най-вече свързани с дълбоки, стратифицирани водоносни слоеве с много ограничено презареждане (статични хидрогеотермални системи), докато тези в Централна и Южна България обикновено са получени от дълбока циркулация на метеоритна вода по големите тектонични структури, за да се образуват конвективни хидротермални системи. Поради тази причина беше приет отделен подход, който прилага различни критерии, за да се извърши скрининг на приоритетните геотермални райони в Северна и Южна-Централна България.

В Северна България, широките седиментни басейни на Мизийската платформа и прилежащата

Предбалканска зона са подробно проучени и сондирани за наличие на нефтени и газови ресурси до дълбочина локално надвишаваща 4000-5000 m, получавайки богати данни, което от съответно доведе до откриването и характеризирането на големи геотермални водоносни слоеве, особено по-плитки такива (на 800-3000 m дълбочина), намиращи се във формации от късната Юра - ранната Креда (Малмваланжски формации). Важните параметри (дълбочина, дебелина, температура и соленост) на Малмваланжския водоносен хоризонт са известни за обширни райони на Северна България. Информацията за по-дълбоките геотермални водоносни слоеве, прихващани от нефтени и газови кладенци в късните палеозойско-мезозойски седиментни образувания, също е генерирана, но тя е много по-разпръсната и ограничена в сравнение с тази за по-плиткия Малмваланжски водоносен хоризонт (Вж. Раздел 3.2.).

Наличната геотермална информация за Северна България е обобщена и подробно описана в *Атлас на европейските геотермални ресурси* (Европейска комисия, 2002 г.), като се оценява „топлинна енергията на място“ и нейната възстановима фракция чрез подход за разработване на „дублетни кладенци“, който позволява количествена оценка на извлекаемата геотермална топлинна енергия за целия Малмваланжски водоносен хоризонт. Съдържащата се в Атласа информация, заедно с тази, предоставена чрез няколко последователни проучвания (напр. COWI-EcoProConsult - 2005 г., Траянова и к-в - 2020 г., Гергинов и к-в - 2022 г.), е основна референтна информация за идентифицирането на най-обещаващите геотермални райони в Северна България.

В Централна и Южна България, характеризирани от Средногорския разломен и трансформен пояс и Мораво-Родопския планински масив, почти не са пробивани петролни и газови кладенци поради геоложко-хидрогеоложкия контекст, който не е благоприятен за натрупването на въглеводороди. Следователно информацията за недрата в тези региони е много по-ограничена, разпръсната и по-малка по обем, тъй като е свързана с локализираното проучване и използване на подземни води (включително термални минерални води) и минерални ресурси, като кладенците обикновено се пробиват на дълбочина от няколко стотин метра и рядко надвишават 1000 m. Предвид по-ограничената и локализирана наличност на данни, подходът, използван за идентифициране на приоритетните геотермални зони в Централна и Южна България, се основава на идентифицирането на термални аномалии, генерирани от изтичането на горещи води по продължение на регионалните тектонични структури. Много геотермални райони в тази част на страната са описани подробно от Петров и к-в (1998 г.) и COWI-EcoProConsult (2005 г.), и са използвани като основни референтни данни за идентифицирането на най-обещаващите геотермални зони в Централна и Южна България.

3.2 Характеризиране на геотермалните региони

От литературни източници се вижда, че наличните геотермални ресурси в България са разделени на два региона - северен и южен.

3.2.1 Северна България

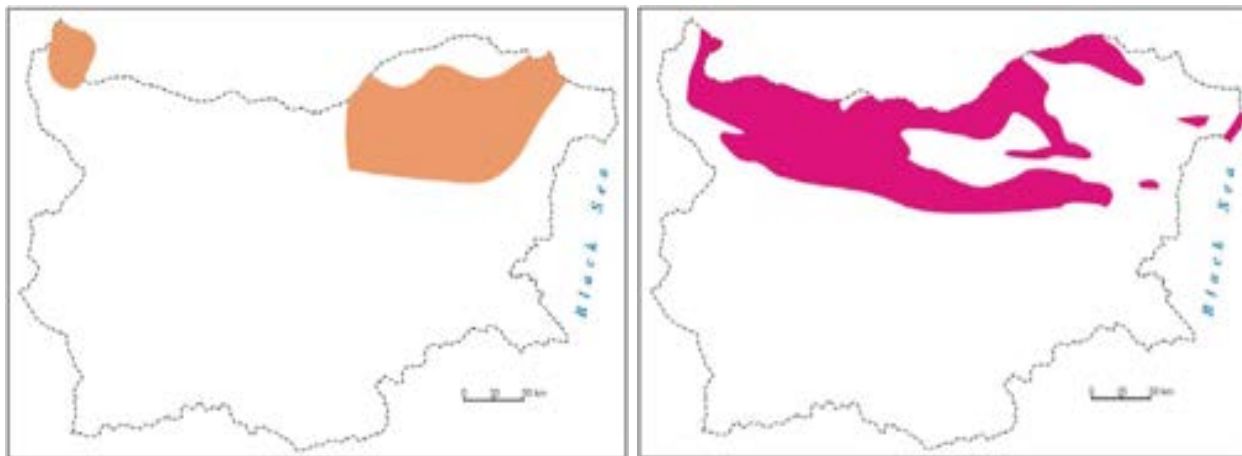
Малмваланжският водоносен хоризонт. Седиментните басейни на Северна България съдържат широко разпространен геотермален водоносен хоризонт в формации от късна Юра – ранна Креда (Малм-Валанж), с температури не надвишаващи 90-100°C, следователно по същество подходящи за поддържане на приложения за директно използване. Този водоносен хоризонт е най-добре проученият и важен геотермален резервоар в България. Характеристиките му са документирани подробно в *Атласа на геотермалните ресурси в Европа*, както и от други автори, включително в

скорошни проучвания, които оценяват геотермалния потенциал в централния регион на Северна България (Гергинов и др., 2022; Траянова и др., 2020 г.). Малмваланжският водоносен хоризонт е разположен на дълбочина между 800 m и 3000 m и се простира на 11 000 km² в цяла Северна България, подразделен на две основни зони с отличителни характеристики, съответно определени като Дунавска и Черноморска зона. Дунавската зона се състои от три области в Западната Мизийска платформа и Предбалканската зона, съответно около Видин, Враца и Плевен, които съдържат статични солени геотермални резервоари с температури, вариращи между 40°C и 90-100°C. Разпределението и характеристиките на геотермалния резервоар в тези три области са известни с различна степен на точност. Черноморската зона на Малмваланжския водоносен хоризонт е разположена около Варна, по крайбрежието на Черно море. Това е част от артезиански басейн, съдържащ динамичен водоносен хоризонт с вода с ниска соленост от метеорен произход и температури, вариращи между 25°C и 65°C (вижте Приложение В за по-подробна информация).

Геотермалните ресурси с по-високи температури, които могат дори да позволят производство на електроенергия в умерен мащаб, изглежда се намират в по-дълбоките водоносни слоеве в Северна България, но те все още не са достатъчно проучени и се нуждаят от допълнителен анализ. В някои петролни и газови кладенци, пробити в Мизийската платформа и зоната на Предбалкана, са открити геотермални водоносни слоеве в Девонскокарбовни и средно-късни Триасни формирования, с измерени температури в диапазона от 130° C до 155 ° C на дълбочини от 3000-5000 m (Европейска комисия, 2002 г.; Бояджиева и Гашаров, 2001 г.). Това са стратифицирани водоносни слоеве, съдържащи силно солени разтвори с твърде ограничен заряд, дефинирани като статични хидротермални системи от Щерев и Загорчев (1996 г.). Предпологаемото разпределение на тези водоносни хоризонти е показано на Графика 7.

Девонскокарбонният водоносен хоризонт е най-дълбокият (2500 до 6000 m) и най-слабо проучен геотермален резервоар в Северна България. Вероятно се простира върху голяма част от основата на Мизийската платформа, разположена в гъста (до 1500 -1800 m) последователност от варовици и доломити, вероятно пропускливи на някои нива поради вторична доломитизация и карстификация. Това изглежда се потвърждава, поне на местно ниво, от стари кладенци, пробити на брега на Дунав при Гомотарци (северозападно от Видин) и близо до Шумен, които са достигнали пропускливи и продуктивни нива в такива образувания. Както тези находки, така и общата еднородна литостратиграфска настройка предполагат, че този водоносен хоризонт може да съдържа големи обеми солени води с максимални температури около 150°C в най-дълбоките си части (Щерев и Георгиев, 2011; Европейска комисия, 2002).

Графика 7: Местоположение на карбонатните водоносни слоеве от среден-горен Девон (вляво) и среден-късен Триас (вдясно) в Северна България



Източник: Щерев и Георгиев, 2011 г.

Водоносният хоризонт от среден-късен Триас също е разположен в широко разпространен карбонатен комплекс, съставен от варовици и доломити от Анисианската Докарнианската епоха (формация Дойренци), чието разпределение на площ, литостратиграфия и структурни характеристики са доста добре известни, но чиито хидрогеоложки и геотермални характеристики са слабо проучени. Потенциалният геотермален резервоар се намира на дълбочина между 1500 и 5000 m и съдържа солени води, които могат да достигнат температури от около 140°C в по-дълбоките части на водоносния хоризонт (Щерев и Георгиев - 2011 г., Европейска комисия - 2002 г.).

Геотермичният каталог на България (Бояджиева и Гашаров, 2001 г.) представя например, за следните петролни и газови кладенци, в които са измерени температури над 130°C:

- Северозападна България: 137.4°C на Комозица R-2 (3500 m); 137,5°C на Драшан R-5 (4500 m); 137,9°C на Чирен R-19 (4000 m); 141,5°C на Софрониево R-1 (4000 m), 142.3°C на Хайредин R-1 (4000 m); 143.2°C на Расово R-1b (4000 m); и 152°C на Дългоделци R-1 (4500 m).
- Северна централна България: 134,8°C на Севлиево R-1 (4000 m); 136.4°C на Кнежа R-1 (4000 m); 149.3°C на Умаревци R-1 (4500 m); и 156.9°C на Ъглен R-2 (5000 m).

Геотермалните солени разтвори, изведени от подобни кладенци, дори като се има предвид кондуктивното охлаждане на възходящо изливащия се флуид в сондажния отвор по време на производството, могат да се впрегнат за геотермална употреба. Въпреки това, забележителната дълбочина (3000 - 5000 m) на тези резервоари е предизвикателство за използването им от икономическа гледна точка¹⁵. Следва също така да се обърне надлежно внимание на химичния състав на разтвора в геотермалния резервоар и на неговото съдържание на некондензиращ газ (NCG), за да се оценят потенциалните предизвикателства, свързани с отлагане на котлен камък и корозия в добивните кладенци, повърхностните тръбопроводи, теплообменниците и кладенците за повторно инжектиране. Христов и к-в (2019 г.) описват наличието на разтвори с много висока соленост в дълбоките геотермални водоносни хоризонти в Северна България (TDS до 150 g/l);

¹⁵ Дълбочините на сондиране в рамките на финансово жизнеспособни геотермални проекти, дори във високотемпературни полета, рядко надхвърлят 2500-3000 m.

следователно тяхната химия на флуидите, както и потенциално високото съдържание на разтворен CO₂, може да представляват значително предизвикателство пред използването на тези ресурси. Макар конвективното охлаждане да увеличава разтворимостта на калцита под около 160° C, в карбонатни формации като тези, в които се намират водоносни слоеве от девон-каменовъгления и средния-късния триас, основното предизвикателство често е свързано с високото съдържание на разтворен CO₂ и калцитното утаяване. Калцитният накип в геотермални кладенци може да бъде избегнат чрез инжектиране на инхибитори на накипа през капилярна тръба. Такова решение се е оказало технически и търговски приложимо в много геотермални полета в експлоатация, но изисква подробно познаване на физико-химичното поведение на геотермалния флуид за оценка на неговата ефективност и икономическа жизнеспособност.

От друга страна, силно солените разтвори могат да предоставят възможности за съчетаване на използването на геотермална енергия с добива на промишлени и стратегически полезни изкопаеми (напр. литий), което може да подобри икономическата жизнеспособност на проектите.

3.2.2 Южна България

Най-високата температура на геотермалния ресурс, докладвана досега в Южна Централна България, е 98° C в кладенец с дълбочина 458 m в Сапарева Баня, докато температури в диапазона от 70° C до 95° C се срещат в много геотермални обекти, в горещи извори и плитки сондажи (150-700 m и рядко надвишаващи 1000 m) (Христов и к-в, 2021 г.).

Геотермалните системи в този регион обикновено са свързани с големи екстензионни тектонични структури (разриви и грабен системи), където дълбоката конвективна циркулация на метеорични води генерира локализираните възходящи потоци от геотермални флуиди. Тези флуиди постепенно се охлаждат по време на своето възходящо движение и се натрупват в сравнително плитки водоносни слоеве, които се намират или в напукани скали, или в порьозни седименти, които запълват основните депресии на грабените. Температурата, достигната от тези геотермични конвективни системи, контролирани от разломи, зависи от дълбочината на циркулацията и топлинния градиент на региона. В отсъствие на магматични източници на топлинна енергия, както вероятно се случва в Южна България, тези системи обикновено притежават геотермални ресурси с температури в диапазона 150°C +/- 30°C.

Тези общи съображения предполагат, че по-дълбоките части на геотермалните системи в Южна България – части, които все още не са сондирани – могат да съдържат флуиди с по-висока температура от тези, които са известните в момента на по-плитки дълбочини. Това съображение е частично подкрепено от температурната карта на дълбочина 1000 m, представена в *Геотермичния каталог на България*, която показва локализираните петна, съответстващи на някои геотермални зони в Югозападна България (т.е. Сапарева баня, Велинград, южната част на долината на река Струма и Ерма река), където температурата е над 100°C (Графика 8) Измерена е температура от 130°C в 1000 m дълбок кладенец в Ерма река, но тези данни трябва да бъдат допълнително проверени¹⁶.

¹⁶ Информация, получена от авторите на настоящия доклад при персонална комуникация с техническия екип на Минно-геоложкия университет в София, който проучва разработването на проект за геотермална енергия с мощност 20 MWe от името на частен предприемач.

Графика 8: Температурна карта на дълбочина 1000 т под повърхността, показваща райони с висока температура в Югозападна България



Източник: Модифицирана от Бояджиева и Гашаров (2001 г.)

Бележка: Черните линии са изотерми, а асоциираните цифри показват температурата в °C.

Температурата на тези геотермални резервоари може да бъде индиректно оценена на базата на химичния и изотопния състав на геотермалните флуиди, изхвърлени чрез повърхностни прояви и съществуващи кладенци, като се използват химични геотермометри. Предварителните геохимични съображения, основаващи се на избран набор от данни от химическия анализ, са докладвани в Приложение В и включват някои геотермометрични изчисления за геотермични райони в Южна централна България. Резултатите могат да предполагат съществуването на температури над 100°C (може би около 150°C в Сапарева Баня и Ерма Река), но те са силно несигурни поради някои ограничения в качеството на данните и не могат да подкрепят надеждни заключения относно перспективите за генериране на енергия от геотермални източници. Ще са нужни по-нататъшни проучвания с нови химични проби и аналитични процедури, подходящи за тези геотермални флуиди заедно с други геотермални изследователски техники (структурна геология, геофизика), за да се извърши надеждна интерпретация на потенциалните резервоари в тези геотермални системи.

3.3 Геотермални приоритетни райони: избор и описание

На база на наличната информация са идентифицирани седем райони като най-вероятно разполагащи с геотермални ресурси с оглед стартиране на геотермалното развитие в България, а именно:

- Плевен, Варна и Враца в Северна България
- София в Централна България
- Долината на Струма, Велинград и Ерма река в Южна България

Описание на оценката, която е извършена за идентифициране на тези геотермални райони, е включена в Приложение Б.

Местоположението и размерът на тези обещаващи геотермални ресурси са показани на Графика 9, а техните характеристики са обобщени в Таблица 4.

Графика 63: Идентифицираните седем най-обещаващи геотермални райони в България.



Източник: Анализ на авторите

Таблица 27: Основни характеристики на избрани геотермални райони

Район	Плевен	Варна	Враца	София	Велинград	Долината на р. Струма	Ерма река
Температурен диапазон (°C) Измерен в съществуващи кладенци и термални извори	30-110 (*)	30-70 (*)	50-90 (*)	30-80	32-97	30-98	70-90 (**)

Соленост на водата (TDS mg/l)	1000-30000	1000-5000	5000-15000	2000-5000	200-850	300-4500	100-1700
Дълбочина на ресурсите (m) Известна на базата на съществуващи сондажи	800-2300	400-1400	1100-2100	300-700	300-800	150-700	500-900
Потенциално извлекаема термална мощност (MW_t) Минимална оценка на база на измерените данни за ресурса	622	217	62	48 (***)	27 (***)	78 (***)	15 (***)

Източник: Анализ на авторите, основан на: за Плевен – Гергинов и к-в (2021 г.), допускателна дублетна дренажна площ от 25 km², за Варна – Петров и к-в (1998 г.), за Враца - оценка въз основа на Плевен, за София - Щерев (2004 г.) и Щерев и Георгиев (2011 г.), за Велинград, Струма и Ерма река – Петров и к-в (1998 г.) и COWI (2005 г.), Приложение 11.

Бележка: TDS = обща разтворени твърди вещества

* Обявените температурни данни за райони в Северна България се отнасят конкретно до добре познати ограничения известни за Малмваланжския геотермален водоносен хоризонт. По-високи температури могат да се появят в по-дълбоки водоносни хоризонти.

** През лична комуникация по време на среща с Минно-геоложкия университет в София се посочва кладенец с измерена температура от 130°C, но тази информация не е потвърдена/отбелязана в публични документи.

*** Оценките на топлинната мощност за райони от Централна и Южна България предоставят оценка на текущо открития/наличен ресурс на база съществуващи кладенци и горещи извори. Общият капацитет на ресурса може да е по-висок.

Текущата оценка въз основа на представената в Таблица 4 информация не следва да се приема за окончателна оценка на температурата, солеността, дълбочината и мощността на районите с геотермални ресурси. Значението и ограниченията на тези данни са описани по-долу.

Посоченият **температурен диапазон** съответства на измерените температури при естествени повърхностни оттичания на геотермалните системи (съществуващи термални минерални извори,) и в пробити кладенци. За районите в Северна България (Плевен, Варна и Враца) отчетените стойности съответстват на ефективния температурен диапазон на резервоарите на Малмваланжския водоносен хоризонт, докато за районите в Централна и Южна България (София, Велинград, долината на река Струма и Ерма Река), отчетените температури представят условията в сондираната орна/по-малка част на геотермалната система. По-високи температури могат да се отчетат в по-дълбоките части на тези системи, но наличните химични данни за геотермалните води не са подходящи/надеждни за изследване на равновесната температура на резервоара чрез използване на химични геотермометри. От друга страна, в Северна България е докладвано за съществуването на по-дълбоки/по-горещи геотермални водоносни слоеве (подложни на Малмваланжския водоносен хоризонт) с температури, които могат да достигнат 150°C, но съответната информация е силно ограничена (вж. допълнителна информация в Раздел 5), поради което те не са взети под внимание за целите на настоящата оценка, която се фокусира върху определянето на области с по-нисък риск, където следва да се положат първоначални краткосрочни усилия).

Посочената **водна соленост** е получена от съществуващи химични анализи на геотермални води, докладвани в различни анализи и информационни източници. Съобщените диапазони на соленост във всяка област са в доста широки граници, вероятно поради естествени вариации в рамките на геотермалните резервоари или в резултат на смесване на дълбоката геотермална солена вода с по-плитки и по-малко солени води.

Посочената **дълбочина на ресурса** съответства на известните данни от пробити кладенци. За

районите в Северна България (Плевен, Варна и Враца) тези стойности съответстват на ефективната дълбочина на геотермалния Малмваланжски водоносен хоризонт, докато в Централна и Южна България тя е показателна само за диапазона на дълбочина, който е текущо известен на базата на съществуващи кладенци.

Що се отнася до потенциално извлекаемата **топлинна мощност**, посочените стойности са взети от различни библиографски източници, използвайки различни методологии в зависимост от характеристиките на всеки геотермален район. За Малмваланжските водоносни хоризонти в Северна България (Плевен, Варна, Враца) потенциалната извлекаемата топлинна мощност е изчислена, като е взета предвид ефективността на обичаен модел от дублетни кладенци за устойчиво извличане на топлинна енергията, съдържаща се в целия геотермален водоносен хоризонт. За геотермалните системи в Централна и Южна България (София, Велинград, долината на река Струма и Ерма Река) докладваните стойности предоставят оценка на текущо разкрития/наличен ресурс от съществуващи кладенци и горещи извори. Следователно те трябва да бъдат предвидени като минимален капацитет, който може да бъде увеличен чрез пробиване на допълнителни и по-дълбоки кладенци.

Необходими са по-нататъшни проучвания, за да се финализира оценката на геотермалните ресурси и да се характеризират конкретните проектни обекти във всеки от идентифицираните райони, включително и на база по-подробен анализ на съществуващите данни, добиване на допълнителни данни от проучвания на повърхността и пробиване на нови кладенци. Препоръки относно следващите стъпки за по-нататъшна оценка и потвърждаване на геотермалните ресурси са дадени в Раздел 8.

3.4 Собственост върху геотермалните ресурси

Оценена е собствеността върху геотермалните ресурси в избраните райони. В България геотермалният ресурс е в публичния домейн, притежаван или от държавата, или от общините съгласно следните механизми:

- Изключителна държавна собственост (ИДС-“ESP”), при която държавата притежава геотермалния ресурс, съществуващ в определени райони на територията на страната.
- ИДС на геотермалния ресурс, предоставен за ползване и управление на местната община (МО), обикновено за период от 25 години (ИДС-МО – “ESP-LM”)
- Публична общинска собственост (ПОС – “РМР”), при която местната община притежава, има право да използва и управлява геотермалния ресурс, съществуващ на нейната територия

Ситуацията, свързана със собствеността на ресурсите за откритите/изчислените геотермални ресурси в седемте идентифицирани райони е обобщена в Таблица 5.

Таблица 28: Обобщение на собствеността върху ресурсите в избрани геотермални райони

Потенциални геотермални райони	Собственост върху ресурса	Оперативни ресурси (l/s)	Максимална температура на водата(°C)
1.София			
1.1 Баня	ИДС	26.10	38.0
1.2. Казичене – Равно поле – МО (местна община) - София	ИДС-МО	23.66	51.6-78.4
1.2.1. Казичене, Водоносен хоризонт от долен неоген – МО -	ИДС-МО	2.54	62.3

София			
1.2.2. Казичене, водоносен хоризонт от триас – МО-София	ИДС-МО	2.94	78.4
1.2.3. Равно поле, долен неоген – МО-Елин Пелин	ИДС-МО	2.98	51.6
1.2.4. Равно поле, водоносен хоризонт от триас - ОМ-Елин Пелин	ИДС-МО	15.20	58.0
1.3. Баталова воденица – МО -София	ИДС-МО	6.30	43.0
1.4. Горна баня	ИДС	8.54	41.0
1.5. Железница – МО - София	ИДС-МО	5.18	32.1
1.6. Княжево	ИДС	5.70	36.5
1.7. Лозенец – МО - София	ИДС-МО	2.24	38.5
1.8. Надежда – МО - София	ИДС-МО	4.00	54.0
1.9. Овча купел – МО - София	ИДС-МО	4.97	31.5
1.10.Панчарево – МО - София	ИДС-МО	13.50	48.0
1.11. Свобода – МО - София	ИДС-МО	2.23	48.2
1.12. София-Център – МО - София	ИДС-МО	20.0	48.0
1.13. Требич	ИДС	3.38	51.0
1.14. Долни Богров	ИДС	2.45	49.0
1.15. Чепинци	ИДС	7.94	52.0
1.16.Кривина	ИДС	1.37	43.9
1.17. Костинброд	ИДС	5.66	23.2
2. Плевен			
2.1. Долни Дъбник – МО – Долни Дъбник	ПОС	18,55	22.0
2.2.Свищов – МО - Свищов	ИДС-МО	13.20	48.0
3. Варна			
3.1. Североизточна България, Малмваланжски водоносен хоризонт	ИДС	2512.00	22.2-55.0
3.1.1. Област Варна – МО - Варна	ИДС-МО	1002.00	55.0
3.1.2.Аксаково – МО-Аксаково	ИДС-МО	120.00	34.0
3.1.3.Суворово – МО-Суворово	ИДС-МО	30.00	23.0
3.1.4. Белослав – МО-Белослав	ИДС-МО	120.00	-
3.1.5. Аврен - МО-Аврен	ИДС-МО	15.00	32.0
3.1.6. Балчик	ИДС	530.00	24.6
3.1.7. Каварна – МО – Каварна	ИДС-МО	430.00	40.0
3.1.8.Шабла – МО – Шабла	ИДС-МО	250.00	39.0
3.2. Басейн Варна – еоценски водоносен хоризонт	ИДС-МО	95.00	30.1
4. Ерма река	ПОС	27.00	87.8
4.1. Ерма река– МО-Златоград	ПОС	2.72	16.0
4.2. Мадан – МО- Мадан	ПОС	2.72	16.0

4.3. Неделино – МО – Неделино	ПОС	6.30	28.1
4.4. Рудозем – МО – Рудозем	ПОС	2.41	18.0
4.5. Златоград	Златоград се захранва от Ерма река		
5. Враца			
5.1. Хайредин	-	2.88	30.0
6. Долината на Струма			
6.1. Кюстендил – МО- Кюстендил	ИДС-МО	23.14	73.0
6.1.1. Невестино – МО - Невестино	ИДС-МО	29.90	28.8
6.2. Сапарева баня - МО – Сапарева баня	ИДС-МО	15.61	98.0
6.3. Левуново – МО - Сандански	ИДС-МО	13.21	83.0
6.4. Сандански	ИДС	21.70	82.0
6.5. Рупите – МО - Петрич	ИДС-МО	25.00	73.5
6.6. Градещка баня – МО - Кресна	ПОС	6.93	68.0
6.7. Горна Брезница - МО - Кресна	ПОС	1.52	36.0
6.8. Ощава – МО - Кресна	ПОС	4.45	54.7
6.9. Долно Осеново – МО - Симитли	ПОС	1.57	53.0
6.10. Кромидово – МО - Петрич	ПОС	2.56	47.1
6.11. Благоевград – МО - Благоевград	ИДС-МО	19.80	63.0
6.12. Марикостиново – МО - Петрич	ИДС-МО	11.20	63.0
6.13. Симитли	ИДС	18.38	62.5
6.14. Хотово – МО - Сандански	ИДС-МО	3.94	41.2
7. Велинград			
7.1. Чепино	ИДС	50.80	47.5
7.2. Лъджене	ИДС	35.60	61.6
7.3. Каменица – МО -Велинград	ИДС-МО	29.32	88.0
7.4. Драгиново – МО -Велинград	ИДС-МО	9.45	96.5
7.5. Ракитово – МО - Ракитово	ПОС	10.68	51.0
7.6. Варвара – МО - Септември	ИДС-МО	17.58	87.3

Източник: Министерство на околната среда и водите (<https://www.moew.government.bg/bg/vodi/registri/mineralni-vodi/>) и анализ на авторите

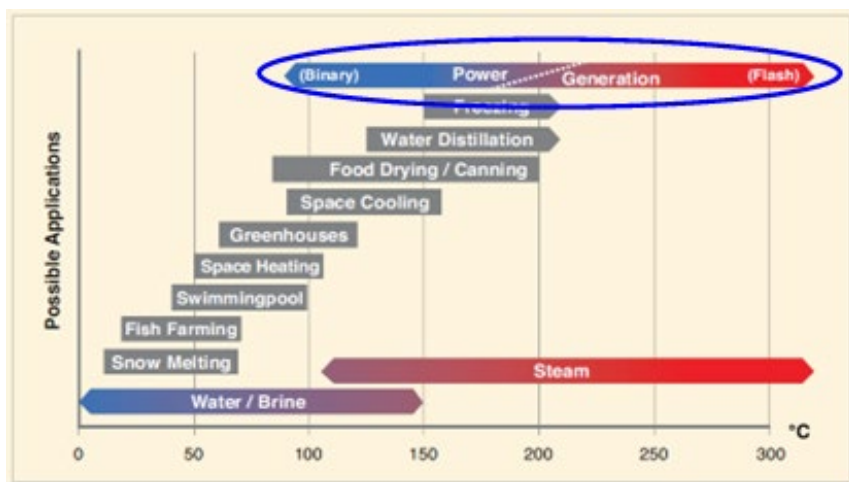
Като се имат предвид концесиите предоставени в миналото за други употреби на термалната вода (т.е. добив на минерална вода), е възможно използването на геотермалния ресурс да е ограничен до вече съществуващи права върху определени обекти. Като част от първоначалният анализ на проекта, преди да кандидатстват за съответната концесия и разрешение за черпене на вода, разработчиците на геотермалните ресурси следва да прегледат свободния използваем ресурс, съответстващ на конкретния геотермален ресурс/водоносен хоризонт, който планират да експлоатират. Тази информация се събира и публикува от Министерството на околната среда и водите и Басейновите дирекции съгласно изискванията на Закона за водите.

4 Потенциал за генериране на геотермална мощност

4.1 Технологични и икономически варианти

Производството на електроенергия от геотермални ресурси е технически осъществимо със съществуващите технологии за преобразуване на енергия (бинарни и флаш¹⁷) в широк температурен диапазон, както е показано на Графика 10). В момента, най-ниската известна температура за използване на геотермални ресурси за производство на електроенергия е около 75°C.

Графика 64: Приложения на геотермални флуиди в зависимост от тяхната температура



Източник: ESMAP, Геотермален наръчник: Планиране и финансиране на генерирането на мощност. Технически доклад 002/12 (2012)

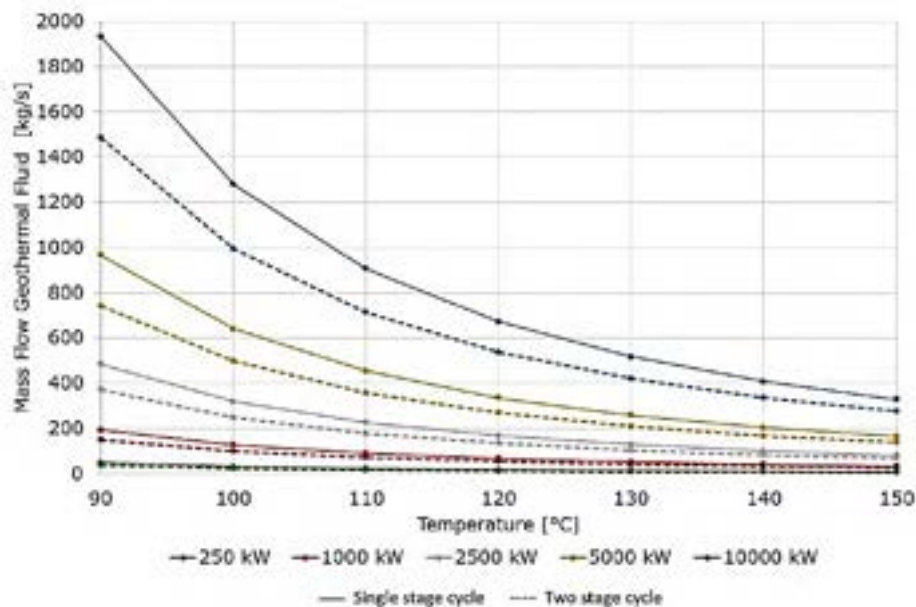
Превод на текста на графиката: Вертикален текст (в ляво): Possible applications - Възможни приложения. Хоризонтален текст: Water /Brine - Вода/ солена разтвор; Steam – Пара; Snow melting - Топене на сняг; Fish farming Ферми за риба; Swimming pool - Плувен басейн; Greenhouses – Оранжерии; Space cooling - Охлаждане на пространства; Food drying / Canning Сушене на храни / Консервиране; Freezing – Замразяване; Binary – Бинарно; Power Generation - Генериране на енергия; Flash-Флаш.

От търговска гледна точка обаче, производството на електроенергия е конкурентоспособно при температури на геотермалните флуиди над 150°C (предвидени сравнителни референтни стойности за дълбочина на ресурса, CAPEX и OPEX), а повечето от съществуващите електроцентрали с търговски мащаб се разработват на база използване на температури над този праг (IRENA – 2023 г., Веркис – 2014 г.; GEOELEC – 2013 г.). При по-ниски температури генерирането на електроенергия все още е технически осъществимо с прилагането на бинарни технологии, но обикновено в по-малък мащаб (от 0.1 MWe до няколко MWe), и е силно зависимо от температурата на флуида и наличния дебит. В Графика 11 е представен необходимият масов разход на флуида, като функция на температурата, за

¹⁷ Геотермалните електроцентрали на парохидротерми са най-разпространеният тип геотермални електроцентрали, които работят понастоящем. Флуиди с температури по-високи от 182°C, изпомпвани дълбоко изпод земята, се придвижват под високо налягане до резервоар с ниско налягане на земната повърхност. Геотермалните електроцентрали с бинарен цикъл могат да използват геотермални ресурси с по-ниска температура (Източник: <https://www.energy.gov/eere/geothermal/electricity-generation>.)

генериране на електричество от геотермални флуиди с температура в диапазона от 90°C до 150°C.

Графика 11: Температура в сравнение с масов разход на геотермален флуид в нискотемпературни геотермални електроцентрали.



Източник: Веркис, 2014 г.

Превод на текста на графиката: Mass Flow Geothermal Fluid kg/s - Масов дебит Геотермален флуид кг/с; Single stage cycle - Едностепенен цикъл; Two stage cycle - Двустепенен цикъл

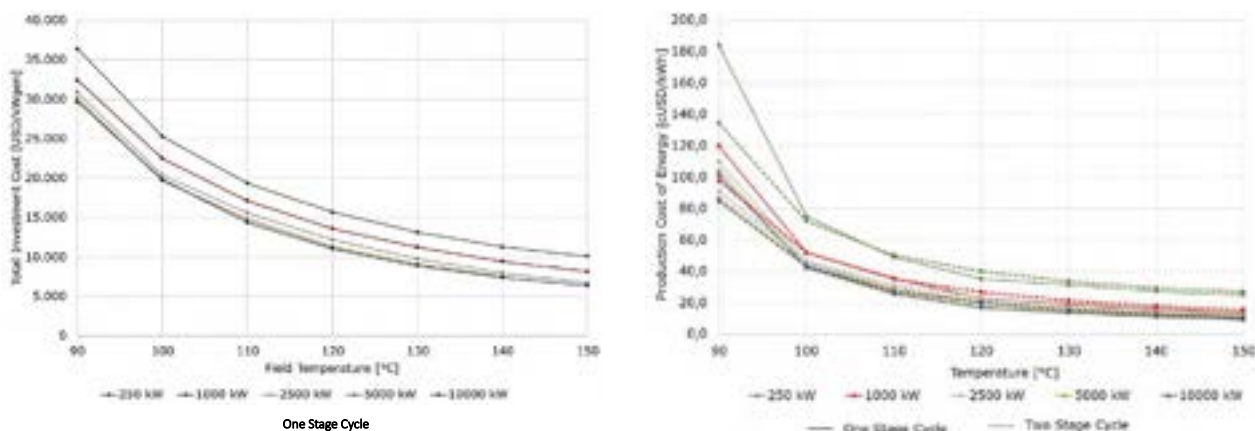
Както е обсъдено по-долу, геотермалните ресурси, идентифицирани досега в България, показват максимални температури в диапазона от 90°C до 110°C. Измерванията в някои по-дълбоки кладенци показват потенциално съществуване на системи с по-висока температура, но те трябва да бъдат допълнително проучени/потвърдени, а температурите им не биха превишили приблизително 150°C (GEOELEC, 2013 г.; Щерев и Георгиев, 2011; Европейска комисия, 2002 г.; Бояджиева и Гашаров, 2001 г.).

Макар че са технически осъществими, малките геотермални електроцентрали използващи води с температури под 150°C са по-скъпи от по-мощните електроцентрали, използващи води с по-високи температури, и са търговско оправдани само в определени ситуации (т.е. електроцентрали извън мрежата в отдалечени райони, благоприятни ресурсни и климатични условия и изследователски/демонстрационни проекти), обикновено комбинирани с производство на топлинна енергия. Икономиката на малките геотермални централи може да бъде подобрена чрез разработването на комбинирани системи за топлоенергийно производство (КПТЕЕ) - при които след производството на електроенергия геотермалният флуид се използва допълнително за извличане на топлинна енергия в каскадни приложения за директно използване (т.е. централно отопление, агропромишленост или други индустриални процеси).

Графика 12 илюстрира индикативните инвестиционни и производствени разходи на малки геотермални електроцентрали, използващи температури до 150°C (Веркис, 2014 г.). Графиките показват, че инвестиционните разходи могат да надхвърлят 10 милиона щ.д./MWe при температура на термалните ресурси под 125°C, достигайки стойности в диапазона 30-40 милиона щ.д./MWe при

температури под 100°C; докато разходите за производство на електроенергия могат да надхвърлят 1.0 щ.д./kWh при температури под 100°C, в зависимост от типа и размера на централата¹⁸.

Графика 65: Общи инвестиционни разходи (вляво) и производствени разходи за електричество, доставяно до електропреносната мрежа (вдясно) за нискотемпературни геотермални електроцентрали



Източник: Веркис, 2014 г.

Забележка: Въз основа на следните допускания: дебит от всеки кладенец - 40 l/s; дълбочина на кладенеците - 1 400 m; дълбочина до подпочвения воден хоризонт - 150 m; помпи, монтирани на дълбочина - 200 m, разстояние между кладенеците - 250 m, температура на геотермалния флуид - 90°C - 150°C.

Превод на текста на графиката: (в ляво) Total investment cost USD/kWgen – Общи инвестиционни разходи (щ.д./произведен kW); (в дясно) Production cost of energy (USD/kWh) - Разходи за производство на енергия (щ.д./kWh)

За сравнение, глобалният общ инсталационен разход за търговски геотермални електроцентрали в световен мащаб е средно около 4.15 милиона щ.д./MWe през последните десет години, докато пълната приведена стойност на електроенергията е била средно около 0.068 щ.д./kWh (на базата на данни, публикувани от IRENA, 2023 г.).

Малки геотермални електроцентрали работят успешно в различни държави и през последните години се възползват от подобрения дизайн на бинарния цикъл, което доведе до модулизирането на малки електроцентрали, оптимизирани за работа при температури под 120 °C (IRENA, 2022 г.). Горещият извор Чена (Централна Аляска, САЩ) в момента е най-нискотемпературната геотермална електроцентрала в света с мощност от 680 kWe. Тя се захранва от кладенци на гореща вода, пробити в плитък водоносен хоризонт с температура 74°C, на място с особено благоприятни условия за енергетичен цикъл на топлоотдаване (наличие на почти замръзнала речна вода и сезонни температури на въздуха под нулата). Други значими примери са геотермалната централа Уабуска в Невада (САЩ) с инсталиран капацитет за генериране на електроенергия от 4,4 MWe, работеща при температура от 107 °C (IRENA, 2022 г.); и централата АКЧА в Саракьой (Турция), с капацитет от 4 MWe, захранвана от геотермален флуид с температура 105 °C¹⁹.

¹⁸ Отчетените разходи се отнасят за 2014 г. Те са споменати в настоящия доклад като обща/индикативна справка и трябва да се актуализират спрямо текущите пазарни условия за един по-прецизен анализ.

¹⁹ ThinkGeoenergy news: <https://www.thinkgeoenergy.com/exergy-reports-start-of-operation-of-akca-plant-in-turkey/>

Има някои примери и в близките страни от Източна Европа (Румъния и Унгария), където няколко малки електроцентрали са разработени в контексти на геотермалните ресурси сходни с тези в северната част на България. В Румъния е изградена микро-ORC²⁰ електроцентрала (бруто 50 kWe) в Орадея върху кладенец, който доставя 10 l/s гореща вода при 102°C. Тази централа е работила няколко години, поддържана от държавна преференциална изкупна цена и след това е преустановила дейността си, когато правителствената подкрепа е била прекратена (Емрих, 2020 г.). В Унгария, малка електроцентрала ORC работи от 2018 г. в Тура, върху геотермален кладенец, който произвежда 100 l/s гореща вода със 125°C от дълбочина 1500 m. Проектът е бил планиран да достигне капацитет от 3.0 MWe, но към днешна дата е достигнал само 2.3 MWe бруто производство. Тъй като вътрешното потребление на електроцентралата е близо 1 MWe, нетната изходна мощност е 1.3 MWe (Надор и к-в, 2019 г.).

4.2 Основни заключения

В момента в България не се произвежда електроенергия от геотермални ресурси, въпреки че в някои региони съществува определен потенциал. Геотермалните водоносни слоеве, които понастоящем са потвърдени като експлоатируеми ресурси, както в седиментните басейни на Северна България (Малмваланжски водоносен хоризонт), така и в конвективните хидротермални системи в Централна и Южна България, имат максимално измерени температури около 100-110°C. Въз основа на съображенията, разгледани в предходния раздел, такива геотермални ресурси не предоставят възможности за производство на електроенергия освен много малки проекти със застрашена търговската жизнеспособност. По-горещите хидротермални системи открити в по-дълбоки части на седиментните басейни в Северна България, може да присъстват и в някои от екстензионните тектонични зони на Южна България, но наличната информация е недостатъчна, за да се оцени тяхната потенциална употреба за производство на електроенергия.

Извън използването на геотермалните ресурси, свързани с хидротермални системи, проведените от GEOELEC проучвания на европейско ниво показват огромен потенциал за развитието на усъвършенствани геотермални системи (EGS) в България, но тази опция никога не е била развивана (GEOELEC, 2013 г.). EGS обаче е технология, която е все още в етап на разработване на база няколко демонстрационни проекта и все още не се счита за технология за търговска реализация; и следователно в момента не е икономически разумна възможност за производство на геотермална електроенергия в краткосрочен до средносрочен план.

В северния регион, геотермалните солени разтвори, идентифицирани в нефтени и газови кладенци – *Геотермичен каталог на България* (Бояджиева и Гашаров, 2001 г.), които имат температури над 130°C, могат да се използват за генериране на електроенергия с бинарни електроцентрали, с ефективност на преобразуване, зависеща основно от ефективната температура на входа на топлообменника. За температури между 120 ° C и 140° C ефективността на преобразуване от топлинна в електрическа енергия варира от 4.4% до 5.9% за най-ефективните бинарни ORC централи (Зарук и Мун, 2014 г.). Такива стойности на ефективността не отчитат енергията, изразходвана за изпомпване на геотермалния солен разтвор на повърхността, когато кладенците не са самотечни, или когато търговското му производство трябва да бъде увеличено чрез дълбочинно (вътресондажно) изпомпване.

²⁰ ORC = цикъл на Ранкин с органичен работен агент

Дълбоките геотермални резервоари, които се намират в Северна България, с температури около 130 - 150°C, са технически пригодни за производството на електроенергия от бинарни централи. Въпреки това, забележителната дълбочина (3000 - 5000 m) на тези резервоари и химичният състав на соления разтвор в резервоара, както и съдържанието на некондензиращ газ (NCG) в него могат значително да ограничат икономическата и търговската жизнеспособност на подобно производство на електроенергия.

В южния регион, при липса на магматични източници на топлинна енергия (както вероятно се случва в Южна България), геотермалните системи обикновено съдържат геотермални ресурси с температури от 150° C +/- 30° C, които да са технически подходящи за малки електроцентрали (Моек, 2014 г.). Въпреки това, предвид ограничената надеждност на наличната информация, ще са необходими допълнителни проучвания и нови химически проби и аналитични процедури, за да се потвърдят потенциалните резервоари в тези геотермални системи. Освен това, икономическата и търговската жизнеспособност на геотермалните електроцентрали в този регион ще изисква специфични анализи на отделните обекти.

5 Потенциал за директно използване на геотермална енергия в България

5.1 Въведение и методология

Геотермалната енергия може да се използва директно за производство на топлинна енергия чрез топлообменници за различни цели като пространствено отопление или промишлени и селскостопански цели, заменяйки съществуващите технологии за производство на топлинна енергия и горива. Разбирането на моделите на потребление на топлинна енергия и настоящите източници за производство на топлинна енергия в България е ключова първа стъпка за оценяване на потенциала на геотермалната енергия да задоволи потреблението на топлинна енергия и да измести по-замърсяващите и по-малко устойчиви варианти за производството ѝ. Този раздел разглежда съществуващия и бъдещия сектор на отоплението, като се съсредоточи върху характеристиката на потреблението на топлинна енергия (главно в битовия и индустриалния сектори) и технологиите за нейното доставяне.

За целите на настоящия доклад са събрани данни за потреблението и производството на топлинна енергия в периода 2018 - 2022 г., които са характеризирани по вид, употреба, местоположение, обслужвани клиенти, температурен диапазон и количество консумирана (или произведена) топлинна енергия. В действителност, конфликтът в Украйна преобрази енергийния сектор в цяла Европа и доведе до значителни промени във веригата на енергийни доставки от 2022 г. насам. Въпреки това, профилът на потреблението на топлинна енергия не се е променил драстично в краткосрочен план, отчасти поради публичните субсидии за смекчаване на рязкото увеличение на цените на енергоносителите. Във всеки случай, 2022 г. е избрана като най-представителна година за целите на оценката на моделите на потребление и на производство на топлинна енергия, въпреки че в някои случаи (напр. за потреблението на гориво) са използвани средни стойности на потреблението и производството на топлинна енергия на база на налични данни за периода 2018 - 2022 г.

Потреблението на топлинна енергия е изследвано и картографирано за цялата територия на

България. Различни източници на общественно достъпна информация²¹ са използвани за изчисляване на потреблението на топлинна енергия в промишления и в жилищния сектор, както и за оценка на топлинната енергия, генерирана от големи специализирани съоръжения (централи за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия (КПТЕЕ) и съоръжения за централно отопление (ЦО)).

Що се отнася до производството на топлинна енергия, следва да се отбележи, че събирането на информация за системите за КПТЕЕ и ЦО не е предназначено за извършване на съпоставка с оцененото потребление на топлинна енергия на съответния промишлен и жилищен потребител. Двата набора от данни (мащабно производство на топлинна енергия и потребление на топлинна енергия) са независими един от друг и не са предоставени в нужните подробности, позволяващи изготвянето на сравнителен анализ. Докладът се фокусира върху идентифицирането на това как потреблението и предлагането на топлинна енергия са разпределени в България и къде се припокриват с обещаващи геотермални ресурси, които предоставят и благоприятни възможности за геотермални решения за отоплителни цели.

Съответната ситуация по отношение на прогнозното потребление на топлинна енергия и мащабното производство на национално равнище е обобщена в Таблица 29, а по-подробна информация е предоставена по-нататък.

Таблица 30: Оценено потребление на топлинна енергия и мащабно производство в България, 2018-2022 г. (MWh/г.)

	Производство		Потребление	
	КПТЕЕ	ЦО	КПТЕЕ	
2022 г.	5,382,241	8,720,587	16,525,122	23,909,669
2021 г.	5,861,930	9,458,667	17,704,067	25,360,434
2020 г.	4,742,492	8,799,359	16,518,077	25,648,234
2019 г.	5,050,080	8,816,829	17,322,180	25,777,778
2018 г.	5,351,533	8,938,495	16,990,705	25,957,839

Източник: Анализ на авторите

5.1.1 Методология на потреблението на топлинна енергия за битови нужди

Потреблението на топлинна енергия за отопление на жилища е оценено и консолидирано на общинско равнище чрез умножаване на населението (данни от Националния статистически институт²²) по средното потребление на топлинна енергия в жилищата на глава от населението (данни на Евростат за България). Този подход е предпочетен пред подхода на линейната регресия, използващ градусни дни на национално равнище, тъй като последният е бил изпробван, но е довел до ненадеждни резултати като цяло. От друга страна, данните от Европейската топлинна карта (на

²¹ В таблиците и фигурите, представени в този раздел, „анализът на авторите“ се отнася до оценки, направени от авторите въз основа на публична информация от Националния статистически институт и Евростат, годишни доклади, представени в Изпълнителната агенция по околна среда към Министерството на околната среда и водите, както и заявления за ценообразуване на операторите на ТЕЦ.

²² https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/reports/query.isf?x_2=1089.

ниво NUTS3)²³ предоставят информация за България, свързана само с 28 основни града или общини, докато настоящото проучване има за цел да предостави по-подробен преглед на потреблението на енергия за отопление в страната, обхващайки всички 265 общини и индустриалните обекти в непосредствена близост до тях.

В настоящия доклад терминът „община“ се използва, когато става дума за потребление с цел битово отопление, изчислено в границите на съответната общинска територия. От друга страна, терминът „регион“ се използва, когато става дума за централна община, заобиколена от контрагенти в нейната периферия, включващи индустриални предприятия и съоръжения за производство на енергия за отопление, разположени в рамките на техните юрисдикции. Това уточнение осигурява яснота и прецизност при разграничаването на битовия и индустриалния контекст, като улеснява по-последователно тълкуване на представените данни и анализи.

Определянето на потреблението на топлинна енергия на глава от населението се основава на следните данни и подход, обобщени в Таблица 7:

- Данните за националното потребление на топлинна енергия в жилищни сгради от данните на Евростат²⁴.
- Данните за общото население получени от Националния статистически институт²⁵ на годишна база за периода 2012 - 2021 г.
- След това бе изчислено потреблението на глава от населението за всяка година и беше определена 10-годишна средна стойност като референтен параметър за изчисляване на битовото потребление на топлинна енергия на общинско равнище. Резултантният параметър е 3.71 MWht/на глава от населението.

Таблица 7: Данни за потребление на топлинна енергия за битови нужди, население и потребление на глава от населението, използвани за оценка на битовото потребление на топлинна енергия

Година	Потребление на топлинна енергия за битови нужди ²⁶	Население	Потребление на глава от населението
	MWh _t	Млн. жители	MWh _t /глава от населението
2012	27,360,261	7,327,224	3.73
2013	26,063,248	7,284,552	3.58
2014	25,178,845	7,245,677	3.48
2015	25,503,566	7,202,198	3.54
2016	26,192,050	7,153,784	3.66
2017	26,966,655	7,101,859	3.80
2018	25,931,085	7,050,034	3.68
2019	25,146,990	7,000,039	3.59
2020	27,705,509	6,951,482	3.99
2021	27,941,912	6,916,548	4.04

²³ <https://www.hotmaps.eu/map>. NUTS3 е най-подробното ниво на класификацията NUTS. То произтича от *Nomenclature des Unités territoriales statistiques (NUTS)*, или Номенклатура на териториалните статистически единици, която е йерархична система за разделяне на икономическата територия на ЕС (и на Обединеното кралство).

²⁴ Крайно потребление на енергия в домакинствата по видове гориво (TEN00125__custom_7709851).

²⁵ https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/reports/query.jsf?x_2=1089.

²⁶ Крайно потребление на енергия в домакинствата по видове гориво ((TEN00125__custom_7709851).

Средно: 3.71

Източник: Евростат, Анализ на авторите

В Таблица 8, изчислените за настоящия доклад оценки се сравняват с данните, извлечени от топлинната карта на България²⁷ за докладваните в нея 28 общини. Като цяло има разлика от 6.3% между оцененото топлинно потребление в настоящото проучване и данните от топлинната карта, като и двете се намират в сравними порядъци на величина, имайки предвид, че топлинната карта е публикувана през 2020 г., а оценките в настоящия доклад се отнасят до 2022 г.

Таблица 31: Общинско потребление на топлинна енергия в България

Регион NUTS3 (Община)	Оценено потребление към 2022 (настоящ доклад)	Потребление на топлинна енергия за битови нужди съгласно Топлинната карта на България ²⁸
	<i>MWh</i>	<i>MWh</i>
Благоевград	1,068,571	807,080
Бургас	1,403,926	1,253,930
Варна	1,597,685	1,240,440
Велико Търново	756,604	699,760
Видин	269,789	314,000
Враца	552,061	557,070
Габрово	355,832	407,680
Добрич	545,883	497,620
Кърджали	528,454	368,300
Кюстендил	403,097	400,490
Ловеч	420,351	458,640
Монтана	430,794	437,370
Пазарджик	838,838	693,350
Перник	414,381	440,280
Плевен	817,096	712,890
Пловдив	2,341,814	1,655,970
Разград	374,929	303,660
Русе	703,168	634,120
Силистра	354,560	275,940
Сливен	632,563	457,900
Смолян	346,179	369,080
София - град	4,747,788	3,531,360
София област ²⁹	844,033	866,550
Стара Загора	1,082,258	911,590
Търговище	356,737	336,590
Хасково	769,234	577,000
Шумен	554,857	456,540
Ямбол	398,187	340,350
България	23,909,669	22,493,650

²⁷ <https://www.hotmaps.eu/map>.

²⁸ <https://www.hotmaps.eu/map>.

²⁹ София област е област в България. Областта не включва София в своята територия, но градът остава неин административен център.

Общото предполагаемо потребление на топлинна енергия, показано в таблицата (23 909 669 MWh/год.), е с 4.9% под минималното потребление, регистрирано в периода 2012 - 2021 г. (особено през 2019 г. – вж. Таблица 7) и намалява с 14.4% в сравнение с максималното потребление, наблюдавано през 2021 г. Това несъответствие се очаква, като се има предвид, че подходът на оценка, основан на средното потребление на глава от населението, не отчита фактори като колебания в климата, промени в поведението (напр. увеличение на използването на домашен офис по време на пандемията от COVID-19) и съображения, свързани с енергийната бедност. Това ниво на непротиворечивост на данните се счита за достатъчно за целите на настоящия доклад, а също за анализа и следващи препоръки.

5.1.2 Методология за оценяване на потреблението на топлинна енергия за индустриални нужди

Потреблението на топлинна енергия за промишлени нужди е характеризирано и количествено остойностено на база данни от годишните доклади, внесени от индустриални оператори в Изпълнителната агенция по околна среда към Министерството на околната среда и водите (МОСВ). Тази информация позволи на екипа да картографира промишлените оператори, които имат правно задължение да представят годишни доклади за екологично съответствие, докато информация за други оператори не е достъпна в публичното пространство. Въпреки това ограничение, е събраната информация от 125 предприятия (обхващащи 137 индустриални обекти), които представляват голям дял от потреблението на топлинна енергия за промишлени нужди в България³⁰, като тази извадка се счита за достатъчно представителна за целите на настоящото проучване.

В някои случаи, когато разходът на гориво е единствената докладвана информация, потреблението на топлинна енергия е изчислено, на база на допускането, че са използвани котли за преобразуване на горивото в топлинна енергия с типичен термичен КПД равен на 85 процента.

5.1.3 Инструмент за обработка на данни

Инструментът, разработен за структуриране и анализ на информацията, събрана за настоящия доклад, ще бъде споделен с Министерството на енергетиката с цел бъдещо актуализиране и използване. Този инструмент включва електронни таблици, които представляват база данни, в която данните са консолидирани с оглед по-нататъшна обработка и илюстрация. Предлагат се филтри за подбор, акцентирание и/или комбиниране на различни набори от данни, като сектори или индустриални сегменти, като се извършва фокусиране върху всяка една конкретна перспектива поотделно.

С използването на този инструмент, данните от проучването, отнасящи се до потреблението и производството на топлинна енергия, са интегрирани с географските координати на съответните съоръжения, с цел да се изготвят изчерпателни карти и графики (вж. Графика 13), които предлагат цялостен поглед както върху потреблението на топлинна енергия за битови и промишлени нужди, както и върху съоръженията за производство на топлинна енергия, като предоставят ценни сведения

³⁰ Най-големите 20 предприятия в България консумират около 88,3% (15,1 TWh) от националното потребление на топлинна енергия в промишления сектор.

за моделите на топлинно потребление и производствените мощности.

Графика 66: Пример за екранна снимка на инструмента за обработка на данни



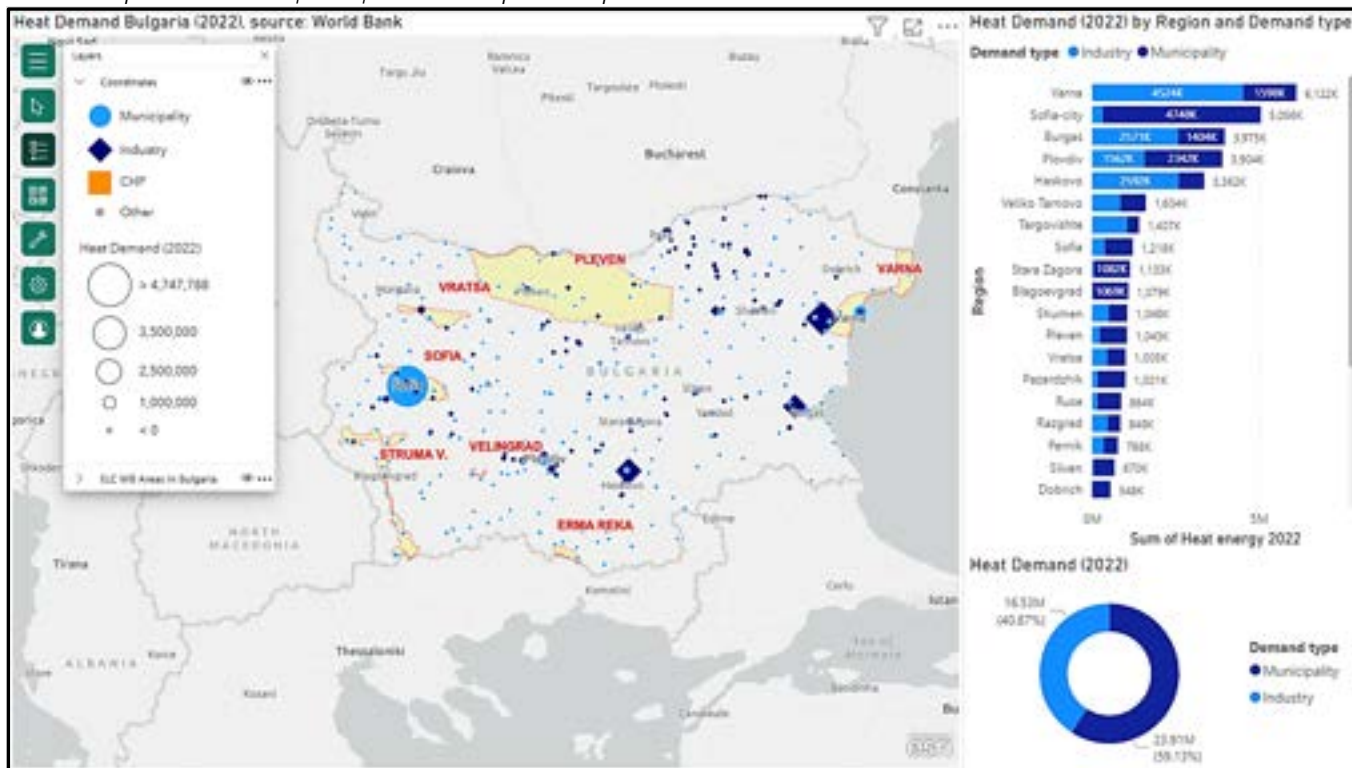
Източник: Анализ на авторите

Инструментът също така предоставя информация за вида гориво, използвано от тези производствени съоръжения, което позволява на потребителя на инструмента да картографира и отпечата на емисиите на парникови газове при производството на топлинна енергия в България. Тези карти не само визуализират пространственото разпределение на потреблението и на производството на топлинна енергия, но също така и улесняват по-задълбоченото разбиране на взаимодействието между различните фактори, влияещи върху потреблението и производството на топлинна енергия. Очаква се използването на получените от инструмента познания да послужат като основа за разработването и формулирането на публични политики.

5.2 Съществуващо потребление на топлинна енергия

Графика 14 показва географската дисперсия на потреблението на топлинна енергия в България. Потреблението на топлинна енергия от общините и промишлените предприятия е концентрирано в градски райони и в техните непосредствени околности, като София и Варна, както и в Бургас и Пловдив. Първите два района са разположени в региони с идентифицирани геотермални ресурси (представени в жълто). Регионите, в които понастоящем има потребление на топлинна енергия както и налични геотермални ресурси, са по принцип най-обещаващи за потенциално развитие на геотермална енергия.

Графика 67: Потребление на топлинна енергия от общини и промишлени предприятия (MWh/г., 2022 г. спрямо по-обещаващите геотермални райони



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: Municipality – Община; Industry – Индустрия; CHP – КПТЕЕ; Other – Други; Heat Demand – Потребление на топлинна енергия.

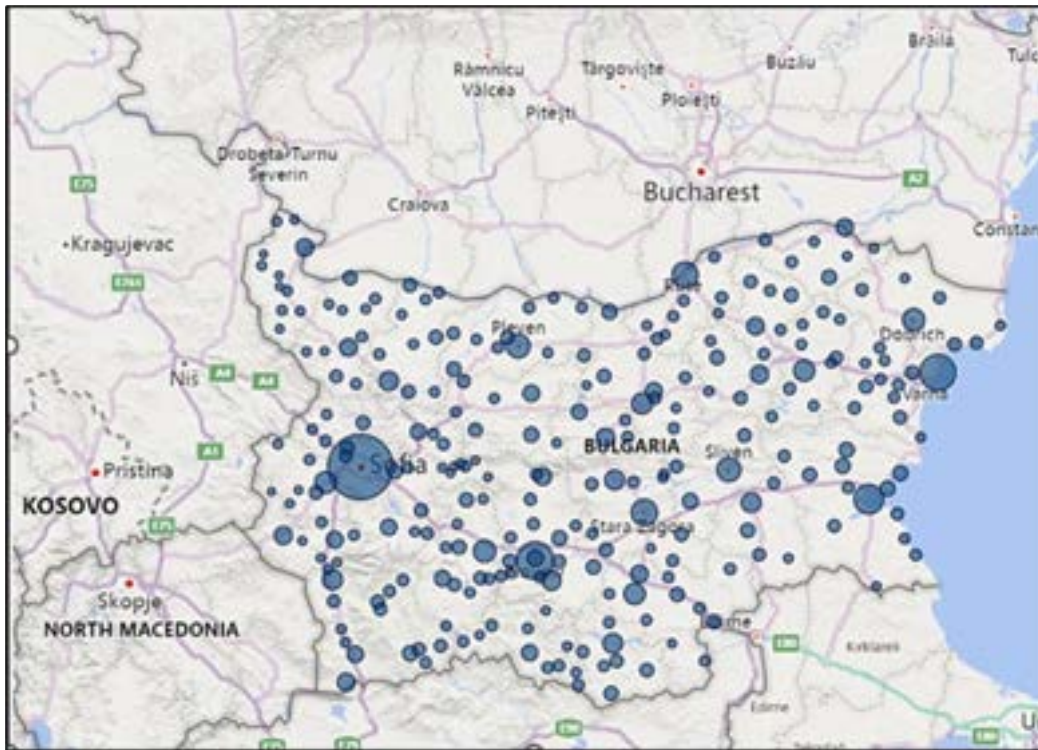
Следващите раздели се фокусират върху характеристиката на потреблението и неговата съвместимост с потенциалното предлагане на топлинна енергия от геотермални ресурси.

5.2.1 Потребление на топлинна енергия за битови нужди

С общо оценка от 24 TWh/година (2022 г., вж. Таблица 7), потреблението на топлинна енергия за битови нужди достига 59% от общото потребление на топлинна енергия в страната. Основните характеристики на потреблението на топлинна енергия за битови нужди са: (i) сезонност с по-голямо потребление през зимата и годишни колебания в зависимост от климата; (ii) производство на топлинна енергия с ниска до средна температура, която е необходима за нейното доставяне; (iii) разпръснато потребление, с множество малки и географски разпръснати потребители,

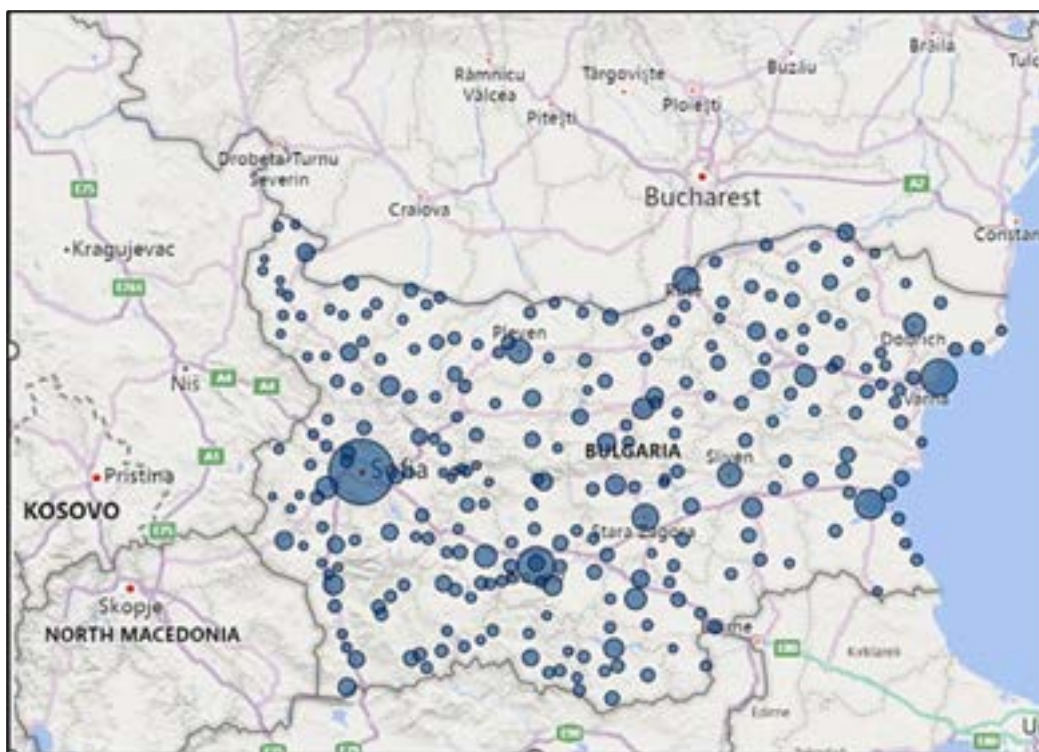
Централното отопление (ЦО) е добър технологичен вариант за агрегиране на толопотребителите и подобряване на енергийната ефективност. Около 17 града в България разчитат на ЦО за доставка на топлинна енергия за битови клиенти, докато съоръженията за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия са свързани основно с големи промишлени предприятия. Въпреки това, някои доставчици на енергия за отопление са инвестирани в съоръжения за комбинирана енергия, за да подобрят своите финансови възможности чрез продажбата на електричество. Несвързаните към ЦО потребители на топлинна енергия разчитат на биомаса (най-вече в селските райони и в градските покрайнини), въглища, нефтопродукти и електричество (термопомпи) за

производство на енергия за отопление. За целите на настоящия доклад, анализът ще се фокусира върху потреблението на топлинна енергия в свързаните с ЦО жилищни сгради, където геотермалната енергия може да се превърне в опция за задоволяване на потреблението. За несвързани потребители, геотермалните термопомпи биха могли да бъдат интересна алтернатива, но този анализ ще бъде извършен в отделен компонент на настоящата задача.



Графика 15 и Таблица 9 описват разпределението на потреблението на топлинна енергия за битови нужди в България по общини, при което София, Пловдив, Варна и Бургас изпъкват като основни райони на потребление.

Графика 15: Потребление на топлинна енергия за битови нужди по общини (MWh/г., 2022 г.)



Източник: Анализ на авторите

Таблица 9: Съоръжения за ЦО в България.

Компания за ЦО	Средно производство на топлинна енергия, 2018-2022 г. (MWh/г.)
Топлофикация София	5,378,743
Топлофикация Перник	746,382
ЕВН България Топлофикация (Пловдив)	646,209
Топлофикация Русе	598,414
Топлофикация Плевен	455,503
Топлофикация Сливен	353,030
Топлофикация Бургас	183,109
АЕЦ Козлодуй	177,435
Топлофикация Враца	121,208
Веолия Енерджи Варна	85,151
Топлофикация Габрово	42,745
Топлофикация Велико Търново	38,914
Топлофикация Разград	33,751
Юлико-Евротрейд	2,615

Източник: Анализ на авторите

Бележка: Където няма налични данни (напр. за ЕВН България Топлофикация и Веолия Енерджи Варна), са използвани данни от докладите за екологично съответствие. В тези случаи съществува единствено информация за производството на топлинна енергия. Потреблението на гориво се извлича от допускане за топлинен К.П.Д. на база на използваната технология.

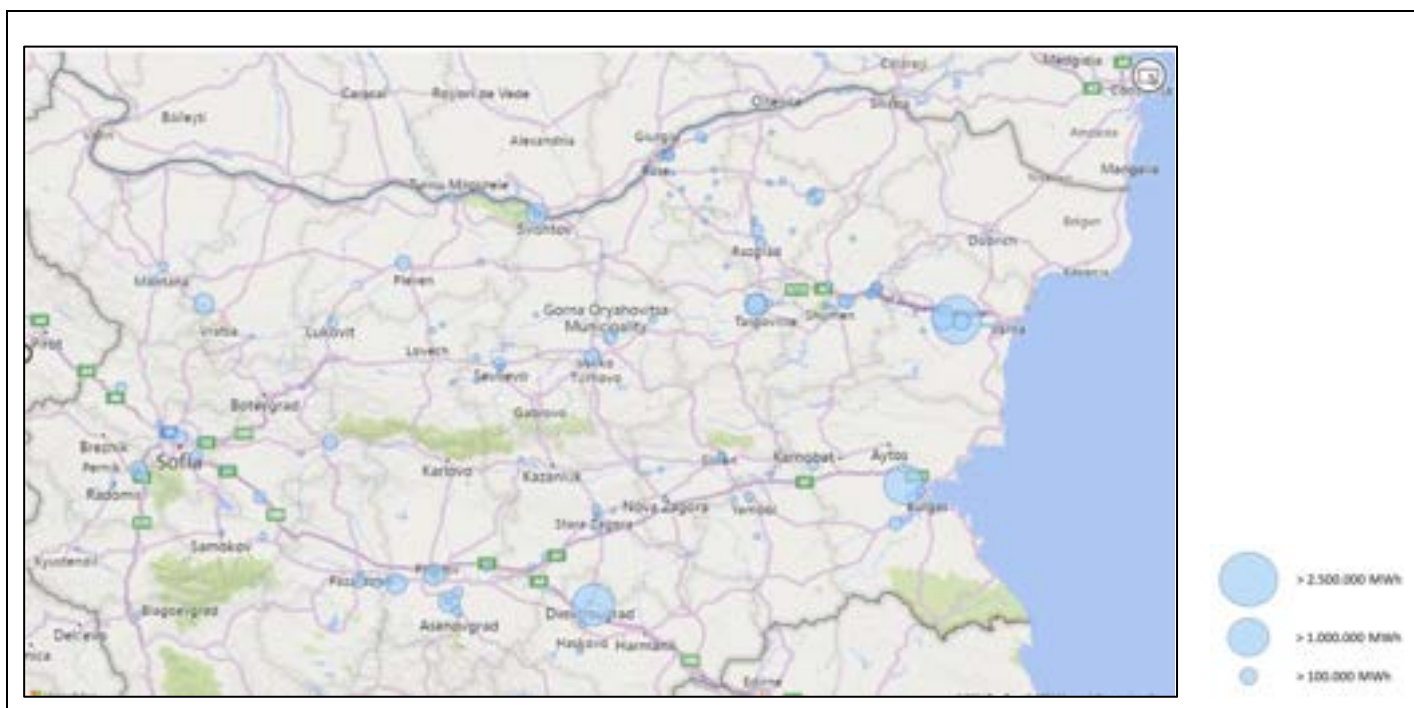
5.2.2 Потребление на топлинна енергия за промишлени нужди

5.2.2.1 Агрегирано потребление

Потреблението на топлинна енергия от промишлеността представлява около 41% (17 TWh през 2022 г.) от общото предпологаемо потребление на топлинна енергия в страната. Потреблението на топлинна енергия от промишлените предприятия се характеризира с: (i) непрекъснатост, в съответствие с индустриалните процеси и развитието на пазара за съответните продукти, при тенденция да бъде по-постоянно през годината, отколкото потреблението на топлинна енергия за битови нужди; (ii) разнообразие от необходими температури в зависимост от индустриалния процес, за който се изисква топлинна енергия; (iii) концентрирано потребление, обикновено около големи индустриални съоръжения и индустриални паркове.

Директното използване на геотермални ресурси зависи от температурата на ресурса и нуждите от топлинна енергия в индустриалния обект или директно за целите на индустриалния процес, или за предварително затопляне на захранващата вода по време на процеса. И двата метода ще намалят пропорционално използването на изкопаеми горива, съответно и на генерираните въглеродни емисии. Въпреки че на настоящия етап несигурността относно температурата на съответния геотермален ресурс не позволява надеждно сегментиране въз основа на този параметър, представен е анализ на температурния диапазон изискван от индустриалния сектор (Графика 16). След като бъдат избрани конкретни обекти и цели на проекта, температурата на геотермалния ресурс трябва да се потвърди чрез допълнителни проучвания, насочени към количествено определяне на профила на геотермалния ресурс и неговия цялостен потенциал.

Графика 68: Потребление на топлинна енергия за промишлени нужди по общини (MWht/г., 2022 г.).



Източник: Анализ на авторите

5.2.2.2 Характеризиране на температурите, изисквани от индустриални сегменти

Познанията относно температурния диапазон необходим на различните индустриални сегменти, имат съществено значение при оценката на потенциала на геотермалната енергия за задоволяване на потреблението на топлинна енергия от промишлените предприятия. Анализът на индустриалните сегменти в настоящия раздел се основава на класификацията на Евростат (NACE 2.1)³¹ с цел осигуряване на цялостен подход на база публично достъпни източници (т.е. Евростат). Предимството на тази сегментация е способността да се очертаят необходимите за всеки сегмент температури на процеса. Таблица 10 илюстрира горивните потоци към индустриалния сектор в България през 2022 г.

Таблица 10: Енергийни потоци към индустриалния сектор, България 2022 г.

Потребление на гориво от индустрията 2022 г.	Енергия (GWh)	%
Електричество	111,745	65%
Възобновяеми енергии	35,133	20%
Топлинна енергия	16,009	9%
Невъзстановими отпадъци	9,489	6%
Общо	172,376	100%

Източник: Евростат

Сегментацията на индустриалния сектор съгласно стандартите на NACE предоставя подробно вида на енергията, използвана от всеки индустриален сегмент, като се имат предвид спецификите на

³¹ Евростат: "NACE: Общ преглед", <https://ec.europa.eu/eurostat/web/nace>

съответните им процеси (Таблица 11).

Таблица 11: NACE 2.1 - Сегментиране на индустриалните енергийни потоци в България (2022 г.).

Данни на Евростат България (2022 г.)	Общо енергия (GWh)	Процент от общото количество	Електричество (GWh)	Възобновяема енергия (GWh)	Топлинна енергия (GWh)
Химическа и нефтохимическа индустрия	24,332	14%	16,135	1,756	6,441
Неметални минерали	26,366	15%	10,857	6,011	9,489
Хартия, целулоза и печатни материали	21,313	12%	4,910	16,342	61
Цветни метали	15,597	9%	12,620		2,977
Чугун & стомана	7,479	4%	7,479		
Храни и тютюн	21,486	12%	15,064	4,492	1,930
Дърво и дървени изделия	9,476	5%	3,348	6,126	
Текстил и кожа	4,757	3%	3,394	82	1,281
Транспортно оборудване	1,476	1%	1,475		
Машини	11,446	7%	11,334		91
Минодобив и кариерно производство	16,774	10%	13,664		3,109
Строителство	2,636	2%	2,559	11	66
Неспецифична (индустрия)	9,226	5%	8,905	286	35
Общо	172.364		111,744	35,106	25,480

Източник: Евростат, „Енергиен баланс за България 2021“ ([link](#)).

Потреблението на топлинна енергия в рамките на индустриални процеси в България достига 25 480 GWh през 2022 г., а Таблица 11 показва разбивката по индустриални сегменти. По-подробните източници на данни за оценка на потреблението на топлинна енергия въз основа на отчетите на промишлените предприятия, покриват 16 525 GWh, както е показано в Таблица 12.

Таблица 32: NACE 2.1 – Потребление на топлинна енергия от индустриални сегменти (2022 г.)

Индустриални сегменти	Отоплителна енергия 2022 г. (MWh)
Химически продукти	6,617,078
Неметални минерални продукти	3,985,998
Рафинирани нефтопродукти	2,345,217
Хартия, целулоза & печатни материали	1,126,001
Цветни метали	915,704
Чугун & стомана	511,519
Други химически продукти	306,602
Храни & напитки	305,498
Дърво & дървесни продукти	258,894
Текстил & кожа	73,757
Фармацевтични продукти	65,045

Пластмасови продукти	13,808
Общо	16,525,121

Източник: Анализ на авторите

Сравнявайки двата набора от данни, става ясно, че докато настоящото проучване улавя над 64% от общото потребление на топлинна енергия от индустрията, то не успява да обобщи потреблението на топлинна енергия, докладвано от Евростат. Използваният за настоящия доклад набор от данни се основава на данни от индустриални оператори, задължени да докладват своето енергопотребление (общо 125 фирми). Методологията, въпреки че не е изчерпателна, съответства на порядъка на стойността, установен в базата данни на Евростат, като резултатите могат да бъдат екстраполирани до известна степен. Преследваната цел е да се определи съвместимостта между геотермалните обекти и индустриалните дейности, а не задълбочено проучване на индустриалните процеси, подходящи за геотермални приложения. Това е цел, на която подходът успешно служи. В следващите раздели ще се разгледа всеки индустриален сегмент, както е определен в таблиците по-горе.

5.2.2.2.1 Химически продукти

Индустриалният сегмент на химическите продукти включва различни категории, които се основават на различни процеси (например дестилация, компресия, биохимични реакции), чиито температурни изисквания могат да варират значително - от контролирана температура близо до тази на околната среда до температури от 900 °C:

- *Основни химикали*, произведени в големи количества за по-нататъшна преработка или използване при производството на други продукти. Примерите включват киселини, основи, разтворители и газове като амоняк и хлор.
- *Специални химикали* със специфични свойства или функции, съобразени с конкретни приложения – напр. фармацевтични продукти, агрохимикали, ароматизатори, аромати и специални полимери.
- *Нефтохимически продукти*, включително всички химикали, получени от нефтени суровини или природен газ чрез процеси като рафиниране, крекинг или синтез. Примерите включват етилен, пропилен, бензол и толуол, които служат като градивни елементи за широк спектър от други промишлени продукти.
- *Торове и агрохимикали*, използвани в селското стопанство, за да подобрят плодородието на почвата, подпомогнат растежа на растенията или защитят реколтата от вредители, болести и плевели. Примерите включват азотни торове, фосфорни торове, хербициди и инсектициди.
- *Фармацевтични и биофармацевтични продукти*. Това са химически или биологични вещества, използвани за медицински цели, като диагностика, лечение, предотвратяване или облекчаване на заболявания или медицински състояния. Примерите включват активни фармацевтични съставки (АФС), ваксини и биологични продукти.
- *Полимери и пластмаси*. Това са големи молекули, съставени от повтарящи се единици, наречени мономери, които се синтезират или преработват в различни форми за използване при производството на пластмаси, влакна, филми и други материали.

Таблица 13 представя в намаляващ порядък на потреблението на топлинна енергия от основните предприятия в този сегмент в България, използвани за настоящия анализ. Както е видно, Солвей Соди и Неохим са водещите участници на пазара и представят 90 процента от потреблението на топлинна енергия.

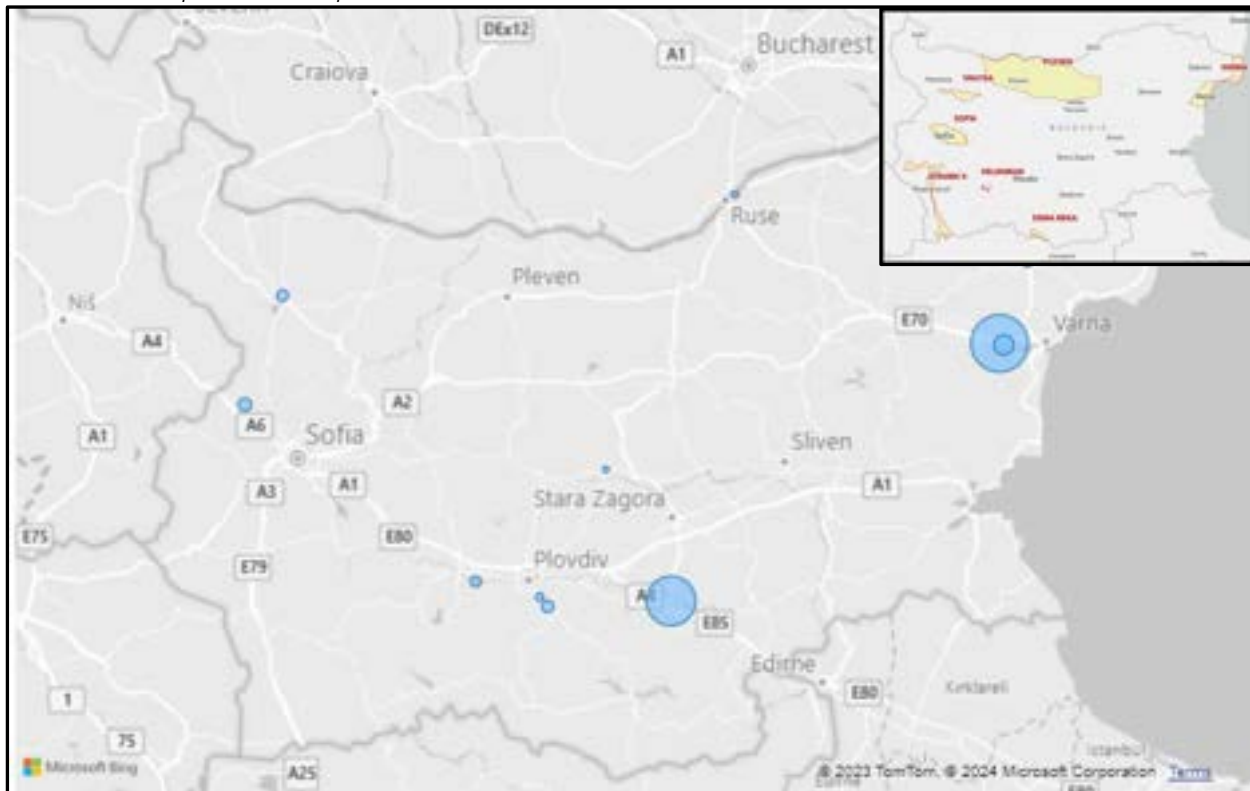
Таблица 33: Химически продукти

Потребление / Производство	Индустрия (NACE 2.1)	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh _t)
Потребление	Химически продукти	Солвей Соди	3,575,584
Потребление	Химически продукти	Неохим	2,578,446
Потребление	Химически продукти	Агрополихим	269,472
Потребление	Химически продукти	Огняново К	98,708
Потребление	Химически продукти	Калцит АД	47,704
Потребление	Химически продукти	Монбат	38,034
Потребление	Химически продукти	Агрива	6,486
Потребление	Химически продукти	Старт	2,109
Потребление	Химически продукти	Русе Кемикълс	364
Потребление	Химически продукти	Кастамону	171
Общо потребление			6,617,078

Източник: Анализ на авторите

Както е показано на Графика 17, химическите предприятия са разпръснати из цялата страна, но има два района с по-висока концентрация: Източна и Централна България, включително Варна (Солвей Соди) и региона на Пловдив и Димитровград (Неохим). Тези основни химически предприятия произвеждат базови химикали и имат изисквания за температура на процеса в диапазона от 125°C до 250 °C (производство на калцинирана сода).

Графика 169: Местоположение на основни химически предприятия и съответно потребление на топлинна енергия в България



Източник: Анализ на авторите

5.2.2.2 Неметални минерални продукти

В сегмента на неметалните минерални продукти, класифициран по стандарта NACE, се включват различни индустрии, които се занимават с добива, преработката и производството на различни неметални минерали и свързани с тях продукти. Тук се включва добив на камъни, пясък и глина, както и производство на цимент, вар, мазилка и други строителни материали. Освен това този сегмент обхваща производството на стъкло, керамика, огнеустойчиви продукти и изолационни материали на минерална основа, както и при производството на железобетонни и циментови изделия за строителни цели. Процесите в рамките на този сегмент варират от добива на суровини до оформянето, термичната обработка и довършителните дейности на крайните продукти, като всички те са от съществено значение за задоволяване на изискванията на строителството, развитието на инфраструктурата, производството и други индустриални приложения.

Този сегмент се характеризира с високата температура, необходима за неговите уникални процеси и значителни топлинни изисквания. В производството на цимент, при производството на клинкер в пещи, където суровините се нагряват до високи температури за химични реакции, първичното потребление на топлинна енергия достига около 1400°C. По същия начин производството на стъкло се основава на интензивна топлинна енергия за топене на суровините в пещи, оформяне на разтопеното стъкло и отгряване на крайните продукти. Производството на тухли, керамика и огнеустойчиви материали също включва процеси на изпичане, изискващи високи температури, за да се постигнат желаните характеристики на продукта. За тези процеси са необходими температури от 900°C до 1600°C. По-ниски температури могат да се изискват по време на подготовката на суровината

(сушене, предварително затопляне), но това обикновено се осигурява от големи източници на остатъчна топлинна енергия, свързани с процеси с по-висока температура. Ефективното управление на топлинна енергията е от съществено значение за оптимизиране на енергопотреблението и намаляване на въздействието върху околната среда, което подчертава значението на прилагането на енергоспестяващи технологии и практики в производството на неметалните минерални продукти.

Индустриалните предприятия за неметални продукти в България са разположени в цялата страна и в повечето случаи имат подобен отпечатък на потреблението на топлинна енергия, както е показано на Графика 18. Осемте участници с най-голямо потребление на топлинна енергия съставляват повече от 75 процента от потреблението в този сегмент, което означава висока концентрация. Всички предприятия са от стъklarската, керамичната и циментовата индустрия, така че тяхното потребление на топлинна енергия е свързано с високотемпературни (> 900°C) процеси (Таблица 14).

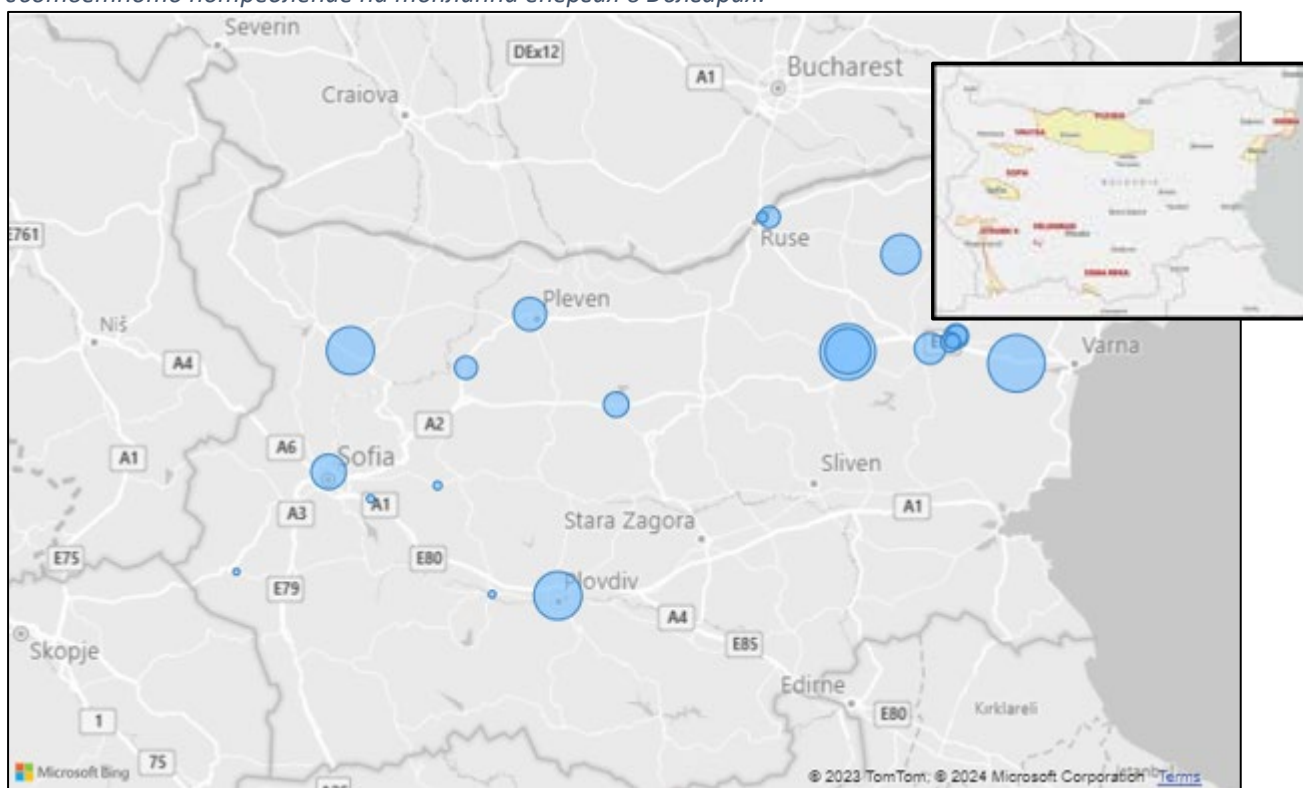
Таблица 14: Неметални продукти

Потребление / Производство	Индустрия (NACE 2.1)	Продуктова категория	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh _e)
Потребление	Неметални минерални продукти	Стъкло	Би Ей Глас	679,112
Потребление	Неметални минерални продукти	Цимент	Девня Цимент	678,472
Потребление	Неметални минерални продукти	Стъкло	Тракия Глас	640,924
Потребление	Неметални минерални продукти	Цимент	Холцим	452,339
Потребление	Неметални минерални продукти	Стъкло	Пашабахче	404,814
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Хан Аспарух	295,847
Потребление	Неметални минерални продукти	Стъкло	Рубин Трейдинг	191,618
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Хан Омуртаг	165,245
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Идеал Стандарт	96,340
Потребление	Неметални минерални продукти	Стъкло	Ново стъкло	90,228
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Винербергер	74,534
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Керос	62,418
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Дюра-Тайлс	56,574
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Рока България	49,357
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Керамат	20,704
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Труд АД	7,223

Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Профайл	1,791
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Шамот	1,148
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Кераминженеринг	132
			Общо потребление:	3,968,820

Източник: Анализ на авторите

Графика 18: Местоположение на индустриални предприятия за неметални минерални продукти и съответното потребление на топлинна енергия в България.



Източник: Анализ на авторите

5.2.2.3 Рафинирани нефтопродукти

Сегментът на рафинираните нефтопродукти, класифициран по стандарта NACE, обхваща редица промишлени предприятия занимаващи се с рафинирането, преработката, дистрибуцията и търговията на дребно на петролни горива и други рафинирани продукти от нефт. Той включва предприятия, занимаващи се с рафиниране на суров петрол, където се използват процеси като фракционна дестилация, крекинг и риформинг за превръщането на суров петрол в различни продукти като бензин, дизел, реактивно гориво, мазут за отопление и смазочни материали. Освен това, този сегмент включва производствени съоръжения, специализирани в производството на рафинирани нефтопродукти.

Температурните изисквания в сегмента на рафинираните петролни продукти варират в зависимост от различните процеси и дейности. При рафинирането на суров нефт, температурите могат да

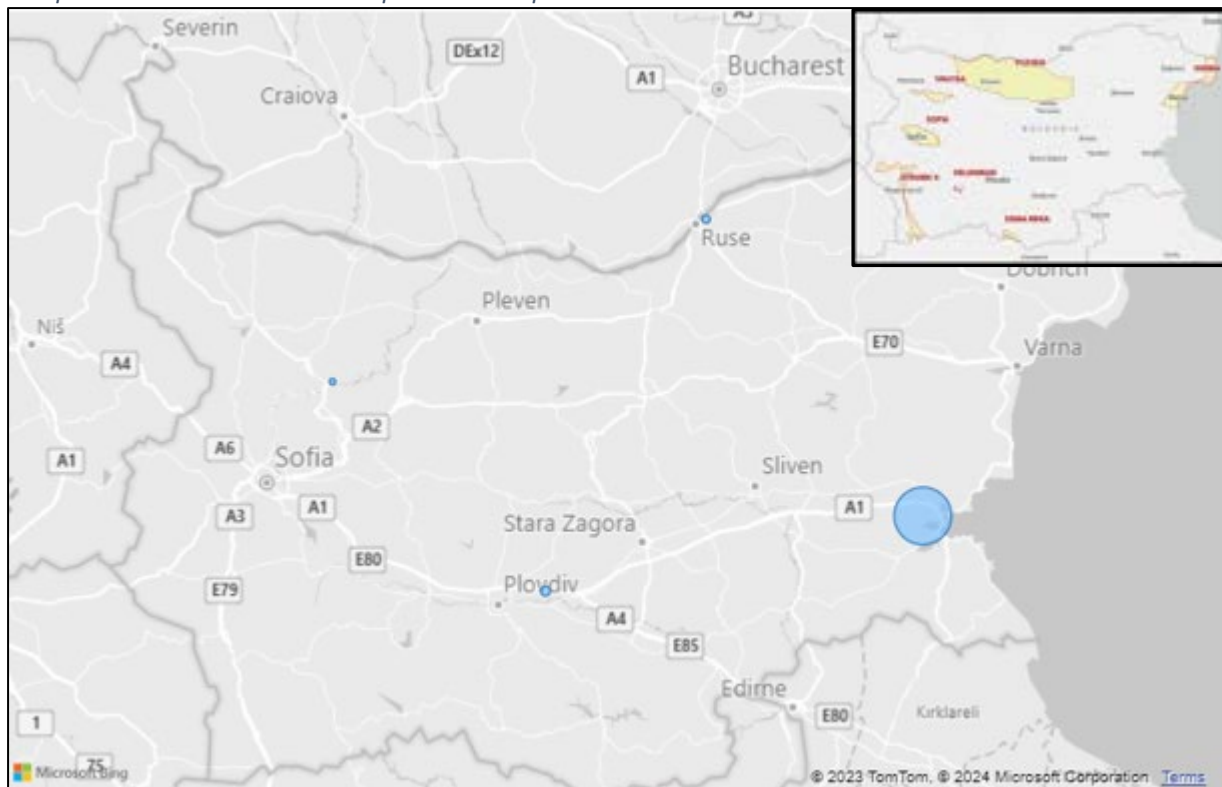
варират от около 200°C до 800°C или по-високи, в зависимост от специфичните процеси като фракционна дестилация, крекинг и риформинг. Тези процеси са от съществено значение за разделянето на суровия нефт на неговите съставни въглеводородни фракции и превръщането им в ценни продукти като бензин, дизел и смазочни материали. Съоръжението на Лукойл в Бургас е основният завод за рафиниране на нефт в България с потребление на топлинна енергия 2 345 GWh през 2022 г. (вж. Таблица 15 и Графика 19).

Таблица 15: Рафинирани нефтопродукти.

Потребление / Производство	Индустрия (NACE 2.1)	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh)
Потребление	Рафинирани нефтопродукти	Лукойл	2,329,530
Потребление	Рафинирани нефтопродукти	Инса Ойл	11,236
Потребление	Рафинирани нефтопродукти	Лубрика	4,311
Потребление	Рафинирани нефтопродукти	АскБул	140
		Общо потребление	2,345,217

Източник: Анализ на авторите

Графика 19: Местоположение на съоръжения за рафинирани нефтопродукти и съответно потребление на топлинна енергия в България



Източник: Анализ на авторите

5.2.2.2.4 Хартия, целулоза и печатни материали

Сегментът „хартия, целулоза и печатни материали“, класифициран от стандарта NACE, обхваща набор от индустриални предприятия занимаващи се с производството на хартия, целулоза, картон и печатни материали. Той обхваща производството на целулоза, хартия и картон от дърво, рециклирана хартия или други влакнести материали, където контролът на температурата е от решаващо значение по време на процесите.

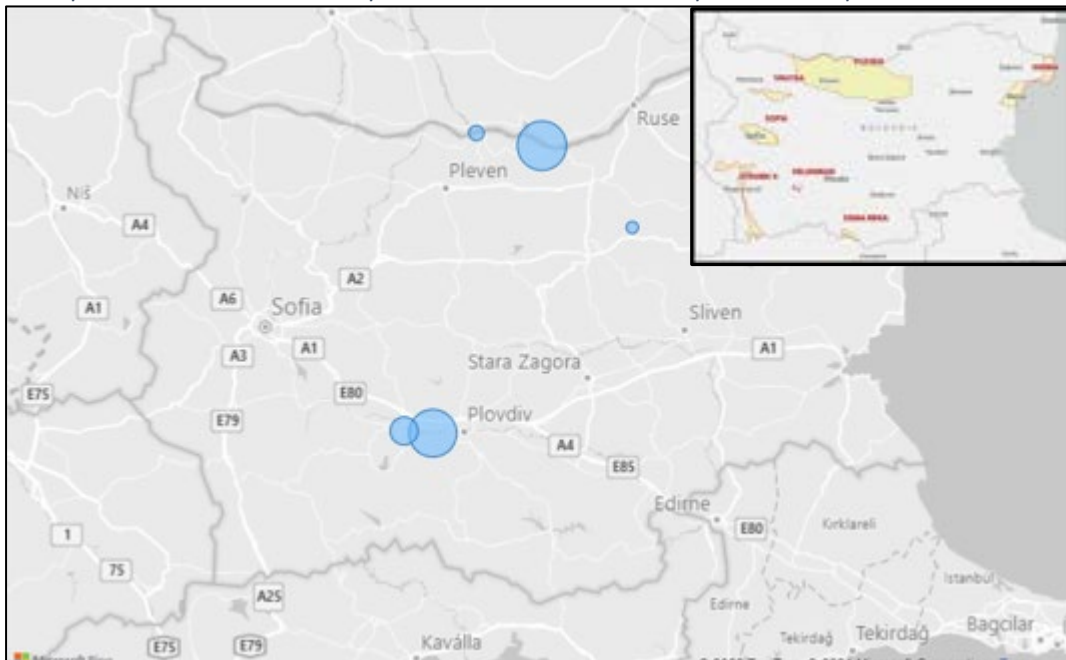
Температурите, използвани в хартиената индустрия, са в диапазона 40°C–200°C, в зависимост от процеса (избелване, обезцветяване, изсушаване и т.н.), като процесите с по-висока температура изискват използването на пара. Тази пара се генерира с парни котли или когенерационни съоръжения, базирани главно на изкопаеми горива. Графика 20 представя географското местоположение на предприятията от индустриален сегмент хартия, целулоза и печатни материали в България, докато съответното потребление на топлинна енергия е отчетено в Таблица 16. Този сегмент е концентриран на две места - около град Пловдив в Централна България и в региона на Плевен в северната част на страната (фирма Свилоза, гр. Свищов). Последният се намира в перспективен геотермален район.

Таблица 16: Потребление на топлинна енергия от сегмент „Хартия, целулоза и печатни материали“

Потребление / Производство	Индустрия (NACE 2.1)	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh)
Потребление	Хартия, целулоза & печат	Свилоза	495,451
Потребление	Хартия, целулоза & печат	Монди	460,166
Потребление	Хартия, целулоза & печат	ДС Смит	132,213
Потребление	Хартия, целулоза & печат	Клиърс	25,964
Потребление	Хартия, целулоза & печат	Велпа 91	12,207
		Общо потребление на топлинна енергия	1,126,001

Източник: Анализ на авторите

Графика 20: Местоположение на индустриални съоръжения за хартия, целулоза и печатни материали и съответно потребление на топлинна енергия в България



Източник: Анализ на авторите

5.2.2.2.5 Цветни метали

Сегментът на цветните метали, съгласно класификацията на стандарта NACE, обхваща разнообразна гама от индустрии, които участват в добива, преработката, производството и разпространението на цветни метали и свързани с тях продукти. Той включва първични производствени дейности като добив на руда, топене и рафиниране за производство на метали като мед, алуминий, олово, цинк и скъпоценни метали. Освен това, производството на метални изделия, в това число тръби, тел и метални конструкции, включва различни процеси като пластична обработка, заваряване и механична обработка, като често изисква топлинна енергия за оформяне и изработка.

В сегмента на цветните метали се изисква значително използване на топлинна енергия в различни процеси, включително първично производство, металообработка и дистрибуция. При първичното производство (напр. топене и рафиниране) е необходима значителна топлинна енергия с процесна температура, която може да надвишава 1000 °C, за да се стопят рудни концентрати и извлекат метали от примеси.

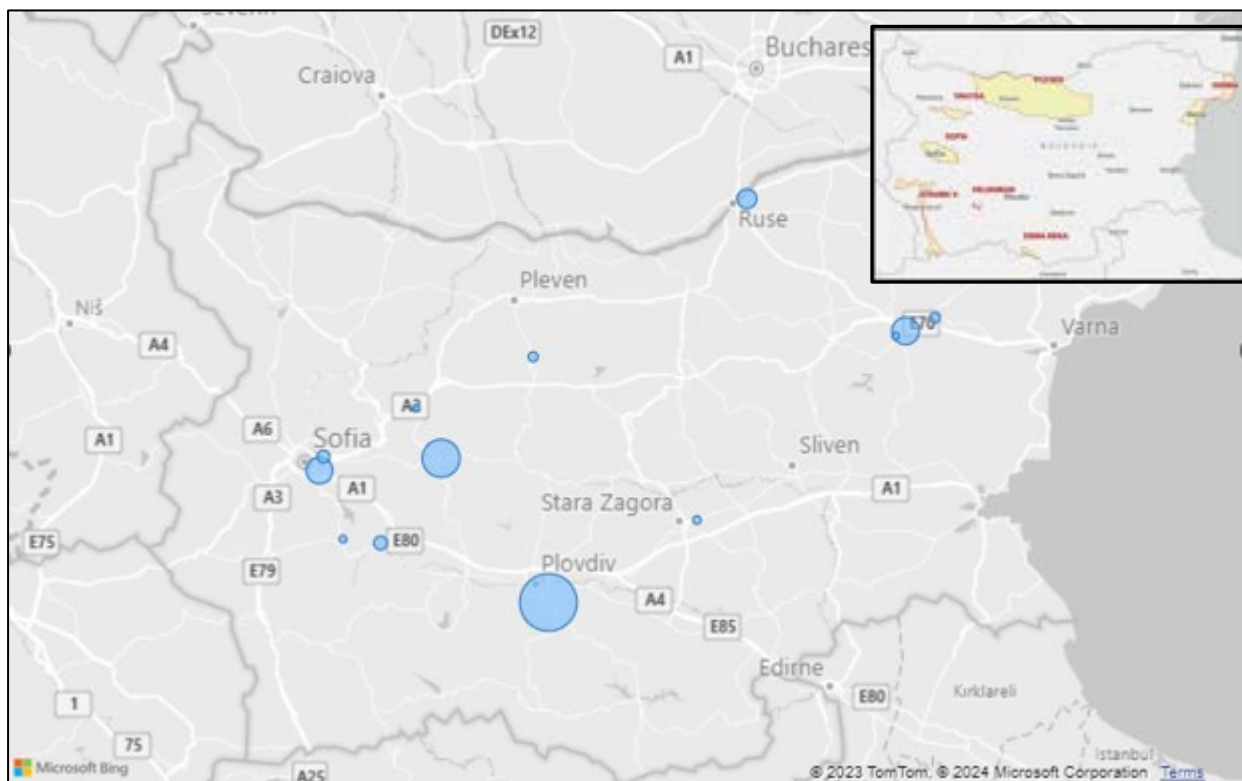
Съставът на този сектор в България е представен в Таблица 17. Тъй като Комбинатът за цветни метали (КЦМ) е отговорен за повече от 50% от потреблението на топлинна енергия, сегментът е силно концентриран. Този комбинат произвежда цинк и се намира близо до Пловдив в Централна България (Графика 21).

Таблица 17: Потребление на топлинна енергия от предприятия за цветни метали

Потребление / Производство	Индустрия (NACE 2.1)	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh _t)
Потребление	Цветни метали	КЦМ	497,910
Потребление	Цветни метали	Аурубис България	190,667
Потребление	Цветни метали	Алкомет	86,600
Потребление	Цветни метали	София Мед	80,637
Потребление	Цветни метали	Линамар	34,518
Потребление	Цветни метали	ЕЛ БАТ	11,301
Потребление	Цветни метали	Стам Трейдинг	8,602
Потребление	Цветни метали	Алмед	3,368
Потребление	Цветни метали	Осам	2,964
Потребление	Цветни метали	Минеръл Комерс	902
Потребление	Цветни метали	Елхим Искра	647
Потребление	Цветни метали	Сам Трейдинг	479
Потребление	Цветни метали	Меридиан 29	380
Потребление	Цветни метали	Виас	340
		Общо потребление	919,315

Източник: Анализ на авторите

Графика 70: Местоположение на индустриални съоръженията за продукти от цветни метали и съответното потребление на топлинна енергия в България.



Източник: Анализ на авторите

5.2.2.2.6 Чугун и стомана

Този сегмент включва индустрии, занимаващи се с добив на желязна руда, производство на чугун, стоманени заготовки и полуфабрикати, както и производство на феросплави. Добиването на желязна руда включва пробиване, взривяване и копаене, докато процесите за производство на желязо и стомана като топене, рафиниране и леене изискват високи температури (до 1400 -1500° C) и специализирано оборудване. Този сегмент е отговорен за само 3% от потреблението на топлинна енергия в промишления сектор в България. Съставът му е представен в Таблица 18.

Таблица 348: Потребление на топлинна енергия от предприятия за чугун и стомана

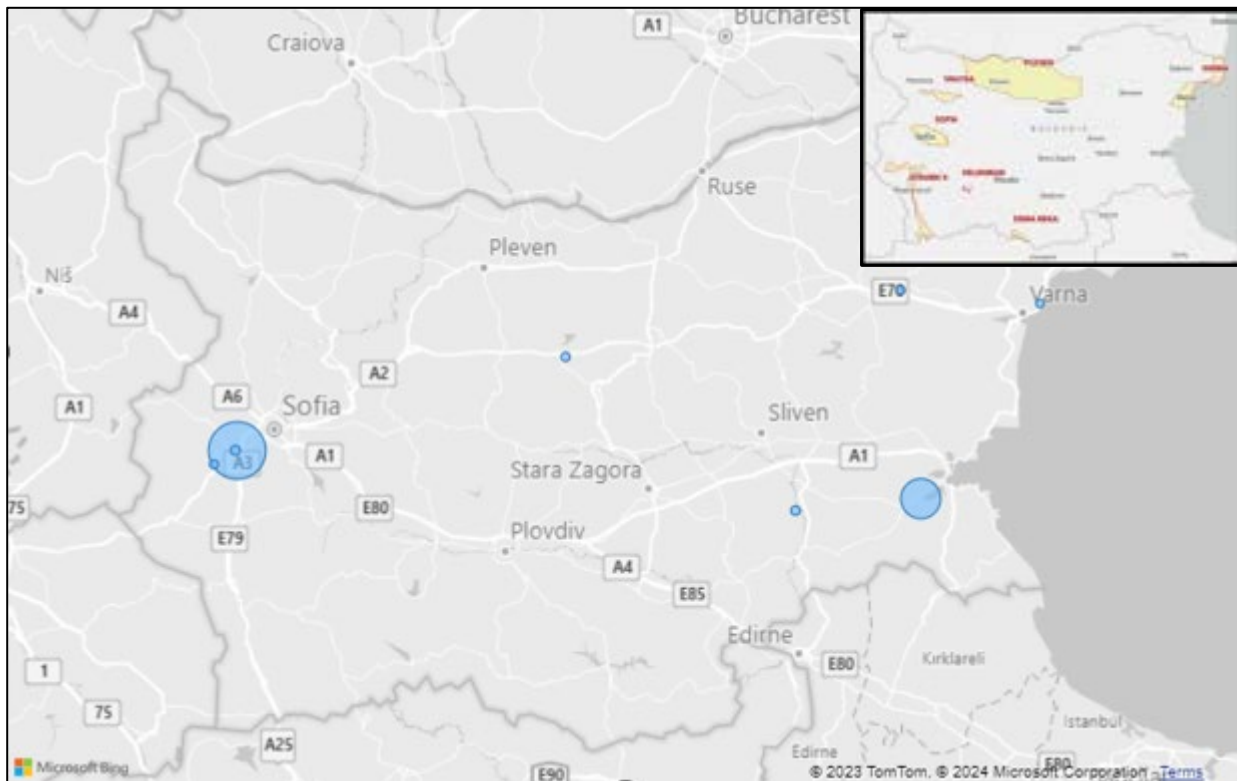
Потребление / Производство	Индустрия (NACE 2.1)	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh)
Потребление	Желязо & стомана	Стомана Индъстри	350,876
Потребление	Желязо & стомана	Промет Стиил	153,613
Потребление	Желязо & стомана	Колхида - Метал	1,798
Потребление	Желязо & стомана	Палфингер	1,539
Потребление	Желязо & стомана	Сиби	1,139
Потребление	Желязо & стомана	АК Електрик	1,104
Потребление	Желязо & стомана	ЗГП	920
Потребление	Желязо & стомана	Метал	530
		Общо потребление на топлинна енергия	511,519

Източник: Анализ на авторите

Потреблението на топлинна енергия в сектора „чугун и стомана“ е значително, движено от енергоемки процеси като производство на чугун, производство на стомана, леене и производство на феросплави. Процесите на производство на чугун в доменна пещ и с директна редукция изискват високи температури за претопяване на желязна руда в необработен лят чугун или меко желязо, докато процесите на производство на стомана в кислороден конвертор и електродъгова пещ изискват дори по-високи температури, за да рафинират чугун или стоманен скрап в стопена стомана. Освен това операциите по леене и щамповане изискват поддържане на стопена стомана при повишени температури за правилно оформяне и втвърдяване, докато производството на феросплави включва процеси на топене и легиране, изискващи екстремни температури.

По отношение на местоположението: основният производител (Стомана Индъстри) е близо до София, вторият (Промет Стил) се намира в Бургас в източната част на страната (вж. Графика 22).

Графика 71: Местоположение на предприятия за производство на чугун и стомана и съответно потребление на топлинна енергия в България.



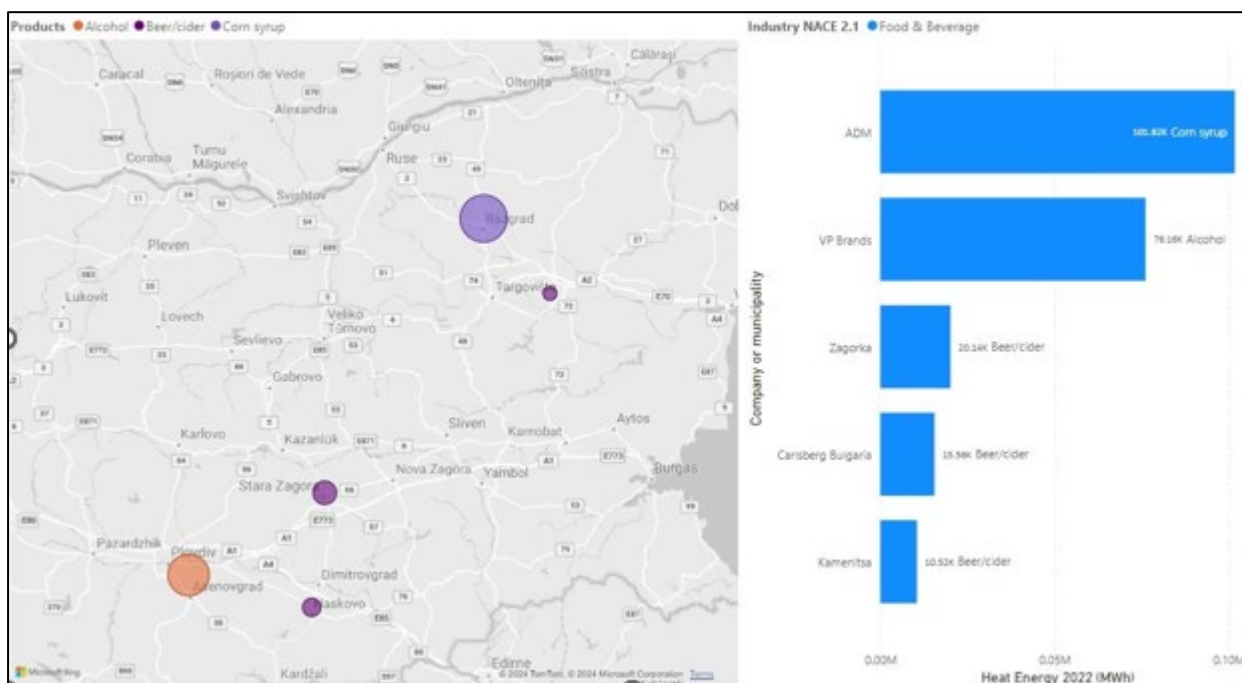
Източник: Анализ на авторите

5.2.2.2.7 Храни и напитки

Потреблението на топлинна енергия в сегмента на храните и напитките е разнообразно и значително, като различни процеси изискват топлинна енергия за готвене, сушене, преработка, стерилизация и консервиране (Графика 23). Операции като печене, варене, сушене и дестилиране се основават на нагряване, за да се постигнат специфични температури за преобразуване на съставките и развитие на аромата. Методите за готвене като варене, парене и пържене също изискват топлинна

енергия за приготвянето на храната, докато пастеризацията и топлинната обработка са от съществено значение за гарантиране безопасността на продукта и удължаване срока на годност. Други преработвателни дейности в областта на напитките и храните изискват висока температура, както е посочено в настоящия доклад – напр. производството на алкохол, бира, сайдер и царевичен сироп. Освен това, топлинна енергията се използва в процесите на опаковане на храни (напр. запечатване и стерилизация) с цел защита и съхранение на опакованите продукти.

Графика 72: Потребление на топлинна енергия – други храни и напитки (2022 г.)



Източник: Анализ на авторите

Таблица 19: Обобщение на промишленото потребление на топлина по сектори в България

Вид индустрия	Потребление на топлинна енергия MWh	Температури на индустриалните процеси	Основни участници
Химически продукти	6,617,078	Варира от ниска до висока - 125C до 250C за двете основни индустриални предприятия	Солвей Соди (Варна), Неохим (Пловдив и Димитровград)
Неметални продукти	3,968,820	Много висока (>900C)	ВА Глас (София), Девня Цимент (Варна), Тракия Глас (Търговище), Холсим (Враца), Пашабахче (Търговище)
Рафинирани нефтопродукти	2,345,217	200-800C	Лукойл (Бургас)
Хартия, целулоза и печатни материали	1,126,001	40-200 C	Свилоса (Плевен), Монди (Пловдив)
Цветни метали	919,315	Високи температури при	КЦМ Цинк (Пловдив)

		първоначалната обработка	
Стомана и чугун	511,519	Високи температури	Стомана (до София), Промет Стийл (Бургас)
Храни и напитки	319,065	Около 80-100 С или по-малко, в зависимост от процеса	АДМ (Русе), VP Брандс (Пловдив)

Източник: Анализ на авторите

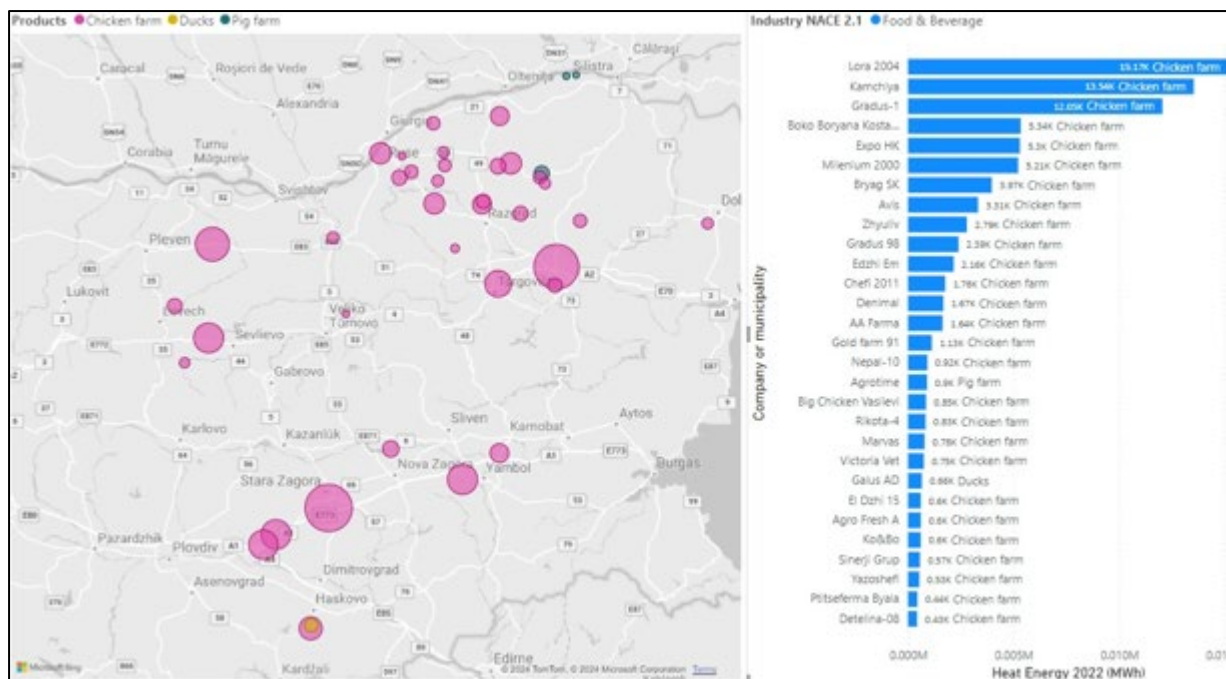
5.2.3 Потребление на топлинна енергия от сектори земеделие и животновъдство

В земеделския и животновъдния сектори се очертават две специфични приложения подходящи за директна употреба на геотермална енергия, а именно оранжерии и ферми за отглеждане на домашни птици и свине. Тези приложения използват топлинна енергия за отопление на помещения с цел поддържане на култури (цветя, зеленчуци), както и за да предоставят подходяща среда за растеж на отглежданите животни. Те се характеризират със своите нискотемпературни изисквания през цялата година, като в помещенията е необходимо да се поддържа температура между 20°C и 30°C.

5.2.3.1 Животновъдство

Животновъдството (основно птицеферми) е географски разпространено в селските райони в централната и североизточната част на България (вж. Графика 24). Някои от тези райони се припокриват с районите с обещаващи геотермални ресурси - по-специално региона на Плевен и на изток от този регион.

Графика 24: Потребление на топлинна енергия от животновъдството (2022 г.)



Източник: Анализ на авторите

5.2.3.2 Потребление на топлинна енергия в земеделието и от оранжерии

Графика 25 представя местоположението на оранжерии, които са проучени за настоящия доклад. Те са разпръснати в цялата страна, бидейки разположени в северната, централната и южната част на България. Потреблението на топлинна енергия от оранжерии е значително и възлиза средно на около 200 000 MWh годишно, като основното потребление е в Плевен, Пловдив и Враца, а също така и в регионите по долината река Струма.

Оранжерии обикновено се захранват от комбинирани топлоелектрически централи и поради това се появяват в данните от проучването, свързани със съоръженията за производство на топлинна енергия (вж. Таблица 20).

Таблица 20: Съоръжения за КПТЕЕ, снабдяващи оранжерии с топлинна енергия в България.

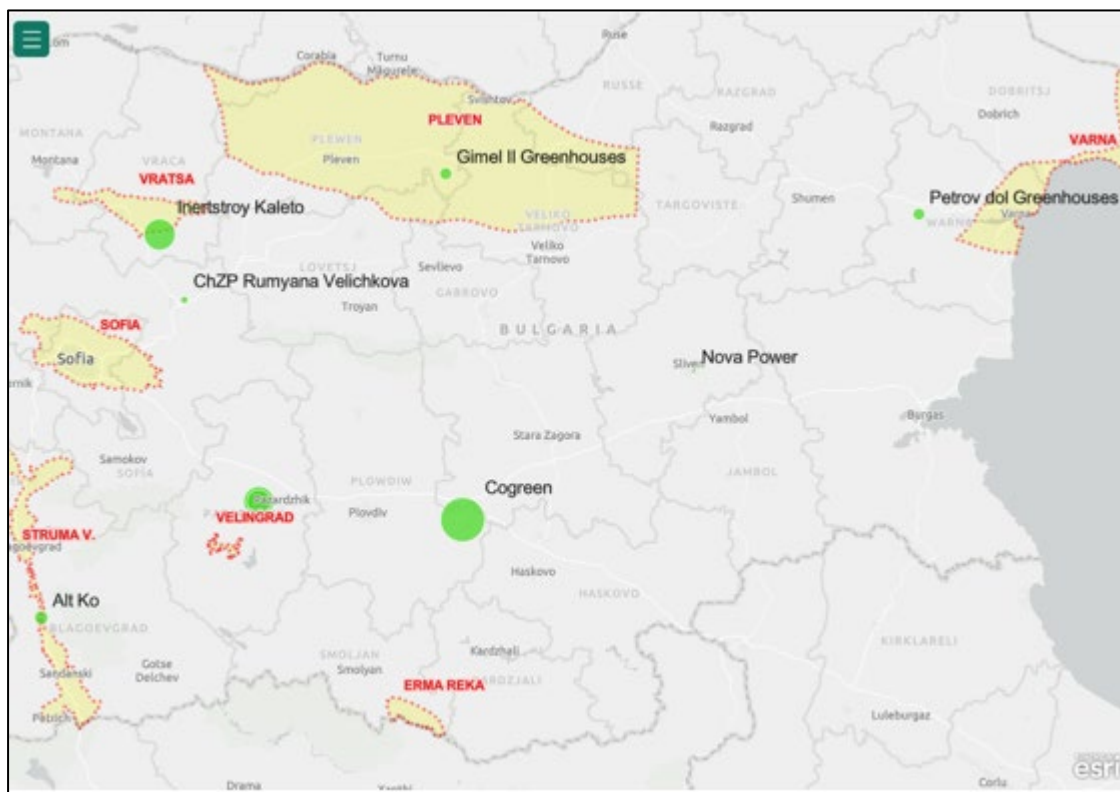
Съоръжение за КПТЕЕ, снабдяващо оранжерии в България	Обща инсталирана топлинна мощност (kW _t)	Обща инсталирана мощност (kW _e)	Средно производство на топлинна енергия (2018-2022 г.) (MWh _t)
Алт Ко	1,821	1,850	8,044
ЧЗП Румяна Величкова	1,945	1,850	6,517
Когриин	6,680	6,666	29,765
Оранжерии Гимел 200 da	4,769	4,871	24,683
Оранжерии Гимел 500 da	4,073	3,944	17,871
Оранжерии Гимел II	3,035	3,044	6,978
Инертстрой Калето	3,158	3,358	11,933
Нова Пауър	n.a	2,430	266
Топлофикация Петрич	17,224	15,584	80,000*
Оранжерии Петров Дол	1,990	2,000	10,361
		Общо:	196,418

Източник: Анализ на авторите.

* Топлофикация Петрич не е декларирана своето действително производство на топлинна енергия; цифрата 80 000 MWh/г. е прогнозна – взета е от решение на КЕВР за ценообразуване С-39/24.11.2021

<https://www.dker.bg/uploads/reshenia/2021/res-c39-2021.pdf>

Графика 73: Местоположение на оранжерии и съответното потребление на топлинна енергия в България.



Източник: Анализ на авторите

5.3 Потенциални двигатели на нарастване на потреблението на геотермална топлинна енергия

5.3.1 Очакван естествен растеж на потреблението на топлинна енергия

Първият двигател на потенциално ново потребление на топлинна енергия, което би могло да се осигури от геотермални ресурси, би бил естественият растеж на потреблението на топлинна енергия в резултат на демографски или икономически растеж, или и на двата вида растеж. През 2022 г. Министерството на енергетиката³² прогнозира намаление на потреблението на енергия за отопление и охлаждане с 2 процента до 2030 г. в сравнение с нивата през 2020 г. Това намаление би било еквивалентно (на базата на агрегираното топлинно потребление през 2020 г.) на 840 GWh топлинна енергия. В същото време, проекта на актуализирания НПЕК (юни 2024) очаква делът на възобновяемата енергия в брунтото крайно потребление на енергия за отопление и охлаждане да нарасне от 37.2% през 2020 г. до 45.5% през 2030 г.

Понастоящем, ЦО покрива 36 процента от битовото потребление на енергия за отопление в страната, докато КПТЕЕ обхваща 35 процента от индустриалното топлоснабдяване. По-конкретно, тези съоръжения разчитат предимно на изкопаеми горива (93% (вж. Графика 26 и Приложение В), по-специално въглища и лигнитни въглища (44%)), чиито ползване следва да бъде преустановено до 2038 г. Въпреки че може да се очаква съвкупното потребление на топлинна енергия да намалее в средносрочен план, съществува възможност за изместване на конвенционалните източници на отопление с геотермална енергия за отопление на помещения в нови сгради и квартали и при ново индустриално потребление (особено за нискотемпературни процеси). Също така е уместно да се признаят значителните загуби, претърпени от мрежите за ЦО, които понастоящем варират от 20% до 50%³³, като се подчертава необходимостта от усилия за модернизиране на ЦО с цел смекчаване на енергийната неефективност - с потенциала за значително намаляване на потреблението на гориво и на емисиите на парникови газове.

5.3.2 Въглищен преход

Изключването на въглищните централи в България, което е ключов елемент от приноса на страната към Европейската зелена сделка, предлага добра възможност за компенсиране на намаляващия въглищен капацитет с геотермалната енергия. Въпреки че заместването на сегашния капацитет за производство на електроенергия от въглища с геотермални технологии за производство на електроенергия е предизвикателство, заместването на производството на топлинна енергия от въглища с геотермална енергия е по-обещаващ вариант. Въглищата и лигнитните въглища съставляват средно 44 процента от енергията използвана за производство на топлинна енергия в България в периода 2018 - 2022 г. (или 8 606 GWh - вж. Таблица 1). Разработването на стратегии за алтернативни горива като биомаса, гориво от отпадъци (RDF) или геотермална енергия, ще имат ключово значение за запълване на предстоящата празнина при горивата използвани за отопление

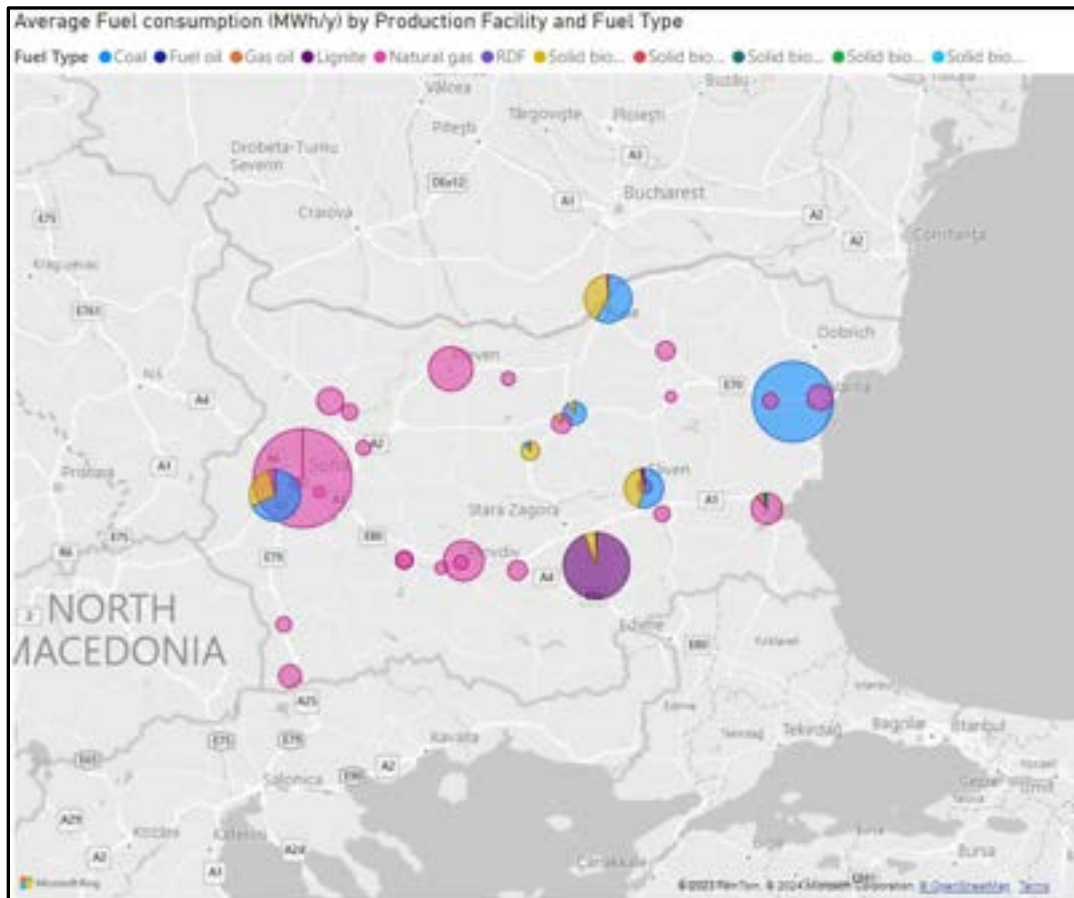
³² Министерство на енергетиката на България, Изчерпателна оценка на потенциала за високоефективна когенерация и за ефективни системи за централно отопление и охлаждане в Република България, Януари, 2022 г., <https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-01/BG%20CA%202020%20en.pdf#page=57&zoom=100,54,326>.

³³ На базата на интервюта с няколко компании за ЦО..

след постепенното изключване на въглищата.

Както е показано на Графика 26, според наличните данни използването на въглища (в светло син цвят) и лигнитни въглища (в лилав цвят) е ограничено само до няколко съоръжения в страната.

Графика 74: Средно разпределение на използването на гориво (2018-2022 г.)

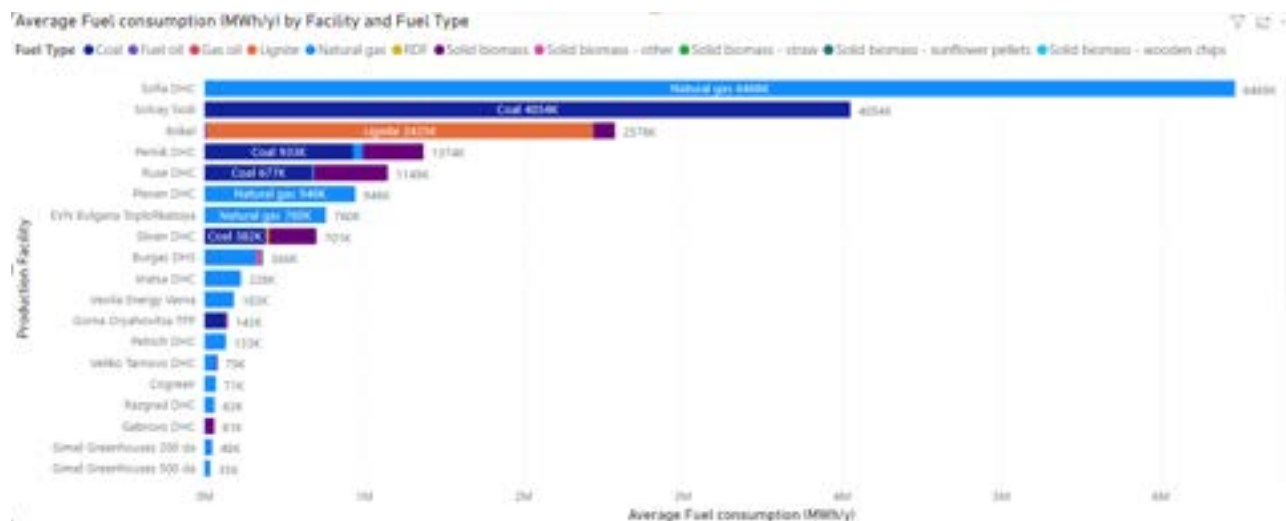


Източник: Анализ на авторите.

Превод на текста на графиката: Average fuel consumption (MWh/y) by production facility and fuel type - Среден разход на гориво (МВч/год.) по производствено съоръжение и вид гориво

Сред съоръженията, които използват въглища в България (Графика 26), ТЕЦ Солвей Соди, Топлофикация Русе и Топлофикация Перник са разположени в обещаващи геотермални зони, както е обсъдено в предходните раздели. Следователно, те биха могли да представляват интересен пример за приоритетизиране на преминаването към геотермална топлинна енергия. Повечето от съоръженията използващи въглища вече са въвели до известна степен алтернативно гориво (биомаса).

Графика 27: Използване на гориво (MWh/г.) от съоръжения за ЦО и КПТЕЕ



Източник: Анализ на авторите

Бележка: За Топлофикация София, течните горива представляват 0.012% от цялото използвано гориво в периода 2018-2022 г. и за това не се вижда на графиката.

Превод на текста на графиката: Average fuel consumption (MWh/y) by facility and fuel type - Среден разход на гориво (MWh/год.) по съоръжение и вид гориво; Coal - Въглища; Fuel oil – Мазут; Gas oil – Газьол; Lignite -Лигнитни въглища; RDF – Отпадащи; Solid biomass – Твърда биомаса; Solid biomass-other-Твърда биомаса-друга; Solid biomass-straw -Твърда биомаса-слама; Solid biomass-sunflower pellets; Твърда биомаса-слънчогледови пелети; Solid biomass-wooden chips-Твърда биомаса-дървени стърготини.

Изключването на въглищата също представя значителен потенциал за намаляване на емисиите на парникови газове, което намалението би могло да достигне до 3 милиона тона CO₂eq³⁴, ако конвенционални горива се заменят с възобновяеми източници на топлинна енергия и горива (биогаз, електрификация на базата на възобновяеми източници или геотермална енергия). Ако се приеме, че общият коефициент на преобразуване на топлинна енергията е 85% на национално равнище, намаляване на потреблението с 2% би довело до икономии на гориво, еквивалентни на 1 млн. MWh, или около 12% от средното годишно потребление на въглища и лигнитни въглища в периода 2018 - 2022 г. Освен това, въвеждането на геотермални технологии може да окаже положително въздействие върху качеството на въздуха, като намали замърсяването в градски райони.

5.3.3 Сектори земеделие и животновъдство

Секторите земеделие и животновъдство могат да бъдат добри кандидати за използване на геотермална енергия поради потреблението на топлинна енергия с ниски температури. Геотермалната енергия в райони с геотермални ресурси може да измести настоящите източници за отопление на помещения в свиневъдни и птицевъдни стопанства, да измести други източници за отопление в оранжерии и да разшири въвеждането на геотермални оранжерии с цел повишаване на производителността на селскостопанския сектор. Освен това неотдавнашната динамика в селскостопанския сектор в България - по-специално поради въздействията на климатичните промени

³⁴ Изчислено на базата на допускания, представени в Раздел 7.

- би могла да доведе до повишаване на привлекателността на алтернативни, екологични решения с цел подпомагане на конкурентоспособността на някои сегменти, по-специално на зеленчуковите култури. Продуктивното използване на топлинна енергия от геотермални ресурси зависи най-вече от температурата на флуида и неговите химични ограничения.

5.3.3.1 Българският контекст³⁵

През 2022 г. селскостопанският сектор (селско, горско и рибно стопанство) в България е съставлявал 3.9% от брутния вътрешен продукт (БВП). Основна част от формираната стойност на селскостопанската продукция идва от производството на растения, като най-известните сектори са зърнените култури и промишлените култури (маслодайни, протеин и тютюн). България е и износител на розово и лавандулово масло, мед, свинско месо и домашни птици.

Градинарското производство в България е все по-силно засегнато от измененията на климата. Щетите при реколтата от 2021 г. са причинени от неблагоприятни метеорологични явления, включително замръзване, бурен/непрекъснат дъжд с урагани ветрове, наводнения, градушка и суша. Размерът на откритата площ, засадена с пресни зеленчуци, ягоди, картофи и бобови растения, е 35 965 хектара, а площта на оранжерии, предназначена за зеленчуци (домати, краставици, салати и марули, чушки и краставици) е 1 107 хектара. Общото производство на зеленчуци - реколтата през 2021 г. възлиза на около 690 000 тона, като е с 5.9 процента повече от предходната година (увеличение с 4 процента в открити райони и с 17,2 процента в оранжерии).

Над 83 процента от произведеното в страната месо през 2021 г. е било от видове **птиче** месо. Броят на фермите, отглеждащи пилета за месо през 2021 г., е намалял значително в сравнение с предходната година (с 66,3 процента), докато броят на птиците се е увеличил с 3,1 процента. Особено рязко е намалял броят на малките стопанства (с 1 - 199 птици) - с 80.1% - а броят на птиците, отглеждани в тях (-81,8%). Като се има предвид значението на производството на пилешко месо за България, намирането на алтернативи за повишаване на неговата устойчивост ще бъде от съществено значение.

Общото производство на **свинско месо** през 2021 г. е 83 119 тона, което представлява 73 процента от общото производство на червено месо в страната - увеличение с 25.4 процента спрямо предходната година - в резултат на 27-процентно увеличение на производството на кланиците, докато това в животновъдните ферми е спаднало с 25,9 процента до 1 487 тона.

5.3.3.2 Възможности за директно използване на геотермална енергия във ферми

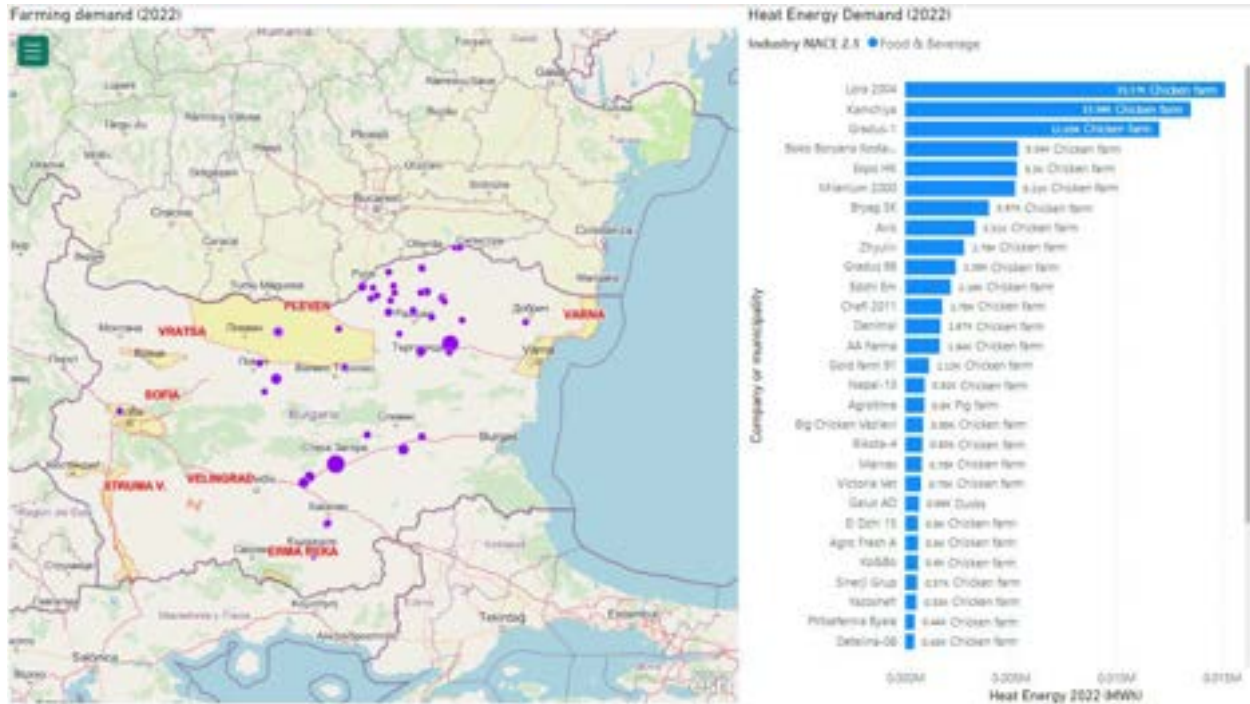
Потреблението на топлинна енергия в животновъдството изглежда добър вариант за използване на геотермални ресурси. Въпреки това, сегашното потребление на топлинна енергия в животновъдството изглежда е разположено предимно извън районите с добри перспективи за откриване на геотермални ресурси (Графика 28).

Една алтернатива за подобряване използването на геотермална енергия би била свързана с

³⁵ Източник: Годишен доклад за състоянието и развитието на селското стопанство, Министерство на земеделието, България, 2022 г., https://www.mzh.government.bg/media/filer_public/2023/01/26/ad_2022_en.pdf.

преместване на някои от тези стопанства в близост до геотермални ресурси и с подкрепа за извличане на геотермална топлинна енергия за задоволяване на потреблението от страна на стопанствата. Ако тази опция е икономически нежизнеспособна, тези стопанства могат да проучат използването на геотермални термопомпи, за да изместят сегашното използване на конвенционални отоплителни системи, които използват горива.

Графика 275: Животновъдство и геотермални райони



Източник: Анализ на авторите

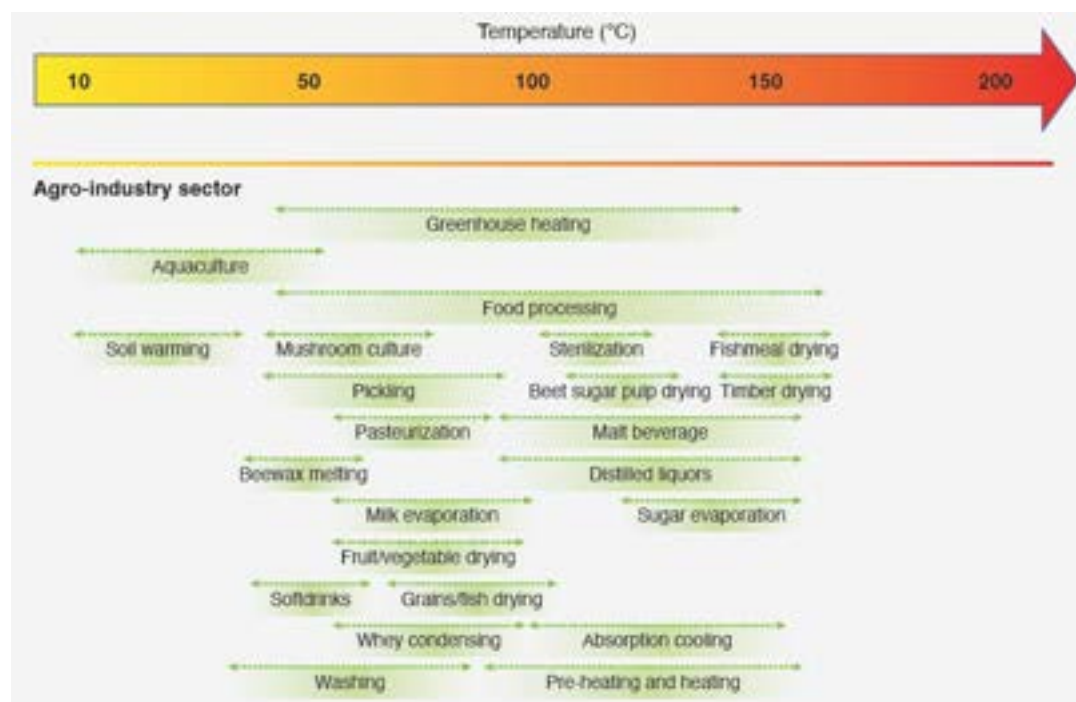
Превод на текста на графиката: Farming demand-Земеделие; Heat energy demand- Потребление на топлинна енергия

5.3.3.3 Възможности за по-нататъшно развитие на директното използване на геотермална енергия в селското стопанство.

Според анализа, потенциалът за използване на геотермална енергия в селското стопанство е разделен на три категории - градинарство, аквакултури и агропромишлени процеси (вж. Графика 29).

Графика 29. Основни възможности за директно използване на геотермална енергия в

агроиндустриалния сектор.



Източник: Програма за подпомагане на управлението на енергийния сектор (2022 г.), Директно използване на геотермални ресурси, Технически доклад 2021/2022 г.

Превод на текста на графиката: Temperature-Температура; Agro-industry sector- Агро-индустриален сектор; Greenhouse heating-Отопление на оранжерии; Aquaculture-Аквакултури; Food processing-Преработка на храни; Soil warming-Затопляне на почвата; Mushroom culture-Отглеждане на гъби; Sterilization-Стерилизация; Fishmeal drying-Сушене на рибно брашно; Pickling-Мариноване (производство на туршии); Beet sugar pulp drying -Сушене на захарна каша от цвекло; Timber drying-Сушене на дървен материал; Pasteurization-Пастеризация; Malt beverage-Малцови напитки; Beeswax melting-Топене на пчелен восък; Distilled liquors Дестилиран алкохол; Milk evaporation-Изпаряване на мляко; Sugar evaporation-Изпаряване на захар Fruit/Vegetable drying-Сушене на плодове/зеленчуци; Soft drinks-Безалкохолни напитки; Grains/fish drying-Сушене на зърна/риба; Whey condensing-Кондензиране на суроватка; Absorption cooling-Абсорбционно охлаждане; Washing-Измиване; Pre-heating and heating-Предварително затопляне и отопление.

Отоплението на оранжерии е едно от най-често срещаните директни приложения на геотермална енергия, докладвани в 31 страни по света³⁶. Оранжерийното отопление обикновено се използва за отглеждане на култури като зеленчуци и плодове, както и цветя, домашни растения и фиданки за разсад.

Геотермалните ресурси обикновено са съвместими с **градинарски** приложения, особено когато има голямо количество нискотемпературен геотермален флуид за отопление на оранжерии и за напояване. Така в градинарството геотермалната енергия не е само потенциален източник на топлинна енергия за отглеждане на култури (оранжерии или почва), но може да бъде и потенциален източник за напояване, в зависимост от химическия състав на геотермалния флуид.

Картата по-долу припокрива производството на зеленчуци с идентифицираните геотермални зони

³⁶ Директно използване на геотермални ресурси (ESMAP, 2022 г.)

(подробни карти за всяка геотермална зона могат да бъдат налични отделно).

Графика 76: Производство на зеленчуци в обещаващи геотермални райони.



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: Легенда: Crops Class- Култури; Vegetables-Зеленчуци; Bulgaria-България; Promising geothermal areas - Обещаващи геотермални зони.

Аквакултури, или аква фермерство е отглеждането на водни животни като риби, ракообразни и мекотели, както и водни растения (напр. водорасли). Една от целите на използването на геотермални ресурси за отглеждане на риби е да се повиши скоростта на растеж чрез създаване на стабилни и контролирани температурни условия на околната среда.

Агроиндустрия или преработката на храни играе важна роля за намаляване на загубите след прибиране на реколтата и за гарантиране, че произвежданата храна е безопасна за консумация. Както е представено, геотермалните ресурси могат да се използват в различни процеси, включително сушене, пастьоризация, стерилизация, изпаряване и дестилация. Голямо разнообразие от храни (напр. плодове и зеленчуци, риба, кафени и какаови зърна и чай) се изсушават чрез термичен процес на сушене, основно за целите на консервирането.

По отношение на оранжерии, както бе обсъдено по-рано, потреблението на топлинна енергия в България е значително - средно около 200 000 MWh годишно. Основното потребление на топлинна енергия от страна на оранжерии е в регионите Плевен, Враца и долината на река Струма - области с

геотермален ресурсен потенциал (Графика 25). Основните култури, произвеждани в оранжериите в България са домати и краставици.

През последните десетилетия, технологиите свързани с изграждането на модерни оранжери и земеделско производство е напреднала чувствително на база значителни промени в проектирането, материалите, земеделските техники и др. Следователно, потенциалният добив в „технологично интензивни“ оранжери се е увеличил драстично – напр. считаният за „добър“ добив на домати, се е увеличил от 100 тона/хектар до 600 тона/ хектар през последните години³⁷. В България съществуват значителни възможности за отглеждане на цветя в оранжери. Въпреки че „Розовата долина“ на България не е разположена в идентифицираните геотермални зони и макар че геотермалните термопомпи може да са подходящи, страната има богат опит в отглеждането на рози и се е превърнала в един от водещите износители на рози в света. Някои страни са разработили широко и успешно оранжери, отоплявани с геотермална енергия. През 2019 г., 9.4% от консумираната енергия в нидерландския оранжерийен сектор, е генерирана от възобновяеми източници и по-специално от геотермални източници - тенденция, която вероятно ще продължи да се развива (Каре

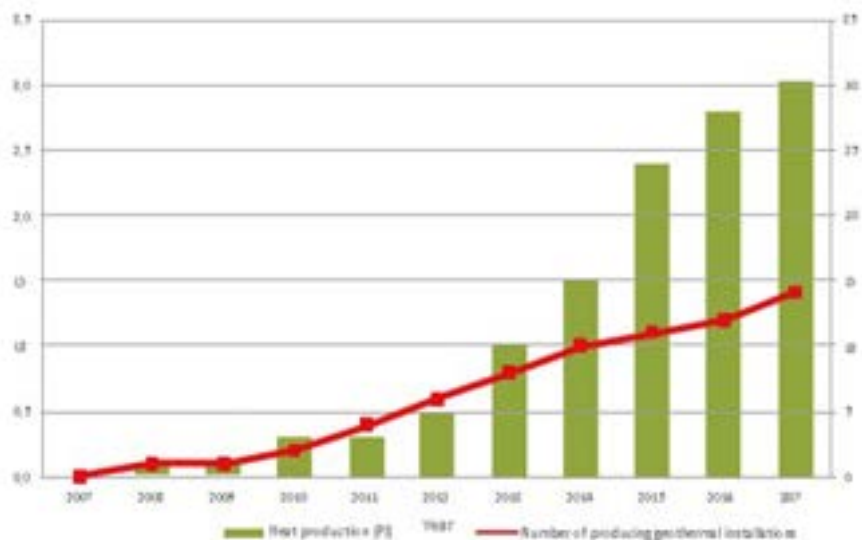
³⁷ Парис, Б и к-в, 2022 г. „Използване на енергия в оранжери в ЕС: преглед, препоръчващ мерки за енергийна ефективност и внедряване на възобновяеми енергийни източници“, *Applied Sciences* 12, no. 10: 5150. <https://doi.org/10.3390/app12105150>.

Карта 1 Нидерландия: Подкрепящи правителствени политики за оранжерии с геотермално отопление

Въздействието на националните политики върху разширяването на използването на геотермална енергия се наблюдава ясно в Нидерландия (IRENA 2019 г., 2020 г.; Министерство на икономическото развитие и климатичните политики 2020 г.; Рамсак 2020 г.). От 2007 г. насам растежът на проектите за геотермална топлинна енергия е забележителен, особено в селскостопанския сектор, където повечето от проектите са предназначени за отопление на търговски оранжерии. Комбинацията от политики и схеми за подпомагане, използвани в Нидерландия, включва:

- План за действие в областта на геотермалната енергия, целящ постигането на целта от 11 PJ геотермална топлина до 2020 г.;
- Публичен достъп, чрез геоложки бази данни онлайн като Basisregistratie Ondergrond и DINOloket, до подземни данни, които операторите в областта на добива на нефт и газ са задължени да предоставят в съответствие с разпоредбите на холандския закон за добив на нефт и газ;
- Гаранционна схема за геотермална енергия, покриваща геоложки рискове;
- Схема за подпомагане (наречена „Стимулиране на устойчивото производство на енергия и климатичен преход“), която предоставя оперативна субсидия за проекти за устойчиво производство на енергия, включително проекти за геотермална топлина;
- План за ускоряване на разработването на геотермални ресурси за градинарство

На Графиката по-долу е показан драматичният ръст на геотермалното развитие в отговор на тези политики.



Източник: Министерство на икономическото развитие и климатичните политики в Нидерландия, 2018 г.
Забележка: PJ = петаджоул

Превод на текста на графиката: Heat production (PJ)-Производство на топлинна енергия; Number of producing geothermal installations-Брой на произвеждащите геотермални съоръжения

1)

Карта 2: Турция: Финансиране на разрастването на геотермални оранжерии

Като се изключат термопомпите, Турция заема второто място в света по използване на геотермална топлинна енергия. Инсталираните приложения за директна употреба на топлинна енергия имат топлинна мощност от 5.1 гигавата (GWt), което е равно на 8.5% от теоретичния геотермален потенциал на страната от 60 GWt. Приблизително 25% от приложенията за директно използване са в отопляеми

оранжерии. През последните две десетилетия техният брой се е увеличил забележително, като общата им площ се е увеличила с 400 процента от 2002 г. насам. Има няколко двигателя на този растеж:

- Съществува силна корелация между оранжерии с контролирана температура и добиваната реколта.
- Отоплението в оранжерията е просто - директно приложение на геотермална енергия, изискващо само източник с ниска до средна температура.
- Геотермалната енергия е по-икономична от другите източници на топлинна енергия, а това значително намалява оперативните разходи на оранжерията.
- Турското правителство е въвело програми за привличане на частни инвестиции в развитието на геотермални оранжерии.

В насоките на турското Министерство на земеделието и горското стопанство във връзка с потенциални инвеститори в селскостопанската промишленост се препоръчва (и се насърчава) по-голямо внимание към геотермалните оранжерии. Междувременно банка Зиират и Земеделската кредитна кооперация предлагат нисколихвени инвестиционни кредити и кредити за оборотен капитал, които осигуряват по-голяма гъвкавост в сравнение с традиционното финансиране, включително гратисен период за главницата до две години. Инвеститорите могат също така да получат безвъзмездни средства както от Министерството на земеделието и горското стопанство, така и от национална програма за подкрепа на развитието на селските райони.

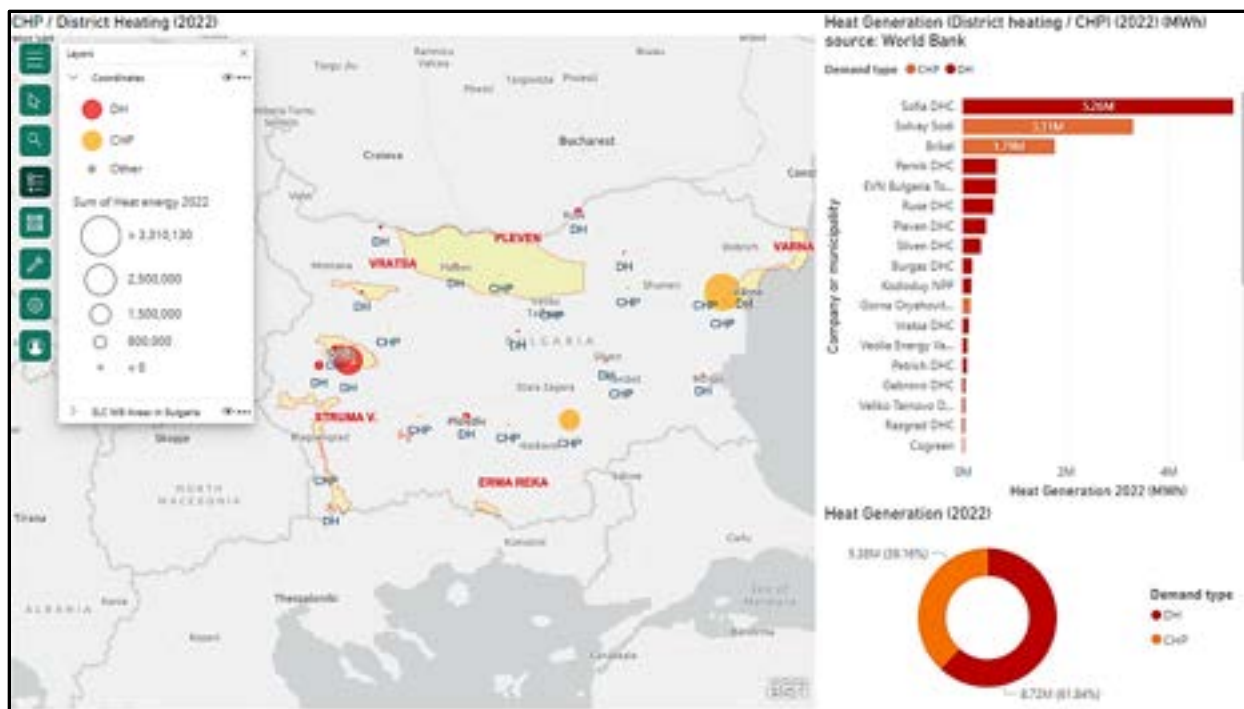
Източници: IRENA 2022a; ESMAP/Световна банка (2024 г.), *Геотермална енергия: Разбулване на социално-икономическите ползи.*

Макар анализът на потреблението на топлинна енергия да не е идентифицирал нуждата от топлинна енергия в отделните съоръжения за преработка на храни/животновъдни съоръжения, той е идентифицирал птицевъдството и свиневъдството като потенциални ползватели на топлинна енергия. В един от геотермалните райони, идентифициран в Плевен (Графика 28), има птицевъдни ферми.

5.4 Мащабно производство на топлинна енергия

В България има два основни типа големи инсталации за производство на топлинна енергия, а именно комбинирани инсталации за производство на топлинна и електрическа енергия (КПТЕЕ) и инсталации за централно отопление (ЦО). В настоящия доклад съоръженията за КПТЕЕ са тези, които предимно доставят енергия на индустриални обекти (включително оранжерии), докато съоръженията за производство на енергия за отопление се определят като такива, предназначени да доставят топлинна енергия на битови клиенти или „общини“. Въпреки че съоръженията за ЦО могат също да генерират електроенергия (и по този начин да функционират като системи за комбинирано производство на топлинна енергия), в настоящия доклад се акцентира специално върху способността на двата вида съоръжения да създават и доставят топлинна енергия на крайните потребители. На е показано Графика 31 представя географското местоположение на съоръженията за ЦО и КПТЕЕ в България заедно с идентифицираните геотермални райони (в жълт цвят).

Графика 77: Местоположение на съоръженията за ЦО и КПТЕЕ в България (2022 г.) спрямо обещаващите геотермални райони.



Източник: Анализ на авторите.

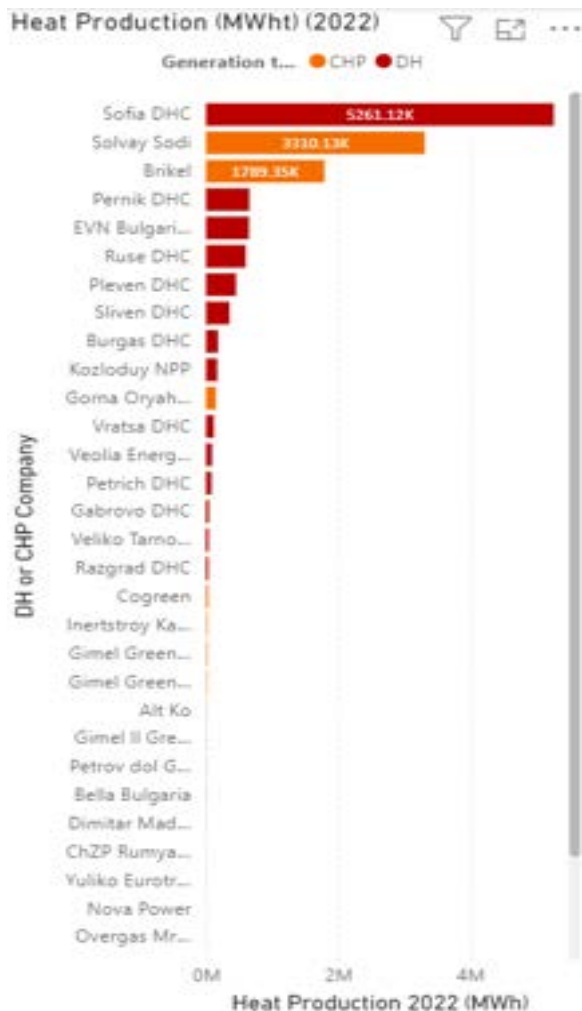
Превод на текста на графиката: CHP КПТЕЕ; District Heating- Централно отопление; DH-ЦО; CHP-КПТЕЕ; Other-Други; Sum of heat energy-общо топлинна енергия; Heat generation-производство на топлинна енергия; Company or municipality- Дружество или община.

Тъй като съоръженията за КПТЕЕ и ЦО трябва да докладват за своята дейност на годишна база, в настоящия доклад е обобщен пълен набор от данни, необходими за изготвяне на оценка на топлинната енергия, генерирана от съоръженията за КПТЕЕ и ЦО. Това бе направено на база доклади на Изпълнителната агенция по околна среда при Министерството на околната среда и водите (МОСВ), и данни от Комисията за енергийно и водно регулиране (КЕВР)³⁸. Наборът от данни представлява база данни, предоставяща информация за топлинната енергия, произведена/разпределена в големи оранжерийни съоръжения, в някои индустриални обекти и в системи за централно парно отопление³⁹. Когато вида на използваното гориво не е докладвано в публично достъпните данни, за целите на анализа са направени предположения за ефективността на централата на база използваната технология. В случая на двигатели с вътрешно горене сумарната обща ефективност се приема за 90% при съотношение съответно 30% към 60% - производство на електричество спрямо производство на топлинна енергия.

³⁸ Заявления за ценообразуване от оператори на ТЕЦ в периода 2018 - 2022 г.: <https://www.dker.bg/bg/toploenergetika/tseni-3.html>.

³⁹ Където информацията не беше налична (EVN България Топлофикация и Веолия Енерджи Варна), бяха използвани данни от заявки за ценообразуване на оператори на ТЕЦ за периода 2018–2022 г., : <https://eea.government.bg/bg/r-r/r-kpkz/godishni-dokladi-14/index>.

Графика 32: Генериране на топлинна енергия от съоръжения за ЦО и КПТЕЕ по оператори (MWht/г., 2022 г.).



Източник: Анализ на авторите

По принцип обследваните големи съоръжения за КПТЕЕ посрещат потреблението на близкоразположени индустриални съоръжения, с две изключения – Брикел и Петрич, където централите захранват паралелно както близкия индустриален парк, така и мрежата за ЦО (Таблица 21).

Понастоящем, някои съоръжения претърпяват оперативни промени, които не са включени в информацията, анализирана в този доклад - по-конкретно прекратяването на експлоатацията на Топлофикация Габрово през 2023 г. Моделът на използване на гориво на някои инсталации също се развива. Съоръжението за комбинирано производство на енергия, което доставя топлинна и електрическа енергия на завода Солвей Соди във Варна, наскоро обяви инвестиция, предназначена да замени 30% от използваните до момента въглища с гориво от отпадъци (RFD)⁴⁰, произведено от различни видове отпадъци като градски твърди отпадъци, индустриални отпадъци или търговски

⁴⁰ <https://www.solvay.com/en/news/solvay-sodi-plans-build-thermal-processing-plant-alternative-fuels>.

отпадъци.

Таблица 21: Съоръжения за КПТЕЕ: производство на топлинна енергия за индустриални нужди (2018–2022 г.).

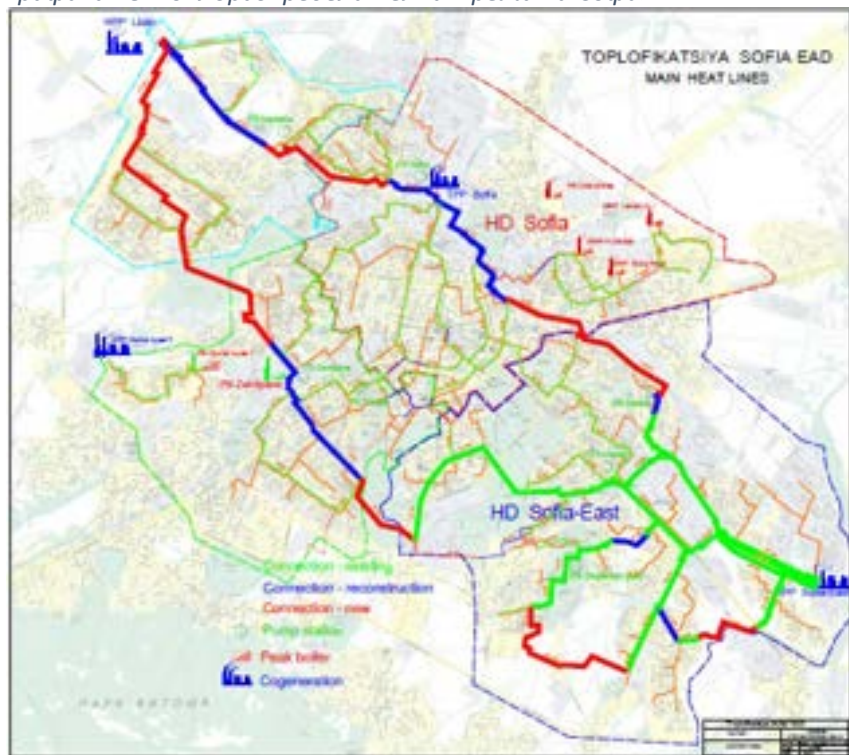
Съоръжение за КПТЕЕ	2022 г. (MWh _t)	2021 г. (MWh _t)	2020 г. (MWh _t)	2019 г. (MWh _t)	2018 г. (MWh _t)	Средно производство на топлинна енергия (MWh _t /г.)
Бела България	7,384	6,372	7,384	7,384	8,396	7,384
Декотекс	1,639	5,166	4,691	0	8,651	4,029
Димитър Маджаров – 2	4,996	6,009	6,221	6,218	6,632	6,015
ТЕЦ Горна Оряховица	148,430	70,599	65,806	155,822	98,986	107,928
МБСЛ Търговище	208	371	509	567	565	444
Овърдрайв	398	568	1,426	842	1,051	857
Солвей Соди	3,310,130	3,392,297	2,787,612	3,220,797	3,503,306	3,242,828
Зебра*	0	156	715	435	435	348

Източник: Анализ на авторите

* За оценката на потреблението на гориво на съоръжението за комбинирана енергия на Зебра авторите са приели топлинна ефективност от 60%, тъй като тя се основава на технология на база двигатели с вътрешно горене (ДВГ).

И в заключение, в доклада не се взема предвид ЦО в град Козлодуй, тъй като то получава топлинна енергия от местната ядрена електроцентрала (единственият български град, който използва ядрено гориво като източник на топлинна енергия). Средната годишна доставка на топлинна енергия за битово потребление в Козлодуй е около 42 GWh (39 - 45 GWh), а средната годишна доставка на топлинна енергия за небитово потребление е около 39 GWh.

Графика 78. Топлоагрегаторна мрежа на София



Източник: План на Топлофикация София

Превод на текста на графиката: Connection existing-Съществуваща връзка; Connection reconstruction- Рецонструкция на връзка; Connection new- Нова връзка; Pump station-Помпна станция; Peak boiler-Пиков котел; Cogeneration-Когенерация

По-конкретно трябва да се спомене системата за ЦО в град София, която се управлява от Топлофикация София и покрива в големи части от община София (Графика 32, Графика 33), която в миналото е разглеждала потенциални алтернативи за декарбонизиране на производството на топлинна енергия (напр. геотермална енергия). Тя е най-голямата компания за производство на енергия за отопление в България със средно потребление на гориво от 6 468 535 MWh годишно - около една трета от националното потребление на природен газ при средно производство на топлинна енергия 4 674 202 MWh годишно.

5.5 Анализ на комбинираното потребление и производство на топлинна енергия

Този раздел обобщава резултатите от извършен в предишни раздели анализ на потреблението на топлинна енергия и мащабното производство на топлинна енергия в България, както и потенциалните възможности за директно използване на геотермална топлинна енергия. За целта, настоящият раздел се основава на констатациите от предходните раздели и представя географското припокриване на информацията относно потреблението на топлинна енергия и мащабното производство на топлинна енергия в България, като интегрира и съществуващата информация за наличните геотермални ресурси, с цел да картографира потенциалните възможности за развитие на геотермалната енергия.

Графика 33 показва основното потребление на топлинна енергия в битовия и индустриалния сектори

потребители на топлинна енергия (Таблица 22) е над 45% от общото потребление на топлинна енергия през 2022 г. Природният газ е най-често използваното гориво за производство на топлинна енергия в България, спрямо други изкопаеми горива (въглища или лигнитни въглища), които следва да се изключат постепенно.

Таблица 22: Най-големи потребители на топлинна енергия в България

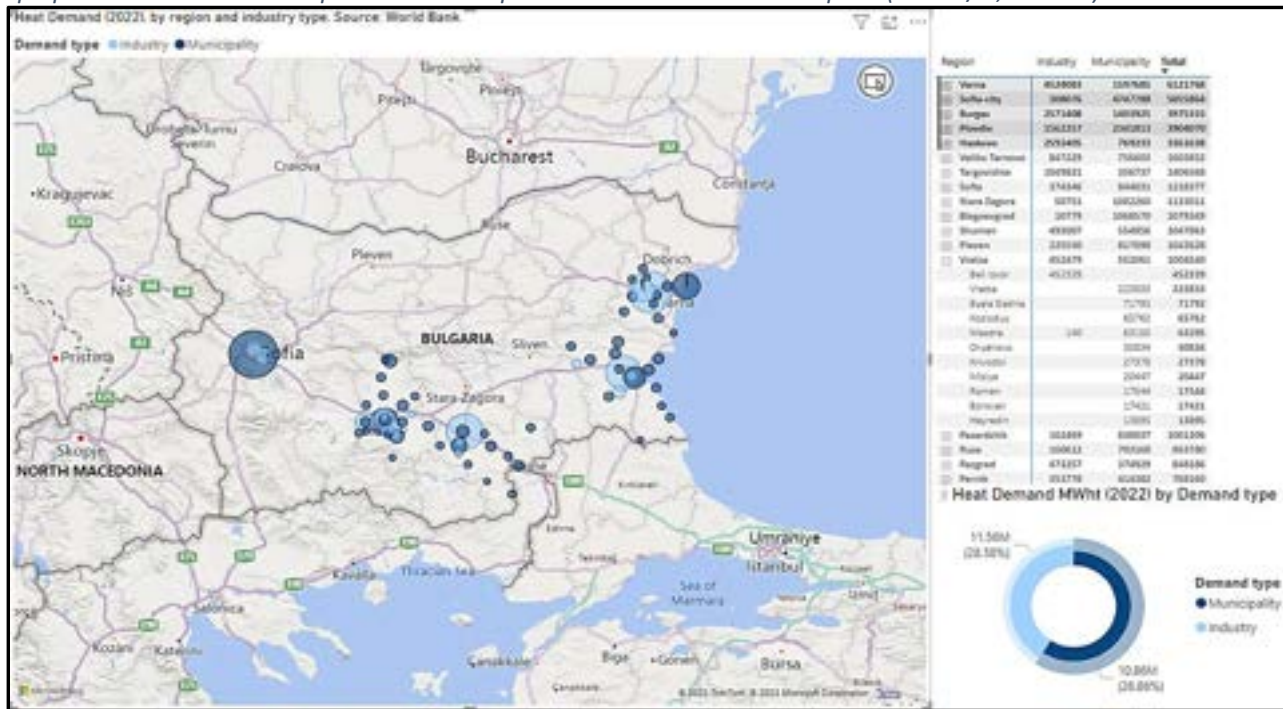
Най-големи потребители на топлинна енергия в България	Средно потребление на топлинна енергия 2018-2022 г. (MWh/г.)
Община София	4,860,092
Солвей Соди	3,187,078
Неохим	2,994,758
Лукойл	2,346,813
Община Пловдив	1,262,052
Община Варна	1,256,109
КЦМ	1,070,423
Община Бургас	758,169
Девня Цимент	749,630
Тракия Глас	632,042

Източник: Анализ на авторите

Комбинирайки потреблението на топлинна енергия за битови и индустриални нужди, районите София, Варна, Бургас, Пловдив и Хасково съставляват около 26% от общото потребление на топлинна енергия за битови нужди и 28% от общото потребление на топлинна енергия за индустриални нужди, представлявайки петте зони с по-голямо потребление на топлинна енергия в България (Графика 34). Интересно е да се отбележи, че при добавянето на потреблението от индустрията, Хасково се откроява сред основните области на потребление на топлинна енергия, заедно с Варна, София, Бургас и Пловдив, които се открояват при потреблението на топлинна енергия за битови нужди. По принцип, тези райони представляват най-интересните региони за изпълнение на широкомащабни инициативи за декарбонизация в трудно декарбонизуеми сектори чрез заместване на замърсяващите топлинни източници.

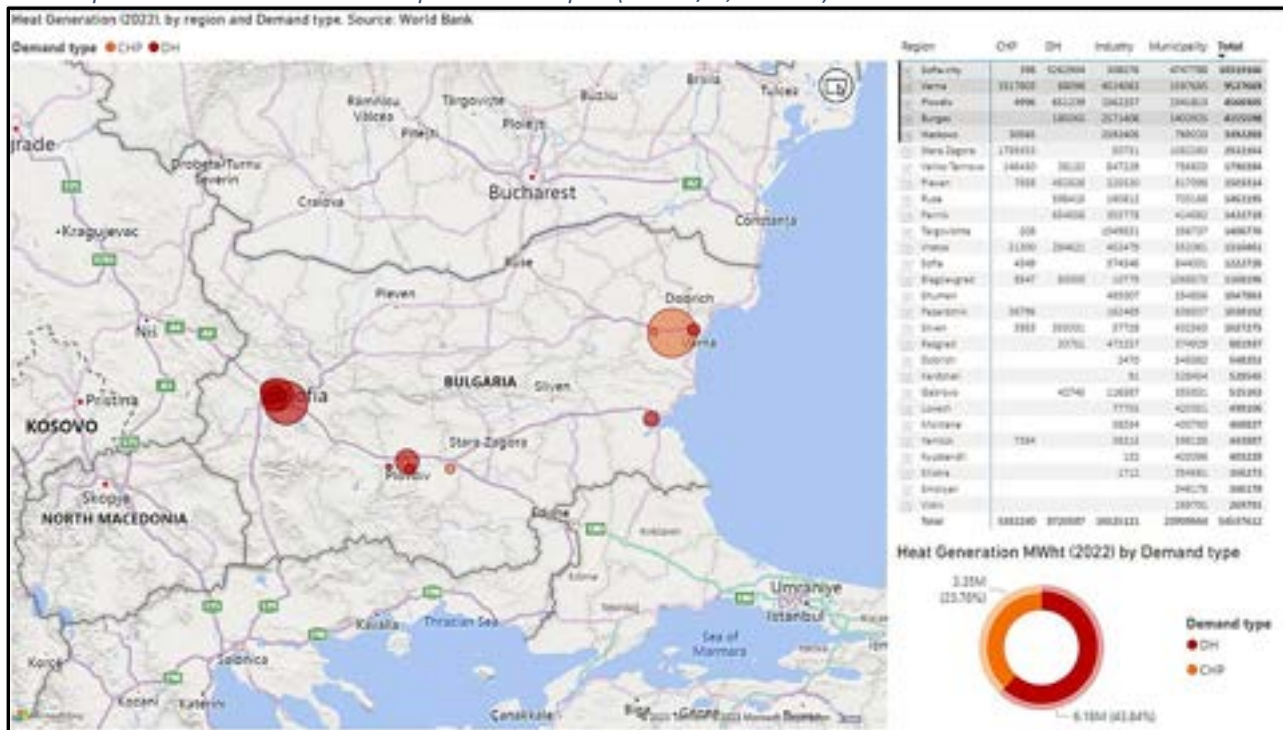
По отношение на производството на топлинна енергия, в България исторически са били инсталирани съоръжения за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия (КПТЕЕ), предназначени да снабдяват конкретни промишлени процеси в определени индустриални съоръжения. Съществуват обаче случаи, в които системите за КПТЕЕ са свързани с общини, които разчитат на тях, за доставка на топлинна енергия на битови клиенти чрез съоръжения за централно отопление (ЦО).

Графика 35: Основни пет района на потребление на топлинна енергия (MWht/г., 2022 г.).



Източник: Анализ на авторите

Графика 36: Производство на топлинна енергия от съоръжения за КПТЕ в петте основни района на потребление на топлинна енергия в България (MWht/г., 2022 г.)

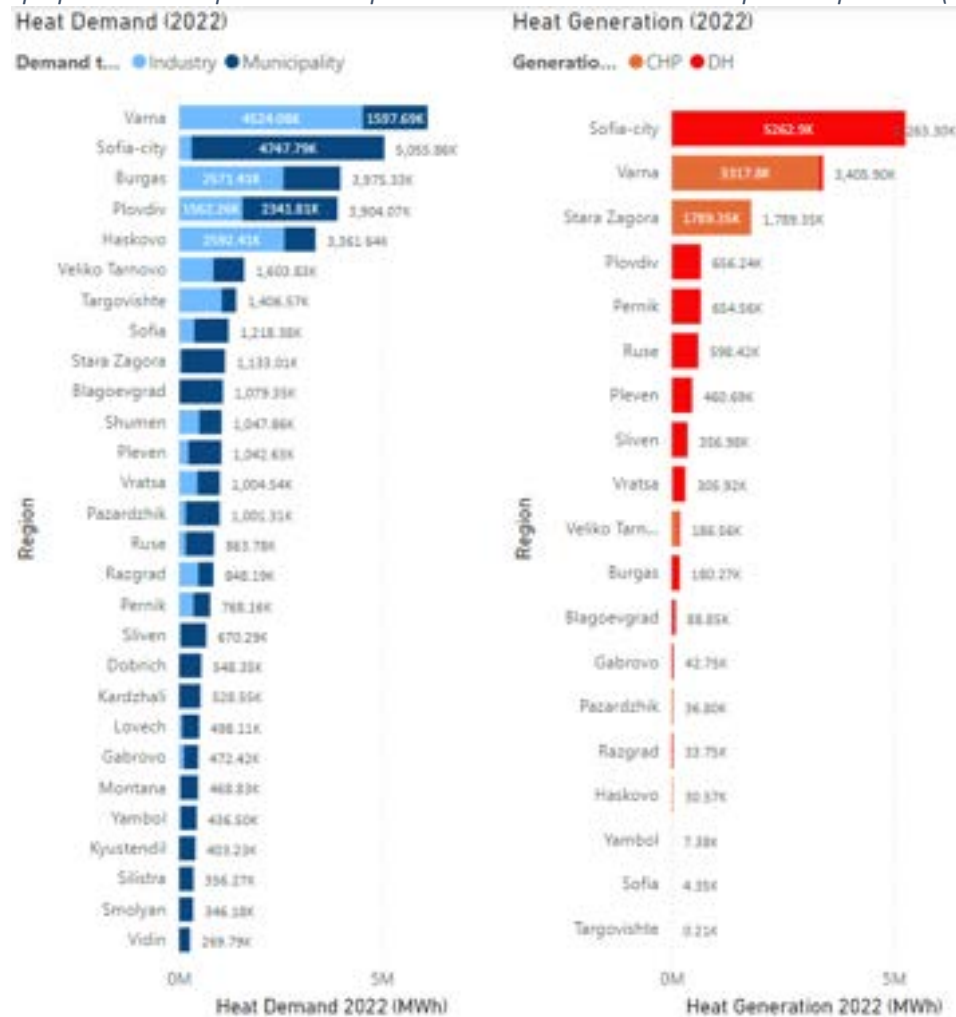


Източник: Анализ на авторите

Производството на топлинна енергия от ЦО и КПТЕЕ е силно концентрирано в България, като 15 от 45 докладвани централи съставят 99 процента от общото производство на топлинна енергия в страната през 2022 г. Системата за централно парно отопление в София⁴¹ е най-голямото съоръжение за генериране на топлинна енергия от този вид в страната, следвана от промишлените централи за КПТЕЕ на Солвей Соди и Брикел, като трите заедно съставляват 73% от генерираната през 2022 г. топлинна енергия в страната (вж. Графика 32).

Графика 36 представя съоръженията за КПТЕЕ/ЦО в петте основни района на потребление на топлинна енергия в страната (Варна, София, Бургас, Пловдив и Хасково).

Графика 37: Потребление и производство на топлинна енергия по региони (MWh/г., 2022 г.)



Източник: Анализ на авторите

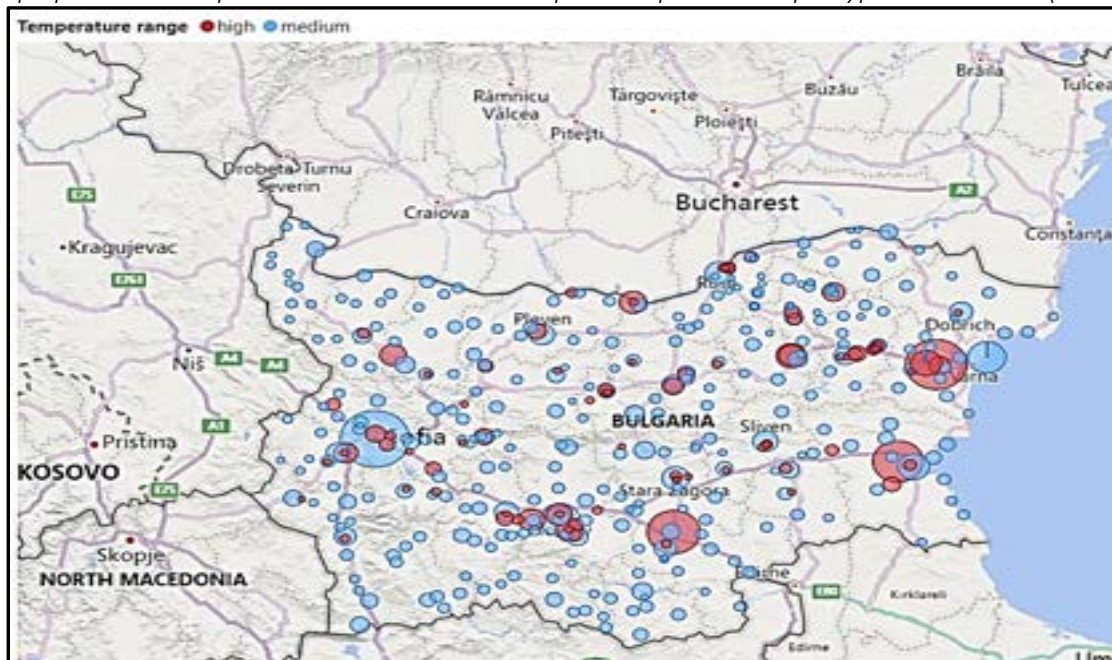
⁴¹ Теплофикация София е най-голямата компания за централно отопление в България с производство на топлина от 5,261 MWh. Топлоразпределителната мрежа е с дължина приблизително 1100 км. Град София е разделен на 4 отоплителни района, всеки от които има специален основен източник на топлина: София, София-Изток, Люлин и Земляне. София и София-Изток се снабдяват съответно от ТЕЦ София и ТЕЦ София-Изток. Другите два региона се снабдяват от отоплителни централи: съответно Отоплителна централа (ОЦ) „Люлин“ и Отоплителна централа (ОЦ) „Земляне“. Съществуват 7 допълнителни отоплителни централи за пиково натоварване (ПОЦ). Овергаз Мрежи също доставя топлина на Теплофикация София.

Графика 37 илюстрира съответното разпределение на потреблението на топлинна енергия между битовия и индустриалния сектор в сравнение с капацитета за производство на топлинна енергия на регионално ниво, предоставяйки количествена илюстрация на основното потребление и производството на топлинна енергия, като данните са сегментирани на база различните участници в страната. В град София, потреблението на топлинна енергия произтича преобладаващо (над 90 процента) от битовия сектор. По подобен начин в Пловдив битовото потребление съставлява 60 процента от общото потребление. За разлика от тях, в другите три основни региона (Хасково, Варна и Бургас) потреблението на топлинна енергия се доминира от индустриалните сектори (над 60%).

Друг важен фактор, който трябва да се вземе предвид при анализа на потреблението и предлагането на топлинна енергия, е температурата. От седемте идентифицирани геотермални приоритетни района, Плевен и някои от обектите в района на долината на река Струма са единствените, които могат да се считат за зони с висока температура - съответно 110°C и 98°C - съгласно определението в Закона за енергията от възобновяеми източници⁴², като се има предвид максималната температура, посочена в анализирания информация. Другите пет района (Варна, Враца, София, Велинград и Ерма Река) попадат в среднотемпературния диапазон.

По отношение на потреблението на топлинна енергия, Графика 38 прави опит за представяне на топлинното потребление, класифицирано според температурния диапазон. Специфичните индустриални процеси изискват висока температура, докато средната температура е търсена предимно за битовите нужди и централно парно отопление, фермерство, оранжерийното производство и някои приложения за индустриална трансформация. От технологична гледна точка геотермалните ресурси могат да допринесат за намаляване на зависимостта от изкопаемите горива, на емисиите на парникови газове и на оперативните разходи.

Графика 38: Потребление на топлинна енергия според температурния диапазон (2022 г.).



Източник: Анализ на авторите

⁴² „Нискотемпературна геотермална енергия“ = с температура по-ниска от 30°C; „Среднотемпературна геотермална енергия“ = с температура между 30°C и 90°C; „Високотемпературна геотермална енергия“ = с температура над 90°C.

Въпреки че Графика 37 предоставя обща представа за потенциалната съвместимост на потреблението на топлинна енергия и наличните геотермални ресурси, приложимостта на различните варианти се определя от температурните ограничения, финансовите параметри на съответните проекти и съществуващите механизми за подкрепа и стимулиране. Ограниченията по отношение на точността и актуалността на анализирана информация свързана с характеристиката на температурите на геотермалните ресурси ограничават възможността за изготвяне на разумно сегментиране на температурния профил, както по отношение на потреблението, така и по отношение на характеристиките на геотермалните ресурси. Поради това са необходими допълнителни оценки, които са специфични за конкретния обект, с цел да се прецени и вземе решение за най-адекватната технология за специфичните геотермални ресурси.

5.5.2 Фокус анализ на съвместимостта на основни геотермални райони и райони на потребление и производство на топлинна енергия.

Идентифицирани са три региона за потенциалното използване на геотермална енергия, а именно: (i) значително битово потребление; (ii) инфраструктура за производство на топлинна енергия (напр. съоръжение за централно парно отопление и различни промишлени съоръжения); (iii) съоръжения за производство на топлинна енергия, използващо въглища, което е в процес на преминаване към въглеродно-неутрално гориво или към преустановяване на експлоатацията в средносрочен план. Тези три региона са регионите на София, Варна и Русе, включително общините и техните предградия, както е определено по-горе в настоящия доклад.

5.5.2.1 Регион Русе

От представените тук три региона, Русе е най-малкият по отношение на общо потребление на топлинна енергия. Въпреки това, той представя едно разнообразие на топлинно потребление от страна на централи в битовия и промишления сектор, които имат различна големина (Графика 39). Интересна е географската концентрация на централите, особено в и около град Русе, както е видно от Графика 39. Общото потребление на топлинна енергия възлиза на 770 467 MWh_t на годишна база (референтна година 2022 г., Таблица 23). От производствена гледна точка на производството на топлинна енергия, регион Русе демонстрира общо производство от 598 415 MWh_t, за което основно допринася системата за ЦО на Русе.

От гледна точка на използваното гориво, системата за ЦО на Русе използва предимно въглища, което съставлява 3.45 процента на национално потребление през 2022 г. Компанията е използвала биомаса за 40% от своето общо потребление на гориво, възлизащо на 1.15 GWh през същата година.

Таблица 35: Потребление на топлинна енергия в регион Русе

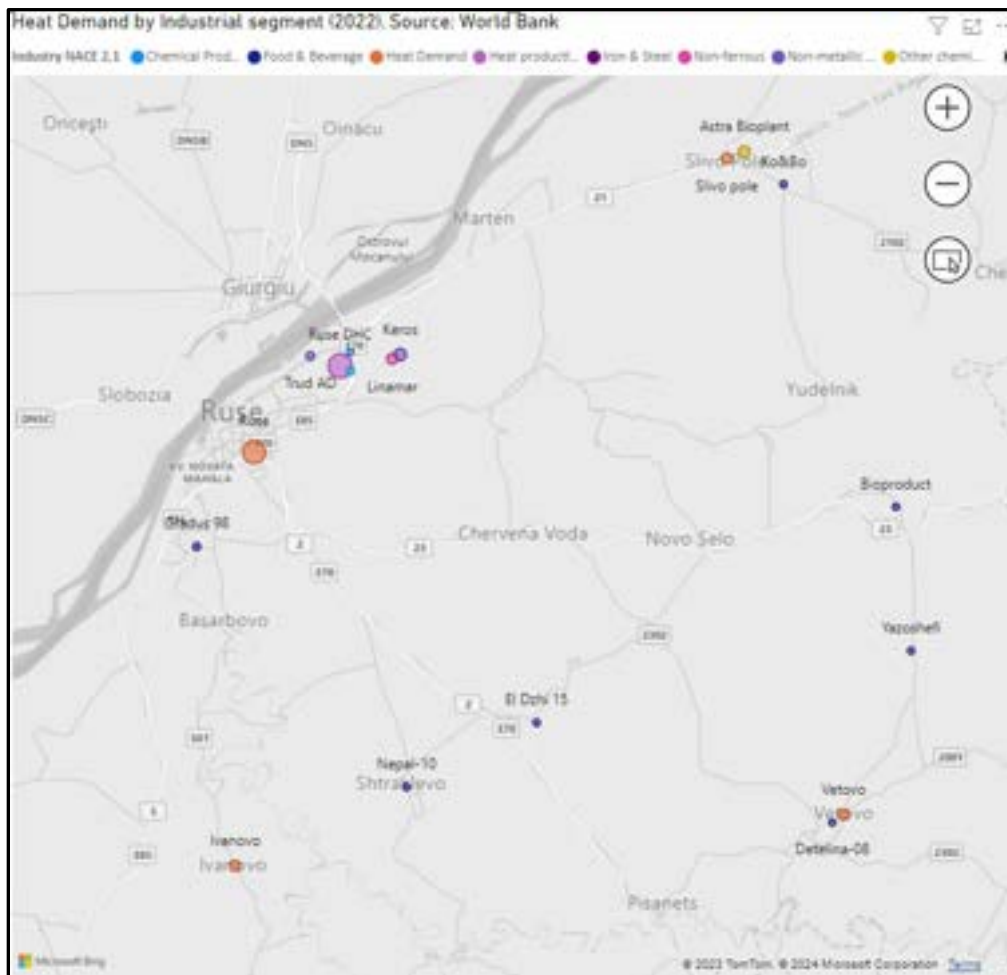
Потребление / Производство	Индустрия NACE 2.1 или община	Продуктова категория	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh _t)	Вид потребление
Потребление	Битово	Топлинна енергия	Русе	516,284	Община
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Керос	62,418	Индустрия
Потребление	Други химически продукти	Биогориво	Астра Биоплант	45,492	Индустрия
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Ветово	36,185	Община
Потребление	Цветни метали	Цветни метали	Линамар	34,518	Индустрия

Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Сливо поле	30,767	Община
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Иваново	27,059	Община
Потребление	Неметални минерални продукти	Керамика	Труд АД	7,223	Индустрия
Потребление	Рафинирани нефтопродукти	Нефтени продукти	Лубрика	4,311	Индустрия
Потребление	Храни & Напитки	Храни & Напитки	Градус 98	2,392	Индустрия
Потребление	Храни & Напитки	Храни & Напитки	Непал-10	915	Индустрия
Потребление	Храни & Напитки	Храни & Напитки	Ел Джи 15	604	Индустрия
Потребление	Храни & Напитки	Храни & Напитки	Ко&Бо	603	Индустрия
Потребление	Храни & Напитки	Храни & Напитки	Язошефи	532	Индустрия
Потребление	Храни & Напитки	Храни & Напитки	Детелина-08	427	Индустрия
Потребление	Храни & Напитки	Храни & Напитки	Биопродукт	373	Индустрия
Потребление	Химически продукти	Химикали	Русе Кемикълс	364	Индустрия
			Общо	770.467	
			потребление на топлинна енергия		

Източник: Анализ на авторите

Самата община Русе има най-голямо потребление на топлинна енергия (516 284 MWh), следвана от Ветово, Сливо Поле и Иваново. Индустрии като производството на керамика, представено от Керос и Труд АД, както и производството на химически продукти (Русе Кемикълс), допринасят значително за общото потребление на топлинна енергия. Други забележителни допринасящи са Линамар в сектора на цветните метали и Лубрика в категорията на рафинираните нефтени продукти. Освен това, сектор „храни и напитки“ има значителен принос, с комбинирано потребление на топлинна енергия в размер на 4.6 GWh.

Графика 80: Регион Русе – местоположение на потреблението и производството на топлинна енергия



Източник: Анализ на авторите

Таблица 24: Производство на топлинна енергия в регион Русе

Потребление / Производство	Индустрия NACE 2.1 или община	Продуктова категория	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh)	Вид потребление
Производство	Производство и разпределение на топлинна енергия	Топлинна енергия	ЦО на Русе	598,415	ЦО

Източник: Анализ на авторите

5.5.2.2 Регион София

От гледна точка на използване на гориво, Перник се отличава с използване на въглища за 67% от дейността си през 2022 г., на гориво от биомаса - за 27%, а на природен газ - за останалата част (4.4%).

През 2022 г. районът на София е показал значително потребление на топлинна енергия в различни отрасли и общини (вж. местоположение на Графика 40). Потреблението на топлинна енергия възлиза на 5 815 074 MWh (вж. Таблица 25). Отвъд жилищния сектор, който е доминиращият играч с повече

от 80 процента от потреблението, виждаме значителен принос от промишлени сектори като стомана и чугун, неметални минерални продукти, цветни метали и индустрията за храни и напитки. Стомана Индъстри, ключов играч в сектора на стомана и чугун, представлява значителна част от потреблението с 350,876 MWh. Други индустриални предприятия като BA Glass, Sofia Med и Kolhida Metals също допринасят значително за общото потребление на топлинна енергия.

Таблица 25: Потребление на топлинна енергия в регион София

Потребление / Производство	Индустрия NACE 2.1 или община	Продуктова категория	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh _t)	Вид потребление
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	София	4.747.788	Община
Потребление	Желязо & стомана	Чугун и стомана	Стомана Индъстри	350.876	Индустрия
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Перник	306.783	Община
Потребление	Неметални минерални продукти	Стъкло	Би Ей Глас	218.837	Индустрия
Потребление	Цветни метали	Цветни метали	София Мед	80.637	Индустрия
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Костинброд	65.109	Община
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Божурище	34.624	Община
Потребление	Цветни метали	Цветни метали	Стам Трейдинг	8.602	Индустрия
Потребление	Чугун & стомана	Чугун и стомана	Колхида Метал	1.798	Индустрия
Потребление	Храни & напитки	Храни и напитки	Джиев	20	Индустрия
Общо потребление				5.815.074	

Източник: Анализ на авторите

По отношение на общините, София и Перник са с най-голямо потребление на топлинна енергия, следвани от Костинброд и Божурище. От гледна точка на производство, регион София демонстрира значителен капацитет за производство и разпределение на топлинна енергия, основно чрез топлофикационните дружества в София и Перник, които общо са произвели 5 261 117 MWh топлинна енергия. Овергаз Мрежи и Овърдрайв също са допринесли за производството на топлинна енергия в региона чрез своите разпределителни мрежи и когенерационни централи (вж. Таблица 25).

Таблица 26: Производство на топлинна енергия – регион София.

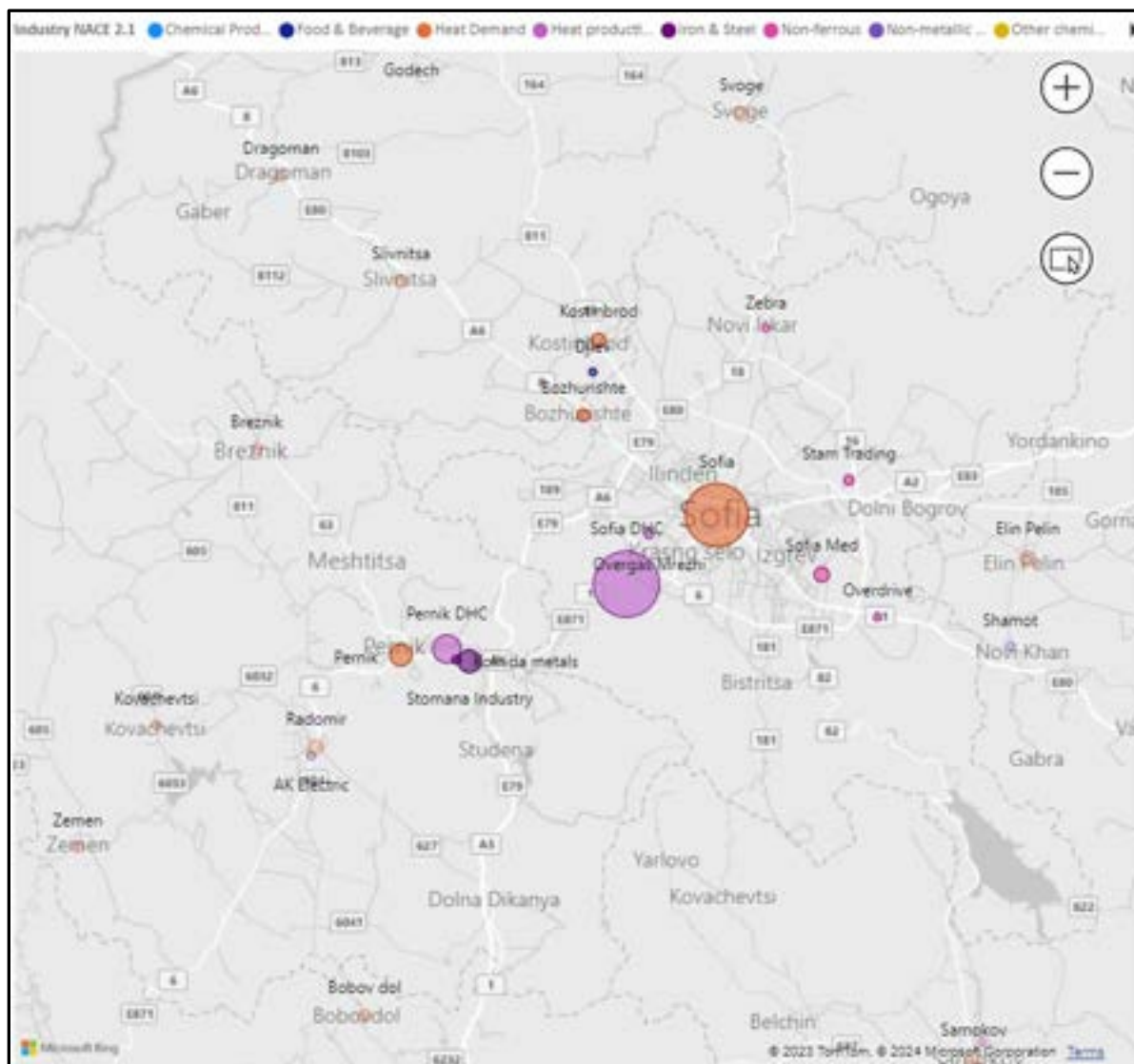
Потребление / Производство	Индустрия NACE 2.1 или община	Продуктова категория	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh _t)	Вид потребление
Производство	Производство и разпределение на топлинна енергия	Топлинна енергия	Топлофикация София	5.261.117	ЦО
Производство	Производство и разпределение на топлинна енергия	Топлинна енергия	Топлофикация Перник	654.558	ЦО
Производство	Производство и разпределение	Топлинна	Овергаз Мрежи	1.787	ЦО

	на топлинна енергия	енергия		
Производство	Производство и разпределение на топлинна енергия	Топлинна енергия	Овърдрайв	398 КПТЕЕ
			Общо производство	5.917.860

Източник: Анализ на авторите

От гледна точка на използваното на гориво, Перник се отличава с използване на въглища за 67% от дейността си през 2022 г., на гориво от биомаса - за 27%, а на природен газ - за останалата част (4.4%).

Графика 40: Регион София – местоположение на потреблението и производството на топлинна енергия



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: Chemical production-Химическо производство; Food and beverage-Храни и напитки; Heat demand-Потребление на топлоенергия; Heat production-Производство на топлинна енергия; Iron and steel-Чугун; Non-ferrous-Цветни метали; Non-metallic- Неметални; Other chemical-Други химически

5.5.2.3 Регион Варна

През 2022 г. регион Варна има потребление на топлинна енергия в различни отрасли и общини, възлизащо на 6 005 241 MWht (Таблица 27). Промислени предприятия като Солвей Соди в сектора на химическите продукти е със значително потребление на топлинна енергия (3.575.584 MWht) и Девня Цимент в сектора на неметалните минерални продукти (678.472 MWht) са начело на потреблението на топлинна енергия в този регион (вж. местоположение на Графика 41). По отношение на общините, най-голямо потребление на топлинна енергия има град Варна (1.186.267 MWht), следван от Аксаково, Балчик и Каварна. Други общини като Белослав, Аврен, Девня и Суворово допринасят за общото потребление на топлинна енергия в региона. Освен това секторът „чугун и стомана“, представен от Метал, формира малка част от потреблението (530 MWht).

Таблица 27: Потребление на топлинна енергия в регион Варна

Потребление / Производство	Индустрия (NACE 2.1)	Продуктова категория	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWht)	Вид потребление
Потребление	Химически продукти	Химикали	Солвей Соди	3,575,584	Индустрия
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Варна	1,186,267	Община
Потребление	Неметални минерални продукти	Цимент	Девня Цимент	678,472	Индустрия
Потребление	Chemical Products	Химикали	Агрополихим	269,472	Индустрия
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Аксаково	71,480	Община
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Балчик	58,998	Община
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Каварна	48,233	Община
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Белослав	35,644	Община
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Аврен	30,485	Община
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Девня	26,514	Община
Потребление	Потребление на топлинна енергия	Топлинна енергия	Суворов	23,562	Община
Потребление	Чугун & стомана	Чугун & стомана	Метал	530	Индустрия
Общо				6,005,241	

Източник: Анализ на авторите

От производствена гледна точка, регионът показва общ капацитет за производство на топлинна енергия от 3 398 228 MWht, основно осигуряван от централата за КПТЕЕ на Солвей Соди, която произвежда 3 310 130 MWht. Веолия Енерджи Варна също допринася за производството и разпределението на топлинна енергия с 88 098 MWht чрез своята мрежа за централно отопление (Таблица 28).

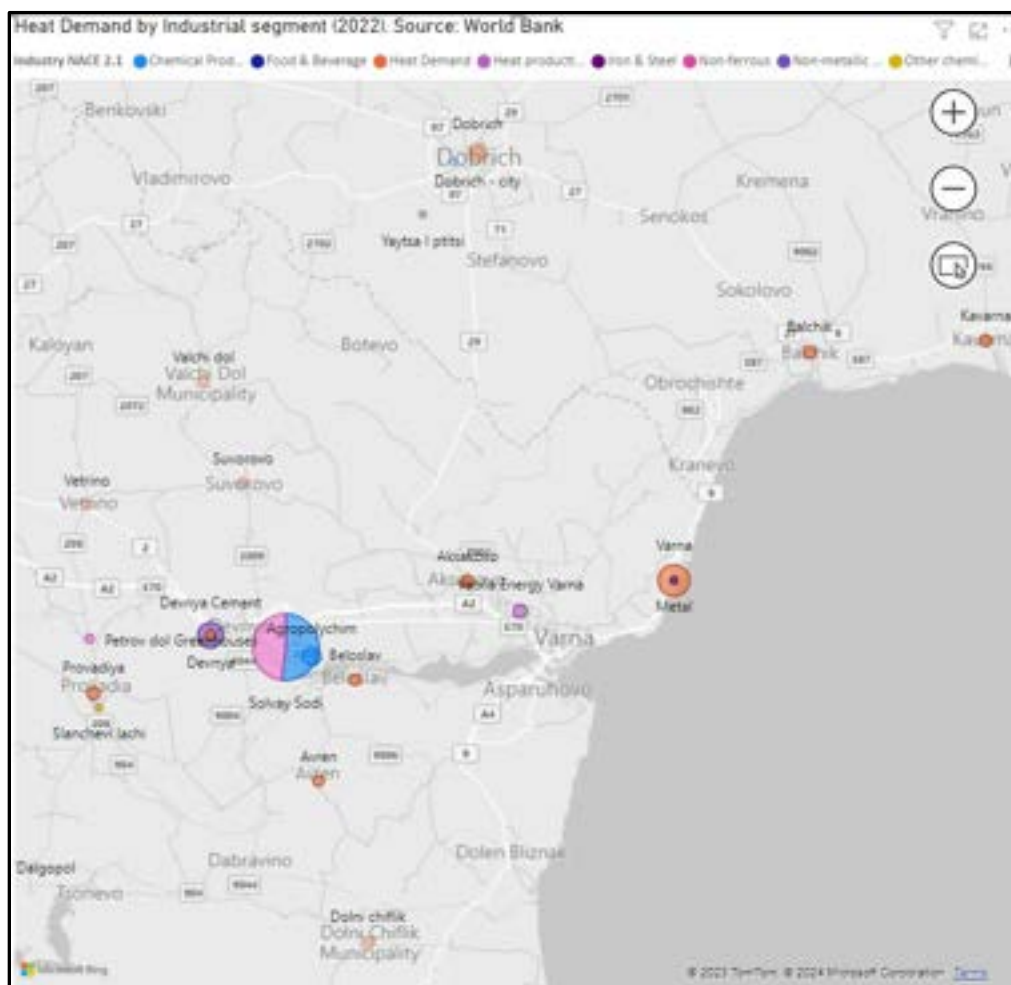
Както бе обсъдено в предходния раздел, съоръжението за КПТЕЕ на Солвей Соди разчита на въглища, но има текущ проект за заместване на въглищата с горива, получени от отпадъци (RDF) - до 30% от общите нужди от гориво.

Таблица 28: Производство на топлинна енергия в регион Варна

Потребление / Производство	Индустрия NACE 2.1 или община	Продуктова категория	Фирма или община	Топлинна енергия 2022 г. (MWh)	Вид потребление
Производство	Производство и разпределение на електрическа & топлинна енергия	Топлинна енергия	Солвей Соди	3,310,130	КПТЕЕ
Производство	Производство и разпределение на топлинна енергия	Топлинна енергия	ВеолияЕнерджи Варна	88,098	ОЦ
Общо				3,398,228	

Източник: Анализ на авторите

Графика 41: Регион Варна – местоположение на потреблението и производството на топлинна енергия.



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: Chemical production-Химическо производство; Food and beverage-Храни и напитки; Heat demand-Потребление на топлинна енергия; Heat production-Производство на топлинна енергия; Iron and steel-Чугун и стомана Non-ferrous-Цветни метали; Non-metallic- Неметални; Other chemical-Други химически

5.6 Фокусиран анализ на възможностите в идентифицираните приоритетни геотермални райони

Настоящият раздел има за цел да анализира всеки от седемте идентифицирани геотермални приоритетни района и съответния техен потенциал за геотермално използване по отношение на близко разположени индустрии или общини във връзка с потребление и предлагане на топлинна енергия за индустрии или общини, намиращи се в тяхна близост. Потреблението ще бъде сегментирано според основния вид на крайните потребители, а именно общини или индустрии. Също така ще бъде обърнато внимание на наличието на съоръжения за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия, тъй като геотермалната енергия може да подпомогне тяхната експлоатация по различни начини, намалявайки тяхната нужда от изкопаеми горива за генериране на топлинна енергия, при условие че това би представлявало икономически жизнеспособно решение.

Анализът се основава на сегментирането на потреблението и предлагането от предходната част, за да се свърже съществуващото потребление с потенциалното предлагане на геотермална енергия в избраните райони, сравнявайки съответния порядък на мащаба и идентифицирайки потенциалните синергии, за да се обоснове инвестиция, насочена към потвърждаване и количествено остойностяване на наличието на геотермалния ресурс. От седемте приоритетни района, за два района (София и Варна) до момента са показани интересни профили в предишния раздел. Тъй като Русе не се намира непосредствено в един от седемте идентифицирани геотермални района, същият няма да бъде разглеждан в настоящия раздел, но си струва да се отбележи, че се намира в близост до района на Плевен.

5.6.1 Плевен

Разположен в Северна България, недалеч от границата с Румъния, геотермалният район Плевен покрива приблизително 13 700 km² (Графика 42), със защитени зони, възлизащи на около 8.5 процента от повърхността (Графика 67). Площта, която представлява основен интерес включва западните части на региони Плевен и Велико Търново.

Графика 42: Геотермален район Плевен: Потребление и производство на топлинна енергия (MWh_t /г., 2022 г.)



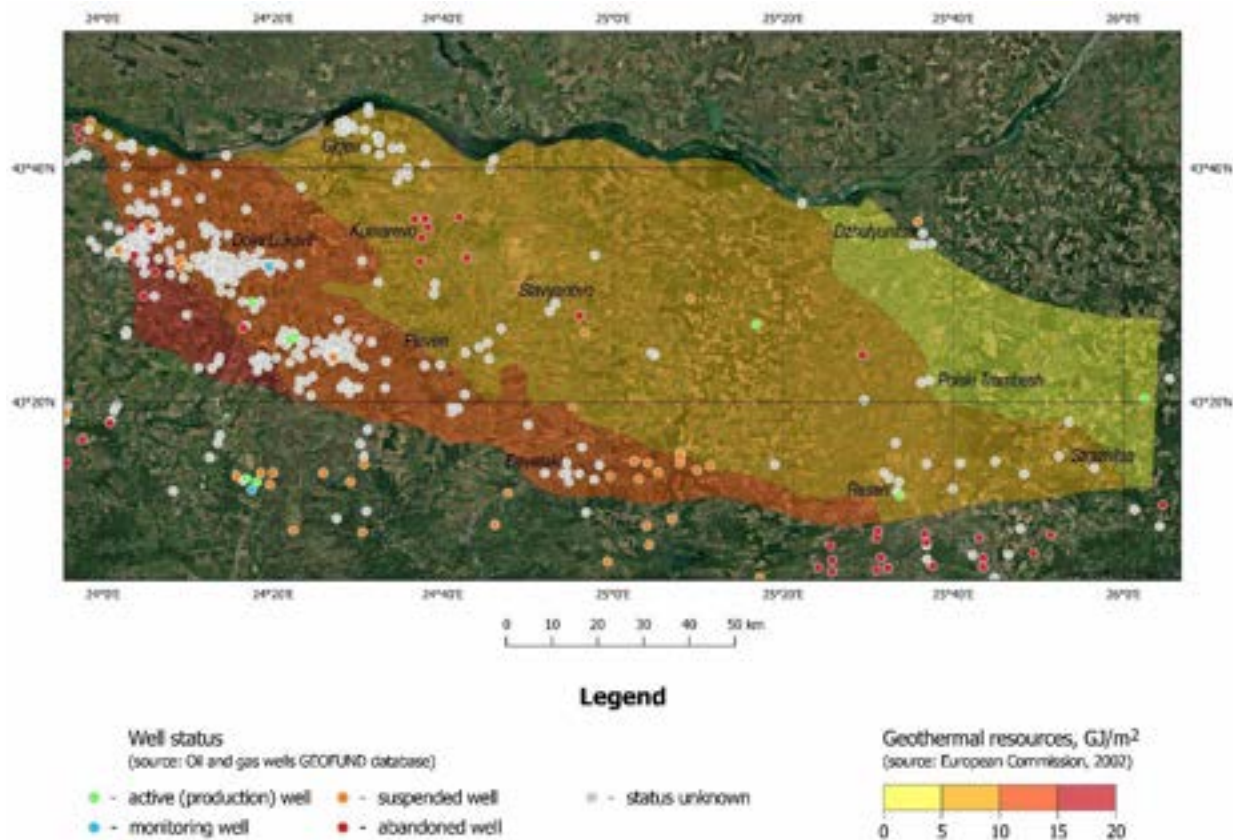
Източник: Анализ на авторите

Температурният диапазон на наличния геотермален ресурс в Малмваланжския водоносен хоризонт варира между 30°C и 110°C. Капацитетът на геотермалния ресурс се оценява на около 622 MW_t или 2 180 GWh_t, на база допускане на коефициент на използване на мощността равен на 41 процента.⁴³

Фигура 43 показва разпределението на извличаната геотермална енергия на квадратен метър повърхност (GJ/m²) в цялата област, като илюстрира прогресивно нарастване на този параметър от североизток към югозапад. Малмваланжският водоносен хоризонт е по-дълбок и по-горещ в югозападната част на района и е добре документиран благодарение на множеството сондажи. Комбинацията от по-висока температура на ресурса (около 70°C-90°C) и изобилна информация от съществуващи кладенци улеснява проектирането на добива и проектите за използване на геотермалните ресурси, което прави югозападната част на района на Плевен и по-малко рисковата зона за геотермално развитие. От друга страна, геотермалният водоносен хоризонт в този район е по-дълбок, отколкото в други части на Плевенско (1600-2400 m).

Графика 43: Карта на геотермалния район на Плевен с контуриране на извлекаемата термална енергия и местоположение на кладенците.

⁴³ Съотношението на произведената топлинна енергия за определен период от време.



Източник: Европейска комисия, 2002 г.; Дигитална база данни на Националния геоложки фонд

Превод на текста на графиката: Well status (source oil and gas GEOFUND database)-Състояние на кладенеца (източник на нефт и газ GEOFUND база данни); active production well-активен производствен кладенец; suspended well - спрян кладенец; status unknown статус неизвестен; monitoring well – кладенец за мониторинг; abandoned well-изоставен кладенец; Geothermal resources GJ/m²-Геотермални ресурси GJ/m²

Потреблението на топлинна енергия в геотермалния район на Плевен се оценява на 2 600 GWh годишно, предимно за битови нужди. Общинското потребление е общо 1 600 GWh годишно, което представлява 60 процента от сумарните нужди от топлинна енергия в района. В района има няколко индустриални предприятия, по-конкретно птицеферми и предприятия за производство на стъкло и хартия. Заводът за целулоза е един от най-значимите промишлени потребители, потребяващ 495 GWh топлинна енергия годишно (Свилоса), докато стъкларската фабрика потребява приблизително 191 GWh. Необходимата температура за стъкларската фабрика е около 1500°C и поради това тя е изключена от оценката на потреблението на геотермална топлинна енергия. Обратно, птицефермите и производството на хартия, които се нуждаят от топлинна енергия съответно в диапазона 20 - 24°C и 60 - 150°C, предлагат жизнеспособни възможности за използване на геотермална енергия с оглед пълно или частично подпомагане на декарбонизацията на тези индустриални процеси.

Топлофикационните мрежи в региона също така предоставят възможности за използване на геотермална енергия, както чрез заместване на изкопаеми горива в съществуващите системи, така и чрез разгръщане на нови отоплителни мрежи. За жилищни сгради с ефективни отоплителни системи и подходяща изолация са достатъчни температури от 50-60°C на входа на мрежата.

В района има три централи за КПТЕЕ/ЦО, които осигуряват около 646 GWht за битови клиенти. По

отношение на тези централи, бъдещи проучвания могат да оценят дали геотермалната енергия в комбинация със съоръжение за КПТЕЕ би могла да декарбонизира системите за ЦО и индустриалните предприятия. Това би могло да подпомогне постепенното преустановяване на КПТЕЕ (ако е планирано) и постепенно увеличаване на дела на геотермалната енергия. Често пъти, една комбинация от геотермални теплообменници, термопомпи и съоръжения за пиково натоварване представлява оптималното търговско решение за системи за ЦО, използващи геотермална енергия като базисно натоварване.

Геотермалният потенциал в района на Плевен надхвърля действителното потребление на топлинна енергия. Той се разпростира на голяма територия с няколко ясно открояващи се области на потребление (Графика 42) показва, че град Плевен има най-голямо потребление (411 GWh) в този район и следователно има най-голям потенциал за търговско използване на наличния геотермален ресурс. Искър, макар и малък (с по-малко от 6 MWt потребление на топлинна енергия), се намира в район западно от Плевен с множество кладенци с най-високите измерени температури на ресурса - следователно е подходящ кандидат за демонстрационна инсталация. Струва си да се отбележи, че в същия район (западно от Плевен) геотермално отопление е използвано преди това в Долни Дъбник и Долни Луковит в две малки централи, които са работили от 1987 до 1989 г., за отопление на административна сграда. Централите са били захранвани с вода, извлечена от кладенци в Малмваланжски я водоносен хоризонт на дълбочина 1700-2800 m и температура около 70°C (Траянова и к-в, 2020 г.).

Липсата на мащаб на определено място обаче представлява риск, който може да възпрепятства развитието на ресурса от икономическа гледна точка.

5.6.2 София

Разположен в централната част на Западна България и в долина между две планини, Софийският геотермален район обхваща град София и нейните покрайнини. Идентифицираният район на геотермални ресурси има приблизителна площ от 1800 km² с текущо открит/наличен ресурс от 48 MWt от съществуващи кладенци и горещи извори и с общ потенциал, който може да се окаже значително по-висок при сондиране на нови и по-дълбоки кладенци. Това е предимно градски район, който има само 1.2% защитени зони (Графика 44 и Графика 67). Тъй като температурата на термалните минерални води в района на София варира в диапазона 30°C–80°C на дълбочини по-малки от 1000 m, те могат да се използват за среднотемпературни директни приложения. Повисокотемпературните зони са разположени под територията на центъра на София, където температури до 50°C се проявяват на дълбочина 500 m, както и в югоизточните покрайнини на София, близо до селата Казичене и Равно поле, където температури от 70°C се проявяват на дълбочина 500 m. Необходим е геотермален ресурс с температура 70°C или по-висока за използване за целите на ЦО, така че вероятно ще са необходими кладенци с дълбочина над 500 m (например 1000 m) за захранване на геотермални системи за ЦО в този район.

Двата основни района за потребление на топлинна енергия са системите за ЦО в град София (1 498 MWt или 5 378 GWh) и близките общини, където са разположени индустриални предприятия (с около 374 GWh потребление): Аурубис България, Алмагест и Огняново. Заедно, градът и общините съставляват около 14% от общото потребление на топлинна енергия в страната, въпреки че само 1.7% от него е посветено на промишления сектор в този район, където една от основните индустрии е фабриката за стъкло на Би Ей Глас, разположена близо до София.

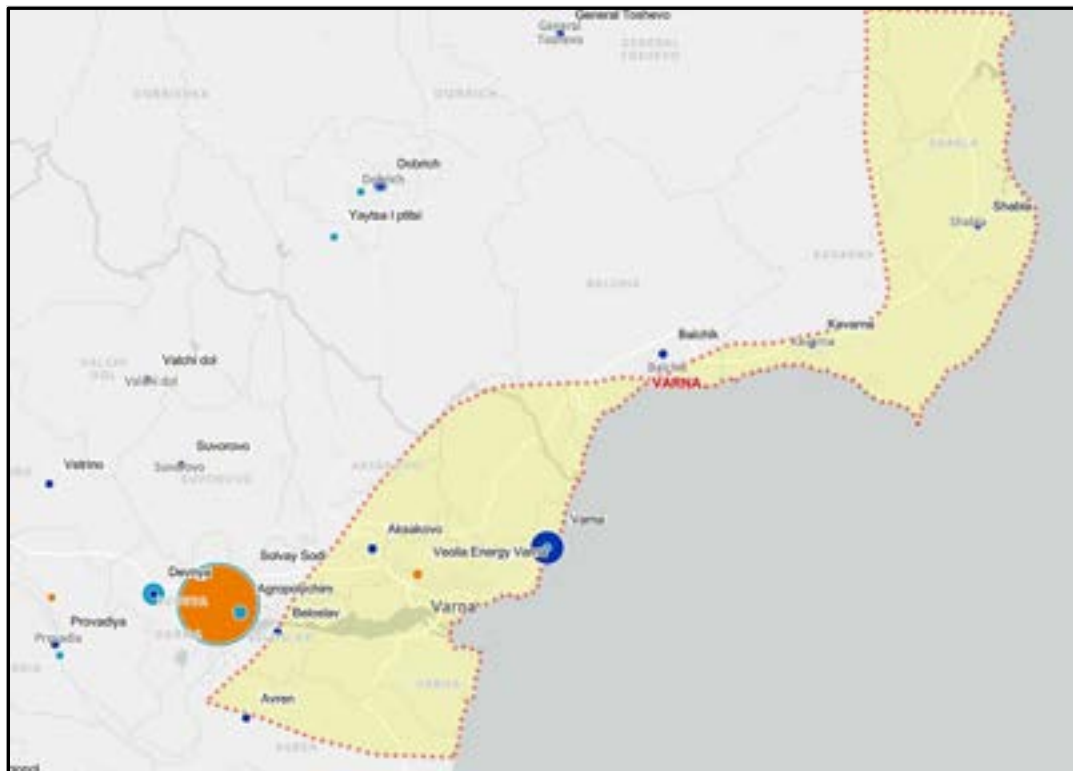
проекти.

Геотермалният ресурс се съдържа в Малмваланжски я водоносен хоризонт, който в този регион се характеризира с температури ненадвишаващи 70°C на 1200 - 1400 m дълбочина. Това се наблюдава в град Варна и неговите околности. Капацитетът на геотермалния ресурс се оценява на 217 MWt (вж. Таблица 4). Графика 46 показва разпределението на извлекаемата геотермална енергия на единица повърхност в целия район, при доста равномерно разпределение и относително ниски нива на този параметър в целия район, с изключение на югоизточната му част (района на град Варна и околностите), където извлекаемата топлинна енергия се оценява като по-висока (в диапазона 5-10 GJ/m²). От гледна точка на геотермалните ресурси, тази ситуация прави града Варна и околните зони най-перспективните в целия геотермален район.

Варна е важна индустриална зона, което е видно от наличието на три когенерационни централи, включително най-важната в страната, с годишно производство от над 3 милиона MWht (заводът на Солвей Соди, разположен в град Девня). Топлофикацията на община Варна разчита на когенерационна централа, управлявана от Веолия, която доставя около 90 GWht годишно.

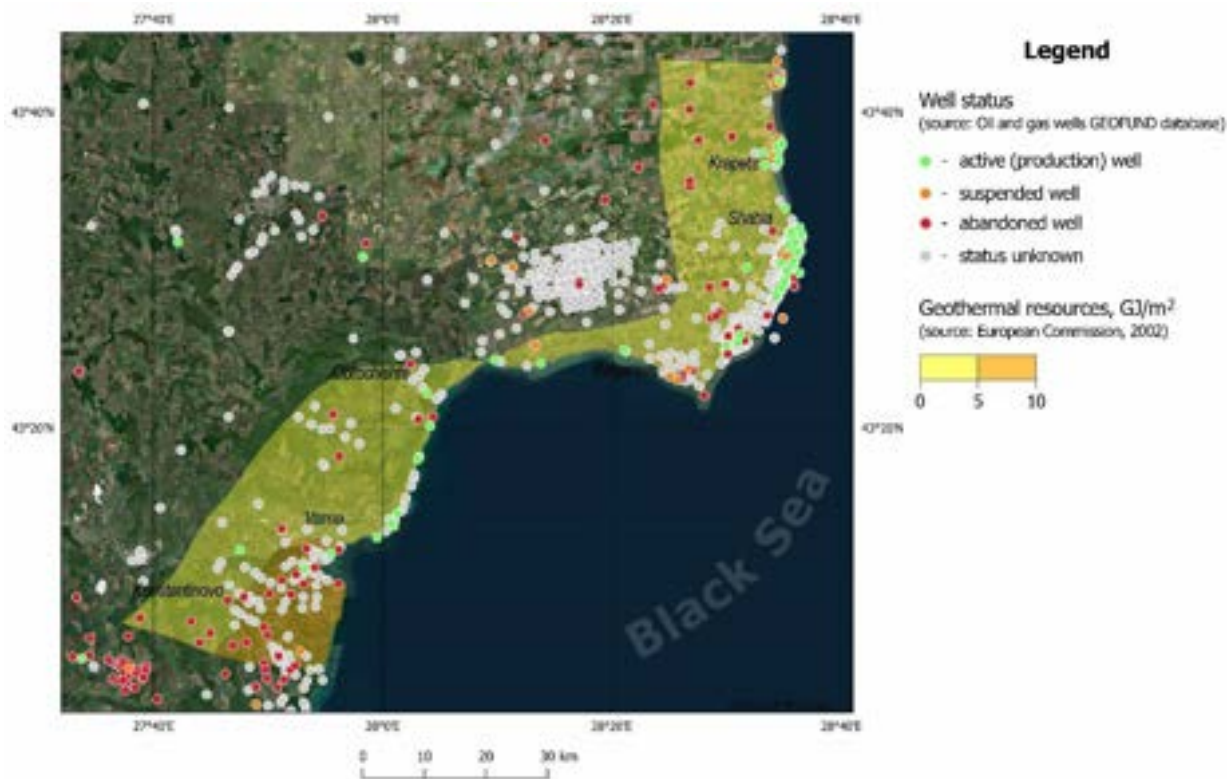
Зоната на геотермалните ресурси обхваща 11 общини с комбинирано потребление на енергия за отопление на жилища от 1600 GWht. Годишното потребление на завода на Солвей Соди, частично задоволено от собствено когенерационно съоръжение, е над 4,5 милиона MWht годишно.

Графика 45: Геотермален район Варна: Потребление на топлинна енергия (MWh/г., 2022 г.).



Източник: Анализ на авторите

Графика 46: Карта на геотермален район Варна с контуриране на извлекаемата термална енергия и местоположение на кладенците.



Източник: Европейска комисия, 2002 г. и Дигитална база данни на Националния геоложки фонд

Превод на текста на графиката: Well status (source oil and gas GEOFUND database)-Състояние на кладенеца (източник на нефт и газ GEOFUND база данни); active production well-активен производствен кладенец; suspended well - спрян кладенец; status unknown статус неизвестен; abandoned well-изоставен кладенец; Geothermal resources GJ/m²-Геотермални ресурси GJ/m²

Този район съчетава основни фактори, които го превръщат в обект на интерес. Близостта и мащабът на потреблението на топлинна енергия, както и наличието на индустрии с голям въглероден отпечатък на изкопаеми горива са потенциални стимули за разработване на нисковъглеродни технологии, които могат да намалят емисиите на парникови газове. С общо потребление на топлинна енергия от над 6 000 GWh_t, оценяваният наличен капацитет на геотермални ресурси може да задоволи до 30% от общото потребление на топлинна енергия.

Впрочем, по-голямата част от индустриите в района на Варна са в сектора на химическото производство и се намират извън известното разпростиране на Малмваланжски я геотермален водоносен хоризонт. Скромната температура на наличните геотермални ресурси (макс. 70°C) също ограничава потенциалното му използване, тъй като съществуващото индустриално потребление се основава предимно на много по-високи температури. Поради това, геотермалната енергия може да не е в състояние да осигури решения за декарбонизация за такива индустрии (обикновено разчитащи на по-високи температури на процесите), макар че оползотворяването на съществуващия ресурс би могло да стимулира развитието на други индустрии, които могат да се възползват от съществуващата температура на ресурса (т.е. оранжерии и други индустрии за храни и напитки, които разчитат на среднотемпературни ресурси).

Впрочем, прогнозната дълбочина на геотермалния ресурс (1200 - 1400 m) в най-горещите части на геотермалния водоносен хоризонт, го прави относително достъпен, а потенциални геотермални разработки - икономически жизнеспособни. В резултат на това ресурсът може да се използва за ЦО, а също за оранжерии, ферми (напр. за пилета, прасета, сушене на храни), аквакултури и балнеология. За да се започне оползотворяването на геотермалния ресурс, се препоръчва да се идентифицират нови индустрии, които разчитат на среднотемпературна топлинна енергия (напр. селско стопанство, аквакултури, балнеология) или ново градско развитие, където от самото начало може да се проектират помещения за използване на съществуващия геотермален ресурс (напр. чрез инсталиране на подово отопление и осигуряване на енергийна ефективност). По този начин може да се позволи на геотермалното отопление да се разраства поетапно и потенциално да се планират каскадни употреби на геотермалния ресурс (отначало подово отопление, след това разработване на употреби с по-ниски температури - т.е. аквакултури или други приложения). Друг вариант, който може да се обмисли, е интегрирането на геотермална енергия в съществуващата система за ЦО на Веолия, за да се подпомогнат потенциални разширения или за целите на предварително затопляне в съществуващите съоръжения за генериране на топлинна енергия.

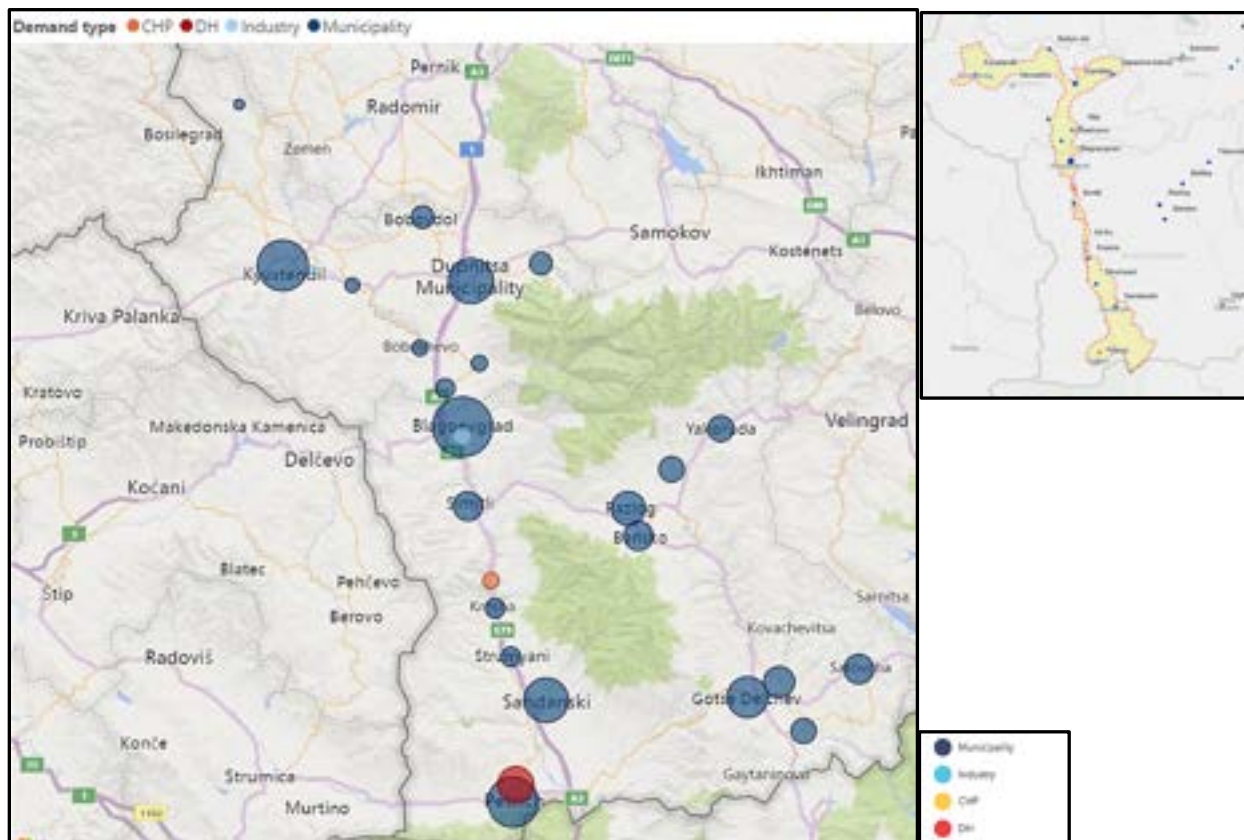
5.6.4 Долината на река Струма

Този геотермален район се намира в Югозападна България и обхваща удължена север-северозападната - юг-югоизточната (NNW-SSE) лента по долината на р. Струма и околните територии на североизток и северозапад. Той има приблизителна площ 1920 km² и включва няколко геотермални обекта (сред които Кюстендил, Сапарева баня, Левуново, Сандански, Рупите), които вероятно съответстват на независими геотермални системи, с общ в момента открит/достъпен ресурс от 78 MWt на базата на съществуващи кладенци и горещи извори. Общият потенциал може да бъде значително по-висок, ако могат да се разкрият по-дълбоки/разширени части на геотермалните резервоари.

Измерената температура на геотермалните ресурси в повечето случаи е по ниска от 90°C, въпреки че най-горещият сондаж в Сапарева баня има производствена температура 98°C. Потенциално може да има по-високи температури в части от тези геотермални системи, които са по-дълбоки от съществуващите сондажи (дълбоки 150-700 m в зависимост от обектите), но това не може да бъде потвърдено на базата на наличната информация. По тази причина, въз основа на съществуващите данни, термалните води в този район могат да бъдат считани за подходящи за приложения, свързани с директно използване при средна температура. Присъствието на защитени зони е ограничено до 15.5% от площта на този район.

Двете най-подходящи общини в тази област (Кюстендил и Благоевград) имат общо потребление на топлинна енергия, възлизащо на 1 600 GWht (Графика 47). Освен това бяха идентифицирани две индустриални предприятия (пивоварна и предприятие от керамичната индустрия) с комбинирано потребление на топлинна енергия по малко от 11 GWht или 0.7% от потреблението на топлинна енергия в района. В района има и две съоръжения за КПТТЕЕ, които доставят топлинна енергия на оранжерии.

Графика 47: Геотермален район долината на река Струма. Потребление и производство на топлинна енергия (MWh/г., 2022 г.)



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: Municipality-Община; Industry-Индустрия; CHP-КПТЕЕ; DH-ЦО

Този район е вече популярен заради редица курорти (включващи Кюстендил, Сандански, Сапарева баня), които използват естествени термални води от извори и сондажи за къпане, лечение и рехабилитация. Геотермалният ресурс се намира предимно в долината на р. Струма, под територията на няколко общини. Индустриалният сектор изглежда не е двигател на потреблението на топлинна енергия в този район, макар че оранжерийният бизнес е важен за него и представлява ефективен случай за приложение на геотермални ресурси, което трябва да бъде изследвано и потенциално разширено. Този район има някакъв предишен опит с геотермални приложения извън къпането - малки системи, осигуряващи пространствено отопление на хотели, болници, обществени сгради и малки оранжерии в много от геотермалните обекти по долината на Струма, свързан с различна степен на успех и някои експлоатационни трудности.

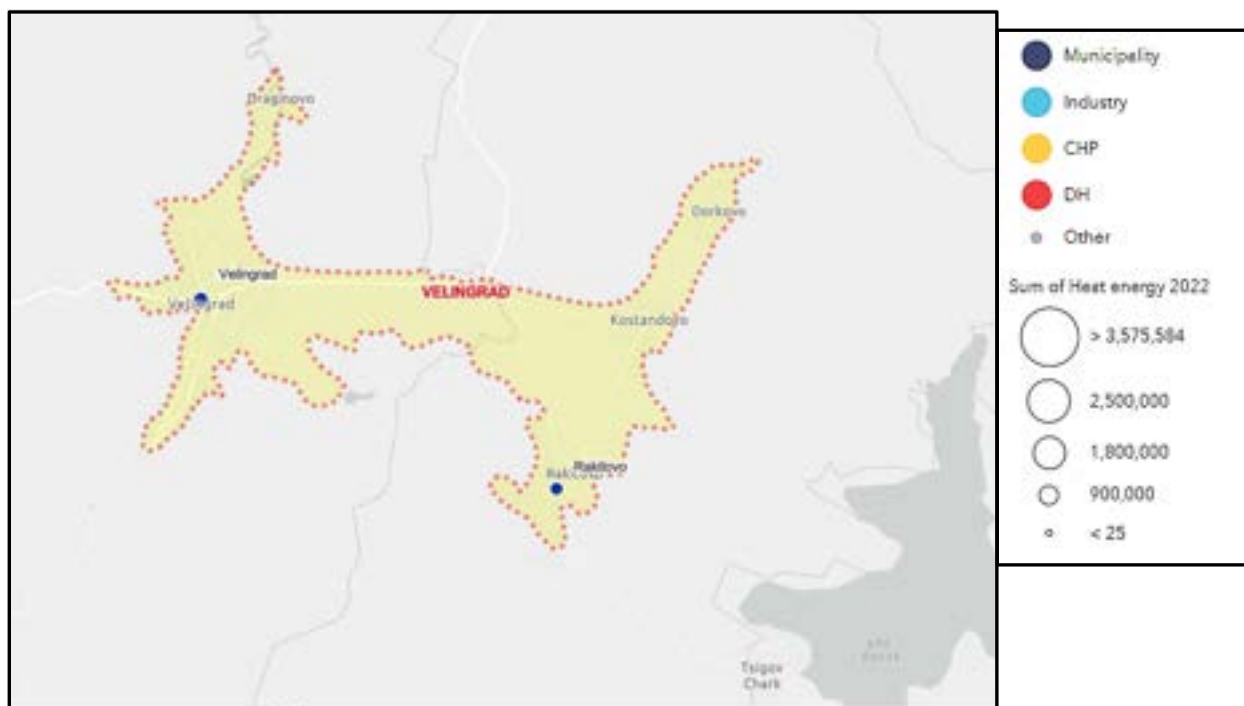
5.6.5 Велинград

Разположен в югозападната част на България, в долината на р. Чепинска, районът обхваща градовете Велинград и Ракитово и има приблизителна площ 70 km². Измерената температура на геотермалния ресурс варира между 32°C и 97°C, въпреки че може да съществуват по-високи температури в по-дълбоки части (на повече от 800 м дълбочина), които още не са били сондирани (Графика 48). В момента разкритият/достъпният ресурс е 28 MWt от съществуващи кладенци и горещи извори. Общият потенциал може да бъде значително по-висок, ако се използват по-дълбоки/разширени

части на геотермалния резервоар. Въз основа на наличната информация, термалните води са подходящи основно за директни среднотемпературни приложения. В този район няма защитени зони (Графика 67).

Основното потребление на топлинна енергия в района е от градовете Велинград и Ракитово със стойност на агрегирано потребление на топлинна енергия около 170 GWht през 2022 г. Възможностите за използване на геотермалния ресурс са най-вече свързани с извличането на води при температури, надвишаващи 60 до 70 градуса, с цел да се използват за отопление на помещения/ЦО и за отопление на оранжерии.

Графика 48: Геотермален район Велинград. Потребление на топлинна енергия (2022 г.).



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: Municipality-Община; Industry-Индустрия; CHP-КПТЕЕ; DH-ЦО; Sum of heat energy-обща толоенергия.

Според проучването за потреблението на топлинна енергия, Велинградският район не предоставя значителни възможности отвъд дребномащабното производство на топлинна енергия за битово потребление. Велинград обаче, е един от най-големите спа курорти в България, който използва естествени термални води (от извори и сондажи) за къпане, балнеология и рехабилитация, както и за отопление на някои хотели и училища. Не са идентифицирани големи индустриални предприятия или съоръжения за КПТЕЕ в района, освен малко на брой дребни оранжерии, една от които се захранва с геотермална топлинна енергия (в Драгиново).

Фокусът за развитие на геотермалната енергия в този район трябва да бъде да се определи потреблението на отопление в съществуващите спа курорти с цел отопление на помещения, за да се разширят геотермалните приложения не само за спа курорти, но и за отопление на хотели и жилищни сгради. Това ще създаде възможност за изследване с по-дълбоки кладенци, ако в геотермалната

система съществуват по-високи температури.

Този район също разполага с предимството, че вече има известен опит с отоплителни съоръжения, използващи геотермална енергия. Следователно, разширяването на това приложение - насърчаване на съвременни и енергийно ефективни технологии - би могло да представлява допълнителна възможност за разработване на наличния геотермален ресурс и представяне на този опит пред други в региона.

5.6.6 Враца

Разположен в Северозападна България, на югозапад от Плевен и на север от София, този район на геотермални ресурси включва градовете Враца и Мездра и обхваща площ от приблизително 855 km² (Графика 49). Минимална част от тази площ (3.9 процента) е обект на опазване на околната среда (Графика 67). Геотермалният водоносен хоризонт се намира в границите на дълбочинен диапазон от 1 100 - 2 100 m и е с температури в диапазона 50 – 90°C.

Идентифицираното потребление на топлинна енергия в този район се създава от двете основни общини (Враца и Мездра), две индустриални предприятия и две съоръжения за доставка на топлинна енергия и електроенергия съответно на оранжерия (Мездра) и на система за ЦО (Враца). Поради съществуващата температура на ресурса, термалните води могат да се използват само за директни среднотемпературни приложения.

Графика 49: Геотермален район Враца: Потребление на топлинна енергия (2022 г.).



Източник: Анализ на авторите

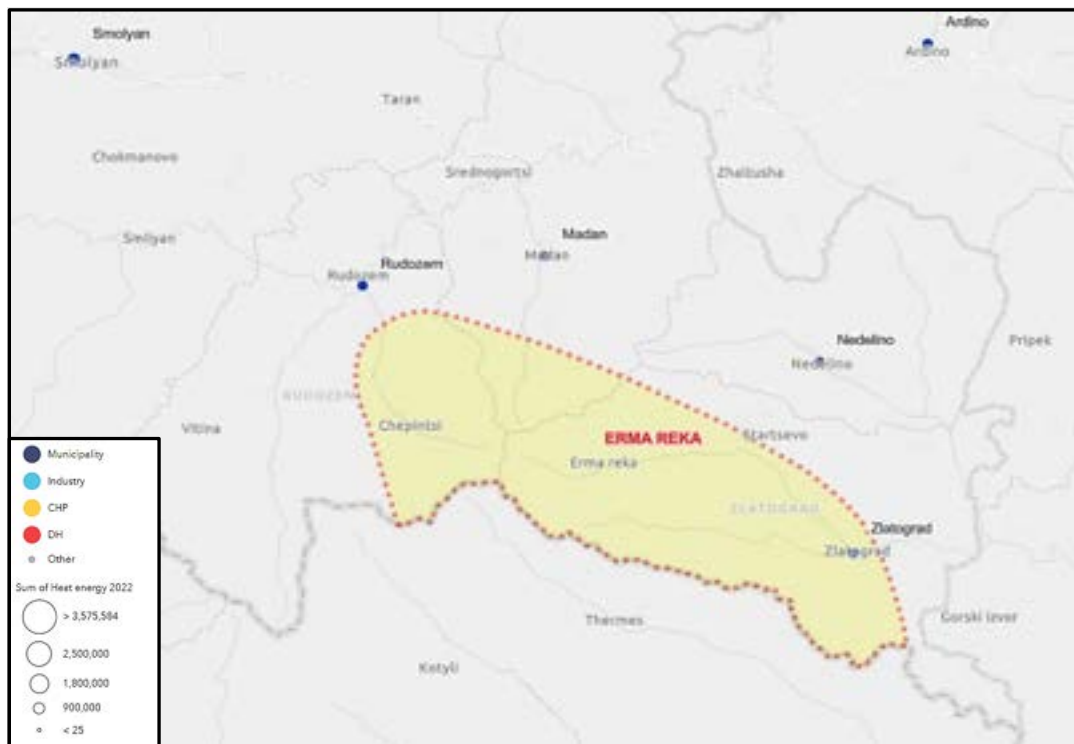
При оценка на енергийната мощност на термалния ресурс, възлизаща на 62 MWt или 223 679 MWh_t (с допускане за 41% коефициент на полезно действие) на годишна база, порядъкът на стойността обхваща значителна част от съществуващото потребление на топлинна енергия (общини и индустрия) в този район. Районът се характеризира от един основен индустриален участник (циментовата фабрика Холцим - България), основният потребител на топлинна енергия в региона, който осъществява значително и постоянно потребление на топлинна енергия за своя индустриален процес с годишно потребление от 452GWh_t. Високата температура обаче, необходима за циментовото производство и свързаното с нея наличие на остатъчна топлинна енергия от процеса не правят прилагането на геотермална енергия жизнеспособен вариант. Потреблението на топлинна енергия за битови нужди в общините Враца и Мездра възлиза на 287 GWh_t годишно (или 80 MWt),

предоставяйки възможности за използване на геотермалния ресурс за ЦО. Температурният диапазон на геотермалния ресурс също така предоставя възможности за оранжерийно отопление. Следователно, трябва да бъде обект на по-нататъшни проучвания за изследване на потенциалното приложение на геотермални решения в района на Враца.

5.6.7 Ерма Река

Разположен в най-южната част на Централна България, до гръцката граница, геотермалният район на Ерма река представлява територия с площ от 295 km² (Графика 50). Основният град в него е Златоград. В този район отсъстват екологично защитени зони (Графика 67). Измерената температура на геотермалния ресурс е в диапазона 70°C - 90°C, въпреки че са възможни и по-високи температури в части от геотермалната система, които все още не са сондирани, или за които още няма публично достъпни данни (вж. Таблица 4). В момента разкритият/наличният ресурс е 15 MWt от съществуващи кладенци и горещи извори. Общият потенциал може да бъде значително по-висок от дълбоки/разширени части на геотермалния резервоар. Въз основа на наличната към момента информация, този геотермален ресурс може да е подходящ за директни среднотемпературни приложения.

Графика 81: Потребление на топлинна енергия – Ерма Река (2022 г.)



Източник: Анализ на авторите

С изключение на няколко общини, в района няма големи индустрии или важни градски зони. С общо потребление на топлинна енергия от 121 000 MWht за общините (Мадан, Неделино, Рудозем и Златоград) цялостният потенциал на потребление на топлинна енергия е нисък и разпръснат в района, без очевидни синергии между центровете на потребление.

В този район функционира мина за оловно-цинкова руда, но не е намерена публична информация,

свързана с потреблението на топлинна енергия на мината. Очевидно, град Златоград е планирал проект за геотермално централно отопление, който е бил спрял поради липса на финансиране. Проектът е включен като един от основните приоритети в Интегрирания план за развитие на община Златоград в периода 2021 - 2027 г. с индикативен бюджет от 9 милиона евро, който потенциално може да бъде покрит от целево държавно финансиране или от средства по линия на Механизма за възстановяване и устойчивост. Необходима е повече информация във връзка с този проект, тъй като в зависимост от резултатите същият би могъл да предостави полезна информация за потенциално възпроизвеждане в други райони.

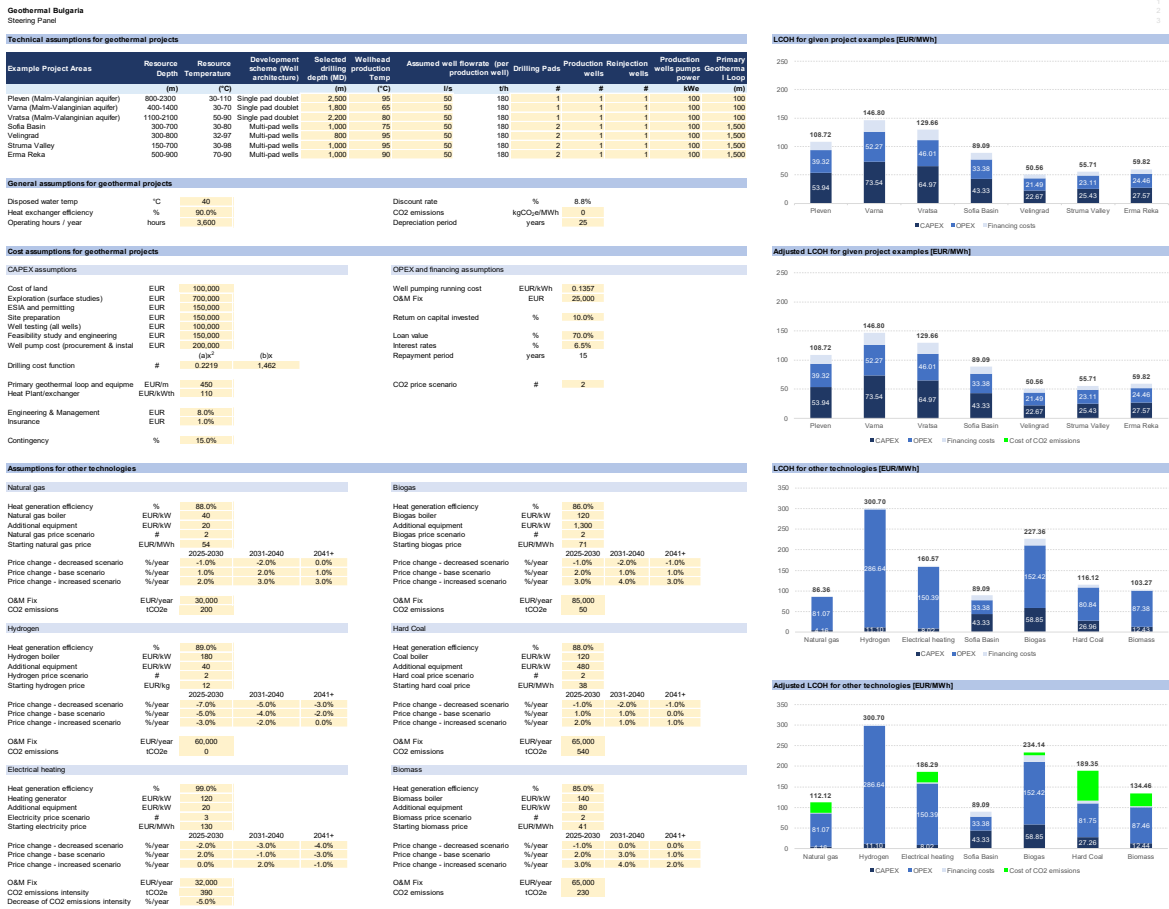
Недостигът и разпръснатото потребление в региона, отсъствието на индустриален сектор и оценката за ограничена изходна енергия не са в полза на този район като приоритет за развитие в сравнение с други райони, идентифицирани в настоящия доклад.

Изготвен е инструмент за изчисляване на LCOH въз основа на входни параметри и ограничения, определени от потребителя. Инструментът осигурява и чувствителни анализи на конкретни входни данни, за да се оцени рискът, свързан с тяхната потенциална променливост. Инструментът е предназначен да осигури предварителна оценка на LCOH на геотермалната енергия в сравнение с други енергийни източници. Получените резултати от този модел са предназначени само за информационни цели (клас 5 по ACCE)⁴⁴ и не трябва да се разчита единствено на тях при вземането на инвестиционни решения поради следните присъщи ограничения:

- *Параметри на модела:* Моделът на LCOH включва набор от предположения относно капиталовите разходи, оперативните разходи, разходите за гориво и коефициентите на използване. Тези предположения може да не отразяват изцяло специфичните за конкретния обект вариации или евентуални бъдещи пазарни колебания.
- *Надеждност на данните:* Точността на резултатите от модела зависи от качеството и изчерпателността на използваните данни. На потребителите се препоръчва да оценяват внимателно източниците на данни и да потвърдят тяхната приложимост за конкретния проект или разглеждания географски регион.
- *Пазарна динамика:* LCOH на всички енергийни източници е податлива на промяна поради нестабилността на цените на горивата, регулаторните условия и технологичните иновации. Настоящият модел може да не отразява напълно тези динамични пазарни влияния.
- *Характеристики на геотермалните проекти:* Проектите за геотермална енергия могат да проявяват значителни вариации в зависимост от уникалните характеристики на геотермалния ресурс. Настоящият модел може да не отчита изчерпателно спецификите на конкретен геотермален проект.

⁴⁴ https://www.costengineering.eu/Downloads/articles/AACE_CLASSIFICATION_SYSTEM.pdf.

Графика 52: Пример за екранна снимка от управляващия панел на модела на LCON



Източник: Анализ на авторите

Изчисленията на LCON за геотермална енергия, които са предоставени в настоящия доклад, са предназначени да послужат като приблизителни референтни стойности, създадени за предварителна оценка на възможните приложения за директно използване на геотермална енергия в България. Преди да се вземат инвестиционни решения, трябва да се изготви цялостно проучване на осъществимостта и анализ на разходите, които са специфични за конкретния проект.

6.1.2 Основни входни параметри за LCON

Оценката на LCON за геотермален ресурс е извършена с използване на следните финансови допускания:

- Период на амортизация: 25 години
- Съотношение собствен капитал/капитал назаем: 30/70 процента
- Лихвен процент: 6.5 процента
- Норма на дисконтиране: 8.8 процента
- Възвръщаемост на инвестирания капитал: 10 процента

Техническите и инвестиционните данни се основават на предварителни предположения за

характеристиките на геотермалните ресурси, основните инженерни параметри и свързаните с тях разходи (CAPEX и OPEX)⁴⁵ в съответствие с оценката на разходите за клас 5 по ААСЕ, обосновани с данни, получени от прегледа на съществуващата геотермална информация (т.е. температура на резервоара, дълбочина на резервоара), или въз основа на типични условия за подобни проекти в геотермалната индустрия (напр. разходи за сондажи и инфраструктура, коефициент на използване на установката, температура на обратния поток). Ресурсните и инженерните параметри са силно свързани с конкретния проект и могат да водят до значителни разлики между проектите дори в една и съща геотермална зона, в зависимост от местните условия на геотермалния резервоар и от профила на потреблението/използването на топлинна енергия.

При сравняването с други технологии за производство на топлинна енергия, разходите за емисии на CO₂ са също включени в „икономическата“ LCOH. За геотермалните проекти, разгледани в настоящата оценка, които се основават на среднотемпературни ресурси, при които може да се упражнява контрол върху налягането в първичния геотермален цикъл, за да се предотврати отделянето на газ от геотермалния флуид, не се взимат предвид емисии на CO₂.

За анализа е разработен инструмент за моделиране за оценка на различни сценарии и анализ на чувствителността по отношение на ключови фактори. На Графика 52 е показан управляващият панел за модела на LCOH.

⁴⁵ CAPEX = капиталови разходи; OPEX = оперативни разходи

6.2 Опростени таблици за пресмятане на LCOH

С оглед на сложността на финансовия и икономическия анализ на геотермалната енергия с помощта на инструмента LCOH бяха разработени опростени таблици, в които се фиксират специфични финансови параметри в изчисленията, за да се разбере въздействието на основните геотермални променливи в LCOH. Използва се двустъпков подход, за да се извлекат възможни диапазони на LCOH за геотермална енергия въз основа на дебита, температурата и дълбочината, които са ключовите избрани входни данни за определяне на разходите за добив на ресурса. В първата стъпка се изчислява производството на топлинна енергия въз основа на диапазон на дебити и оценки на температурата на изхода на геотермалния ресурс (температура на устието на кладенеца). Втората стъпка се фокусира върху анализа на чувствителността на производството на топлинна енергия и дълбочината на ресурса, чиято комбинация дава диапазон от LCOH оценки. Накрая, определените диапазони на LCOH на геотермална енергия се сравняват с LCOH на други технологии, включително въглища, природен газ и електроенергия. Този анализ се основава на финансови параметри, разработени по-долу, които са съгласувани между различните разгледани технологии, за да се осигури равнопоставеност при сравненията.

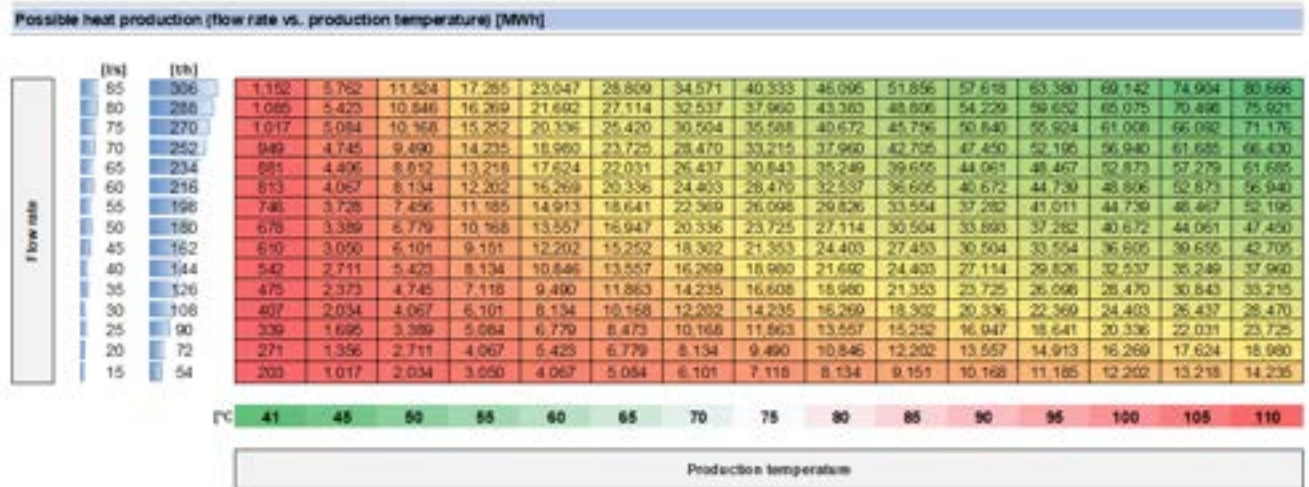
Ключов елемент в изчисляването на LCOH е коефициентът на използване на мощността (представляващ процента от времето годишно, през което съоръжението работи на пълна мощност), или годишните експлоатационни часове на отоплителната система. Този параметър може да варира значително в зависимост от характеристиките на проектите (напр. профил на потреблението), климатичните условия и местоположението. За типично ЦО или за оранжерийно отопление при климатичните условия на България, коефициентът на използване на мощността е около 40%, или 3600 часа годишно. Тази стойност може да бъде по-висока, ако потребителят на геотермална енергия е промишлено съоръжение с интензивно и непрекъснато използване на топлинна енергия, където коефициентът на използване на мощността може да е около 90% или около 8000 часа годишно.

Следователно, тези **два основни казуса** (А - с 3600 работни часа годишно и В - с 8000 работни часа годишно) се приемат като референтни при представените по-долу сценарии на изчисление.

Проектите за геотермално отопление трябва да се оценяват заедно с енергийните източници, които те потенциално могат да изместят в България, а именно въглища и природен газ, които са основните горива (> 90%), използвани понастоящем за отопление. Включено е и сравнение с електрическото отопление, тъй като неговият дял би могъл да се увеличи с планираната инсталация на термопомпи. Тези технологии са оценени с оглед на специфичната ефективност на топлогенератора, оборудването, разходите за експлоатация и поддръжка и очаквания срок на експлоатация на инвестицията, заедно с финансовите параметри, за да се определи съответната LCOH. Сравнението се прави с финансовите разходи за алтернативни технологии и с икономическите разходи, които включват разходите за емисии на CO₂, т.е. пазарна покупка от Европейската система за търговия с емисии.

6.2.1 Казус А – Централно отопление: 3 600 експлоатационни часове на година

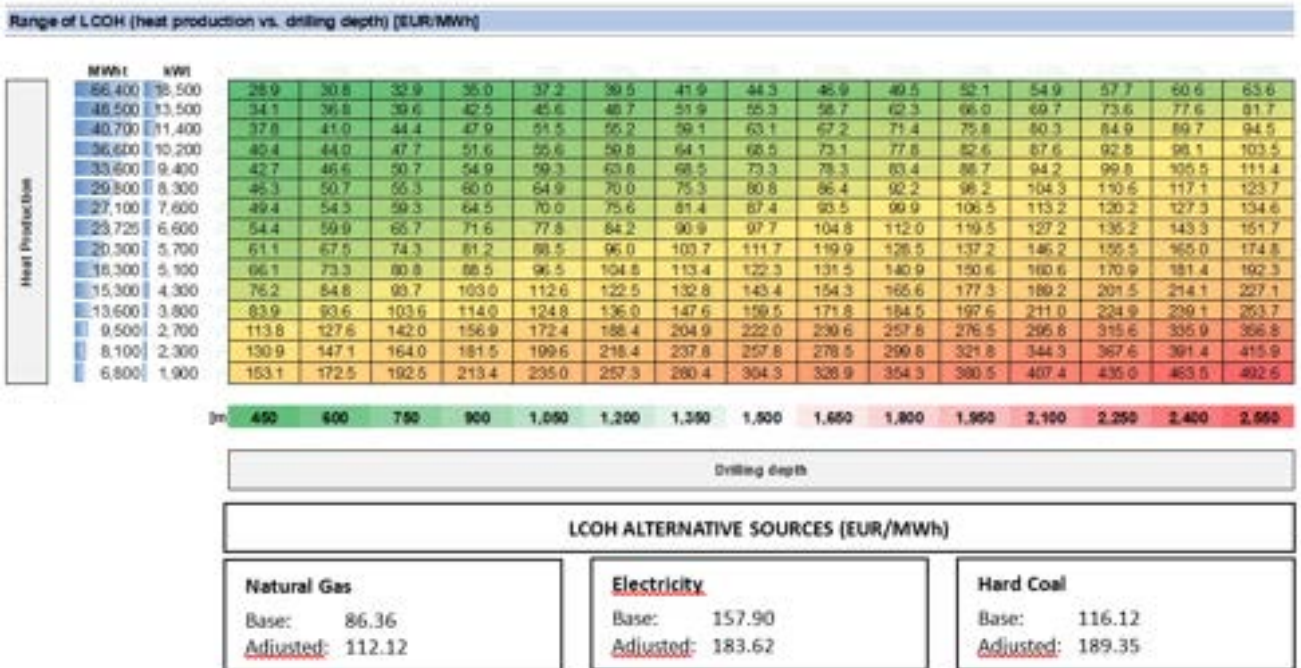
Графика 53: Производство на геотермална топлинна енергия (ефективност на топлообменника - 90%, температура на изхвърления солен разтвор - 40°C)



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на таблицата: *Хоризонтален текст: Possible heat production (flow rate vs. production temperature) MWh*
Възможно производство на топлинна енергия (дебит спрямо производствена температура) MWh; Вертикален текст вляво: Flow rate-дебит.

Графика 54: LCOH за геотермална енергия и сравнение с LCOH за алтернативни източници

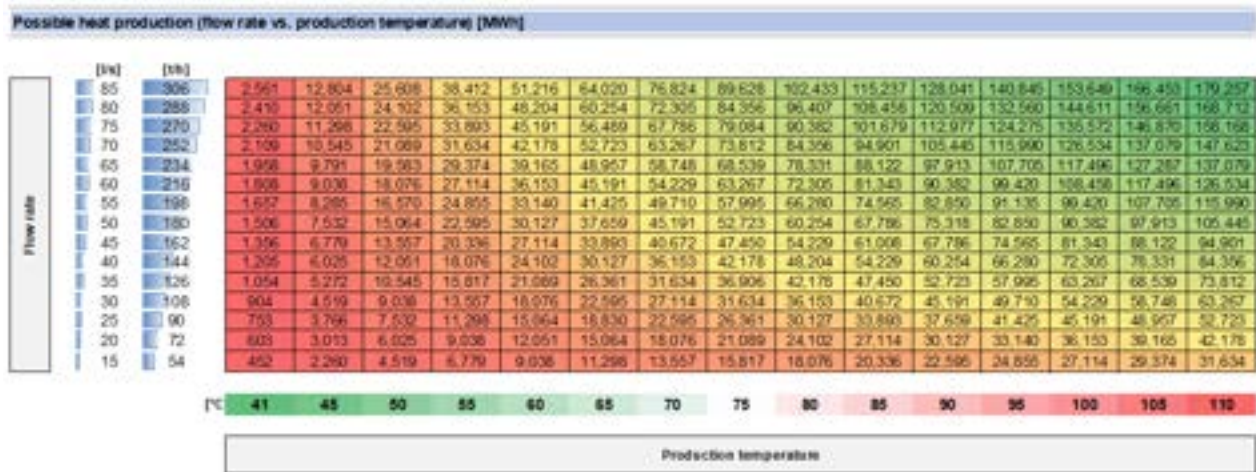


Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на таблицата: *Хоризонтален текст: Range of LCOH (heat production vs. drilling depth) EUR/MWh- Диапазон на LCOH (производство на топлинна енергия спрямо дълбочина на сондажа) Евро/МВч; LCOH Alternative sources- LCOH Алтернативни източници; Natural gas-Природен газ; Electricity-Електричество; Hard Coal-Въглища.*

6.2.2 Казус Б – Индустрия: 8 000 експлоатационни часове годишно

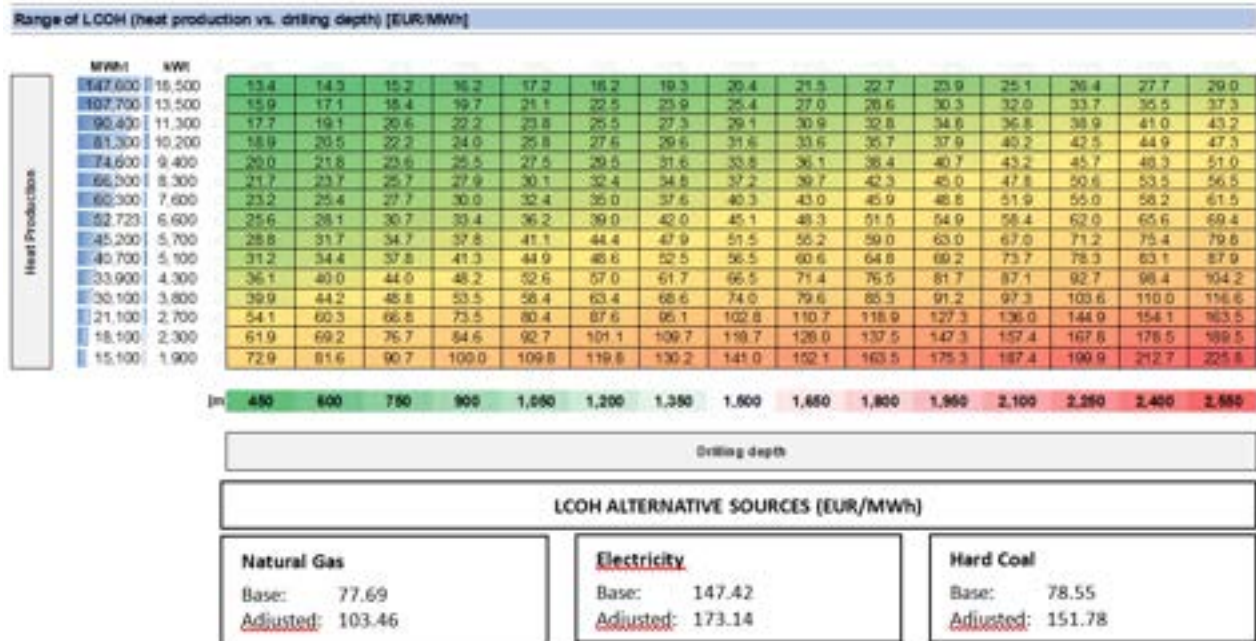
Графика 55: Производство на геотермална топлинна енергия (ефективност на топлообменника - 90%; температура на изхвърления солен разтвор - 40°C)



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на таблицата: *Хоризонтален текст: Possible heat production (flow rate vs. production temperature) MWh Възможно производство на топлинна енергия (дебит спрямо производствена температура) MWh; Вертикален текст вляво: Flow rate-дебит*

Графика 56: LCOH за геотермална енергия и сравнение с LCOH за алтернативни източници



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на таблицата: *Хоризонтален текст: Range of LCOH (heat production vs. drilling depth) EUR/MWh- Диапазон на LCOH (производство на топлинна енергия спрямо дълбочина на сондажа) Евро/МВтч; LCOH Alternative sources- LCOH Алтернативни източници; Natural gas-Природен газ; Electricity-Електричество; Hard Coal-Въглища.*

6.3 Прилагане на инструмента за оценка на LCOH към приоритетни геотермални райони

Използвани са различни проектни казуси, вдъхновени от условията на геотермалните ресурси в избраните приоритетни геотермални райони, идентифицирани в настоящия доклад (вж. Раздел IV), за да се изчислят резултати за LCOH за потенциални инициативи, свързани с директно използване на геотермална енергия в България Таблица 29).

Таблица 29: Казуси на геотермални проекти, използвани за изчисляване на LCOH

Technical assumptions for geothermal projects

Example Project Areas	Resource Depth	Resource Temperature	Development scheme (Well architecture)	Selected drilling depth (m)	Wellhead production Temp (°C)	Assumed well flowrate (per production well)		Drilling Pits	Production wells		Injection wells	Production wells pumps power	Geothermal Loop
	(m)	(°C)		(m)	(°C)	kg	l/h		#	#			
Floven (Malm-Valanginian aquifer)	800-2300	30-110	Single pad-doublet	2,500	95	50	180	1	1	1	1	100	100
Varna (Malm-Valanginian aquifer)	400-1400	30-70	Single pad-doublet	1,800	95	50	180	1	1	1	1	100	100
Vratsa (Malm-Valanginian aquifer)	1100-2100	50-90	Single pad-doublet	2,200	80	50	180	1	1	1	1	100	100
Sofia Basin	300-700	30-80	Multi pad wells	1,000	75	50	180	2	1	1	1	100	1,500
Velesgrad	300-800	32-97	Multi pad wells	800	95	50	180	2	1	1	1	100	1,500
Struma Valley	150-700	30-98	Multi pad wells	1,000	95	50	180	2	1	1	1	100	1,500
Erma Heta	500-900	70-90	Multi pad wells	1,000	90	50	180	2	1	1	1	100	1,500

Източник: Анализ на авторите

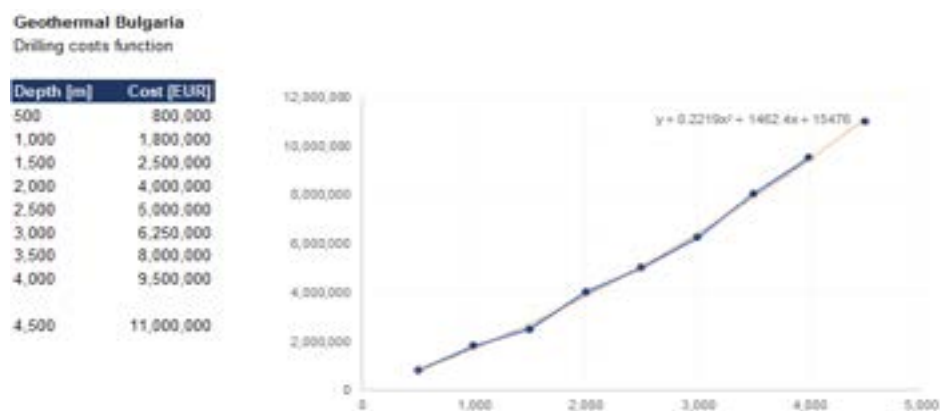
Данните за температурата и дълбочината на ресурса се основават на измерените условия във всеки геотермален район и проектите са планирани да използват най-горещите части на резервоара, потвърдени от съществуващи кладенци, които обикновено съответстват на по-дълбоките части на съществуващите геотермални резервоари. Като се има предвид липсата на конкретна информация

за продуктивността на кладенеца и хидравличните условия, дебитът на кладенеца се приема 50 l/s за всички казуси⁴⁶, а необходимата мощност на изпомпване на кладенеца се приема за 100 kWe. Производственият дебит на сондажа заедно с температурата, значително ограничават производството на топлинна енергия, както е илюстрирано на Графика 53 и Графика 54.

Всеки проектен казус включва един производствен и един инжекционен кладенец, като се вземат предвид две възможни схеми за разработване: а) единична дублетна сондажна площадка, когато дълбочината на резервоара (т.е. по-голяма от 1500 m) позволява пробиване (от една и съща площадка) на наклонени сондажи, завършващи на приемливо разстояние, за да се избегне ранен пробив на повторно инжектиран флуид; б) два кладенеца, пробити в отделни площадки, когато резервоарната цел е разположена на относително плитка дълбочина (т.е. на по-малко от 1500 m).

Разходите за пробиване на кладенци се влияят от много фактори, като например геоложки условия, вид на кладенеца и дълбочина. Правейки допускане за кладенци със стандартен диаметър за индустриално производство или повторно инжектиране, разходите за пробиване бяха оценени като функция на дълбочината на кладенеца, като се използваше информация за международния опит, докладван в литературни източници, както е показано на Графика 57.

Графика 57: Разходи за сондиране в сравнение с функция на дълбочината, използвана в модела на LCOH

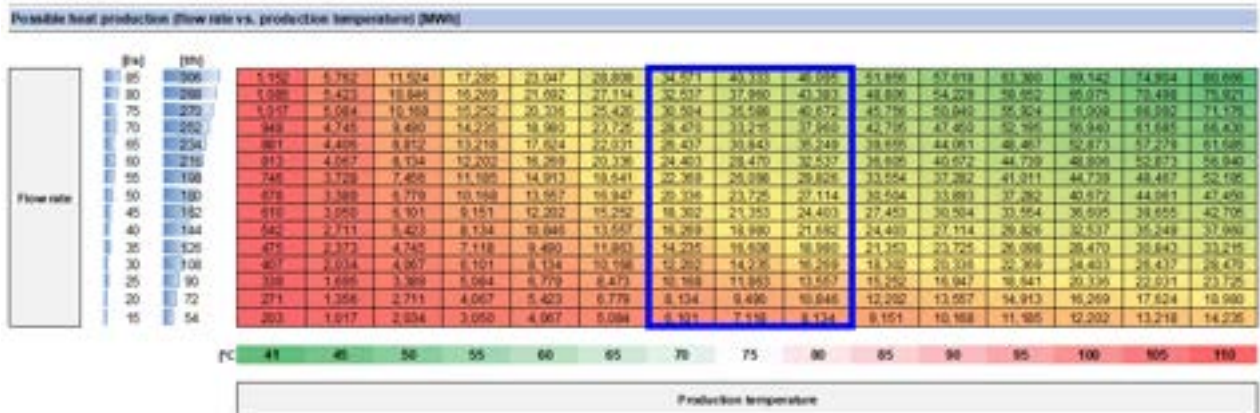


Източник: Авторите на базата на данни от ван Донген (2019 г.)

На Графика 58 и Графика 59 е показан проектен казус, илюстриращ дублет за ЦО в района на Софийския басейн. На базата на характеристиките на този геотермален район и допусканията за проекта, сините правоъгълници в следващите фигури определят оценения диапазон на топлинно производство (Графика 58) и съответната LCOH (Графика 59).

⁴⁶ Макар обичайните темпове на добив (производителности) в търговски геотермални кладенци с ниска температура да са в диапазона от 20 до 150 l/s (ESMAP, 2022 г.), обичайните кладенчови дебители са около 30-50 l/s.

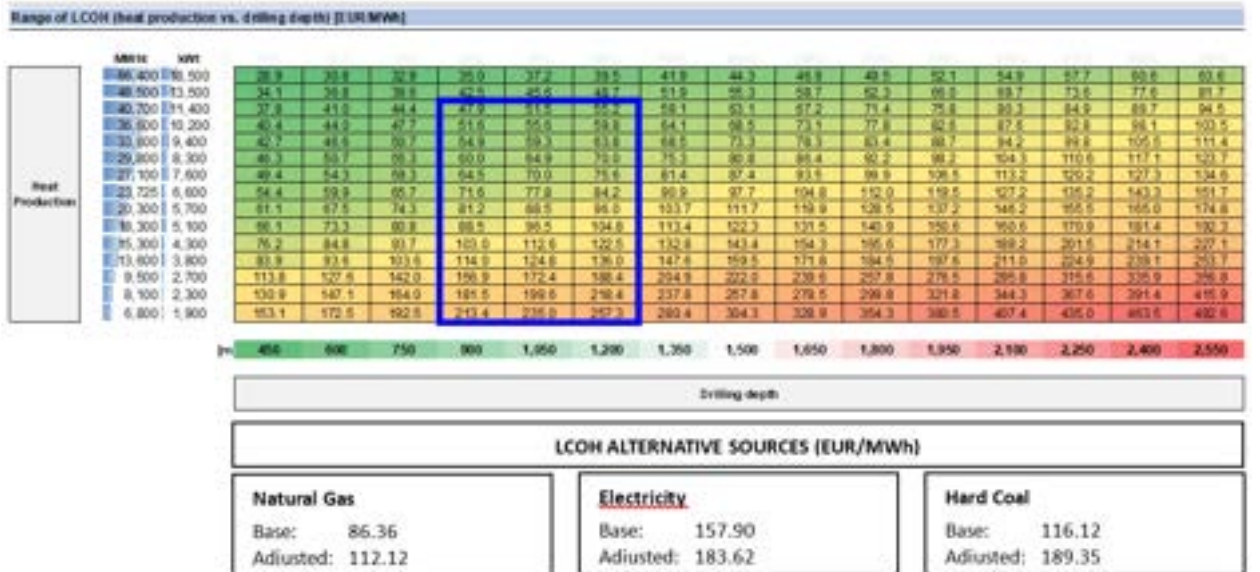
Графика 58: Пример за производство на топлинна енергия – ЦО в Софийския басейн – експлоатационни 3600 часа годишно



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на таблицата: **Хоризонтален текст:** Possible heat production (flow rate vs. production temperature) MWh
Възможно производство на топлинна енергия (дебит спрямо производствена температура) MWh; **Вертикален текст вляво:** Flow rate-дебит

Графика 59: Пример за LCOH – ЦО в София – експлоатационни 3600 часа годишно

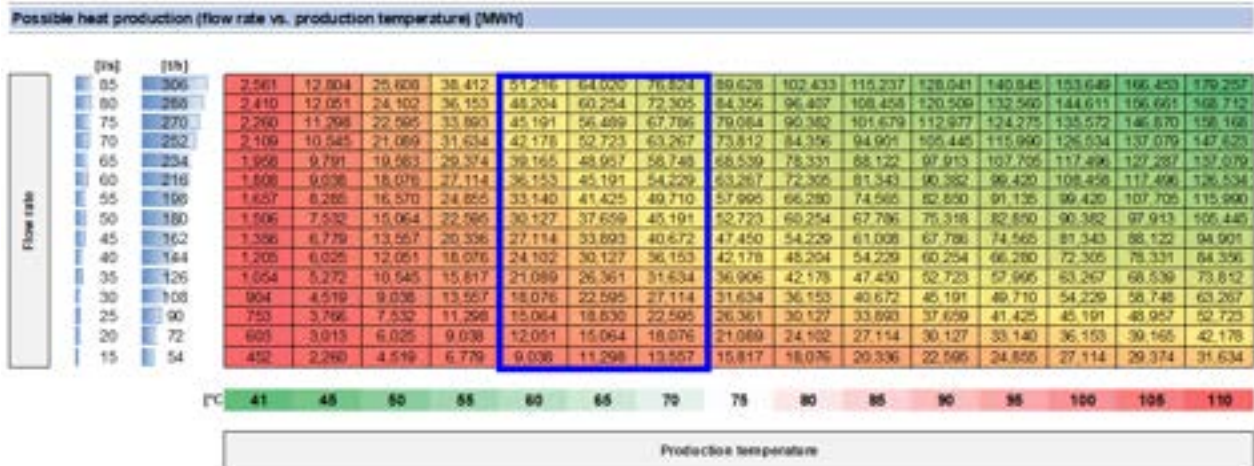


Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на таблицата: **Хоризонтален текст:** Range of LCOH (heat production vs. drilling depth) EUR/MWh-Диапазон на LCOH (производство на топлинна енергия спрямо дълбочина на сондажа) Евро/МВтч; **LCOH Alternative sources-** LCOH Алтернативни източници; **Natural gas-**Природен газ; **Electricity-**Електричество; **Hard Coal-**Въглища.

Следващите цифри илюстрират друг пример за проект с индустриално интензивно потребление на топлинна енергия в района на Варна, показвайки съответно оценените диапазони на производство на топлинна енергия и съответните вариации на LCOH.

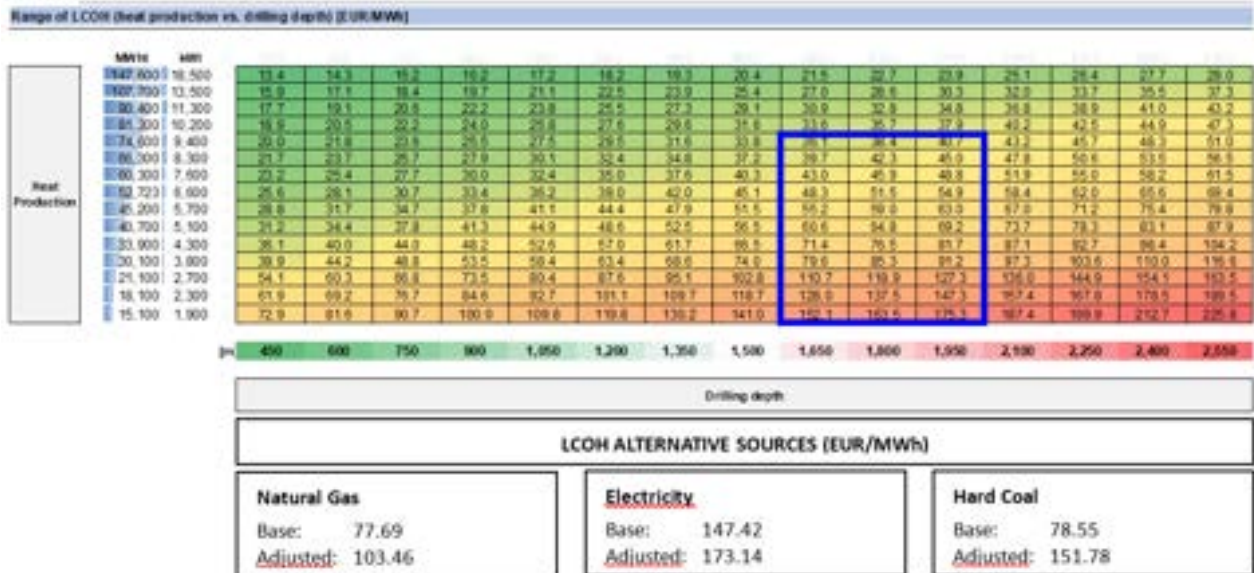
Графика 83: Пример за производство на топлинна енергия – Варна – индустриално приложение, експлоатационни 8000 часа годишно



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на таблицата: Горизонтален текст: Possible heat production (flow rate vs. production temperature) MWh Възможно производство на топлинна енергия (дебит спрямо производствена температура) MWh; Вертикален текст вляво: Flow rate-дебит

Графика 684: Пример за LCOH - Варна – индустриално приложение, експлоатационни 8000 часа годишно



Източник: Анализ на авторите

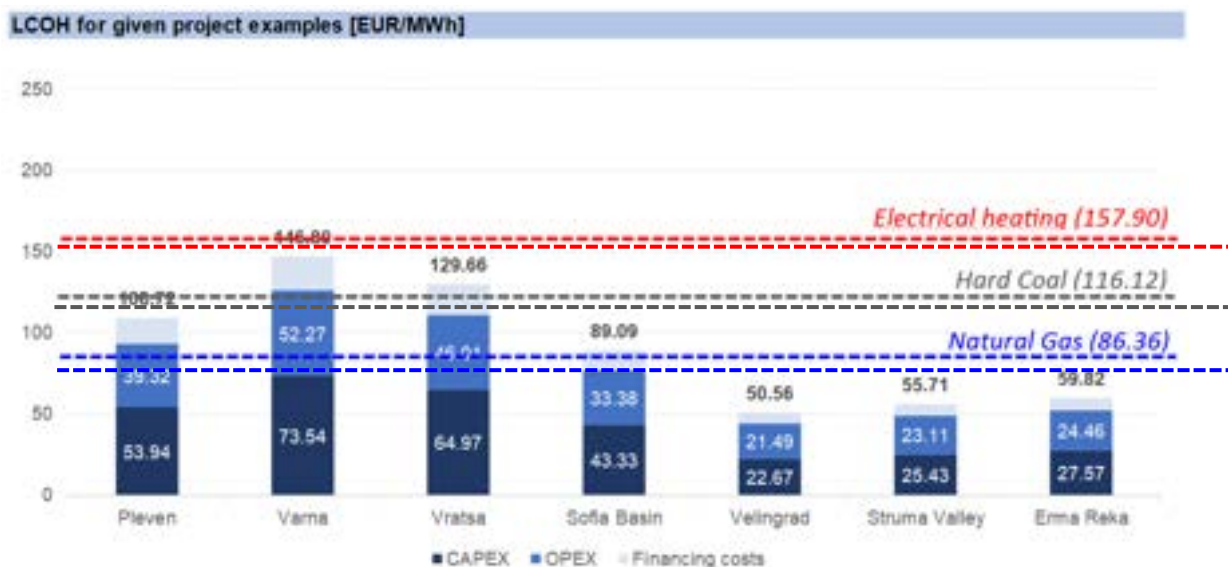
Превод на текста на таблицата: Горизонтален текст: Range of LCOH (heat production vs. drilling depth) EUR/MWh-Диапазон на LCOH (производство на топлинна енергия спрямо дълбочина на сондажа) Евро/МВч; LCOH Alternative sources- LCOH Алтернативни източници; Natural gas-Природен газ; Electricity-Електричество; Hard Coal-Въглища.

6.4 Илюстративни казуси: сравнение на LCOH на геотермална технология с LCOH на други технологии

Настоящият раздел има за цел да илюстрира сравнението на анализа на LCOH, проведен за казуси на геотермални проекти във всеки от избраните райони, с оценения LCOH за алтернативни източници на топлинна енергия. Изчисляването на геотермалната LCOH в този случай се извършва, като се приема дебит на кладенеца 50 l/s и 3600 работни часа годишно, а температурата на ресурса и дълбочината на сондиране варират в зависимост от характеристиките на всеки геотермален район.

Графика 62 и Графика 63 сравняват резултатите от изчислението на пълните приведени стойности на топлинна енергия (LCOH), получени за проектни казуси за геотермална топлинна енергия с LCOH за алтернативни технологии. Пълните приведени стойности на други технологии се докладват като просто финансово изчисление в първата Графика и като икономическо изчисление, което е коригирано, за да включи цената на емисиите на CO₂ – във втората Графика. Както бе споменато по-горе, не се прави допускане за емисии на CO₂ за геотермалните проекти, поради което в графиките е показана само тяхната финансова LCOH.

Графика 62: LCOH на проектни казуси в избраните геотермални райони в сравнение с финансови LCOH на алтернативни технологии, като се вземат предвид 3600 експлоатационни часа годишно



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: LCOH for given project examples (EUR/MWh)-LCOH за представените примери на проекти; Electrical heating-отопление на електричество; Hard coal-Въглища; Natural gas-Природен газ; CAPEX-капиталови разходи; OPEX-оперативни разходи; Financing costs-Разходи за финансиране

Графика 63: LCOH (Евро/ MWh) за проектни казуси в избраните геотермални райони в сравнение с икономически LCOH на алтернативни технологии, като се вземат предвид 3600 експлоатационни часа годишно



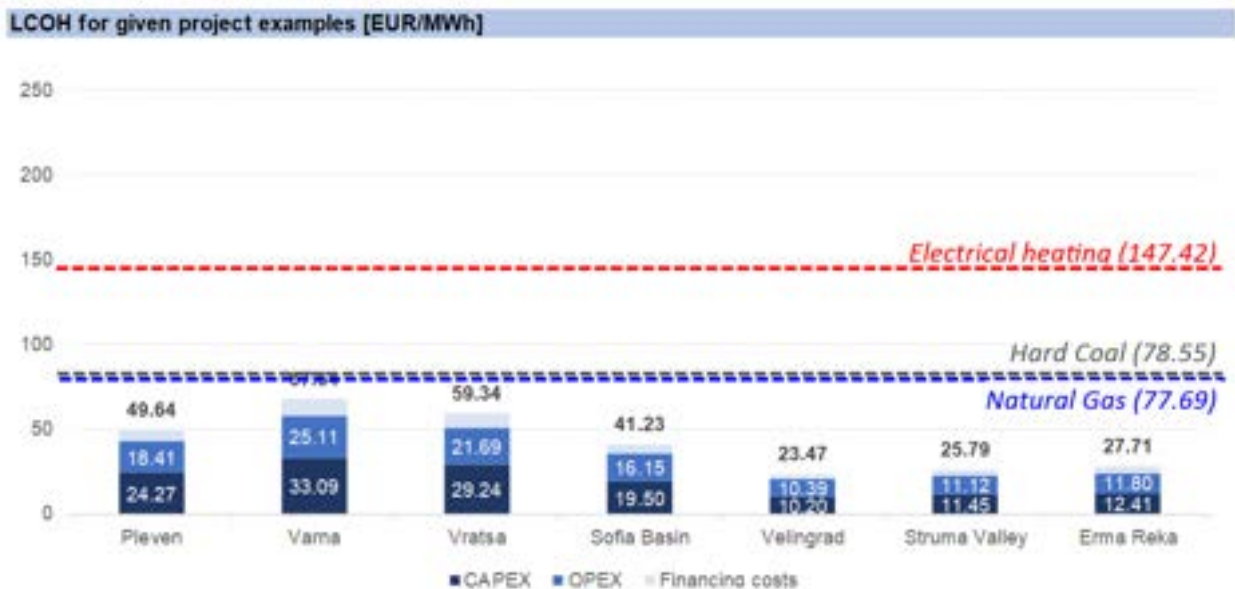
Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: LCOH for given project examples (EUR/MWh)-LCOH за представените примери на проекти; Electrical heating-отопление на електричество; Hard coal-Въглища; Natural gas-Природен газ; CAPEX-капиталови разходи; OPEX-оперативни разходи; Financing costs-Разходи за финансиране

Оценките на LCOH за геотермална енергия показват значителни вариации между различните геотермални райони. Геотермалните райони в Южна България се отличават с по-ниска средна LCOH (55 Евро/MWh) в сравнение с техните северни съседи (128 Евро/MWh). Районът на Софийския басейн показва междинна стойност от 89 Евро/MWh. Това несъответствие отразява присъщи различия в характеристиките на геотермалните ресурси, по-специално дълбочината на ресурса и температурата при дадена постоянна стойност на производствения дебит на кладенеца.

Освен географското местоположение, избраното приложение оказва значително въздействие върху геотермалния LCOH. Коефициентът на използване на мощността играе решаваща роля, когато капиталоемка технология като геотермалната енергия се оценява спрямо технологии, базирани на изкопаеми горива, които имат по-ниски инвестиционни показатели. LCOH, съответстващ на същите казуси на геотермални проекти, но изчислен при 8000 експлоатационни часа годишно, е показан на Графика 64 и Графика 65, където се наблюдават по-ниски резултати за LCOH, разпределени в по-тесен диапазон (23 - 67 Евро/MWh) за всички геотермални райони, във всички случаи под пълните приведени стойности на енергията на алтернативни технологии.

Графика 64: LCOH на проектни казуси в избраните геотермални райони в сравнение с финансовия LCOH на алтернативни технологии, като се вземат предвид 8 000 експлоатационни часа годишно.



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: LCOH for given project examples (EUR/MWh)-LCOH за представените примери на проекти; Electrical heating-отопление на електричество; Hard coal-Въглища; Natural gas-Природен газ; CAPEX-капиталови разходи; OPEX-оперативни разходи; Financing costs-Разходи за финансиране

Графика 65: LCOH на проектни казуси в избраните геотермални райони в сравнение с икономическите LCOH на алтернативни технологии, вземайки предвид 8 000 експлоатационни часа годишно.



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: LCOH for given project examples (EUR/MWh)-LCOH за представените примери на проекти; Electrical heating-отопление на електричество; Hard coal-Въглища; Natural gas-Природен газ; CAPEX-капиталови разходи; OPEX-оперативни разходи; Financing costs-Разходи за финансиране

Резултатите от предходните фигури показват, че геотермални системи за централно отопление и други приложения със сезонен фокус върху зимната топлинна енергия (т.е. оранжерии), показани на фигурите, съответстващи на 3600 работни часа годишно (Графика 62 и Графика 63) изискват по-прецизен подход при оценката на техните LCOH. Когато се сравняват тези геотермални проекти с финансовите LCOH на алтернативни технологии, само проектите в Южна България са конкурентоспособни на природния газ, докато в Софийския басейн пълната приведена стойност е сравнима с природния газ, а геотермалната енергия може да стане конкурентоспособна с въглищата в някои ситуации в Северна България (Плевен и може би Враца) (Графика 63). Ситуацията се подобрява допълнително, ако се сравнят LCOH на геотермалната енергия с икономическия LCOH на алтернативни технологии (Графика 63). В този случай много от проектните примери, с изключение на Варна и Враца, са конкурентоспособни с природния газ и във всички случаи са конкурентоспособни с въглищата. По отношение както на финансовия, така и икономическия сценарий на LCOH, всички геотермални проекти са конкурентни на електрическото отопление. Това подчертава значението на разглеждането както на местоположението, така и на свързаните с приложението подробности при оценката на проекти за геотермално централно отопление в България.

Като цяло, проектните казуси показват, че геотермалната енергия е конкурентна на традиционното електрическо отопление, може да се конкурира с природен газ и дори с въглища при определени обстоятелства, на базата на текущи оценки на LCOH. Въпреки това, предимството става още по-значително, когато се вземат предвид разходите за емисиите на CO₂. Това прави геотермалната енергия икономически ефективен вариант в по-голямата част от анализирания казуси, като същевременно показва нисък въглероден отпечатък (приема се за нулев за настоящата оценка).

Цялостните резултати от анализа на LCOH показват, че България притежава обещаващи геотермални ресурси, които биха могли да предложат чиста и потенциално конкурентна по отношение на разходите алтернатива на традиционните изкопаеми горива за отопление в дългосрочен план. Независимо от това са необходими допълнителни проучвания за прецизиране на техническите характеристики на геотермалните резервоари и настоящите индикативни оценки. Също така е от решаващо значение да се признаят първоначалните рискови инвестиционни разходи, свързани с проучването на геотермални ресурси и сондиране. Тези дейности включват присъщи геоложки несигурности, които изискват внимателни стратегии за намаляване на риска.

7 Екологични и социално-икономически фактори

7.1 Характеризиране на използването на гориво и на емисиите на CO₂ в съоръжения за производство на топлинна енергия

Предоставените данни в задължителните отчети към съответните държавни органи на когенерационните и топлофикационните съоръжения в България позволиха да се картографира видовете използвани горива през последните години и да се изготви оценка на съответните CO₂емисии. Резултатите от това упражнение са представени в Приложение В, което за всяко изследвано съоръжение за когенерация или топлофикация обобщава:

- Годишното количество гориво, изразходвано в периода 2018 - 2022 г.

- Средната му стойност за съответния период⁴⁷
- Съответните емисии на CO₂, изчислени с отчитане на потреблението на гориво и съответните емисионни фактори (Таблица 31), позовавайки се на стойностите, публикувани с използване на методологията на Европейската инвестиционна банка за оценка на въглеродния отпечатък на даден проект.⁴⁸

Таблица 31: Емисионни фактори за CO₂

Гориво	ЕМИСИОННИ ФАКТОРИ ЗА CO ₂ (kg/MWh)
Природен газ	202
Газьол	267
Въглища	341
Лигнитни въглища	364
Биомаса	40*
RDF	300*

Източник: ЕИБ, Проект на ЕИБ „Методологии за въглероден отпечатък“ (2023 г.).

Емисионните фактори за биомаса и гориво от отпадъци (RDF) са силно зависими от техния състав, източник, влажност и т.н., които са неизвестни параметри в нашия случай. Въпреки това, тези горива представляват сравнително малка част с ограничено въздействие върху общите изчисления, докладвани в Приложение В. На тези горива са присвоени средни стойности на емисиите на въглероден диоксид съответно 40 и 300 kg/MWh.

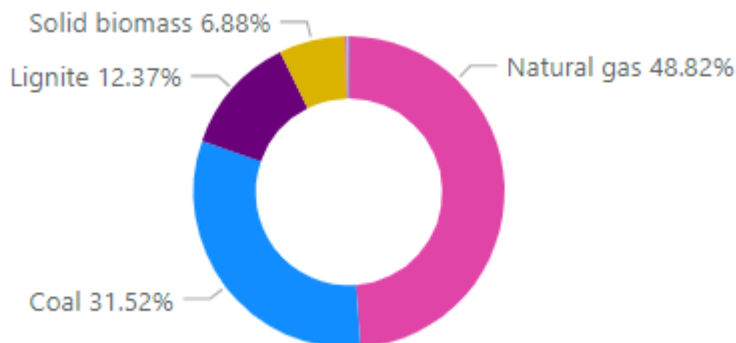
Както показва Графика бб, природният газ е преобладаващото гориво сред съоръженията за производство на топлинна енергия, които са изброени в таблицата, захранващ 49% от топлинното производство, следван от въглища (31%) и лигнитни въглища (12%). Използването на горива от биомаса е по-малко от 7% от средното потребление на горива.

⁴⁷ Липсваше информация за някои години. В тези случаи изчислението на средния разход на гориво се основава на записаните данни. Отсъствието на потребление (нула МВтч), докладвано в определени случаи, беше сметено за валиден запис и така беше включено в пресмятането на средната стойност.

⁴⁸ ЕИБ, Проект на ЕИБ „Методологии за въглероден отпечатък“ (2023 г.).

https://www.eib.org/attachments/lucalli/eib_project_carbon_footprint_methodologies_2023_en.pdf.

Графика 66: Средно потребление на гориво (2018-2022 г., MWh/г.) за съоръженията за производство на топлинна енергия (КПТЕЕ и ЦО)



Източник: Анализ на авторите

Превод на текста на графиката: Solid biomass-Твърда биомаса; Lignite-Лигнитни въглища; Coal-Въглища; Natural gas-Природен газ.

Разпределението на използването на гориво в България показва, че природният газ е достъпен предимно в западната част на страната, докато източната част разчита до голяма степен на въглища при подобни съоръжения (Графика 26)

Сред съоръженията, използващи въглища или лигнитни въглища, се открояват системите за ЦО на Перник, Русе, Сливен и Габрово и когенерационните централи в Солвей Соди, Горна Оряховица и Брикел (лигнитни въглища), като всичките се намират в Североизточна България (Графика 31).

Тази перспектива, съчетана със съответните високи емисии на въглероден диоксид и ангажимента на правителството да преустанови постепенно използването на въглищата в България до 2038 г., може също да послужи за целите на разработване на стратегия за декарбонизация, при която геотермалната енергия може да играе значителна роля, ако тези съоръжения могат да се възползват от икономически жизнеспособно развитие на геотермалните ресурси.

7.2 Екологични и социални фактори

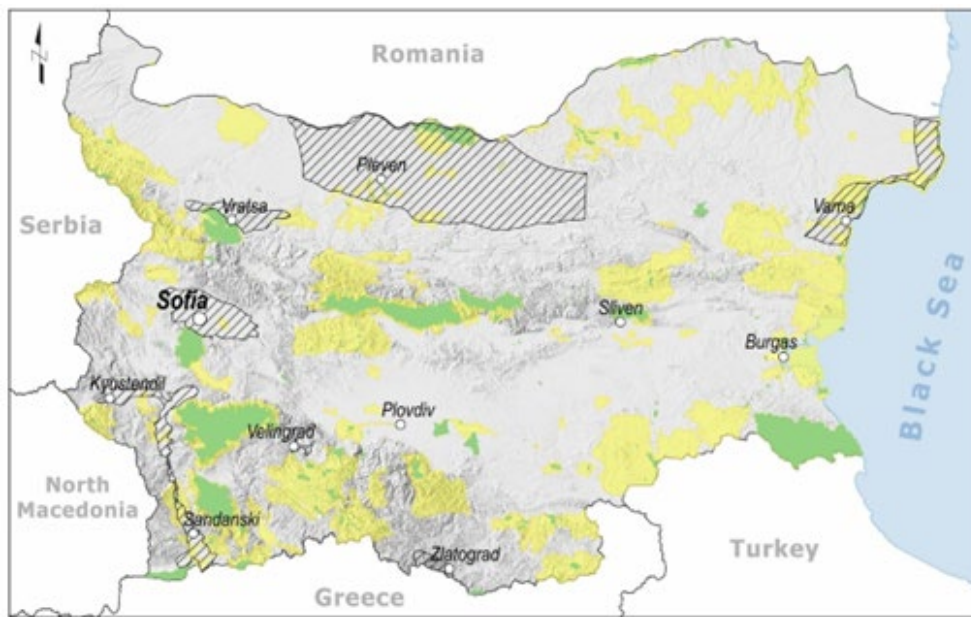
Екологичните и социалните аспекти трябва да се вземат предвид при избора и разработването на проекти за геотермална енергия. Повечето от въздействията върху околната среда в резултат от проучването и експлоатацията на геотермална енергия могат да бъдат смекчени чрез прилагането на адекватни екологични мерки в рамките на процесите по изготвяне на предварителни проучвания. Изготвянето на оценка на влиянието върху околната и социална среда (ОВОСС) в съответствие с националните изисквания, ще позволи идентифицирането на основните екологични и социални рискове и мерки за смекчаване, докато плановете за управление на околната и социалната среда (ПУОСС) детайлизират мерките на ниво проект.

7.2.1 Екологични ограничения

Разгледани са възможни екологични ограничения в седемте идентифицирани райони (Графика 67).

По-конкретно, специфични екологични мерки в защитените зони⁴⁹ могат да ограничат достъпа или да изискват по-сложни оценки на въздействието върху околната среда и смекчителни мерки, които могат да възпрепятстват жизнеспособността на един геотермален проект.

Графика 67: Седемте геотермални района в България, припокриващи се със защитени територии



Легенда: Щриховани зони = седемте геотермални района; жълт цвят = Natura 2000; зелен цвят = национални паркове, природни паркове и природни резервати, Закон за защитените територии (България)

Източник: Анализ на авторите и Европейска агенция по околна среда

7.2.2 Екологични и социални аспекти

На ниво проект има няколко екологични и социални рискове, потенциално свързани с развитието на геотермална енергия, които трябва да бъдат оценени, управлявани и намалени. Интензивността на въздействията силно зависи от проектната площадка, характеристиките на геотермалния ресурс и големината на проекта. Развитието на геотермални проекти, подобно на много други проекти, свързани с добивни и инфраструктурни работи, може да генерира въздействия по отношение на следните аспекти:

- **Качество на въздуха**, с въздействия върху:
 - Прахови емисии в резултат на строителни и други дейности, свързани с подготовката на инфраструктурата на проекта (път за достъп, сондажни площадки и др.), пробиване на кладенци и движение на превозни средства към/от площадката на проекта.
 - Емисии на некондензиращи газове, свързани с геотермалните флуиди, тъй като CO₂ и H₂S са най-често срещаните видове газове сред останалите в зависимост от характеристиките на геотермалния резервоар. Това може да се случи временно по време на сондиране и тестване на геотермални кладенци и може да обхване

⁴⁹ Вж. напр. Директива 92/43/ЕИО относно защитата на естествените местообитания и дивата флора и фауна (Директива за местообитанията), включително екологичната мрежа „Натура 2000“; Директива 2009/147/ЕС относно защитата на дивите птици (Директива за птиците); и Законът за защитените зони в България..

експлоатационните дейности, ако технологията на използване предполага обезгазяване и изпускане в атмосферата на некондензиращи газове.

- Миризмите могат да бъдат свързани с емисиите на геотермални газове и изгорели газове от ДВГ във фазите на сондиране, строителство и експлоатация.

- **Качество на почвата** по време на подготовката на площадката, поради загуба на органична почва в резултат на разкопки и нивелиращи дейности, както и потенциално замърсяване на почвата по време на строителни работи, генерирано от инфилтрат, случаен разлив или неконтролирано изхвърляне на горива, смазочни материали, сондажна кал и геотермален минерализиран разтвор.
- **Качество на водата**, както в повърхностните, така и в подземните води, генерирано от инфилтрати, случаен разлив или неконтролирано изхвърляне на горива, смазочни материали, сондажна кал и геотермален минерализиран разтвор. Плитките водоносни слоеве също могат да бъдат замърсени от по-дълбок геотермален минерализиран разтвор в случай на неподходящо облицоване и циментиране на геотермални сондажи или повреда в обшивката на сондажните кладенци.
- **Шум**, свързан с различни дейности, извършвани по време на строителната фаза, преместване на почва, пробиване и т.н., и на експлоатационната фаза, свързана с работата на оборудване за производство на топлинна или електрическа енергия (помпи, вентилатори и т.н.).
- **Ландшафтни и визуални въздействия**, свързани с изравнителни и изкопни работи по време на подготовката на площадката, временно инсталиране на сондажни платформи в строителната фаза и постоянни инфраструктури като тръбопроводи и заводски сгради, които могат да нарушат естествения пейзаж и да окажат потенциално въздействие върху туризма.
- **Флора, фауна и биоразнообразие**, чрез изсичане на растителността и обезлесяване, за да се освободи място за повърхностни геотермални инфраструктури и последващо фрагментиране на местообитанията и промени в земеползването.

Трафик, увеличен на местно ниво, особено по време на строителната фаза, с транспортиране на тежки товари и материали, с потенциално въздействие върху шума, достъпа до пътища и пътната безопасност.

- **Индуцирана сеизмичност и слягане**, потенциално произтичащи от извличане и повторно реинжектиране на геотермални флуиди.
- **Културно наследство**, в случай че археологически или защитени обекти са засегнати от строителство, с потенциално въздействие и върху туризма.
- **Местна икономика и заетост**, поради потенциално увеличаване на потреблението на местна заетост и услуги, както и възможни промени в социалната структура на района. Тези въздействия като цяло са положителни.
- **Достъп до земя**, което може да повлияе на приходите и да създаде проблеми, свързани с преселване.
- **Социално приемане и възприятие** на потенциалните въздействия на проекта, евентуално създаване на фалшиви очаквания за проекта и/или противопоставяне, произтичащо от опасения относно дейностите и резултатите на проекта.
- **Здраве и безопасност при работа**, водещи до злополуки, поради неспазване на изискванията за безопасност, както вътре в обектите на проекта, така и по протежение на пътищата за достъп.
- **Проблеми, свързани с наплива на работна ръка**, както и произтичащият от това допълнителен стрес върху ограничените водни ресурси в съседните райони.

7.2.3 Социално-икономически ползи

Социално-икономическите ползи, произтичащи от геотермалното развитие, могат да се групират в три основни категории⁵⁰:

- Участие на местни компании в геотермалната верига на стойността, с нови възможности за местните компании за предоставяне на стоки и услуги. Това може да допринесе за фискалните приходи на правителствата, брутния вътрешен продукт и ръста на работните места.
- Геотермална заетост и развитие на умения. Възможностите за учене на работното място и формално образование ще доведат до нови умения и по-голямо разнообразие от умения в националната работна сила, като ще генерират и повече местна заетост.
- Местно развитие/споделяне на ползи. Подходите могат да включват добавяне на нова (или надградена) инфраструктура, програми за развитие на умения или механизми за споделяне на приходите от проекта.

В случая на България, при анализа бяха разгледани нивата на заетост за 2021 г., дела на уязвимото население (т.е. самоопределилото се ромско население) и данните за бедността за 2022 г.⁵¹, за да се идентифицират тези райони, които потенциално биха могли да бъдат приоритетни за геотермалното развитие (Таблица 32). С по-високо ниво на заетост (16.7 процента) от средното за страната (9.9 процента) и сравнително висок процент на застрашените от бедност (23.1 процента, срещу 22.9 процента за страната), Враца се откроява като област, която би могла да се възползва особено от развитие на местни геотермални проекти. Областите Плевен и Пазарджик също са с по-високи нива на безработица (съответно 12.7 процента и 15.4 процента) от средните за страната, но показателите за бедност (21.2 процента и 18.6 процента) са по-ниски от средните за страната.

Таблица 32: Бедност (2022 г.), безработица и уязвимо население (2021 г.) в целеви райони

Област	В риск от бедност (%)	Процент на безработица (%)	Уязвимо население* (%)
България	22.9	9.9	4
Плевен	21.2	12.7	3
Варна	18.6	8.9	2
Кюстендил (вкл. долината на Струма)	21.3	9.5	6
Враца	23.1	16.7	7
Смолян (вкл. Ерма Река)	24.1	10.2	1
Пазарджик (вкл. Велинград)	18.6	15.4	6

Източник: Национален статистически институт

* Самоопределило се ромско население.

⁵⁰ ESMAP/Световна банка, „Геотермална енергия: Разбулване на социално-икономическите ползи“ (2024 г.). <https://www.esmap.org/Geothermal Socioeconomic Benefits>.

⁵¹ Национален статистически институт на България: https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/reports/result.jsf?x_2=2025; https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/reports/query.jsf?x_2=2013.

7.2.4 Екологична и социална оценка

Разработчиците на проекти следва да прилагат най-добрите международни практики за идентифициране и справяне с екологичните и социални въздействия и рискове свързани с геотермални проекти. Трябва да се спазват и изискванията в България. В допълнение, прозрачната комуникация около проекта е от първостепенно значение за избягване на потенциални погрешни схващания, чрез включване на съответните заинтересовани страни, включително уязвими групи от населението, в процеса и създаване на канали за обратна връзка между проекта и общността, за да се включи възможно най-голяма част от техния принос в дизайна на проекта.

Анализ на несъответствията (който систематично изброява местни и международни изисквания и подчертава разликите или несъответствието между двете) следва да бъде представен в предварителното проучване, с цел да се демонстрира съответствието на проекта. Екологичните и социалните стандарти на Световната банка за околната среда и социалните стандарти (WB ESF ESS) и стандартите за изпълнение (PS) на Международната финансова корпорация (IFC) са широко приети като най-добри практики и могат да предоставят полезна рамка за насочване на анализа на пропуските. Има 10 WB ESF ESS:

- ESS1: Оценка и управление на екологични и социални рискове и въздействия
- ESS2: Труд и условия на труд
- ESS3: Ефективност на ресурсите и предотвратяване и управление на замърсяването
- ESS4: Здраве и безопасност на общността
- ESS5: Придобиване на земя, ограничения върху използването на земята и принудително презаселване
- ESS6: Опазване на биоразнообразието и устойчиво управление на живите природни ресурси
- ESS7: Местни народи/Африка на юг от Сахара, исторически недостатъчно обслужвани традиционни местни общности
- ESS8: Културно наследство
- ESS9: Финансови посредници.
- ESS10: Ангажираност на заинтересованите страни и разкриване на информация.

Подробности за ESS на Световната банка и PS на Международната финансова корпорация са представени в Приложение Е.

Отделно проучване – оценка на въздействието върху околната среда и обществото (ОВОСС-ESIA) – насочено към екологичните и социални въздействия и рискове, свързани с геотермалното развитие, следва да се проведе в съответствие с горепосочените най-добри практики с цел да се гарантира, че вземащите решения вземат предвид екологичните и социалните аспекти наред с икономическите фактори в процеса на планиране и вземане на решения. ОВОСО ще предостави необходимата рамка за оценка на потенциалните въздействия и ще определи подробни мерки за смекчаване чрез изготвяне на проектно ниво Планове за екологично и социално управление (ESMP) и други инструменти, съгласно мандата на ОВОСС, с цел защита както на околната среда, така и на засегнатите от проекта лица (PAP). ОВОСС ще даде информация за риска, графика и разходите на проекта.

Някои най-добри практики за провеждане на ОВОСС са включени по-долу:

- Ранна интеграция: Процесът на ОВОСС трябва да бъде инициран възможно най-рано в цикъла на

проекта. Това дава възможност за идентифициране и разглеждане на екологични и социални проблеми, когато има най-голяма възможност да се повлияе върху проектирането и вземането на решения.

- **Определяне на обхвата:** Задълбоченият процес на определяне на обхвата е от съществено значение за идентифициране на ключовите проблеми и опасения, които трябва да бъдат разгледани в ОВОСС. Това включва консултации с широк кръг от заинтересовани страни, включително държавни органи, местни общности и експерти по дадена област.
- **Ангажиране на заинтересованите страни:** Смесеното ангажиране на заинтересованите страни е крайъгълен камък на ефективните ОВОСС. Това трябва да бъде непрекъснат процес, който започва от самото начало на проекта и продължава през изпълнението му. Ангажираността трябва да бъде приобщаваща, прозрачна и културно подходяща, като гарантира, че всички гласове, особено тези на уязвими и маргинализирани групи, се чуват и вземат предвид.
- **Събиране на изходни данни:** Събиране изчерпателни изходни данни за съществуващите екологични и социални условия. Тези данни служат като еталон за измерване на потенциалните въздействия на предложения проект и за разработване на смекчаващи мерки.
- **Оценка на въздействието:** Оценка на потенциалните преки, непреки и кумулативни въздействия на предложения проект върху физическата, биологичната, социалната и културната среда. Тази оценка трябва да се основава на солидна научна основа и да отчита мненията на заинтересованите страни.
- **Смекчаване на въздействието и управление:** Разработване на ясен план за смекчаване на неблагоприятните въздействия и засилване на положителните. Това включва разработването на мерки за избягване, минимизиране или компенсирание на отрицателните въздействия, както и създаването на ПУОСМ, за да се гарантира, че тези мерки се прилагат ефективно.
- **Анализ на алтернативите:** Обсъждане и оценка на алтернативите на предложения проект, включително алтернативата „без действие“. Този анализ трябва да изследва различни местоположения на проекта, мащаби, проекти и оперативни практики, за да намери начини за избягване или намаляване на отрицателните въздействия.
- **Адаптивно управление:** ОВОСС не са статични документи, а част от процес на адаптивно управление. С напредването на проектите и получаването на повече информация ОВОСС трябва да се актуализира и мерките за смекчаване да се коригират съответно.
- **Разкриване и достъп до информация:** Докладът за ОВОСС и неговите констатации да са направени навреме.
- **Мониторинг и оценка:** Създаване на солидна система за мониторинг и оценка за проследяване на ефективността на мерките за смекчаване на въздействието и точността на прогнозите относно въздействието. Тази система следва да включва редовно отчитане и да бъде свързана с механизъм за справяне с неспазване и непредвидени въздействия.
- **Изграждане на капацитет:** Укрепване на капацитета на всички заинтересовани страни, включително правителствени агенции, инициатори на проекти и засегнатите общности, за ефективно участие в процеса на ОВОСС. Това може да включва обучение, техническа поддръжка и предоставяне на ресурси.

8 Заключение

Като се имат предвид основните характеристики на геотермалните резервоари, настоящият анализ е подчертал по принцип жизнеспособността на директното използване на геотермална енергия за отоплителни цели в България – особено в региони с високо потребление на топлинна енергия, географска близост до потенциални ресурси и съществуваща инфраструктура. Геотермалната енергия предлага значителна възможност за намаляване на потреблението на изкопаеми горива (предимно природен газ, но също и въглища), а оттам и на емисиите на парникови газове в отоплителния сектор.

Геотермален ресурс

1. Докладвани са геотермални резервоари в Южна-Централна България със средни температури на доста плитки дълбочини, въпреки че може да се очакват и по-високи температури. В този регион температурите на геотермалните ресурси обикновено са в диапазона 70°C – 95°C, в горещи извори и плитки сондажи (150-700 m и рядко надвишаващи 1000 m). Проучванията показват обаче, че все още несондираните, но по-дълбоки части на геотермалните системи в Южна България могат да съдържат флуиди с по-висока температура.

2. В Северна България на по-голяма дълбочина са открити геотермални резервоари с по-високи температури. В геотермални резервоари в северния регион са измерени температури в диапазона 130°C–155°C, което може да е полезен температурен диапазон за различни приложения. Дълбочинният диапазон на тези резервоари обаче е 3000-5000 m, което може да изисква големи инвестиции за достъп до тези ресурси, което може да компрометира тяхната търговска жизнеспособност.

3. Ще са необходими допълнителна работа на тарен и сондажни кампании за характеризиране на съществуващи геотермални резервоари. Несигурностите, свързани с геотермалните ресурси, ще изискват задълбочено проучване и анализ в идентифицираните региони, за да се потвърдят консолидираните параметри, тяхната точност, а в крайна сметка - потенциалът за развитие.

4. Необходими са специфични анализи на обекта, за да се разработят специфични за проекта предварителни проучвания и да се вземат информирани инвестиционни решения. Предвид ограничената надеждност в някои случаи и на ограничени детайли в други случаи във връзка с наличната геотермална информация, за всеки нов проект трябва да се предприеме конкретен за обекта анализ и дейности, за да се потвърди наличният геотермален ресурс, който има ключово значение за осъществимостта на проекта.

5. Идентифицирани са седем района, които е по-вероятно да разполагат с геотермални ресурси за стартиране на геотермалното развитие в България, а именно Плевен, Варна и Враца - в Северна България, София - в Централна България, долината на река Струма, Велинград и Ерма река - в Южна България. Като се имат предвид наличните в момента геотермални проучвания и информация, тези райони са най-обещаващите по отношение на геотермални ресурси.

Геотермална енергия за генериране на електричество

6. Търговската експлоатация на геотермални източници за производство на електроенергия ще е предизвикателство, според наличната информация за геотермалните ресурси. Понастоящем потвърдените геотермални ресурси както в Северна, така и в Южна България имат максимални измерени температури около 100 - 110°C. Такива геотермални ресурси могат да се използват само за генериране на електрическа енергия в много малки проекти, при които търговската жизнеспособност може да е предизвикателство.

7. Геотермални резервоари в южния басейн предоставят по-добри перспективи за производство на електроенергия, въпреки че все още очакванията може да не са високи. По-горещи хидротермални системи са открити в по-дълбоките части на седиментните басейни в Северна България, а може да присъстват и в някои от екстензионните тектонични зони на Южна България, но наличната информация е недостатъчна, за да се оцени тяхното потенциално използване за производство на електроенергия. В южния регион може да има геотермални ресурси с температури от 150°C +/- 30°C, които може да са технически подходящи за малки електроцентрали. Ще са необходими допълнителни изследвания с нови химични проби и аналитични процедури, за да се потвърдят потенциалните резервоари в тези геотермални системи. Ще са нужни и специфични за обекта анализи за оценка на икономическата и търговската жизнеспособност на геотермални електроцентрали, включително потенциалната необходимост от дълбочинно изпомпване.

Геотермална енергия за производство на топлинна енергия

8. Съществуващите геотермални резервоари осигуряват добри възможности за директно използване на геотермална топлинна енергия, особено в трудни за декарбонизация сектори, които обикновено са свързани с производството на топлинна енергия от изкопаеми горива. Приложения, които се възползват от директната употреба на геотермална топлинна енергия, имат по-ниски капиталови разходи в сравнение с разходите за производство на електрическа енергия от геотермални източници. Разработването на тези приложения би могло да послужи като отправна точка, която да позволи на частния и публичния сектор да придобият опит с геотермалната енергия. Освен това добавената стойност от трудни за декарбонизация сектори може да се окаже по-висока от използването на геотермални ресурси за производство на електроенергия, за която други възобновяеми енергийни източници могат също да бъдат конкурентни (или дори по-конкурентни). Докато за основни индустриални потребители на топлинна енергия геотермалните ресурси не могат да осигурят нито температурите, нито обема, които са необходими за техните операции, те могат да представляват устойчив начин за запазване на процеси с ниска до средна температура, като например ЦО, оранжерии и ферми (напр. за пилета, патици, прасета).

9. Геотермалната енергия е добра алтернатива за заместване на конвенционалните замърсяващи технологии за отопление на помещения в жилищния сектор, особено за запазване на системи за централно парно отопление в София, Перник, Плевен, Варна и Враца. Потреблението на топлинна енергия за битови нужди достига 59% от общото очаквано потребление на топлинна енергия в страната, като общото очаквано потребление е около 24 TWh/година. В 17 града в България съществуват системи за централно парно отопление (ЦО) и ако се управляват адекватно, ЦО е добър технологичен вариант за обединяване на топлинните потребители и подобряване на енергийната ефективност. Системите за ЦО използват различни горива за производство на топлинна енергия, въпреки че някои от тях са инсталирали по-ефективни съоръжения за комбинирано производство на

топлинна и електрическа енергия (КПТЕЕ). За потребителите на топлинна енергия извън градските райони, които не са свързани с ЦО, геотермалните термopомпи могат да бъдат алтернатива за производство на топлинна енергия, въпреки че този анализ не е обхванат от настоящия доклад. Анализът на потреблението на топлинна енергия показва, че съоръженията за ЦО разположени в обещаващи геотермални райони са тези в Софийски басейн, Перник, Плевен, Варна и Враца, докато Перник и Русе разчитат на въглища и следователно се изисква да преминат към други източници до 2038 г.

10. Геотермалната енергия в България може да замени или частично да измести други средства за производство на топлинна енергия в индустриалния сектор, въпреки че това може да не е основното приложение на геотермалните ресурси. Индустриалното потребление на топлинна енергия съставлява около 41 процента от общото очаквано потребление на топлинна енергия в страната, с прогнозно потребление от около 17 TWh. При условие, че геотермалните ресурси в България са в ниския до среден температурен диапазон, геотермалната енергия може да бъде източник на топлинна енергия за предварително загряване на входящия флуид в индустриални процеси и да намали необходимостта от конвенционални горива, със съразмерно намаляване на свързаните замърсители и емисиите на парникови газове. Въпреки това, предвид температурните нива, които са необходими на повечето индустрии (обикновено в диапазона 200-1600°C), геотермалната енергия в България може да не е най-съвместимата опция за отопление в индустриалния сектор. Индустриални процеси с изискване за топлинна енергия с ниска температура, като някои процеси в производството на хартия и храни & напитки, биха могли да се възползват от геотермалните ресурси, за да намалят въглеродния отпечатък на своите продукти, да имат по-устойчиви енергийни източници и стабилни енергийни разходи.

11. Интересен случай за използване на геотермални ресурси е директното използване на геотермалната топлинна енергия в оранжерии за градинарство, както и в птицевъдни, и свиневъдни ферми. И двете приложения изискват нискотемпературна топлинна енергия, тъй като основната им потребност от топлинна енергия е за поддържане на температура между 20°C и 30°C в техните помещения през цялата година. Това постоянно потребление на топлинна енергия през цялата година е също така силно съвместимо с геотермалната енергия, тъй като цената на топлинна енергията намалява, когато коефициентът на използване на мощността от централата се увеличава - типичен ефект на капиталоинтензивните технологии. Въпреки че голяма част от птицефермите и оранжерии не са разположени в райони с геотермални ресурси, стимулирането на развитието на тези видове използване в приоритетни геотермални райони може да е добър вариант за насърчаване на икономическите възможности и за принос към конкурентоспособността на тези сектори.

12. Въпреки че се очаква потреблението на топлинна енергия да намалее до 2030 г. и по този начин да намали потенциалния растеж на геотермалната енергия за задоволяване на ново потребление, геотермалната енергия може да допринесе за заместване на постепенно изключвания топлинен капацитет в резултат на въглищния преход. Въглищата и лигнитните въглища съставляват 44 процента от първичната енергия, необходима за производство на топлинна енергия в България (около 8 606 GWh). България се е ангажирала постепенно да спре използването на въглища До 2038 г. Геотермалната енергия за производство на топлинна енергия може да бъде обещаващ вариант за пълно или частично заместване на въглищата за отоплителни цели. Добър пример за съоръжения, хранени с въглища и разположени в обещаващи геотермални райони, които могат да проучат цялостно или частично преминаване към геотермална енергия, биха били съоръженията за КПТЕЕ на Солвей Соди, Топлофикация Русе и Топлофикация Перник, макар че повечето съоръжения, работещи с въглища, имат планове да заменят въглищата с алтернативни горива

13. София и Варна представят най-добрите геотермални възможности, като се има предвид съществуващото потребление на топлинна енергия, производството на топлинна енергия и обещаващите геотермални ресурси, като Плевен и Враца също показват потенциал. Петте области с най-голямо потребление на топлинна енергия (Варна, София, Бургас, Пловдив и Хасково) съставляват съответно 26 процента и 28 процента от потреблението на топлинна енергия в страната в битовия и индустриалния сектори. Сред седемте географски зони с добри перспективи за геотермален потенциал, районите на София, Варна, Плевен и Враца в по-малка степен представят най-висок потенциал за пълно или частично захранване на когенерационни и топлофикационни съоръжения от геотермални ресурси. В два региона (София и Варна) високата плътност на потреблението на топлинна енергия припокрива наличните геотермални ресурси, докато други геотермални приоритетни региони представят по-силно географски разпръснато потребление на топлинна енергия. Централното отопление в София и когенерацията на Солвей Соди в района на Варна биха могли да са реалистични цели за извличане на полза от развитието на геотермалните енергийни ресурси. От друга страна, районът на Плевен представя оранжерийна централа и малко когенерационно съоръжение, което би позволило геотермално развитие в по-ограничен мащаб (въз основа на информация от 2022 г.). В близост до Плевен, Русе представя интересен профил на топлинно потребление и предлагане, въпреки че не е в геотермален приоритетен район и по този начин вероятността от геотермално развитие може да бъде ограничена, докато не бъдат идентифицирани потенциални геотермални ресурси.

Финансови и икономически съображения

14. По принцип, геотермалните технологии за директно използване на топлинна енергия могат да бъдат жизнеспособни и конкурентни на алтернативните технологии за производство на топлинна енергия за избрани употреби в определени региони. Въз основа на прогнозните референтни стойности и наличната информация за геотермалните резервоари в седемте геотермални приоритетни района, геотермалната енергия за директно използване на топлинна енергия би имала перспективи по отношение на конкурентоспособност спрямо алтернативни технологии и горива (природен газ, въглища и електричество). При потвърждение на предположенията, направени чрез проучвания на място и технологично специфични проучвания, анализът подчертава потенциалната икономическа конкурентоспособност на геотермалното отопление спрямо технологиите, базирани на изкопаеми горива във всички приоритетни геотермални райони при отчитане на външни фактори (т.е. цена на емисиите на CO₂). Финансовият анализ рисува по-контрастна картина, специално за централното отопление, с финансови разходи на геотермалната енергия, които са по-конкурентни от тези на други технологии в Южна България (долината на Струма, Ерма река и Велинград), докато газът може да е по-конкурентен от геотермалното отопление в други региони, въглищата - по-конкурентни във Варна и Враца, а електрическото отопление - по-скъпо като цяло. Струва си обаче да се напомни, че несигурностите, свързани с геотермалните ресурси, изискват задълбочено проучване и анализ в идентифицираните райони, за да се потвърдят консолидираните параметри, тяхната точност, а в крайна сметка и потенциалът за развитие. Освен това, анализът взема предвид цените на горивата, които в някои случаи могат да бъдат обект на изкривявания (напр. субсидии или акцизи).

15. Високи коефициенти на използване в индустриални процеси увеличават конкурентоспособността на геотермалната енергия. Високият коефициент на използване на мощността в индустриални процеси в сравнение с централно отопление (повече от два пъти),

дължащ се на сезонното потребление на отопление в жилищния сектор, води до по-ниски разходи за геотермална енергия за приложения с директно използване в индустрията. Следователно, според предварителна оценка на високо ниво, използването на геотермална енергия в индустриални процеси във всичките седем геотермални района може да стане по-конкурентоспособно от всички други анализирани технологии, както във финансово, така и във икономическо отношение.

16. Може да са необходими механизми за публична подкрепа за икономически жизнеспособни проекти, които може да са изправени пред предизвикателство, свързано с финансова осъществимост или банкируемост. Сравнението на оценките на разходите за геотермални и други базирани на изкопаеми горива технологии подчертава, че инвестициите в геотермална енергия за отопление може да не се окажат финансово конкурентни в зависимост от техните приложения и в определени региони на България. Това предизвикателство допълнително се усложнява от много високи първоначални капиталови разходи и несигурност на ресурса, което прави потенциално трудно тези проекти да бъдат считани за банкируеми. Въпреки това обаче, ако икономическата жизнеспособност на такива проекти бъде потвърдена, тя може да обоснове обществена подкрепа. Например, механизмите биха могли да включват капиталови отстъпки, механизми за намаляване на риска или подкрепа за хеджиране на финансови потоци. По отношение на присъщия риск от несигурност на ресурсите, инструменти за споделяне на риска са доказали своята ефективност в различни страни. Опциите ще бъдат анализирани в следващи резултати в рамките на настоящата техническа помощ.

17. Субсидии биха могли да подкопаят потенциалната привлекателност на геотермалната енергия. Субсидии в отоплителния сектор биха могли да обезкуражат инвестиции в геотермална енергия, въпреки потенциалната ѝ икономическа, а в някои случаи финансова конкурентоспособност. Субсидиите обикновено се отнасят до оперативните разходи (основно за гориво), а не до капиталовите разходи, като могат да влошат финансовата устойчивост на отоплителни комунални услуги, ако те носят тежестта на неотразяващи разходите тарифи, или на субсидии за тарифи за отопление. Едно преразглеждане на рамката за субсидиране би могло да подпомогне оценяването на потенциалните икономии с помощта на топлинна енергия, генерирана от нисковъглеродни източници, които са „имунизиращи срещу колебания на нестабилните международни пазари на изкопаеми горива и свързани с ниски оперативни разходи“, както и потенциала за оптимизиране на фискалните ресурси. Ползата от разработването на геотермални енергийни ресурси може да се реализира чрез пренасочване на субсидии за изкопаеми горива към подкрепа на схеми за директно финансиране и механизми за намаляване на риска.

Околна среда и екологични съображения

18. Намаляването на емисиите на парникови газове е едно от основните предимства на геотермалната енергия от гледна точка на смекчаване на последиците от изменението на климата. Отоплителният сектор е силно зависим от изкопаеми горива - предимно газ, но и въглища, както и от свързаните с това въздействия върху здравето. Следователно възможността, която геотермалната енергия предоставя за намаляване на емисиите на CO₂, е значителна и ще се материализира много бързо с ангажимента за въглищния преход до края на 2038 г. Въпреки това, съставът на геотермалните флуиди може да включва парникови газове, които могат да бъдат изпуснати в атмосферата, особено ако се работи в отворен цикъл. Възможно е да се наложи оценяване на химическия състав на геотермалните ресурси и отчитане на потенциалните емисии на парникови газове.

19. Екологичните и социалните рискове трябва да бъдат добре оценени и смекчени във всички етапи на проекта. При избора на обекти, за които да се разработят проекти за геотермална енергия, следва да се вземат предвид екологични ограничения и регламенти, които могат да ограничат достъпа до обекта, по-специално в рамките на и около защитени зони. Като цяло, екологичните и социалните рискове, произтичащи от експлоатацията на геотермална енергия, са добре описани в литературата и могат да включват, наред с другото: въздействия върху качеството на въздуха и водата, ландшафт и визуални въздействия, флора, фауна и биологично разнообразие, достъп до пътища, достъп до земя, пътна безопасност, културно наследство, местна икономика и заетост, трудова медицина, а също и шум, трафик, предизвикана сеизмичност и слягане, проблеми с наплива на работна сила. Такива въздействия могат да бъдат смекчени, ако бъдат адекватно оценени при старта на идентификацията на проекта чрез изготвянето на оценка на въздействието върху околната и социалната среда (ОВОСС). Освен тези потенциални въздействия е много важно правителството и разработчиците на проекти също да вземат под внимание значението на социалното приемане и възприятието на потенциалните въздействия на проекта. Липсата на комуникация и недостатъчната ангажираност на заинтересованите страни с проекта може потенциално да създаде фалшиви очаквания по отношение на него и/или опозиция от страна на местната общност, дори когато екологичните и социалните рискове са правилно оценени и смекчени.

20. Геотермалната енергия може да разгърне допълнителни социално-икономически възможности. Положителните въздействия върху местната заетост и икономическа активност са ключови ползи от разработването на проекти за геотермална енергия. В зависимост от стратегиите и целите на правителството, приоритизирането при избора на проекти, когато се оценява обществената подкрепа, може да включва социални и икономически фактори (напр. икономическа дейност, заетост и присъствие на маргинализирани общности) в качеството им на критерии за приоритизиране на развитието на геотермални проекти, в допълнение към техническите, икономически и финансови критерии. Тези положителни външни фактори също трябва да се вземат предвид при оценката на икономическата жизнеспособност на геотермални проекти.

Пилотни проекти

21. Изпълнението на пилотни проекти може да е добра алтернатива за техническо намаляване на риска от развитието на геотермална енергия. Ограниченият брой геотермални проекти, разработени наскоро в България, може да се превърне в пречка за развитието на геотермалната енергия. Изпълнението на пилотни проекти може да преодолее тази бариера, като покаже и сигнализира пазара относно жизнеспособността и потенциалната стойност на тази технология. На базата на комбинирано разглеждане на геотермален ресурс, потребление и производство на топлинна енергия и очаквани икономически и финансови резултати бяха идентифицирани някои проекти, които да се считат за първоначални варианти за стартиране на геотермално развитие в България.

22. По принцип, системата за централно отопление в София може да представлява добър пример за пилотен проект в сектора на централното отопление. Очакваната температура на ресурса (70 - 80 °C) в софийския басейн може да е подходяща за приложения, свързани с ЦО, като ресурсът се намира на относително плитка дълбочина (в рамките на ± 1000 m) и се изчислява LCOH, която би могла да се конкурира с тази на други алтернативи (напр. природен газ), ако допусканията бъдат потвърдени. Освен това, такъв проект може да допринесе значително за постигане на целите на декарбонизация, тъй като системата за ЦО е съществуваща и с голямо потребление, в допълнение към евентуалното свързване на нови клиенти, които понастоящем използват неефективни горива за отопление.

Пилотният проект може да е предназначен или: (i) за интегриране на геотермална енергия в съществуващата система за топлофикация, за частично заместване на използването на изкопаеми горива, или (ii) за разработване на нова пилотна система за топлофикация, например на летище София и околните индустриални /търговски площи, което може да е добър вариант, като се има предвид местоположението му в близост до по-горещата и плитка част на геотермалния резервоар в Софийския басейн (ресурсът е потвърден на базата на съществуващи кладенци) и факта, че бидейки извън основната градска зона, ще се изправи пред по-малко предизвикателства при сондажни работи и при монтаж на топлопреносната инфраструктура. За първия вариант би се предложило поетапно включване на геотермална енергия в системата и избор на райони с по-ниски температури на обратния поток, за да се използва геотермалния ресурс в най-голяма степен като базова мощност. По отношение на последния вариант, основното предимство би било свързано с единственият източник на голямо потребление на топлинна енергия.

23. Теплофикация Варна също може да предостави интересна възможност за пилотен проект за геотермална енергия. Варна е идентифицирана като съчетаваща голямо потребление на топлинна енергия със значително производство на топлинна енергия от съоръжението за ЦО. Максималната очаквана температура на ресурса от 65-70°C може да се използва за централно отопление, особено с нови модерни енергийно ефективни системи за разпределение/доставка на топлинна енергия, напр. подово отопление. Ресурсът е сравнително достъпен, на дълбочина 1200-1400 m. Може да се разработят два варианта: (i) интегриране на геотермална топлинна енергия в съществуващата система за ЦО за осигуряване на базисен товар и подпомагане на потенциални разширения или предварително загряване в съществуващите съоръжения за генериране на топлинна енергия. Това изисква температурата на обратния поток в съществуващата система да бъде на ниво 30°C, за да може геотермалната система да направи своя принос; (ii) нова пилотна/демонстрационна система за ЦО, основана на съвременни енергийно ефективни строителни технологии (свързани с ново градско развитие). Предимството тук е, че от самото начало сградите са проектирани да получават ЦО с по-ниски температури, а използването на геотермалния ресурс би могло да се оптимизира, вероятно също с включването на геотермални термопомпи в системата.

24. В долината на река Струма могат да бъдат разработени оранжерии с геотермално отопление. Няколко обекта в района на долината на Струма са потвърдили геотермални ресурси с температури, подходящи за поддържане на геотермални оранжерии и намиращи се на плитки дълбочини от 500-700 m или по-малко. Оранжерийният бизнес вече присъства в този регион, включително някои малки оранжерии, поддържани с геотермална топлинна енергия. Това означава, че местната икономика и работната сила вече са запознати с оранжерийните операции и са готови да подкрепят по-нататъшното им развитие. Такъв проект се нуждае от съгласуване с други свързани сектори, за да се гарантира комерсиализацията надолу по веригата на оранжерийните продукти и наличието на работна сила. Друг вариант за изследване може да бъде спа индустрията. Наистина, в същия район има термални съоръжения, които вече се използват като СПА центрове (напр. в Кюстендил и Сапарева баня). Може да съществува възможност за оптимизиране на тяхното използване на геотермална енергия, вероятно чрез разработване на пространствено отопление в хотели и на други видове използване на топлинна енергия.

25. След определяне на концепцията на пилотния проект, който да бъде разработен, всеки от предложените проекти ще предполага процес „стъпка по стъпка“, започвайки от подробната му подготовка до неговото изпълнение. Таблица 33 илюстрира основните стъпки, необходими за разработването на геотермални пилотни проекти.

Таблица 33: Процес „стъпка по стъпка“ за разработване на пилотни проекти

СТЪПКА	ДЕЙНОСТИ	ВРЕМЕВО ИЗИСКВАНЕ
1) Дефиниране и създаване на звено за финансиране и изпълнение на проекта	<ul style="list-style-type: none"> • Идентифициране на собственик на проекта/партньори на проекта, организация (държавна институция, частно партньорство (ПЧП) или частен субект). • Създаване на звено за изпълнение на проекта (местоположение в зависимост от собственика на проекта) и технически капацитет (наемане на технически експерти, изграждане на капацитет). • Договори за финансиране и за доверително управление 	3-6 месеца
2) Подробно определяне на обхвата на проекта и на мерки за изпълнение	<ul style="list-style-type: none"> • Пазарна оценка • Финансов и икономически анализ • ОВОСС/ПУОСС, ангажиране на заинтересовани групи (150 000 Евро) • Планиране на проекта 	3-6 месеца
3) Разрешителни	<ul style="list-style-type: none"> • Геотермални концесии • Екологични разрешителни и социални лицензи • Местни разрешителни • Достъп до земя. (Размера на разходите зависи от вида на договора и характеристиките на имота/ локацията) 	4-6 месеца
4) Преглед на информация за ресурсите и проучване за осъществимост	<ul style="list-style-type: none"> • Преглед на съществуващи данни, включително измервания и тестване на съществуващи кладенци. Допълнителни проучвания на повърхността (според необходимостта). Интерпретиране на данни, концептуално моделиране и оценка на ресурса • Таргетиране на кладенеца и бюджетиране • Концептуален дизайн на проекта (0.7 – 2.1 милиона Евро за тези дейности) 	6-12 месеца
5) Пробиване на производствени и реинжекционни кладенци	<ul style="list-style-type: none"> • Технически спецификации за търгове • Доставка на сондажни материали, сондажно оборудване и услуги. • Подготовка на локацията на сондажа. • Пробиване и тестване на два/три кладенци със стандартни размери. (Размера на разходите зависи от дълбочината на кладенците и техния брой. Минимум 4,5-5 милиона Евро за два кладенеца дилбоки 1000 м). 	8-15 месеца
6) Работен инженерен проект на наземните съоръжения и предпроектно проучване	<ul style="list-style-type: none"> • Тестване и актуализиране на модела на ресурса (температура, дебит, химия на флуида). • Работен проект на наземната инфраструктура и оперативни процедури. • Технически спецификации на топлоцентралата и компонентите на проекта. Оценки на разходите. • Предпроектно проучване (техническа и финансова оценка) (150 000 Евро) 	4-6 месеца

7) Строителство и пускане в експлоатация на проекта	<ul style="list-style-type: none"> • Доставка на оборудване, материали и услуги • Строителство на топлоцентрала и свързани наземни съоръжения. (Разходите са в зависимост от капацитета на централата и характеристиките на съоръженията за добив – само за централно отопление около 110 Евро/kW.) 	4-6+ месеца (в зависимост от характеристиките на проекта)
---	---	--

Източник: Анализ на авторите

Използвана литература

Бояджиева К., Гашаров С. 2001 г. *Геотермален каталог на България*. Изследване на геотермалния потенциал на България. Горекс прес, София.

Бояджиева К., Христов Х., Христов В., Бендерев А., Тошев В., Бароков К. 2010 г. *България – Актуализиран геотермален доклад*. Материали на Световен геотермален конгрес 2010 г., Балий, Индонезия, 25-29 април 2010 г.

Бояджиева К., Христов В., Бендерев А. 2007 г. *Общ преглед на геотермалната енергия в България*, Acta Montanistica Slovaca Ročník 12 (2007 г.), 1, 86-91.

COWI – EcoProConsult, 2005 г., *Идентифициране на ключови бариери пред използването на националните геотермални ресурси в България и изследвания на казуси на обекти във Велинград, Сапарева баня и на други геотермални отоплителни системи*, Междинен доклад. том II – Приложения.

Емрих Р., 2020 г., *Бъдещ успех на нискотемпературно производство на микро геотермална енергия*, Материали на 42-ри новозеландски геотермален семинар, 24-26 ноември 2020 г., Уайтанги, Нова Зеландия. <https://electratherm.com/wp-content/uploads/2021/01/NZGW2020.pdf>

ESMAP, ноември 2022 г., *Директно оползотворяване на геотермални ресурси*, https://www.esmap.org/Direct_Use_of_Geothermal_Resources.

ESMAP. 2012 г., *Геотермален наръчник: Планиране и финансиране на производство на енергия*, Технически доклад 002/12. https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/FINAL_Geothermal%20Handbook_TR002-12_Reduced.pdf

Европейска комисия, 2002 г., *Атлас на геотермалните ресурси в Европа*, ГД Научни изследвания, Редактори: Сузане Хъртър и Ралф Хаенел, Публикация № EUR 17811.

Фурнаджиева С., Бояджиева К., Пиларски П., 2003 г., *Български опит с аквакултури (микроводорасли) - култивиране, производство и развитие*, Европейска геотермална конференция.

Граматииков П., 2002 г., *Съвременно използване на геотермална енергия в България*, Международно лятно училище за директно приложение на геотермална енергия, стр. 181-185.

Христов В., Бендерев А., Стоянов, Н., Антонов, Д., Траянова, М., Колев, С., 2021 г. *Геотермална актуализация за България (2014-2018 г.)*, Материали на Световния геотермален конгрес, 2021 г., Рейкявик, Исландия, април - октомври 2021.

Христов В., Вълчев С., Траянова М., Атанасова Р., Бендерев А., 2023 г., *Бутилиране на минерална вода в България*. *Geologica Balcanica* 52 (2), София, август 2023, стр. 53–64.

Христов В., Денева, Б., Вълчев, С., Бендерев, А., 2019 г., *Използване на геотермална енергия, Актуализация за България (2014-2018 г.)*, Европейски геотермален конгрес 2019 г., Хага,

Нидерландия, 11-14 юни 2019 г. <https://europeangeothermalcongress.eu/wp-content/uploads/2019/07/CUR-05-Bulgaria.pdf>

IRENA. 2023 г., Геотермален пазар и оценка на технологиите, февруари 2023 г., <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-geothermal-market-and-technology-assessment#:~:text=It%20provides%20recommendations%20to%20guide,integration%20within%20global%20energy%20systems.>

IRENA, 2023 г., *Разходи за производство на енергия от възобновяеми източници в 2022 г.* Международна агенция за възобновяема енергия, Абу Даби, <https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022>

Моек, И., 2014 г., *Каталог на видовете геотермални комплекси, базиран на геоложки наблюдения*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 37 (2014), стр. 867-882. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114003578>

Надоор, А., Куйбус, А., Тот, А., 2019 г., *Използване на геотермална енергия, Актуализация за Унгария*. Европейски геотермален конгрес 2019 г., Хага, Нидерландия, 11-14 юни 2019 г. <https://europeangeothermalcongress.eu/wp-content/uploads/2019/07/CUR-14-Hungary.pdf>

Петров П., Йотов И., Бендерев А., Христов В., Гашаров С. И к-в, 1998 г., *Преоценка на хидрогеотермални ресурси в България*, Доклад за Министерството на околната среда и водите, София, Национален геофонд (на български език).

Рагнарсон, А., (2016 г.), *Преглед на директните геотермални приложения и употреби в световен мащаб*, III ГГПР - кръгла маса, Конферентен център Харпа - Рейкявик, Исландия, 25-26 април, 2016 г. <https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/1Overview%20of%20direct%20geothermal%20applications%20%C3%81rni%20R.pdf>

Щерев К., Георгиев Г., 2011 г., *Минерални води и хидротермални ресурси в България*, 2-ри Европейски семинар за споделяне на знания на ЦГИ - Природни аналози, Мариа Лаах, Германия.

Щерев К. и Загорчев И., 1996 г., *Минерални води и хидрогеотермални ресурси в България*, Геожурнал.

Траянова М., Хаслингер Е., Уайхлидал С., Кинър П., Атанасова Р., Бендерев, А., 2020 г., *Възможности за използване на силно минерализирани води в Централна България като източник на топлинна енергия на базата на опита на Австрия*. Bulgarian Chemical Communication, 52 (Special Issue C), стр. 72–78.

Ван Донген Б.Р. 2019 г., *Икономическият потенциал на геотермалните системи за дълбоко директно използване в Холандия*. Дипломна работа за магистърска степен, Приложни науки за земята при Технологическия университет в Делфт (ТУ - Делфт). <http://resolver.tudelft.nl/uuid:4b1f0f67-f990-4e7e-a4be-104bdf07ebdc>

Веркис, 2014 г., *Геотермални бинарни електроцентрали*. Предварително проучване на използването на ниска температура, оценки на разходите и енергийни разходи,

https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/lceida-geothermal-binary-overview_small.pdf

Зарук, С. Дж., и Муун, Х., 2014 г., *Ефективност на геотермалните електроцентрали: световен преглед*, Geothermics, 51, стр. 142–153.

Общи препратки

Годишни отчети на операторите относно екологично съответствие за периода 2018–2022 г., достъпни на: <https://eea.government.bg/bg/r-r/r-kpkz/godishni-dokladi-14/index>

Заявления за ценообразуване на когенерационните оператори за периода 2018–2022 г., достъпни на: <https://www.dker.bg/bg/toploenergetika/tseni-3.html>

ДИРЕКТИВА (ЕС) 2023/2413 НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 18 октомври 2023 година за изменение на Директива (ЕС) 2018/2001, Регламент (ЕС) 2018/1999 и Директива 98/70/ЕО по отношение на насърчаването на енергията от възобновяеми източници и за отмяна на Директива (ЕС) 2015/652 на Съвета, достъпна на: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413

Европейска комисия, Тавани на и квоти на емисиите, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/emissions-cap-and-allowances_en

Евростат, Крайно потребление на енергия в домакинствата по видове гориво [TEN00125__custom_7709851), https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households

Решение на КЕВР за ценообразуване, С-12/30.06.2023, <https://www.dker.bg/uploads/reshenia/2023/res-c12-2023.pdf>

Решение на КЕВР за ценообразуване, С-39/24.11.2021, <https://www.dker.bg/uploads/reshenia/2021/res-c39-2021.pdf>

Годишни доклади на КЕВР до Европейската комисия за периода 2018–2022 г., достъпни на: <https://www.dker.bg/bg/za-kevr/dokladi-do-ek.html>

Топлинна карта на Република България, <https://www.hotmaps.eu/map>

Решение на Националното събрание за приемане на пътна карта за климатичен неутралитет до 2050 г., <https://dv.parliament.bg/DVWeb/showMaterialDV.jsp?idMat=200425>

Национален статистически институт, Статистика за населението, https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/reports/query.jsf?x_2=1089

РЕГЛАМЕНТ (ЕС) 2021/1119 НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА

от 30 юни 2021 година за създаване на рамката за постигане на неутралност по отношение на климата и за изменение на регламенти (ЕО) № 401/2009 и (ЕС) 2018/1999 (Европейски закон за климата), достъпен на: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>

Закон за енергията от възобновяеми източници, <https://lex.bg/laws/ldoc/2135728864>

Пътна карта за климатична неутралност до 2050 г.
<https://www.government.bg/files/common/pk.pdf>

План на София, енергийна мрежа, ВЕИ и енергийна ефективност в София, 2020 г., достъпен на:
https://sofiaplan.bg/wp-content/uploads/2021/03/1.5.3_%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5.pdf

Агенция за устойчиво енергийно развитие. *Ръководство за управление на енергийната ефективност в предприятията*, достъпно на: <https://seea.government.bg/documents/narachnik.pdf>

Приложение А. Анализирана информация

В настоящето приложение е направен преглед на източниците на информация, която е събрана и анализирана за целите на този доклад. Тя включва набори от данни и доклади, получени от българските институции, както и допълнителни документи, събрани от Световната банка посредством библиографски справки. Основните източници на информация са описани в раздел 1, а пълният аотиран списък на събраната информация е представен в раздел 3. Особено внимание е отделено на потреблението и прегледа на набори с геохимични данни за термалните води, разгледани в Раздел 2, предвид значението на техния принос към първоначалната оценка на геотермалните системи.

Обобщение на основните източници на информация

Институционални бази данни

База данни на Националния геоложки фонд (Геофонд)

Националният геоложки фонд е най-подходящият източник на данни относно природните ресурси в България. Съгласно Закона за подземните богатства, министърът на енергетиката управлява базата данни на Геофонда, в която се събира, обработва и съхранява информация от научни изследвания и други дейности, свързани с проучването и добива на подземни природни богатства. Информацията от Геофонда е публично достъпна в отдел „Национална геоложка служба“, дирекция „Природни ресурси, концесии и контрол“ към Министерство на енергетиката, след i) заплащане на такса, която зависи от обемите, до които се получава достъп; и ii) декларация за поверителност. Базата данни съдържа геореферирани данни, карти и доклади. Част от информацията е налична в цифров формат/формат, който позволява редактиране, а друга част, най-вече доклади и данни от сондиране и тестване на кладенци, както и някои стари доклади, са налични единствено на хартиен носител.

Информацията, която има най-голямо отношение към геотермалното проучване и оценка, е следната:

- Данни от петролни и газови кладенци: Геофонд разполага с таблица в Excel, в която е обобщена основна информация за 2329 петролни и газови кладенци, разположени главно в северните части на България. Тази таблица включва данни като координати на местоположението им, дълбочина, архитектура на кладенеца и налични литоложки, химични и геофизични доклади. Налични са доклади за сондиране и изпитване на сондажа, литостратиграфски и геофизични протоколи, лабораторни измервания на ядрови проби, протоколи относно налягането и температурата, данни за пластови изпитвания и химичен анализ на добитите флуиди, предимно на хартиен носител и на български език. Информацията от сондажите е събрана основно с руска технология и оборудване, поради което може да има необходимост от специфични процедури за обработка и тълкуване.
- Геоложки карти: в Геофонда е наличен комплект от геоложки карти в мащаб 1:100 000 и 1:25 000 в цифров MapInfo формат. Тези карти отразяват основните геоложки характеристики, включително тектонични структури, разломи и литоложки формации. Те могат да се използват за оценка на регионалната и местната геоложка рамка на потенциалните геотермални райони, за подпомагане на

създаването на геоложки модели на геотермални системи, както и за планиране на подробни геоложки проучвания в областите, представляващи интерес.

- Сеизмични профили: налични са няколко сеизмични профила с различна дължина за района около град Варна (54 профила) и за района на Плевен (141 профила). Тези профили се предоставят като немигрирани образи, в TWT, частично интерпретирани. Не са налични цифрови или мигрирани данни. Повечето от профилите са налични като сканирани копия на оригиналните изображения на хартиен носител и трябва да бъдат дигитализирани. Сеизмичните проучвания са проведени предимно с руско оборудване, поради което може да се нуждаят от адаптирани подходи за обработка и тълкуване.
- Други геофизични данни (потенциални полеви проучвания): за обширни територии от страната са налични аеромагнитни данни, данни от въздушна гама-спектрометрия, както и наземни гравиметрични данни с различна резолюция. Те биха могли да бъдат полезни на регионално ниво за картографиране на структурни линии, извеждане на дълбочина на основата и за ограничаване на геоложките модели в дълбочина.

Онлайн база данни на Министерство на околната среда и водите (МОСВ)

- Документът е достъпен на адрес: <https://www.moew.government.bg/bg/vodi/mineralni-vodi/mineralni-vodi>

МОСВ поддържа публично достъпна онлайн база данни, която съдържа информация за повърхностните и подземните води, включително геотермални и минерални води. Наборът от данни и докладите са на български език. Уебсайтът съдържа връзки към правната рамка, която се отнася до водните ресурси, стратегически документи като например национални планове за развитие и управление на водните ресурси и подробна информация за повърхностните и подземните водни тела.

Отделен раздел, който се отнася само до минералните води (където са включени и термалните води) съдържа голям набор от регистри с данни, карти и доклади за водните тела с минерални води, като например разрешителни за водоземане от минерални води, хидрометрични станции за мониторинг на оттока на повърхностните води и станции за мониторинг на подземни води. Разрешителните за използване на термални води са разделени на държавни и общински концесии и са класифицирани по хидроложки басейни. За всяка концесия наличната информация за водния ресурс включва местоположение, буферна зона, пиезометрични нива, дълбочина и диаметър на сондажа, вид облицовка на кладенеца, дебит и разрешено количество на водоземане. По-голямата част от информацията е налична като документи в PDF формат.

Доклади относно националните геотермални ресурси

Преценка на хидрогеотермалните ресурси в България (Петров и др., 1998 г.)

През 90-те години на 20-ти век Геологическият институт към Българската академия на науките (БАН), по поръчка на Министерство на образованието и културата, прави опит да организира информацията за геотермалните ресурси в България, да извърши характеризирание на геотермалните области и да оцени съответния потенциал на ресурсите. Проучването е проведено в периода 1994 г. – 1997 г. с участието на около 20 учени и завършва с публикуването на подробен доклад през 1998 г., който съдържа над 40 тома със събраните данни, анализи и резултати. Това проучване е първият цялостен преглед на геотермалните ресурси в България и полага основата за няколко последващи изследвания.

Докладът е наличен в базата данни на Геофонда на Министерство на енергетиката, но само на хартиен носител и на български език. Световната банка получи сканирано копие на окончателния доклад, който съдържа обобщение на всички проведени проучвания и съответните резултати. Информация, която се съдържа в това проучване, е получена от последващи проучвания, в които са докладвани и преведени на английски език някои от частите му (т.е. COWI-EcoProConsult, 2005 г.).

Освен подробното документиране и анализ на геотермалните системи в България, основен резултат от това проучване е количествената оценка на топлинната мощност, която може да бъде получена от идентифицираните геотермални ресурси в района, като се прави разграничение между “налични или експлоатирани” ресурси (които съответстват на естествените горещи извори и съществуващите сондажи) и “оценени или прогнозирани” ресурси посредством хидрогеоложки методи за оценка на ресурсите.

Геотермичен каталог на България (Бояджиева и Гашаров, 2001 г.)

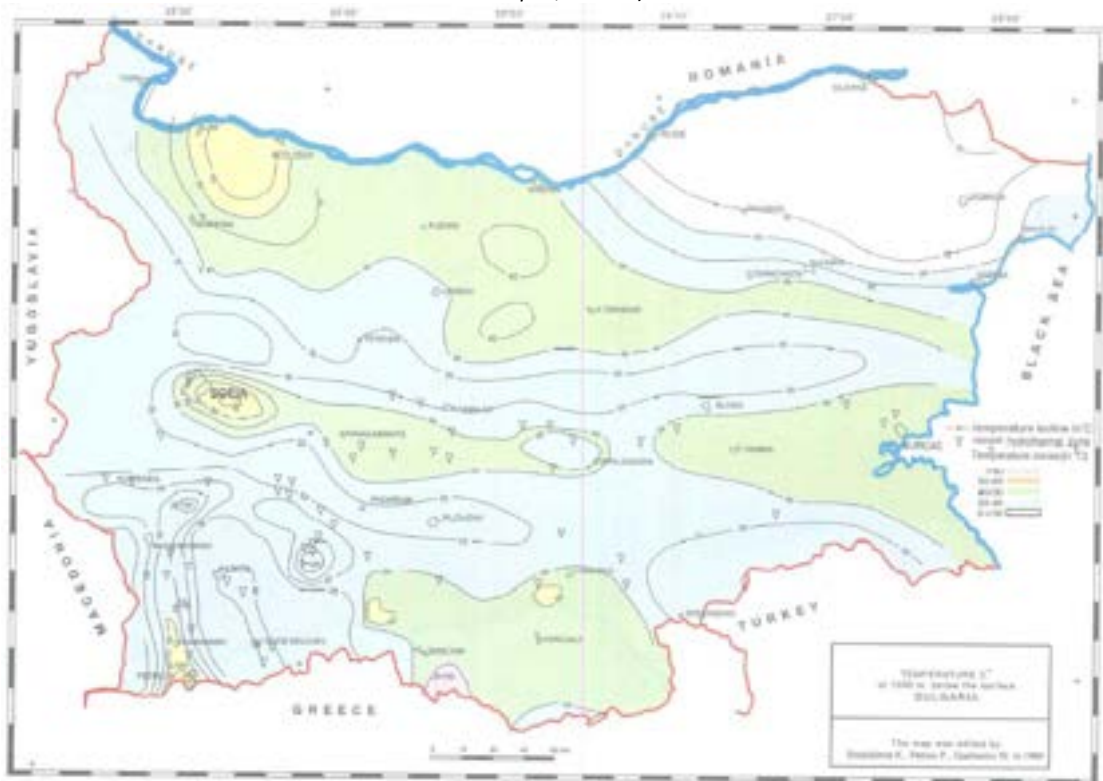
Този документ, публикуван от Българската академия на науките, включва голям набор от данни с информация от 929 сондажа, направени за проучване на нефт и газ, въглища, руди и подземни води на цялата територия на България в началото на 2000 г. Той включва измервания на температурата в сондажи с дълбочина на места до 4 000 m, както и данни за топлопроводимостта на скалите, топлинния поток и температурния градиент. Наличните данни са представени поотделно в обобщени таблици, а също така са и интегрирани и интерпретирани, с цел изработването на карта на топлинните потоци в България и карти на температурата на дълбочина 500 m и 1000 m под земната повърхност (вж. картите по-долу).



Карта на топлинните потоци в България (от Бояджиева и Гашаров, 2001 г.).



Карта на разпределението на температурата на дълбочина 500 m под земната повърхност (от Бояджиева и Гашаров, 2001 г.).



Карта на разпределението на температурата на дълбочина 1000 m под земната повърхност (от Бояджиева и Гашаров, 2001 г.).

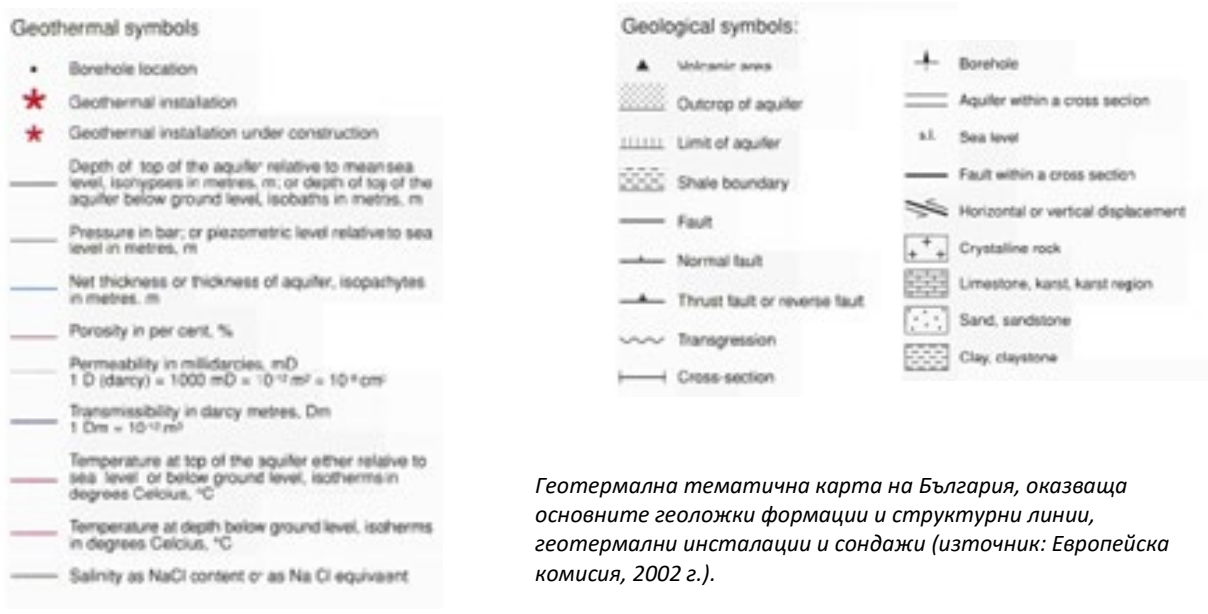
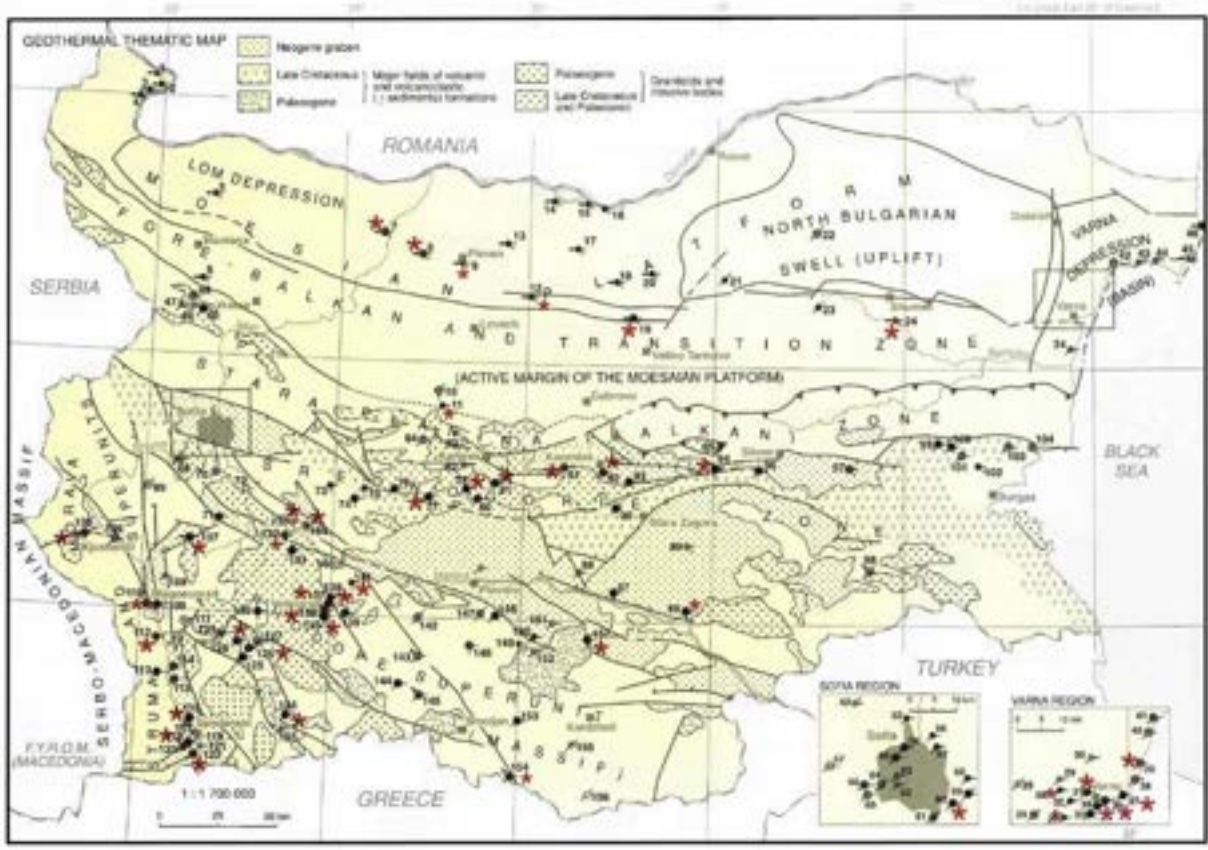
Атлас на геотермалните ресурси в Европа (Европейска комисия, 2002 г.)

- Документът е достъпен на адрес: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9003d463-03ed-4b0e-87e8-61325a2d4456>

България участва в европейската инициатива за изготвяне на *Атлас на геотермалните ресурси в Европа*, който съдържа обобщение и оценка на геотермалните ресурси в отделните страни-членки и обща картина на геотермалната база на европейско ниво. Атласът е публикуван за първи път от Европейската комисия през 1988 г. а през 2002 г. е издадена актуализирана версия. Атласът включва обобщени карти, които онагледяват основни геотермални елементи, като например:

- Карта на топлинните потоци и карти на температурите на дълбочина 1 000 m и 2 000 m в континентален мащаб;
- Тематична геотермална карта на България, показваща основната геоложка и хидрогеоложка рамка и местоположението на геотермалните инсталации и сондажи;
- Температурна карта на България на 500 m дълбочина; и
- Подробни карти на Софийския басейн и на Малмваланжски я басейн (Дунав и Черно море) с контури на дълбочината до горната част на водоносния хоризонт, температурата в горната част на водоносния хоризонт, солеността, общата дебелина на водоносния хоризонт и оценка на ресурсите.

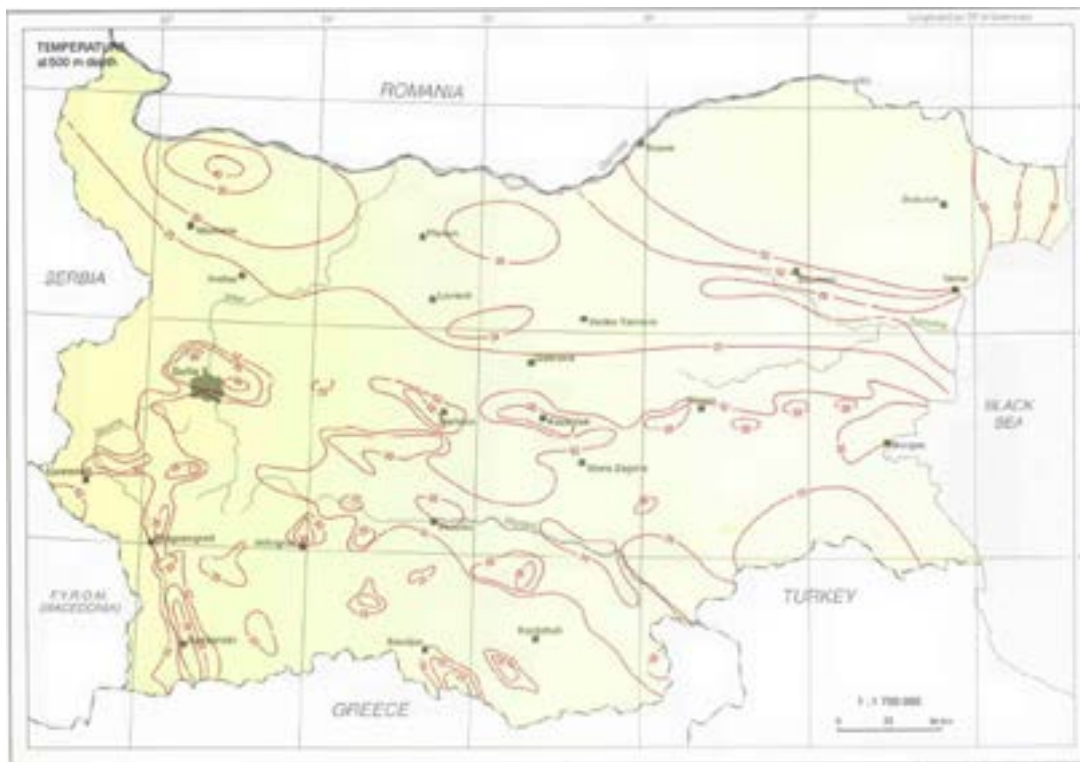
Част от по-важната информация е представена на Графиката по-долу. *Геотермалната тематична карта на България* показва основната геоложка и хидрогеоложка рамка, както и местоположението на геотермалните инсталации и сондажи.



Геотермална тематична карта на България, оказваща основните геоложки формации и структурни линии, геотермални инсталации и сондажи (източник: Европейска комисия, 2002 г.).

Картата на температурите на дълбочина 1000 m, публикувана по-рано от Бояджиева и Гашаров (2001 г.) е актуализирана в европейския атлас, като е изготвена допълнителна карта за дълбочина 2000 m, в която са използвани 1127 температурни профила, включени в Геотермичния каталог на България от 2001 г. Тези нови данни са интегрирани в европейския атлас, за да се изготвят картите на температурата на дълбочина 1000 и 2000 m на континентален мащаб. Температурната карта за

България за дълбочина 500 m, изготвена от Бояджиева и Гашаров (2001 г.) е актуализирана за европейския атлас и представена на държавен мащаб:



Карта на разпределението на температурите на дълбочина 500 m под земната повърхност (Европейска комисия, 2002 г.).

Устойчиво оползотворяване на геотермалните ресурси в България (COWI – ЕкоПро Консулт (2005 г.) – документ, получен от базата на Световната банка

В периода 2004-2005 г. Министерство на енергетиката и енергийните ресурси (понастоящем Министерство на енергетиката) направи подробни проучвания на устойчивото използване на геотермалните ресурси в България, с цел увеличаване на дела на енергията от възобновяеми източници в енергийния микс на страната. Проектът е финансиран със средства от Програмата за безвъзмездно финансиране по Инициативата за изменение на климата на Япония, администрирана от Международната банка за възстановяване и развитие (МБВР, Групата на Световната банка), и изпълнен от консултантската компания COWI (Дания) съвместно с ЕкоПро Консулт (България). Проучванията са насочени към идентифициране на основните пречки пред използването на геотермалните ресурси в България и към разработване на казуси за няколко геотермални обекта (Велинград, Сапарева баня и други обекти с потенциал за инсталиране на геотермални отоплителни системи).

В рамките на този проект са разработени редица доклади (въстъпителен, междинен и окончателен доклад, както и няколко приложения), които бяха отчасти възстановени от Световната банка като сканирани копия. По-важната информация, прегледана за целите на настоящето проучване, е междинен доклад от февруари 2005 г., който включва база данни на геотермалните ресурси с подробна информация за термалните извори и сондажите в много геотермални обекти, оценка на енергийния потенциал на геотермалните ресурси (основно от проучванията, извършени от Петров и

др., 1998 г.), списък с 25 приоритетни геотермални ресурси, както и списък с 12 проектни казуса за разработване. Проектните казуси включват оценка на наличния геотермален ресурс, оценка на настоящата употреба на геотермална топлинна енергия (най-вече за отопление на сгради/помещения), предложение за изграждане на геотермална топлинна станция, заедно със съответната оценка на разходите, анализи и оценка на въздействието върху околната среда, финансови анализи и оценка на ползите от проекта.

Налична информация за химичните свойства на геотермалните води

Пълният набор от данни, събран за целите на настоящето изследване, е специално прегледан с цел намиране на информация за характеризирането/използването на геотермални води и съответния химичен състав. Най-интересните/полезни документи, в които са открити физични и химични данни от повече от 220 водни проби, са следните:

- Мишар Г., Санхуан Б., Кристо А., Фуилиак К., Пенчева Е., Петров П., Алексиева Р. (1986 г.). Равновесие и геотермометрия в горещи алкални води от гранити в ЮЗ България. Геохимичен журнал, бр. 20: 159-171
- COWI – ЕкоПро Консулт (2005 г.), „Идентификация на основни бариери за оползотворяването на националните геотермални ресурси в България и изследване на казуси за Велинград, Сапарева баня и други геотермални отоплителни системи“. Междинен доклад, том II – Приложения.
- Тенева-Георгиева С.И., Андреев А. (2005 г.). Нискотемпературна система на река Ерма (Южна България) – Геотермални характеристики. Сборник с материали от Световния геотермален конгрес. Анталия, Турция, 24-29 април 2005 г.
- Минисал А., Васели О., Марчев П., Таси Ф. (2023 г.). Геохимия на термални извори и свързани газове по долината на река Стримон (България и Гърция). Журнал за геохимични изследвания 252 – 107262.

Други ревизирани документи, които съдържат геохимична информация от известен интерес, са следните:

- Христов В., Пенчева Е. (1999 г.). Геотермометрия на хидротермалните системи в Софийската котловина, България. Bulletin d'Hydrogeologie No. 17. Centre de Hydrogeologie, Université de Neuchatel. Peter Lang Ed.
- Христов В., Бояджиева К., Бендерев А. (2000 г.). Разтвореният хелий като индикатор за проучване на геотермални води. Сборник с материали от Световния геотермален конгрес. Кюшу-Тохоку, Япония, 28 май -10 юни.
- Христов В., Бендерев А., Бояджиева К. (2010 г.). Оценка на хидрогеоложките и хидродинамичните условия в Казанлъшкия басейн (България). Сборник с материали на Световния геотермален конгрес, 2010 г., Бали, Индонезия, 25-29 април 2010 г.
- Пенев И., Щерев К. (2000 г.). Геотермални ресурси и използване на геотермалната енергия в България. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2000 г.. Кюшу-Тохоку, Япония, 28 май – 10 юни.
- Battocletti L., Lawrence B. & Associates, Inc. (2001 г.). Геотермални ресурси в източна Европа. Доклад INEEL/EXT-2001-677 – Idaho National Engineering & Environmental Laboratory (INEEL).
- Щерев К., Георгиев Г. (2011 г.). Минерални води и хидротермални ресурси в България. Втори семинар за споделяне на знания на CGS Европа. Естествени аналози. Мария Лаах, Германия.

- Бендерев А., Христов В., Бояджиева К., Михайлова Б. (2015 г.). Термалните води в България, Минерални и термални води в югоизточна Европа, Petar Papic Ed., Series Title Environmental Earth Sciences, Springer Cham Publisher. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25379-4>.

Въпреки наличието на голямо количество информация относно характеристиките и химическия състав на геотермалните води, бяха установени някои проблеми от критична важност, които ограничават използването ѝ за по-нататъшна обработка и тълкуване. По-конкретно:

- В някои случаи наличните данни са непълни (напр. Michard et al., 1986; COWI, 2005 г.). Липсват концентрациите на някои химични елементи, географските координати, дълбочината на кладенците и скоростта на оттока, което затруднява организацията им в единна таблица с хомогенни данни.
- В Христов В., Пенчева Е., (1999 г.), Христо и др. (2000 г.; 2010 г.), Пенев и Щерев (2000 г.), Battocletti et al. (2001 г.), Щерев К., Георгиев Г. (2011 г.) и Бендерев и др. (2015 г.), въпреки че са разгледани основните химични характеристики и/или геотермометрични изчисления, за съжаление не се докладват данни и подробна информация по отношение на източниците на данни.

Аотиран списък с библиографски източници и препратки

Доклади относно регионалното разпределение на геотермалните ресурси в България

Battocletti L., Lawrence B. & Associates, Inc. (2001). Geothermal resources in Eastern Europe.	Този доклад (361 страници) описва “Базата данни на геотермалните ресурси в Източна Европа” и съдържа информация за 192 конкретни геотермални обекта или проекти в България. Докладът съдържа и обща информация относно геоложката оценка и законодателството в България (към 2001 г.).
Бояджиева К. (1998 г.). Развитие на геотермалната енергия в България. Университет на ООН, Програма за обучение по геотермална енергия, 20-ти юбилеен семинар, октомври 1998 г.	Доклад от девет страници, който обсъжда българските геотермални системи и техния геоложки контекст от регионална гледна точка. От полза е като широк общ преглед на геотермалните ресурси в България.
Бояджиева К., Христов Х., Христов В., Бендерев А. (2000 г.). Състояние на геотермалната енергия в България. Сборник с материали от Световния геотермален конгрес, Кюшу – Тохоку, Япония, 2000 г.	Научен доклад (шест страници), описващ състоянието на геотермалната енергия в България, с информация относно характеристиките и разпределението на геотермалните обекти, настоящите директни употреби на топлинна енергия от геотермални източници, политиките и законодателството за развитие на геотермалната енергия.
Бояджиева К. и Гашаров С. (2001 г.). Геотермичен каталог на България. Изследвания за геотермичния потенциал на България. Горекс прес, София.	Книга (84 страници) на български и на английски език, публикувана от Българската академия на науките, която съдържа и описва широк спектър от геотермални данни от сондажи в България.
Бояджиева К., Дипчикова С., Бендерев А., Косева Й. (2003 г.). Термални води и балнеология в България. Международно лятно училище за пряко използване на геотермалната енергия.	Доклад от единадесет страници за термалните води и балнеологията в България. Съдържа карта, която показва балнеолечебните центрове в България. Подробно представени са седем курорта с термални води.

<p>Бояджиева К., Христов Х., Христов В., Бендерев А., Тошев В. (2005 г.). Актуализация на геотермалната енергия в България (2000-2005 г.). Сборник с материали на Световния геотермален конгрес, Анталия, Турция, 24-29 април 2005 г.</p>	<p>Научен доклад (11 страници), съдържащ информация за характеристиките и разпределението на геотермалните обекти, съществуващото директно използване на геотермалната енергия (балнеология, отопление), политиките и законодателството, свързано с развитието на геотермалната енергия. Съдържа карта с различните видове приложения на геотермалните води.</p>
<p>Бояджиева К., Христов В., Бендерев А. (2007 г.). Общ преглед на геотермалната енергия в България. Acta Montanistica Slovaca Ročník 12, 86-91.</p>	<p>Документ от седем страници, илюстриращ регионалното разпределение на геотермалните ресурси и приложенията на термалните води в България. Основно съдържа информация от Бояджиева и др. (2001 г., 2003 г., 2005 г.)</p>
<p>Бояджиева К., Христов В., Бендерев А. (2010 г.). Аспекти на регионалното използване на геотермалните води в България. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2010 г., Бали, Индонезия, 25-29 април 2010 г.</p>	<p>Научен доклад (седем страници), илюстриращ регионалната геоложка и хидрогеоложка рамка на България и съществуващите преки приложения на геотермалните води в страната.</p>
<p>Бояджиева К., Христов Х., Христов В., Бендерев А., Тошев В., Бароков К. (2010 г.). България – актуализиран доклад за геотермалната енергия. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2010 г., Бали, Индонезия, 25-29 април 2010 г.</p>	<p>Научен доклад (единадесет страници), който съдържа актуализираната версия на докладите за състоянието на геотермалната енергия в страната, публикувани в миналото от Бояджиева и др. (2000 г., 2005 г.).</p>
<p>Бойка М. (2023 г.). Статията на Георги Бончев „Принос към изворите в България“ от 1939 г. и нейната значимост за хидрогеологията в България. Geologica Balcanica, 52 (1), 13–20.</p>	<p>Доклад от осем страници, посветен на статията на Георги Бончев „Принос към изворите в България“ (1939 г.). Включва някои таблици и с изменението на дебита на изворите през годините.</p>
<p>Бонев Н. и Стампли Г. (2008 г.). Петрология, геохимия и геодинамични последици от юрския островен дъгов магнетизъм, разкрити от мафични вулканични скали в нискостепенна мезозойска последователност, източни Родопи, България. Lithos, 100, 210–233.</p>	<p>Научен доклад (двадесет и четири страници) за мафичните вулканични скали в нискостепенна мезозойска последователност в източните Родопи. Магмената свита се интерпретира като представляваща острово-дъгово-акреационен комплекс, свързан със субдукцията на юг на Мелиата-Малиакския океан под суперсубдукционната задна дъга на Вардарския океан / островна дъга.</p>
<p>Дабовски Хр., Боянов И., Хрисчев Х., Николов Т., Сапунов И., Янев Я., Загорчев И. (2002 г.). Структура и алпийско развитие на България. Geologica Balcanica, 32.2-4, 9-15.</p>	<p>Научен доклад (седем страници), който илюстрира триаския до олигоценския тектонски еволюционен модел на България.</p>
<p>Европейска комисия. Атлас на геотермалните ресурси в Европа: обяснителна бележка – България (2002 г.).</p>	<p>Доклад от 15 страници с технически обяснения и геотермални тематични карти на България от Атласа на геотермалните ресурси в Европа.</p>

<p>Fytikas M. и Arvanitis A. (2009 г.). Геотермален потенциал в югоизточна Европа. Солун, Гърция, 8–19 юни 2009 г.</p>	<p>Презентация (47 страници), обобщаваща геотермалния потенциал в югоизточна Европа, от която няколко страници са отделени на България. Включва таблици с регионални данни с неясен произход, вероятно от Петров и др. (1998) и други неупоменати източници.</p>
<p>Георгиев Г. (2008 г.). Емисии на CO₂ и възможности за геоложко съхранение в България. Slovak Geol. Mag., 43–52.</p>	<p>Документ от десет страници, в който се обсъжда оценката на възможностите за съхранение на CO₂ в България. Съдържа оценки на капацитета за съхранение на CO₂ въз основа на резултати от сеизмични проучвания и сондажи, комбинирани с геоложки наблюдения.</p>
<p>Христов В., Бояджиева К., Бендерев А. (2000 г.). Разтвореният хелий като индикатор за проучване на геотермални води. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2000 г., Кюшу – Тохоку, Япония, 28 май – 10 юни 2000 г.</p>	<p>Научен доклад (шест страници) за разпределението на концентрациите на разтворен хелий в студени и геотермални подземни води в южна България. Изследвани са повече от 1000 проби от различни водоизточници. Пространственото разпределение на концентрациите на хелий се използва като косвен показател за наличието и приблизителното местоположение на тектонски разломи и геотермални системи.</p>
<p>Христов В., Бендерев А., Стоянов Н., Антонов Д., Траянова М., Колев С. (2021 г.). Актуализация на геотермалната енергия в България (2014-2018 г.). Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2020+1, Рейкявик, Исландия, април - октомври 2021 г.</p>	<p>Научен доклад (11 страници) с актуализация на състоянието на геотермалната енергия в България за периода 2014-2018 г.</p>
<p>Лорънс Л.Р и Стоянов Б. (1996 г.). Геотермални възможности в източна Европа; преглед. Bob Lawrence & Associates, Inc..</p>	<p>Доклад от 72 страници относно геотермалните ресурси в източна Европа, съдържащ 7 страници с фокус върху България, както и известен брой таблици с регионални данни.</p>
<p>Nádor A. (2019). Danube Region Geothermal Report. Geological and Geophysical Institute of Hungary.</p>	<p>Доклад от 68 страници с две страници общ преглед на геотермалните ресурси в България.</p>
<p>Петров П., Йотов И., Бендерев А., Христов В., Гашаров С и др. (1998 г.). Преоценка на хидрогеотермалните ресурси в България. Окончателен доклад. Доклад за Министерство на околната среда и водите. София, Национален Геофонд (на български език).</p>	<p>Доклад, състоящ се от 40 тома (на български език) с широк спектър от данни и интерпретации относно геотермалните ресурси в България.</p>
<p>Пенев И. и Щерев К. (2000 г.). Геотермални ресурси и употреба на геотермалната енергия в България. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2000, Кюшу - Тохоку, Япония, 28 май – 10 юни 2000 г.</p>	<p>Научен доклад (4 страници) с общ преглед на геотермалните ресурси в България и тяхната употреба.</p>

<p>Щерев К. и Пенев И. (1991 г.). Преглед на геотермалните ресурси и дейности в България. Geothermics, том 20, № 1/2, стр. 91-98.</p>	<p>Научен доклад (8 страници), съдържащ преглед на регионалните геоложки и геотермални условия. Включва карта с общи хидро-геотермални райони, водоносни хоризонти и основни геотермални характеристики в България, както и известен брой таблици.</p>
<p>Щерев К. и Загорчев И. (1996 г.). Минерални води и хидрогеотермални ресурси в България. ГеоЖурнал 40.4, стр. 397-403.</p>	<p>Научен доклад (7 страници), посветен на влиянието на геоложките структури и неотектонските характеристики върху формирането и акумулирането на термални минерални води в България. В документа се съдържа информация относно основните групи термални минерални води и прилежащите им системи от водоносни хоризонти.</p>
<p>Щраков С., Христов Х., Николова Н., Граматиков П. (1998 г.). Геотермалните води в България – реален източник на енергия. Неизвестен източник.</p>	<p>Доклад от седем страници с общи разсъждения за геотермалните ресурси в България.</p>
<p>Veldeman E., Van't Dack L., Gijbels R. and Pentcheva E.N. (1990). Термални води от Южна България: многовариантен подход за оценка и интерпретация на аналитични данни. Материали на Съвета на геотермалните ресурси, том 14, част II.</p>	<p>Научен доклад (осем страници), който представя геохимични анализи на 25 термални и 6 студени води в югозападна България (долината на р. Чепинска, Лъджене, Грашово, Каменица, Драгиново, Ракитово, Варвара), с температури, изчислени с класически геотермометри и чрез клъстърен анализ и факторен анализ на съответствието.</p>

Доклади относно конкретни геотермални райони

Бендерев А., Атанасова Р., Андреев А., Христов В., Бояджиева К., Колев С. (2015 г.). Хидрохимични характеристики на геотермалния резервоар на река Ерма (Ю. България). Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2015 г., Мелбърн, Австралия, 19-25 април 2015 г.	Научна статия (девет страници) за геотермалното находище на река Ерма в южната част на Родопския масив (южна България). В документа са разгледани геоложки, геохимични и петрологични наблюдения, както и резултатите от един сондаж.
Бендерев А., Траянова М., Тарасов М., Тарасова Е. (2022 г.). Условия и процеси на утаяване на железни съединения при заустване на високоминерализирани артезиански води от артезиански сондаж R-30, Старо Оряхово, България. Environ Geochem Health, 44:2235–2251.	Научна статия (18 страници), която обсъжда химичния състав на водите от артезиански сондаж R-30 – Старо Оряхово, където се наблюдава интензивно утаяване на железни съединения около отвора на сондажа.
Engel C. (2016). Deep Geothermal for District Heating and Spa Resorts in Romania and Bulgaria. Европейски геотермален конгрес 2016 г., Страсбург, Франция, 19-24 септември 2016 г.	Документ от пет страници с информация за топлофикационната мрежа в Сапарева баня.
Георгиева С. и Власковски И. (2000 г.). Структура и геотермален потенциал на Бургаския хидротермален басейн, България. Сборни с материали на Световния геотермален конгрес 2000 г., Кюшу - Тохоку, Япония, 28 май – 10 юни 2000 г.	Научна статия (6 страници) за шест хидротермални находища и девет хидротермални проявления в Бургаския басейн. Статията се фокусира върху геоложките и хидрогеоложките характеристики на седиментния басейн и тълкуването на данните за химичния състав на водите от горещите извори и кладенци.
Гергинов П., Стоянов Н., Вълчев С., Бендерев А. (2022 г.). Топлинен потенциал на горноюрския – долнокреден водоносен хоризонт в централна северна България: условия и потенциално използване. Преглед на Българското геологическо дружество, том 83, част 1, 2022, стр. 39–49.	Научна статия (10 страници) с подробна оценка на топлинния потенциал на Малмваланжски я водоносен хоризонт в района на гр. Плевен, включващ градовете Свищов, Плевен и Ловеч. Изследването се основава на анализ и тълкуване на около 250 дълбоки сондажа, прокарани за проучване за нефт.
Христов В. и Пенчева Е. (1999 г.). Геотермометрия на хидротермалните системи в Софийската котловина, България. Бюлетин по хидрогеология, 17.	Технически документ от десет страници с фокус върху химичния състав на 30 естествени извора и геотермални кладенци в Софийския басейн. Изчислени са няколко геотермометрични показателя за прогнозиране на температурите под земната повърхност.
Христов В., Бендерев А., Бояджиева К. (2010 г.). Оценка на хидрогеоложките и хидрохимичните условия в Казанлъшката котловина (България). Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2010 г., Бали, Индонезия, 25-29 април 2010 г.	Научна статия (8 страници), посветена на характеристиките на четири геотермални находища в Казанлъшката котловина, централна България (Павел баня, Овощник, Ягода и Кортен). Съдържа описание на геоложката рамка, списък с геотермални кладенци и сравнителен анализ на химичния състав на водите.
Христов В. и Стоянов Н. (2021 г.). Металите в термоминералните води в Софийската котловина. Сборни с материали на Световния геотермален конгрес 2020+1, Рейкявик, Исландия, април – октомври 2021 г.	Научна статия (11 страници), представяща сравнителен анализ на химичния състав на геотермалните води в Софийския басейн.

Колев С., Траянова М., Станев Х., Христов Н. (2019 г.). Екологично състояние на стари нефтени сондажи в централна северна България. 19-та международна мултидисциплинарна научна геоконференция SGEM 2019 г.	Технически документ от осем страници за оценка на екологичните рискове, свързани със стари нефтени сондажи в централна северна България. Включва таблица с данни от няколко сондажа с води, показващи високо съдържание на разтворени твърди вещества или висока концентрация на някои химични съединения.
Magro G., Gherardi F., Bellani S. (2010). Noble Gases in Karstic and Thermal Waters of Strimon Basin (Greece-Bulgaria). Water-Rock Interaction – Birkle & Torres-Alvarado (eds), Taylor & Francis Group, London.	Научна статия (4 страници) за анализ на свободни и разтворени благородни газове в проби от студени и термални води, за характеризиране на водоизточниците и пътищата на циркулация в басейните на Стримон (Гърция) и Струма (България).
Мицевски Е., Поповски К., Лиговски М. (2005 г.). Хидрогеотермален потенциал на долината на река Струмица със специален преглед на находището в Банско. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес, 2005 г., Анталия, Турция, 24-29 април 2005 г.	Научна статия (6 страници), обсъждаща геотермалните характеристики на долината на р. Струмица (България-Северна Македония), в която са представени геоложки и геохимични резултати от някои сондажи.
Minissale, A., Vaselli O., Marchev P., Tassi F. (2023 г.). Геохимия на термалните извори и свързаните с тях газове по долината на река Стримон (България и Гърция). Журнал за геохимични изследвания 252.	Научна статия (18 страници), представяща и обсъждаща химичния състав на водите и газовете на голям брой термални извори, разположени по долината на р. Стримон - от северния ѝ край, близо до София (България), до Егейско море (Гърция). Включени са таблици с химичния състав на водите и газовете. В този документ е представен и обсъден геохимичен концептуален модел на циркулацията на флуидите по долината Стримон.
Попов К. и Попов П. (2019 г.). Алпийската късноколизийонна Рило-Родопска металогенна зона в Балканската орогенна система. Преглед на Българското геологическо дружество, 80-1, 55–79	Доклад от 25 страници с регионален анализ на Рило-Родопската металогенна зона. Находища на уран, флуорит, волфрам, злато-молибден, антимон, желязо и други са локализираны и разгледани от геоложка и структурна гледна точка.
Щерев К., Загорчев И., Щерев Д. (1995 г.). Геотермални ресурси и системи в рифтовата долина на Струма (Стримон) (България и Гърция). Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 1995 г., Флоренция, Италия, том. 2, стр. 1185-1191, 1995 г.	Научна статия (7 страници) за пространственото разпределение и оценка на геотермалните ресурси в долината на река Струма.
Щерев К. (2004 г.). Хидрогеотермален басейн на Софийския грабен (България). Геология на околната среда, 46:651–660. DOI 10.1007/s00254-004-1004-5	Научна статия (10 страници) за геотермалните ресурси в Софийската котловина. Обсъжда подробно геоложката рамка на басейна, литостратиграфските формации и пластове, пътищата на циркулация на водите, регионалните аргилови водоносни басейни, химичния състав на термалните води и хидрогеохимичното зонироване на басейна.
Станев И. и Веселинов С. (1991 г.). Хидрогеотермални условия в северозападна България. <i>Geologica Balcanica</i> , 21. 5, 87-96.	Доклад от десет страници на български език, описващ хидрогеотермалните условия на основните термални водоносни хоризонти в северозападна България.

Стоянов Н. и Димовски С. (2020 г.). Ресурси на термоминерално находище „Баталова воденица“ – гр. София. Преглед на Българското геологично дружество, том. 81, част 3, стр. 227–229, 2020 г.	Доклад от три страници, представящ концептуален модел на геотермално находище „Баталова воденица“, разположено в центъра на град София.
Свалова В. и Тетимова С. (2015 г.). Комплексно използване и топлоснабдяване с термоминерални води за град Велинград (България). Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2015 г., Мелбърн, Австралия, 19-25 април 2015 г.	Научен доклад (9 страници) за използването на термалните води във Велинград.
Тенева-Георгиева С. И. и Андреев А. (2005 г.). Нискоенталпийната система на река Ерма (южна България) – геотермални характеристики. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2005 г. г., Анталия, Турция, 24-29 април 2005 г.	Научен доклад (7 страници) за геотермалната система на река Ерма. Отчита химически анализи на термалните води и геотермометрични оценки.
Траянова М. и Бендерев А. (2018 г.). Екологична оценка на артезианска вода от кладенец край с. Расово (СЗ България). 18-та международна мултидисциплинарна научна геоконференция, SGEM 2018 г.	Доклад от девет страници за характеризирането на въздействието върху околната среда вследствие на изтичане от артезиански сондаж край с. Расово. В този документ са включени някои химични анализи на геотермални води.
Траянова М., Колев С., Христов Н., Бендерев А., Сечкаръев Н. (2019 г.). Хидрохимична характеристика на подземните води в мезозойските водоносни хоризонти в централна северна България. 19-та международна мултидисциплинарна научна геоконференция, SGEM 2019 г.	Доклад от девет страници, който анализира химичния състав на подземните води в сенонски, горноюрски – долнокреден и триаски водоносни хоризонти в централна северна България. Съдържа някои указания за видовете води, общото количество разтворени твърди вещества, рН, съдържанието на газове във водите и химичния състав на водите (основни макро- и микро-разтворени вещества).
Траянова М., Хаслингер Е., Улидал С., Кинер П., Атанасова Р., Бендерев А. (2020 г.). Възможности за използване на високоминерализираните води в Централна България като източник на топлинна енергия въз основа на опита на Австрия. Bulgarian Chemical Communication, 52 (специален брой С), стр. 72–78.	Научен доклад (7 страници), който разглежда геотермалните условия в района на Плевен. В него е представено разпределението Т в горната част на Малмваланжски я геотермален водоносен хоризонт, дълбочината до горната част на водоносния хоризонт и разпределението на разтворени твърди вещества в горната част на водоносния хоризонт.
Връблянски Б. и Милев Г. (1993 г.). Неотектонски особености на зоната на Струмската разломна зона. Acta Montana IGt AS CR, A, 4 (90), 111-132.	Доклад от 22 страници, който се фокусира върху морфотектоничната оценка на сеизмично активната разломна зона на р. Струма в югозападна България.
Занева-Добранова Е. и Христов Н. (2019 г.). Прилагане на методика за оценка на потенциални водоносни хоризонти за изграждане на подземни газови хранилища. 19-та международна мултидисциплинарна научна геоконференция SGEM 2019 г.	Технически доклад (десет страници) със съображения относно хидрогеоложката обстановка за оценка на обекта в Горско Сливово като възможна площадка за съхранение на газ.

Доклади относно оползотворяването на геотермалните ресурси

Бароков К. и Тошев В. (2010 г.). Нормативна рамка за термалните води в България. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес, 2010 г., Бали, Индонезия.	Документ от две страници с обща информация относно нормативната уредба в областта на геотермалната енергия в България и последиците от нея за геотермалното развитие в страната.
Бойчева С. (2007 г.). Оценка на образуването на котлен камък и корозионния потенциал в геотермалните отоплителни системи. ЕНЕРГИЕН ФОРУМ (Енергиен форум 2007 г.).	Доклад от четири страници на български език, обсъждащ прогнозирането на поведението на горещите геотермални води в отоплителните системи. В този документ са включени някои таблици с данни за минералния състав на котления камък и корозионния потенциал на геотермалните води в района на Момин проход.
Dumas P. and Bartosik A. (2014). Geothermal DH Potential in Europe. Report D2.2. GeoDH Project. http://geodh.eu > GeoDH-Report-D-2.2-final.pdf	Окончателен доклад по европейския проект GeoDH (http://geodh.eu/). Докладът представя оценка на потенциала за геотермално отопление в 14 европейски страни, обхванати от проекта, включително България.
Фурнаджиева С., Бояджиева К., Пиларски П. (2003 г.). Българският опит при аквакултурите (микроводорасли) – култивиране, производство и развитие. Европейска геотермална конференция 2003 г.	Доклад от осем страници за използването на геотермалните води при аквакултурите в България. Документът е фокусиран върху приложението, а не върху геотермалната характеристика на обектите.
Георгиев А., Табакова С., Попов Р. (2010 г.). Българският опит в тестовете за термичен отговор. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2010 г., Бали, Индонезия, 25-29 април 2010 г.	Този научен доклад (седем страници) се фокусира върху експерименти с използването на мобилна инсталация за провеждане на тест за термичен отговор за сондаж с дълбочина 41 m в двора на Технически университет в София. Земната топлопроводимост и термичното съпротивление на сондажа са определени експериментално и са сравнени с числени симулации.
Граматииков П. (2002 г.). Съвременно използване на геотермална енергия в България. Международно лятно училище за директно приложение на геотермална енергия, 2002 г.	Доклад от пет страници, който се фокусира върху потреблението и ефективността на първичните енергийни ресурси с дискусия относно българските геотермални ресурси и използването им в селското стопанство.
Христов Х., Николова Н., Бояджиева К. (2000 г.). Използване на геотермални води за отопление на помещения в България. Сборник с материали на Световния геотермален конгрес 2000 г., Кюшу - Тохоку, Япония, 28 май – 10 юни 2000 г.	Научен доклад (шест страници) относно състоянието на геотермалните инсталации за отопление и климатизация в България.
Христов Х. и Бояджиева К. (2003 г.). Приложение на термопомпи в България. Сборник с материали на Европейската геотермална конференция, 25-30 май 2003 г.	Доклад от седем страници относно разпределението и употребата на термопомпи в България (включително системи от геотермални помпи).
Христов В., Денева Б., Вълчев С., Бендерев А. (2019 г.). Използване на геотермална енергия, Актуализация за България (2014-2018 г.). Европейски геотермален конгрес 2019 г., Хага, Нидерландия, 11-14 юни 2019 г.	Доклад от шест страници, съдържащ актуализация на употребата на геотермална енергия в България, който покрива периодите от 2009 г. до 2013 г. и от 2014 г. до 2018 г.

<p>Христов В., Стоянов Н., Вълчев С., Колев С., Бендерев А. (2019 г.). Използване на ниско енталпийна геотермална енергия в България. IOP Conf.: Наука за земята и околната среда 249. doi:10.1088/1755-1315/249/1/012035.</p>	<p>Доклад от десет страници, който се фокусира върху приложенията на ниско енталпийна геотермална енергия в България.</p>
<p>Христов В., Вълчев С., Траянова М., Атанасова Р., Бендерев А. (2023). Бутилиране на минерална вода в България. <i>Geologica Balcanica</i> 52 (2), 53–64</p>	<p>Технически доклад (12 страници) относно бутилирането на минералните води в България. Включва обсъждане на геоложката обстановка, химическия състав и качеството на водите, спазването на нормативните изисквания и възможните проблеми, свързани с отлагането на минерали и корозията.</p>
<p>Кабус Ф. и Кун Ф. (2007 г.). Подробни спецификации за проектиране, включително икономически и финансов анализ за геотермални отоплителни системи в България. Сборник с материали на Европейския геотермален конгрес 2007 г., Унтерхахинг, Германия, 30 май-1 юни 2007 г.</p>	<p>Доклад от девет страници, който съдържа финансов анализ на проекта за геотермално отопление в Сапарева баня.</p>
<p>Траянова М., Христов В., Атанасова Р., Хаслингер Е., Планк О., Улидал С., Бендерев А. (2018 г.). Потенциал за корозия и/или отлагане на твърди фази в термалните води в района на Софийската котловина, България, в зависимост от химичния им състав. <i>Bulgarian Chemical Communications</i>, 50, G, 28–33.</p>	<p>Доклад от осем страници, в който се обсъжда възможността от корозия и отлагане на котлен камък на термалните води в района на София. Съдържа класификация на термалните води в Софийската котловина според възможностите за образуване на котлен камък и корозионни процеси при използването им.</p>
<p>Златева П. и Милева Н. (2023 г.). Анализ на възможностите за използване на енергия от възобновяеми източници в България. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 1128, 2023.</p>	<p>Доклад от осем страници, в който се обсъждат възможностите за въвеждане на системи за възобновяема енергия в България. Съдържа актуализирана информация за използването на геотермална енергия и сравнение с други възобновяеми източници.</p>

Приложение Б. Избрани геотермални райони

Приложение В. Геохимия на термалните води в България

Въведение

В резултат на прегледа на наличната литература са събрани повече от 200 химични анализа от няколко оригинални документа. Извършен е подробен преглед на наличните химични данни, като са търсени пълни химични анализи, поне що се отнася до концентрациите на основните химични съединения. Извършен е и скрининг на наличните данни, за да се провери за йонен дисбаланс на химичните анализи, да се идентифицират данни, повлияни от възможни аналитични грешки или неточности. Химичните проби, показващи много висок йонен дисбаланс (>20 процента), не са взети под внимание.

След извършване на скрининга е изготвена цифрова база данни, съдържаща 158 химични анализа на студени и на термални води (виж приложение 1). Това включва набори от химични данни, представящи основните геотермални райони, определени за централна и южна България (Софийския басейн, долината на р. Чепинска/Велинград, долината на р. Струма и р. Ерма), но в събраната химична информация като цяло липсват данни за геотермалните райони в северна България. В набора от данни са включени и някои термални, смесени и студени води от най-южното протежение на долината на р. Струма след гръцката граница (от Minissale et al., 2023 г.), които са разгледани заедно с българските води, тъй като има вероятност те да съответстват на една и съща регионална геотермална система.

В допълнение към набора от химични данни, получен от литературни източници, е прегледан и файл в Excel с химичен анализ, предоставен от проф. В. Христов (от изследването на Петров и др., 1998 г.). Този файл включва данни от северна и южна България, но за съжаление се оказва от ограничена полза за целите на настоящето изследване поради следните причини:

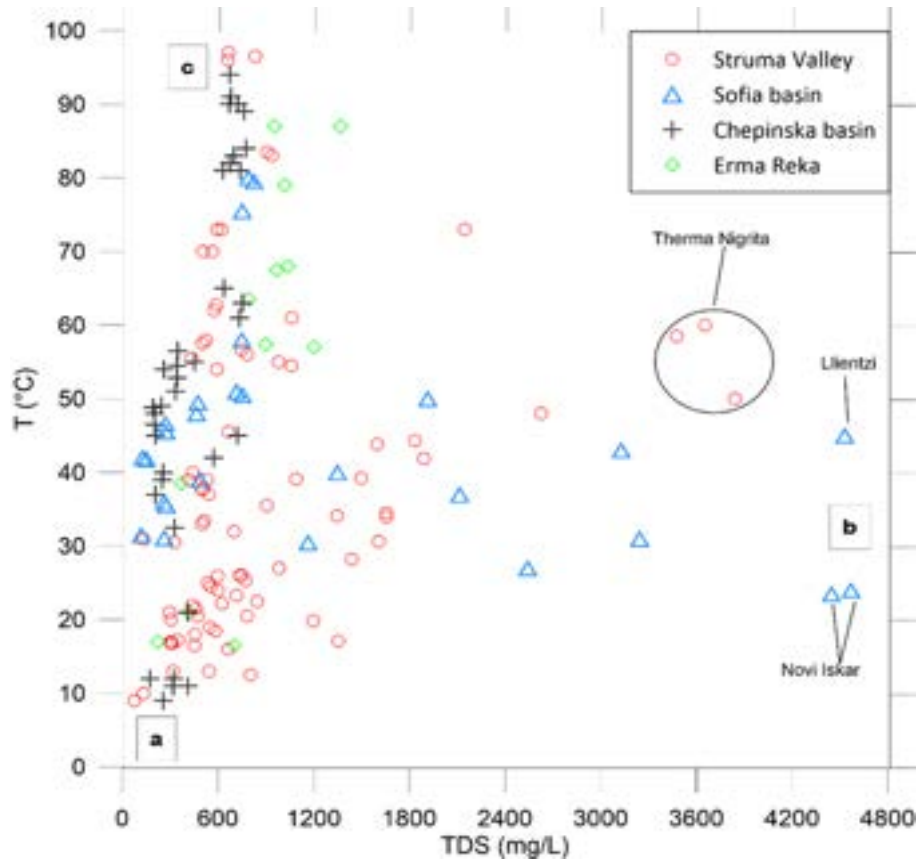
- Концентрациите на химичните съединения най-често са изразени като средната стойност от няколко проби.
- Много анализи отчитат съдържанието на Na и K като сума от двете концентрации.
- В много анализи липсват данни за съдържането на SO_4 и/или Mg и /или SiO_2 .

Поради тези причини използването на данните в процеса на прилагане на много техники за геохимична интерпретация става невъзможно, а като следствие от това става невъзможно и определянето на най-подходящите проби за геотермометрична оценка. Всъщност, всички анализи в гореспоменатия файл в Excel, се отнасят за смесени води (т.е. температурите на водите, от които са взети пробите, са ниски). При един случай (проба Крушовица) е отчетена температура 121°C - за тази проба обаче очевидните равновесни температури, оценени от геотермометрите за силициев диоксид (Fournier, 1991 г.) и калий/магнезий (K/Mg) (Giggenbach, 1988 г.) са по-ниски (съответно 100°C и 107°C) от температурата, измерена в полеви условия (121°C). Това поражда някои съмнения относно надеждността на данните поради възможните процеси на ре-еквипирация, възникнали по време на пробовземането.

Химични характеристики и класификация на водите

Най-интересните параметри, които първоначално следва да се вземат предвид при изследването на

термалните води, са температурата и общото количество разтворени твърди вещества. И двата параметъра за събрания набор от данни са отчетени в корелационната диаграма на Графика 1. Като цяло, както температурата, така и разтворените твърди вещества варират в широк диапазон - съответно от 9°C до 97°C и от 75 mg/L до 4600 mg/L.



Графика 1. Корелационна диаграма общо количество разтворени твърди вещества спрямо температура за студени и за термални води. Буквите a, b и c в диаграмата са включени единствено за справка относно пресните студени, хипотермалните солени и термалните компоненти, участващи във възможен процес на смесване.

Ако се фокусираме върху термалните води с по-висока температура във всеки основен геотермален район, стойностите на температурата и на общото количество разтворени твърди вещества са следните (таблица 1):

Таблица 1. Стойности на общото количество разтворени твърди вещества за водите с по-висока температура във всеки приоритетен геотермален район.

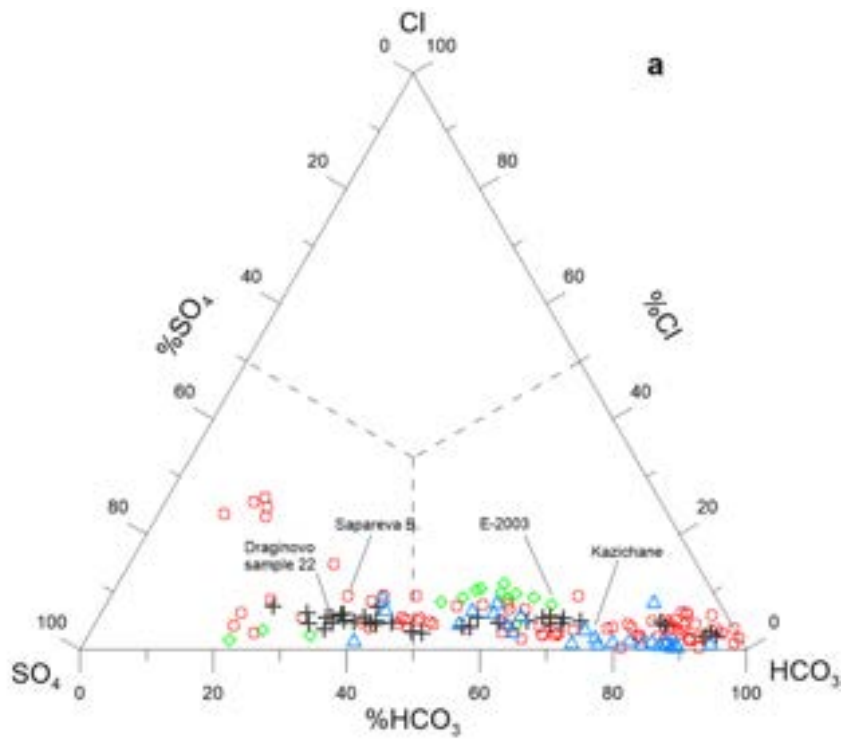
Геотермален район	T (°C)	РТВ (mg/L)
Долината на река Струма (проба от Сапарева баня)	97	664
Софийски басейн (проба от Казичене)	80	792
Долината на река Чепинска (проба от Драгиново – проба 22, сондаж №5)	94	675
Река Ерма (проба Е-2003)	87	1,366

Забележка: проба Е-5h1 от река Ерма също е с температура 87°C, но се характеризира с по-ниска стойност на общото количество разтворени твърди вещества (около 950 mg/L).

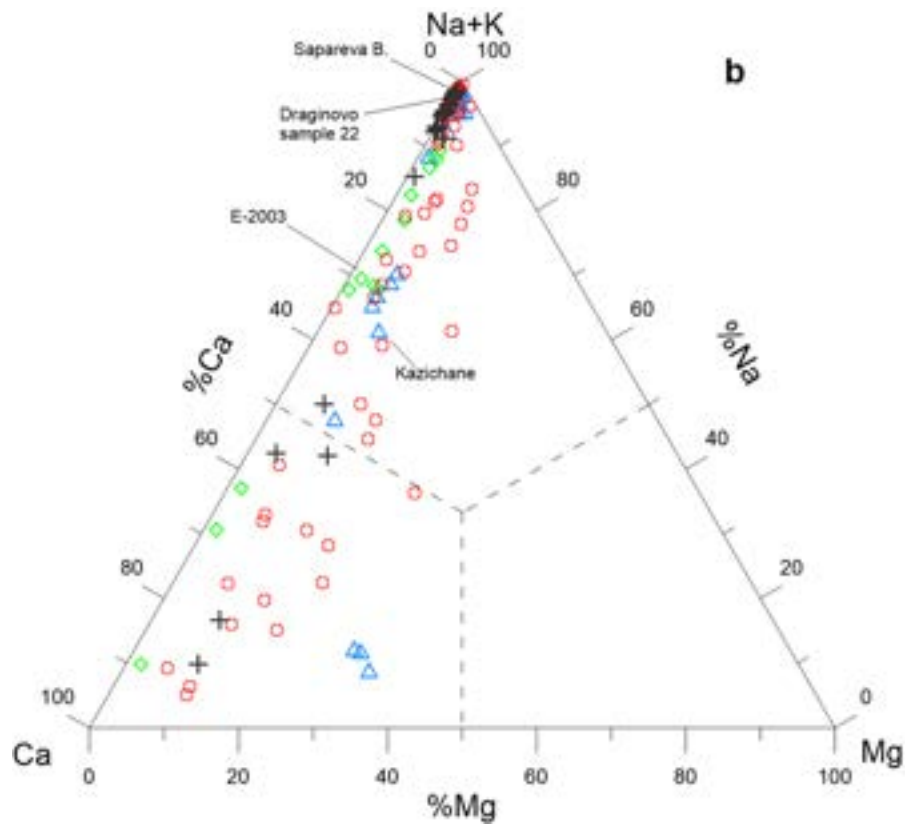
Графиката на Графика 1 предоставя ключова информация относно възможните процеси на разреждане и смесване между термичните компоненти и студени/пресни води и/или хипотермални солени води. За районите на долината на река Чепинска (Велинград) и на река Ерма, процесът на смесване между два крайни компонента очевидно обяснява разпределението на точките (до голяма степен подредени в права линия) в графиката. За разлика от това може да се каже, че процесът на смесване на три компонента може да обясни разпределението на точките за районите на долината на река Струма и на софийската котловина. По-конкретно: а) пресни-студени, б) хипотермални-термални солени, и в) термални компоненти могат да се разглеждат в трикомпонентен процес на смесване. Солен компонент, подобен на водите, събрани в Илиянци и Нови Искър (разположени в близост до София) изглежда допринася ефективно за увеличаването на общата соленост на термалните води в Софийския басейн. От друга страна, термалните води на Терма Нигрита, разположени на юг от долината на река Струма (в Гърция), показват най-висока обща соленост (сравнима с тази на Илиянци и Нови Искър) в този район и поради това биха могли да представляват солен компонент в набора от химични данни за долината на река Струма.

Класификационните диаграми и двоичните графики, представени на фигури 2, 3 и 4 предоставят допълнителна информация относно процесите на смесване и подробности за тълкуване на литологията, която си взаимодейства с течностите, които циркулират в геотермалните системи. Химичната класификация на водите е направена чрез използването на трикомпонентни диаграми (Giggenbach, 1988 г., модифицирана) по отношение на основните компоненти, например Na, K, Ca, Mg, $\text{HCO}_3(+\text{CO}_3)$, Cl и SO_4 .

Трикомпонентните класификационни диаграми (фигури 2a и 2b) показват, че водите имат HCO_3 или SO_4 и Na или Ca съответно като доминиращи разтворени аниони и катиони. Следователно те имат респективно Na-бикарбонатен, Ca-бикарбонатен, Na-сулфатен и Ca-сулфатен състав. Термалните води, представени в таблица 1 по-горе, имат химичен състав, вариращ от $\text{SO}_4(\text{HCO}_3)\text{-Na}$ (проба от Сапарева баня в долината на р. Струма и Драгиново - проба 22 от долината на р. Чепинска), $\text{HCO}_3\text{-Na(Ca)}$ (проба от Казичене в Софийската котловина) и $\text{Na(Ca)-HCO}_3(\text{SO}_4)$ (проба E-2003 от р. Ерма). Тези химични състави могат да бъдат постигнати чрез циркулиращи подземни води при взаимодействие с гнайс и/или гранити, варовик/доломити или мрамори. Очевидно процесите на смесване, които могат да се случат на различни нива, могат последователно да променят първоначалния химичен състав, получен от взаимодействието между скалите и водите, което води до смесени химични състави.

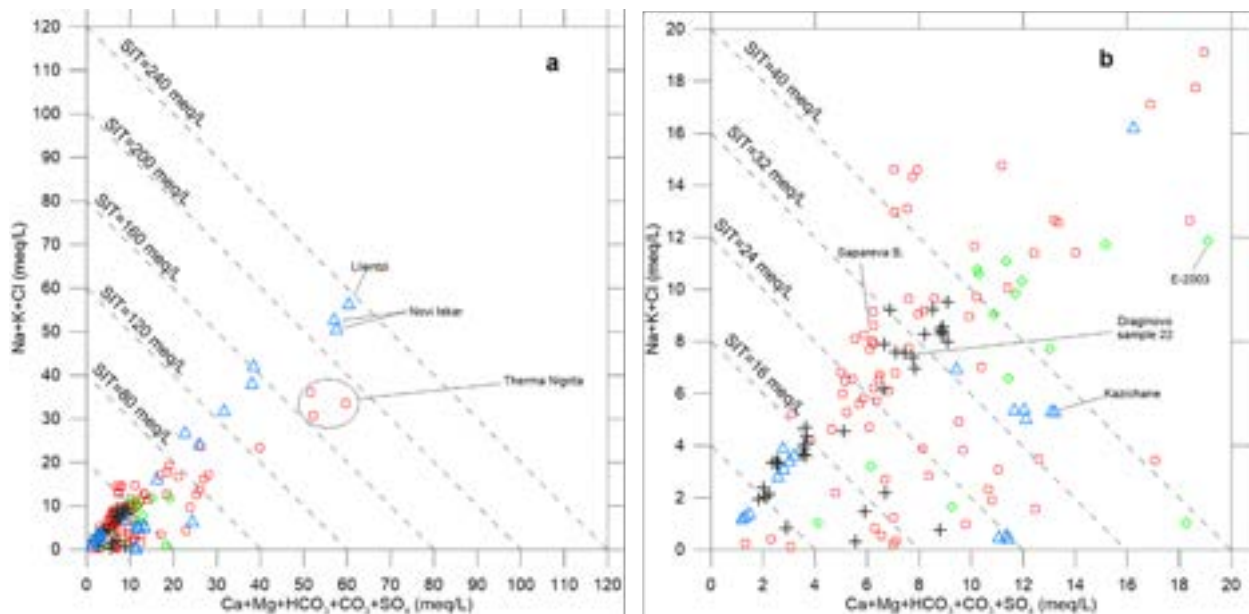


Графика 2а. Трикомпонентна диаграма $\text{HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$. За символите, вж. легендата на Графика 1.



Графика 2б. Трикомпонентна диаграма Mg-Na+K-Ca . За символите, вж. легендата на Графика 1.

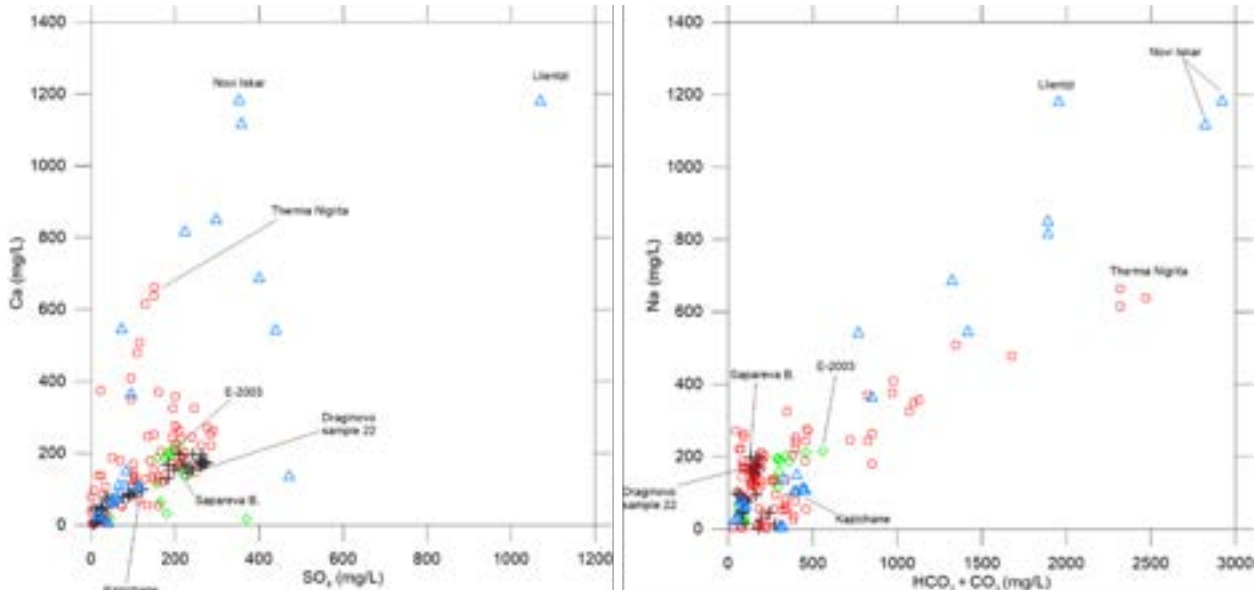
Процесите на смесване могат да бъдат изследвани с помощта на напречните сечения на Лангелие-Лудвиг (Langelier-Ludwig, 1942 г.), които отчитат и общата йонна соленост (SIT в диаграмите на Графика 3). Диаграмата (Na+K+Cl) спрямо (Ca+Mg+HCO₃+CO₃+SO₄) се използва за изследване на водните проби, разгледани в настоящия доклад (фигури 3а и 3б). И в двете диаграми ясно се идентифицира тенденция на смесване със соленоводен компонент, като Илиянци и Нови Искър за Софийската котловина и Терма Нигрита за термалните води от долината на р. Струма. Термалните води на Сапарева баня (в северната част на долината на р. Струма) и Драгиново (проба 22 – Чепинска котловина / Велинград) показват сходна обща соленост и химичен състав, докато тези за Казичене (Софийски басейн) и проба Е-2003 (река Ерма) са изместени към бикарбонатно-сулфатно-алкален състав.



Графика 3. Напречно сечение на Langelier-Ludwig за целия набор от данни (а). Същата диаграма, увеличена, за да се фокусира върху водите, характеризиращи се с по-ниска соленост (б). За символите, вж. легендата на Графика 1.

Смесването и разреждането също могат лесно да се изследват с помощта на консервативни "мобилни" компоненти като хлорид – той, обаче, не е основен компонент във водите на изследваните райони. Поради това, добавянето или на студени води с ниска соленост, или на хипотермални-термални солени води към първоначалните термични крайни членове, идентифицирани по-горе (представени от пробите от Сапарева баня, Казичене, проба 22 от Драгиново и проба Е-2003), се разкрива чрез корелацията между основните компоненти като Ca, SO₄, Na и HCO₃. Графиките Na спрямо HCO₃ (Графика 4а) и Ca спрямо SO₄ (Графика 4б) показват, че солените компоненти на Илиянци, Нови Искър и Терма Нигрита имат различни съотношения на Na/HCO₃ и Ca/SO₄. Разпределението на точките в тези графики подчертава тенденциите на разреждане, произтичащи от смесването/разреждането на термичните крайни членове (представени от пробите от Сапарева баня, Казичене, проба 22 от Драгиново и проба Е-2003) с прясна студена вода. Въздействието на солените компоненти като Илиянци, Нови Искър и Терма Нигрита изглежда липсва или е незначително при термалните води на Сапарева баня, Казичене и Драгиново проба 22, а за проба Е-2003 от река Ерма, която показва по-висока соленост, има известно съмнение. Подобни констатации могат да бъдат

направени от диаграмите Na спрямо SiO_2 и Ca спрямо SiO_2 (които не са включени в настоящия доклад), което показва, че разликите в съдържанието на SiO_2 при термалните води във всеки район се дължат главно на разреждане.



Графика 4. Корелационни графики Ca vs SO_4 (a) и Na vs HCO_3 (b) за проучваните води. За символите, вж. легендата на Графика 1.

Геотермометрия

Тъй като пробите от термални води от Сапарева баня, проба 22 от Драгиново, пробата от Казичене и проба E-2003 са засегнати в най-малка степен от разреждане, те се считат за най-близките представители на термалния краен член за геотермалните райони на долината на Струма, долината на река Чепинска (Велинград), Софийската котловина и река Ерма. Следователно това са най-добрите проби за прилагане на химични геотермометри.

Индикация за температурата на дълбочина в геотермалната система се дава на първо място от разтворимостта на силициевите минерали (Fournier, 1991 г.) и комбинацията от силициеви и K/Mg геотермометри (Giggenbach, 1994 г.). Видимите равновесни температури за всеки геотермален район, представени от разтворимостта на халцедон и кварц от Fournier (1991 г.), са докладвани в таблица 2.

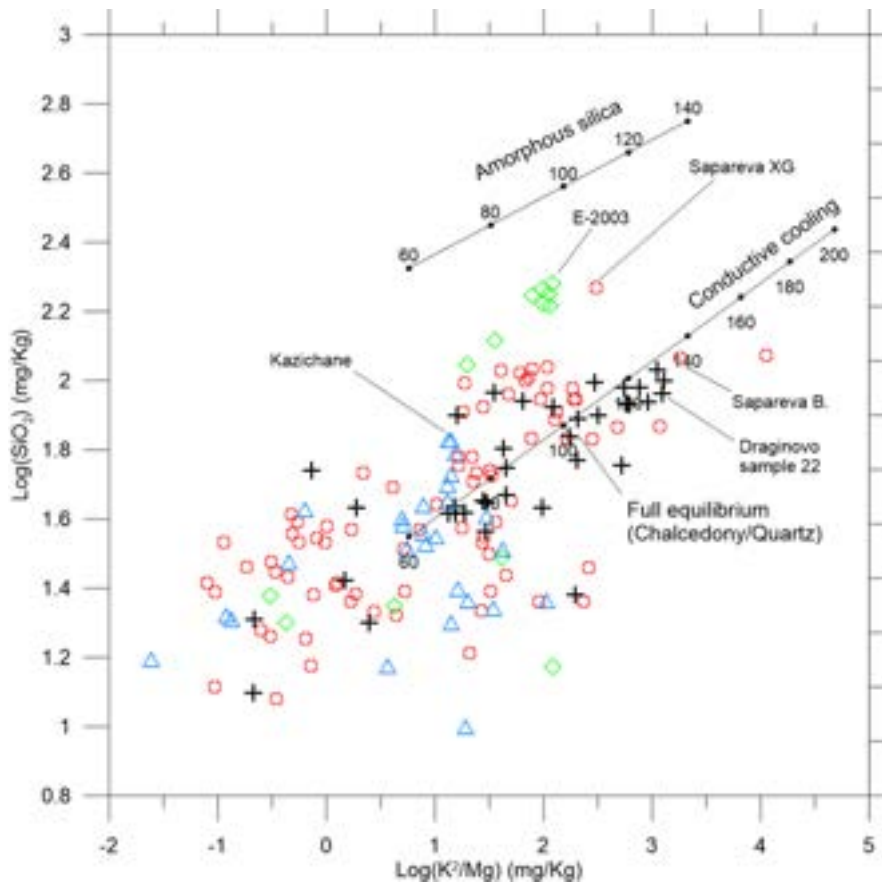
Таблица 2. Изчисления на температурата, предоставени от разтворимостта на силициевите минерали (Fournier, 1991 г.) за всеки приоритетен район

Геотермален район	T °C (халцедон)	T °C (кварц)
Долината на р. Струма (проба Сапарева баня)	120	146
Долината на р. Струма (проба XG Сапарева баня)	153	175
Софийски басейн (проба Казичене)	87.6	116
Долината на р. Чепинска (проба Драгиново 22, сондаж № 5)	105	132
Река Ерма (проба E-2003*)	150	172

* Подобни оценка са представени в проба E-Sh1

Следва да се подчертае, че пробата термална вода XG от Сапарева баня, докладвана в Minissale et al. (2023 г.) показва по-висока концентрация на силициев диоксид (185 mg/l) в сравнение с проби от същата термална вода, докладвани в Michard et al. (1986 г.) и COWI (2005 г.), които се характеризират съответно със съдържание на силициев диоксид от 116,4 и 118 mg/l. Обяснението на тези разлики излиза извън обхвата на настоящия доклад. Поради това оценката на видимата температура и за двете проби от Сапарева баня - проба В и проба XG - е представена в таблица 2.

Комбинацията от силициеви и K/Mg геотермометри (Графика 5) показва общо неравновесие между тях, с изключение на пробата от термална вода от Сапарева баня, чиято видима равновесна температура е изчислена като 130°C и 138°C, респективно от силициевите и от K/Mg геотермометри. Видимата равновесна температура, оценена от K/Mg геотермометъра за проба 22 от Драгиново, река Ерма и Казичене (Софийски басейн) е съответно 131°C, 96°C и 70°C.

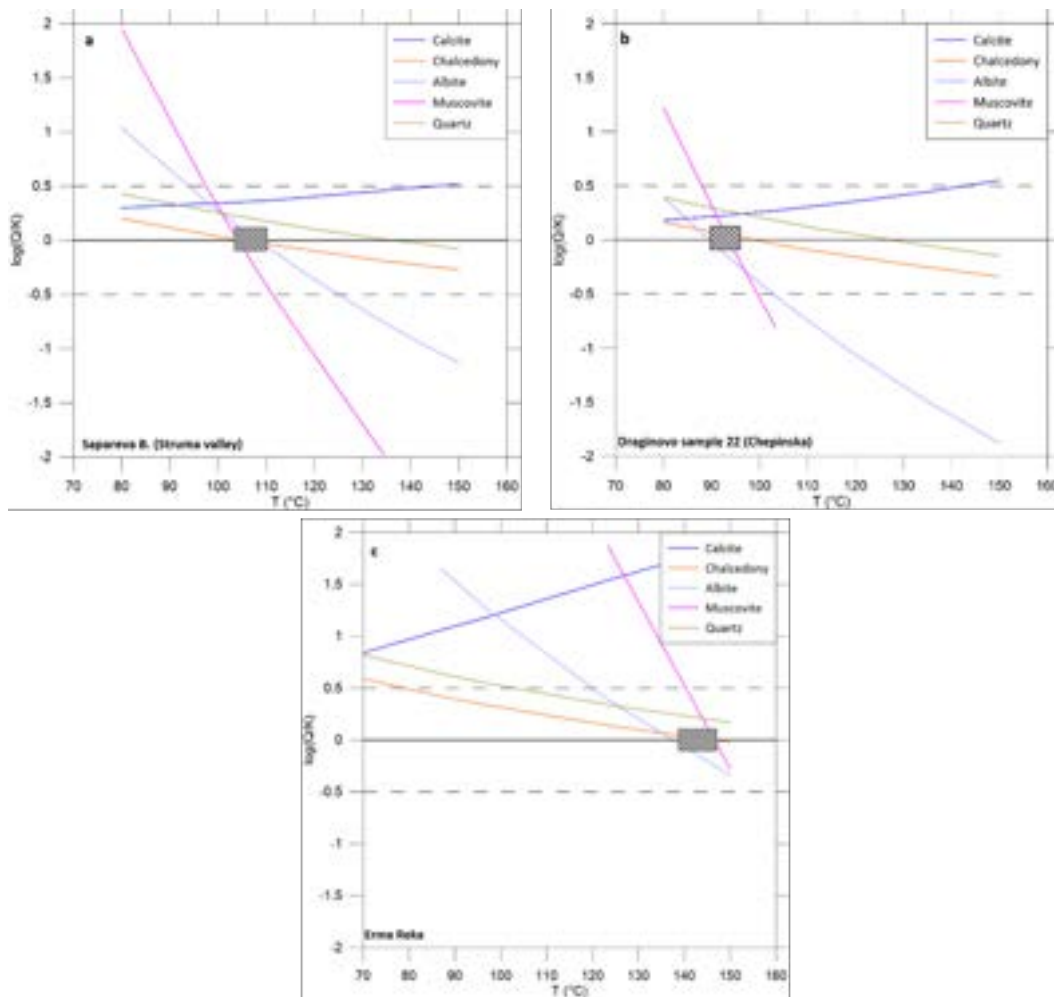


Графика 5. Корелационна диаграма $\text{Log}(\text{SiO}_2)$ спрямо $\text{Log}(\text{K}^2/\text{Mg})$ като комбинация на геотермометри за силициев диоксид и K/Mg за проучваните води. За символите, вж. легендата на Графика 1.

Различни и ненадеждни оценки на температурата са предоставени от добре известния геотермометър за разтворени вещества Na-K-Mg^{1/2} (Giggenbach, 1988 г.), които не са включени в настоящия доклад.

Един различен подход към химичната геотермометрия разглежда промените в индексите на насищане (SI) на съответните минерали в зависимост от температурата. Като се има предвид широкото присъствие на гнайсови скални типове (обикновено обогатени с кварц, мусковит, Na-

плагноклаз) в изследваните райони и установения химичен състав на термалните води (богати на Na, Ca и HCO_3), индексите на насищане (SI) за албит, халцедон, кварц, мусковит и калцит са изчислени с помощта на компютърния код PHREEQC (Parkhurst, 1995 г.). За термалната вода от пробите от Сапарева баня (Графика 6a) и от Драгиново - проба 22 (Графика 6b), албитът, мусковитът и халцедонът постигат равновесие при температури в диапазона съответно от 105°C до 112°C и от 92°C до 98°C, а за проба Е-2003 (река Ерма) тези минерални фази достигат равновесие при по-високи температури, например 140°C - 148°C (Графика 6c). Липсата на данни за Al за пробата от Казичене (Софийски басейн) възпрепятства изчисляването на индекса на насищане за алуминиево-силикатните минерали.



Графика 6. Развитие на индексите на насищане (SI) като функция на температурата за пробите от Сапарева баня (a), Драгиново 22 (b) и проба Е-2003 от река Ерма (c). Защрихованите правоъгълници показват температурния диапазон, в който водните разтвори се доближават до насищане за халцедон, албит и мусковит.

Несъответствието в изчислените температури от различните геотермометри може да се тълкува като дължащо се на различна кинетика на процесите на възстановяване на равновесието, възможно обезгазяване и утаяване на минерални фази на малка дълбочина около точката на заустване, както и на термодинамично равновесие, постигнато от водите с различен минерален състав (видове скали).

Тези проблеми не могат да бъдат правилно проучени с наличния набор от данни. Необходими са допълнителни проби от термални и студени води във всяка геотермална зона, за да се изследва по-подробно еволюцията на флуидите по пътя на оттока на геотермалните води. Поради тези причини се препоръчва резултатите от геотермометричните оценки, получени с наличната геохимична информация, да се разглеждат с особено внимание.

Приложение 1. Набор от химични данни, използвани за целите на доклада (събрани и прегледани от налични данни от литературата)

Locality	Name	Ref.	Type	T°C	pH	Na	K	Ca	Mg	Li	Cl	SO4	HCO3	CO3	F	SiO2	Al	B	NO3	NH4	δ ¹⁸ O‰	δ ² H‰
mg/L																						
Struma Valley	Sapareva B.	1	Well	97.0	8.40	172	7.88	4.28	0.03	1.78E-01	32.3	192	124		15.01	116	0.12					
Struma Valley	Slatino	1	Well	23.3	9.34	220	4.37	11.05	0.07	1.01E-01	117	261	64.7		9.12	28.8	0.01					
Struma Valley	Blagoevgrad	1	Well	56.6	8.19	191	7.49	7.20	0.30	2.32E-01	24.8	216	201		12.92	88.2	0.01					
Struma Valley	Simitli	1	Well	62.7	9.17	168	2.85	2.36	0.02	1.63E-01	18.8	213	102		11.02	73.2	0.03					
Struma Valley	Breznica	1	Well	37.6	8.94	135	1.60	2.80	0.07	1.48E-01	22.3	102	194		1.03	39.0	0.01					
Struma Valley	Hobvo	1	Well	40.0	9.26	129	0.39	3.40	0.03	5.55E-03	13.5	130	134		5.89	24.6	0.03					
Struma Valley	Kiustendil	2	ts	73.0	8.89	153	6.60	1.50	0.34	1.80E-01	31.0	150	153	11.00	10.0	77.0		0.65	0.10	8.30	-11.39	-85.5
Struma Valley	Nevestno	2	cs	16.0	7.68	67.0	4.70	57.0	22.0	6.00E-02	16.0	114	339		1.00	38.0		2.90	0.30	4.5	-10.13	-68.2
Struma Valley	Slatno XG	2	ts	26.0	9.34	221	3.90	2.70	0.07	1.50E-01	120	286	62.0	13.00	17.0	23.0		2.60	0.30	2.10	-10.37	-77.3
Struma Valley	Slatno Z	2	cs	22.5	9.24	262	3.50	3.30	0.08	1.20E-01	110	290	78.0	13.00	14.0	68.0		2.70	0.20	2.00		
Struma Valley	Slatno GI	2	cs	20.5	9.33	252	1.60	2.70	0.03	1.20E-01	118	284	75.0	14.00	12.0	23.0		0.68	0.40	1.50		
Struma Valley	Sapareva XG	2	ts	96.5	8.68	180	8.60	4.60	0.24	1.50E-01	36.0	223	170	9.00	17.0	185		0.58	0.40	3.60	-11.40	-83.5
Struma Valley	Sapareva German bridge	2	cs	9.0	8.54	3.20	1.20	8.00	2.00		2	10.0	25.0	4.00		15.0		0.34	1.50	0.02	-11.05	-73.3
Struma Valley	Kozhuch	2	ts	73.0	6.69	508	38.0	17.0	11.0	4.20E-01	23.0	115	1348		5.20	81.0		0.13	0.30	10	-10.34	-69.9
Struma Valley	Kozhuch cold	2	cs	12.5	7.47	53.0	2.00	105	35.0		38.0	160	342			34.0		0.30	34.00	0.10		
Struma Valley	Spatvo north well	2	tw	33.4	8.97	141	0.80	4.70	0.38	2.00E-02	15.0	178	129	11.00	11.0	23.0		0.11	0.60	0.44	-11.39	-76.3
Struma Valley	Sandanski	2	ts	73.0	7.94	132	2.70	7.20	0.39	1.00E-01	10.0	103	262		7.10	98.0		0.14	0.30	-0.01	-10.85	-70.9
Struma Valley	Gradeschniza 1	2	ts	70.0	8.52	110	3.90	3.90	0.32	1.70E-01	14.0	95	167	8.00	13.0	91.0		0.13	0.20	-0.01	-11.73	-74.6
Struma Valley	Gradeschniza 2	2	ts	57.5	8.51	121	3.50	3.80	0.38	1.80E-01	9	105	185	8.00	12.0	55.0		0.02	0.40	0.10		
Struma Valley	Gradeschniza fountain	2	cs	10.0	8.53	2.10	0.80	27.00	1.87		0	6	75.0	6.00		12.0		0.35	0.80	-0.01	-8.93	-63.5
Struma Valley	Dolmo Osenovo	2	ts	58.0	8.73	124	3.90	5.30	0.55	2.30E-01	11.0	158	120	9.00	8.00	84.0		0.11	0.40	0.48	-11.24	-79.1
Struma Valley	Dolmo Osenovo cold	2	cs	13.0	7.84	52.0	1.20	48.0	18.0	1.20E-01	1	74.0	320		1.90	26.0		0.14	0.50	-0.01		
Struma Valley	Krupich well 3	2	cs	13.0	9.05	85.0	1.20	3.70	0.33	1.90E-01	18.0	95.0	78.0	10.00	4.00	21.0		0.29	0.30	0.08	-10.23	-69.5
Struma Valley	Dolmo Banja spring	2	tw	54.0	8.74	170	3.10	9.70	0.35	2.30E-01	10.0	258	88.0	8.00	13.0	34.0		0.35	0.05	0.08		
Struma Valley	Dolmo Banja well	2	tw	70.0	8.80	145	3.10	9.20	0.29	2.30E-01	14.0	249	70.0	8.00	13.0	53.0		0.74	0.10	-0.01		
Struma Valley	Aghistro 1	2	cs	17.2	7.39	24.0	1.20	48.0	5.80	1.00E-02	6	30	214		1.00	19.0		0.53	2.80	0.02		
Struma Valley	Aghistro 2 thermal bath	2	ts	39.0	7.79	56.0	3.10	37.0	4.40	1.10E-01	7	71.0	183		1.40	54.0		0.47	1.00	-0.01	-10.03	-66.8
Struma Valley	Aghistro 3	2	cs	16.8	7.68	3.50	0.80	56.0	6.90	1.00E-02	6	10	215		0.15	13.0		0.38	2.50	0.07		
Struma Valley	Sidirokastro thermal bath	2	ts	43.8	6.48	243	36.0	117	21.0	5.60E-01	41	192	827		3.50	105		2.74	0.40	0.06		
Struma Valley	Sidirokastro 2	2	ts	33.9	6.79	263	40.0	120	22.0	6.00E-01	40	210	854		4.80	102		2.82	0.50	0.20		
Struma Valley	Sidirokastro 3	2	ts	30.9	7.92	7.60	1.20	16.0	1.90		2	9	71.0		0.09	24.0		0.35	0.30	-0.01		
Struma Valley	Sidirokastro 4	2	ts	44.3	6.21	324	43.0	70.0	24.0	4.70E-01	33	195	1069		4.00	68.0		2.65	0.30	0.23	-9.64	-66.9
Struma Valley	Sidirokastro 5 (SD-5)	2	tw	41.9	6.54	357	37.0	63.0	27.0	4.10E-01	25	200	1129		3.00	45.0		0.65	0.20	0.31		
Struma Valley	Termopigi	2	cs	25.9	7.35	57.0	1.60	78.0	7.50	4.00E-02	20	47	339		0.50	28.0		2.35	21.00	0.07		
Struma Valley	Termopigi-Olmo	2	ts	34.1	6.68	246	37.0	43.0	20.0	5.50E-01	35	135	720		4.50	10.0		2.56	2.10	0.03		
Struma Valley	Sidirokastro pool	2	cs	24.0	7.19	26.0	3.50	93.0	9.80	4.00E-02	12	37	381		0.40	26.0		0.49	9.00	0.18		
Struma Valley	Therma-Nigrita	2	ts	48.0	6.41	479	55.0	77.0	75.0	7.70E-01	40	109	1678		2.50	107		1.96	0.50	0.35		
Struma Valley	Therma 1-Nigrita	2	ts	60.0	6.68	663	98.0	65.0	88.0	1.20E-00	165	150	2318		2.50	95.0		6.40	0.30	0.42	-8.74	-62.5
Struma Valley	Therma (TH-10)-Nigrita	2	tw	58.5	6.74	615	93.0	79.0	92.0	1.07E-00	55	128	2318		1.30	88.0		3.25	0.30	0.46		
Struma Valley	Therma well-Nigrita	2	cs	17.1	7.37	180	25.0	69.0	60.0	3.00E-01	41	69	854		0.60	44.0		1.13	11.00	0.13		
Struma Valley	Therma O-ZTS-Nigrita	2	ts	50.0	6.65	638	93.0	140	110	1.18E-00	120	150	2471		1.40	108		2.70	0.60	0.73	-8.84	-61.4
Struma Valley	Ivra (29)	2	tw	25.3	8.31	188	2.70	12.0	9.00	4.00E-02	26	49	441	10.00	0.30	35.0		0.46	0.10	0.85		
Struma Valley	Ivra (30)	2	tw	28.2	8.68	375	1.60	0.75	1.50	4.00E-02	27	23	952	19.00	1.50	37.0		0.94	0.50	1.37	-9.98	-69.7
Struma Valley	Levunovo	2	ts	83.5	7.34	204	7.40	10.0	0.50	3.00E-01	23	165	381		6.50	109		0.66	0.50	-0.01	-9.65	-70.9
Struma Valley	Levunovo 1	2	ts	35.5	8.12	222	3.50	9.60	3.00	1.40E-01	11	200	397		11.0	49.0		0.57	0.20	0.17		
Struma Valley	Manikostново	2	ts	39.1	8.12	243	9.00	23.0	4.50	2.90E-01	22	240	458		8.50	81.0		0.61	0.40	-0.01		
Struma Valley	Manikostново 1	2	ts	55.0	7.60	240	8.60	21.0	4.50	2.80E-01	26	215	398		8.00	57.0		0.60	0.80	0.05	-11.02	-71.3
Struma Valley	Petric	2	cs	19.8	7.16	55.0	7.40	16.0	56.0	3.00E-02	61	134	458		0.40	34.0		0.38	230.00	0.25		
Struma Valley	Hobvo	2	ts	37.8	9.22	131	1.20	4.10	0.20	1.00E-02	17	145	151	16.00	6.00	37.0		0.47	0.20	0.41	-11.31	-78.2
Struma Valley	South Petric Viss Dol	2	ts	30.6	7.58	408	12.0	9.70	6.00	1.30E-01	37	95	976		6.50	54.0		1.71	0.30	0.28		
Struma Valley	Lithotopos L1-1	2	tw	39.2	7.45	370	15.0	19.0	10.0	2.60E-01	45	160	824		3.00	51.0		1.71	0.20	0.34	-9.65	-65.3
Struma Valley	Lithotopos	2	cs	16.8	7.77	11.0	2.00	44.0	9.00		11	17	183		0.30	27.0		0.35	0.30	0.11		
Struma Valley	Lithotopos lake	2	cs	18.9	7.15	36.0	3.90	42.0	28.0		8	0	390		0.30	39.0		0.42	0.20	5.30		
Struma Valley	Skoutani	2	ts	21.5	7.86	55.0	2.00	44.0	13.0	1.00E-02	14	29	275		0.30	30.0		0.51	0.05	0.10	-10.16	-69.1
Struma Valley	Vambakussa	2	ts	25.0	8.12	83.0	2.00	27.0	8.40	1.00E-02	8	28	336		0.60	41.0		0.58	0.20	0.11		
Struma Valley	S Eleni	2	cs	18.5	7.59	77.0	2.70	42.0	13.0	1.00E-02	15	0	397		0.30	34.0		0.45	0.30	0.46		
Struma Valley	S Eleni 1	2	ts	22.2	7.70	107	2.30	28.0	11.0	2.00E-02	8	34	398		0.50	36.0		0.65	0.02	-0.01	-9.54	-63.7
Struma Valley	Skoutari 1	2	cs	18.0	7.77	96	0.80	22.0	3.50		18	7	278		0.40	29.0		0.46	0.25	0.15		
Struma Valley	Simitli	4	drillhole no. 6	62.0	9.71	171	2.72	2.18	0.01	2.28E-01	18	209	61	22.90	10.9	73.6	0.02	1.80	0.60			
Struma Valley	Simitli	4	spring	32.0	7.79	135	6.08	46.60	7.21	4.80E-01	35	159	252	0.80	3.90	32.5	0.00	0.34	21.80			
Struma Valley	Krupnik	4	drillhole	22.0		144	0.41	2.17	0.01	1.02E-01	19	100	133	18.80	5.30	16.3	0.01	0.05				
Struma Valley	Ostava	4	spring "Goresta Banja"	55.5	8.49	98.0	2.37	4.02	0.02	1.72E-01	11	110	125	2.70	12.5	67.7	0.01	0.05				
Struma Valley	Breznitsa	4	drillhole no. 10 (depth: 449.4 m)	37.0	8.72	169	1.46	2.51	0.12	2.02E-01	25	100	190	5.60	10.6	37.4	0.00	0.43				
Struma Valley	Topolnitsa	4	cold spring ± 2 km north of village	17.0	7.41	2	0.75	53.40	6.68	1.40E-02	3	3	226	0.22	0.30	71.2		0.04				

Приложение Г. Горива използвани от когенерационни и топлофикационни инсталации в България

Производствено съоръжение	Тип гориво	2018 г. (MWh)	2019 г. (MWh)	2020 г. (MWh)	2021 г. (MWh)	2022 г. (MWh)	Средна консумация на гориво (MWh)	Средни емисии на CO ₂ (t)*
Алт Ко	Природен газ	17,843		21,527	21,120	23,365	20,964	4,234
Бела България	Природен газ	21,501		30,221	28,369		26,697	5,392
Брикел	Мазут	14,467	15,730	13,576			14,591	4,066
Брикел	Лигнитни въглища	2,196,830	2,356,004	2,723,437			2,425,424	881,884
Брикел	Твърда биомаса	347,186	61,280	0			136,155	5,446
Топлофикация Бургас	Природен газ	357,565	322,466	339,506	302,219	302,433	324,838	65,604
Топлофикация Бургас	Твърда биомаса – слама	392	9,937	11,522	0	0	4,370	175
Топлофикация Бургас	Твърда биомаса – слънчогледов и пелети	9,264	15,495	16,898	0	0	8,331	333
Топлофикация Бургас	Твърда биомаса – дървени стърготини	0	52	0	0	0	10	0
Топлофикация Бургас	Твърда биомаса – други	0	88	0	64,831	76,930	28,370	1,135
ЧЗП Румяна Величкова	Природен газ	20,600	19,658	22,199	14,610	12,141	17,842	3,603
Когрийн	Природен газ	74,116	53,531	76,027	82,846	67,963	70,897	14,318
Декотекс	Природен газ	22,405	86	13,721	15,239	4,540	11,198	2,262
Димитър Маджаров - 3	Природен газ	12,009	11,250	12,805	12,463	10,335	11,772	2,378
EVN България	Природен газ						760,246	153,539
Топлофикация Габрово	Въглища	24,997	1,860	2,912	1,389		7,789	2,653
Топлофикация Габрово	Мазут	331	298	232	387		312	87
Топлофикация Габрово	Твърда биомаса	44,703	56,677	61,397	47,572		52,587	2,103
Оранжерии Gimel 200 da	Природен газ		70,369	71,192	28,467	21,306	47,833	9,660
Оранжерии Gimel 500 da	Природен газ		50,390	56,045	19,485	15,813	35,433	7,156
Оранжерии Gimel II	Природен газ	15,683	16,695	6,207	8,243	7,882	10,942	2,210
ТЕЦ Горна Оряховица	Природен газ	817	1,342	454	786	1,147	909	184
ТЕЦ Горна Оряховица	Въглища	97,893	241,023	74,721	72,424	157,375	128,687	43,826

ТЕЦ Горна Оряховица	Твърда биомаса	0	0	0	22,241	43,924	13,233	529
Инертстрой Калето	Природен газ	25,570	23,232		25,839	54,335	32,244	6,512
МБАЛ Търговище	Природен газ	933	806	867	612	370	718	145
Нова Пауър	Природен газ				6,154	9,260	7,707	1,556
Овърдрайв	Природен газ	2,305	1,880	3,160	1,282	896	1,904	385
Овергаз мрежи	Природен газ	3,400	2,952				3,176	641
Топлофикация Перник	Природен газ	58,282	59,697	67,456			61,812	12,483
Топлофикация Перник	Въглища	779,118	749,074	1,269,834			932,675	317,632
Топлофикация Перник	Твърда биомаса	594,140	545,043	0			379,728	15,189
Топлофикация Петрич	Природен газ						133,333	26,928
Оранжерии Петров дол	Природен газ	23,484	24,111	15,702	27,165	17,655	21,623	4,367
Топлофикация Плевен	Природен газ	920,683	863,902	985,583	990,507	969,683	946,072	191,069
Топлофикация Разград	Природен газ	61,135	54,999	66,029	66,657	61,685	62,101	12,542
Топлофикация Русе	Природен газ	8,745	7,274	9,676	7,350		8,261	1,668
Топлофикация Русе	Мазут	668	1,081	476	4,620		1,711	477
Топлофикация Русе	Въглища	960,580	587,536	603,337	555,879		676,833	230,502
Топлофикация Русе	Твърда биомаса	418,938	525,038	388,333	516,295		462,151	18,486
Топлофикация Сливен	Природен газ	741	0	0	0		185	37
Топлофикация Сливен	Мазут	2,157	2,300	2,441	3,789		2,672	744
Топлофикация Сливен	Газьол	0	0	33,953	0		8,488	2,264
Топлофикация Сливен	Въглища	485,938	298,676	244,370	498,485		381,867	130,049
Топлофикация Сливен	Твърда биомаса	227,583	372,769	410,202	176,565		296,780	11,871
Топлофикация Сливен	RDF	26,820	18,358	0	0		11,294	3,388
Топлофикация София	Природен газ	6,189,324	6,292,229	6,344,384	7,123,385	6,390,355	6,467,935	1,306,264
Топлофикация София	Мазут	11	0	178	187		94	26
Топлофикация София	Газьол	615	525	771	710		655	175
Солвей Соди	Въглища						4,053,535	1,380,472
Топлофикация Велико Търново	Природен газ	72,086	75,500	71,918	73,610	61,283	70,879	14,315
Топлофикация Велико Търново	Твърда биомаса	9,306	9,072	4,408	9,690	9,691	8,433	337
Веолия Енерджи Варна	Природен газ	187,491					187,491	37,866

Топлофикация	Природен газ	222,216	212,784	231,470	249,600	223,196	227,853	46,017
Враца								
Юлико	Природен газ	4,438	4,438				4,438	896
Евротрейд								
Зебра⁵²	Природен газ	726	726	1192	260	0	581	117

Източник: анализ на автора

Забележка: Стойност нула (0) в таблицата означава, че за съответната година не е докладвана консумация на гориво и не е включена в изчислението на средните количества. Без стойност означава, че обектът не е отчетел потребление и е изключен от изчислението на средната стойност и последващото изчисление на прогнозните емисии.

* t = метрични тона

⁵² Fuel information are based on heat production data with a thermal efficiency of 60% (ICE).

Приложение Д. Международни добри практики за изготвяне на оценки на въздействието върху околната среда и обществото

Най-широко приетите най-добри практики включват стандартите за изпълнение (PS) на Международната финансова корпорация (IFC) и екологичните и социалните стандарти на Световната банка за околната среда и социалната рамка (WB ESF ESS). WB ESF ESS са описани в раздел 7.1.4.

Стандарти за изпълнение на IFC

Стандартите за изпълнение (PS) на Международната финансова корпорация (IFC) са набор от екологични и социални стандарти, които се прилагат за проекти, финансирани от IFC. Те предоставят насоки за управление на екологични и социални рискове и въздействия по начин, който е устойчив и социално отговорен. PS обхваща редица теми, включително здраве и безопасност на общността, опазване на биоразнообразието, труд и условия на труд, придобиване на земя и принудително презаселване и права на коренното население. Те изискват от кредитополучателите да оценяват и управляват потенциалните рискове и въздействия, да се ангажират със заинтересованите страни и да прилагат мерки за избягване, минимизиране и смекчаване на неблагоприятните ефекти. PS също подчертава значението на прозрачността, отчетността и спазването на съответните закони и разпоредби.

Описание на PS е включено по-долу:

- PS1: Оценка и управление на екологични и социални рискове и въздействия – Установява значението на системите за екологично и социално управление (ESMS) и необходимостта от оценка и управление на екологичните и социалните резултати през целия жизнен цикъл на проекта.
- PS2: Труд и условия на труд - Фокусира се върху правата на работниците, условията на труд, защитата на работната сила и насърчаването на справедлива работна среда.
- PS3: Ефективност на ресурсите и предотвратяване на замърсяването – има за цел да насърчи ефективното използване на ресурсите, намаляване на замърсяването и управление на отпадъците по екологосъобразен начин.
- PS4: Здраве, безопасност и сигурност на общността – Обръща внимание на въздействието върху здравето, безопасността и сигурността върху местните общности и включва мерки за тяхната защита в случай на извънредни ситуации.
- PS5: Придобиване на земя и принудително презаселване - Предоставя насоки за компенсация и помощ за общности и лица, които са разселени поради дейности по проекта.
- PS6: Опазване на биоразнообразието и устойчиво управление на живите природни ресурси - Стреми се да защити биоразнообразието и да осигури устойчиво управление на природните ресурси, особено в райони с висока консервационна стойност.
- PS7: Местно население – Изисква проектите да зачитат правата на коренното население и да

получават тяхното свободно, предварително и информирано съгласие (FPIC), когато те са пряко засегнати от дейности по проекта.

- PS8: Културно наследство – има за цел да защити културното наследство от неблагоприятни въздействия на проекта и да насърчи опазването му за бъдещите поколения.

Екологична и социална рамка на Световната банка (ESF) Екологични и социални стандарти (ESS)

По подобен начин Световната банка създаде Екологична и социална рамка (ЕСФ) през 2016 г., за да гарантира, че проектите, финансирани от Световната банка, се изпълняват по начин, който е социално приобщаващ и екологично устойчив. ЕСФ предоставя насоки както за Световната банка, така и за кредитополучателите за идентифициране, оценка и управление на екологични и социални рискове и въздействия през целия жизнен цикъл на проекта.

ЕСФ се състои в (i) дефинирането на визия за устойчиво развитие, като подчертава значението на това да се гарантира, че проектите, които банката подкрепя, са проектирани и изпълнени по начин, който е в съответствие с принципите на устойчивото развитие, (ii) Световната банка за околната среда и Социална политика за финансиране на инвестиционни проекти и (iii) Екологични и социални стандарти (ESS), набор от десет стандарта, които предоставят изискванията, които кредитополучателите трябва да изпълнят срещат в своите проекти. Всеки стандарт разглежда конкретни екологични и социални проблеми и рискове.

По-долу е дадено подробно описание на всеки от екологичните и социалните стандарти (ESS):

- ESS1: Оценка и управление на екологични и социални рискове и въздействия: Този стандарт очертава изискванията към Заемополучателите да извършат задълбочена оценка на екологичните и социални рискове и въздействия, свързани с даден проект. Това изисква разработването на План за екологични и социални ангажименти (ESCP) за справяне с идентифицираните рискове и въздействия.
- ESS2: Труд и условия на труд: ESS2 се фокусира върху защитата на работниците чрез определяне на стандарти за условия на труд, взаимоотношения между работници и ръководство и здравословни и безопасни условия на труд. Той също така включва изисквания, свързани с използването на охранителен персонал и необходимостта от избягване на детски и принудителен труд.
- ESS3: Ресурсна ефективност и предотвратяване и управление на замърсяването: Този стандарт има за цел да насърчи устойчивото използване на ресурси, включително енергия, вода и материали. Той също така изисква прилагането на мерки за предотвратяване и управление на замърсяването, включително емисиите на парникови газове.
- ESS4: Здраве и безопасност на общността: ESS4 се занимава със здравето и безопасността на местните общности, които могат да бъдат засегнати от проекта. Той включва изисквания за минимизиране на потенциала на проекта за увеличаване на излагането на общността на рискове за здравето и безопасността, включително тези, свързани с трафик, болести и природни опасности.
- ESS5: Придобиване на земя, ограничения върху използването на земята и принудително презаселване: Този стандарт разглежда проблемите и неблагоприятните въздействия, които могат да възникнат от придобиването на земя или ограниченията върху използването на земята,

включително принудителното презаселване. Изисква дейностите по презаселване да се извършват по устойчив начин и на засегнатите лица да бъде предоставена помощ за подобряване или поне за възстановяване на поминъка и жизнения им стандарт.

- ESS6: Опазване на биоразнообразието и устойчиво управление на живи природни ресурси: ESS6 се фокусира върху защитата и опазването на биоразнообразието и устойчивото управление на природните ресурси. Това изисква оценка и управление на въздействията върху природните местообитания и поддържането на екологичните функции, които те осигуряват.
- ESS7: Исторически недостатъчно обслужвани местни общности от коренно население/субсахарска Африка: Този стандарт е предназначен да гарантира, че процесът на развитие зачита напълно достойнството, човешките права, икономиките и културите на коренното население и исторически недостатъчно обслужвани местни общности в под- Сахара Африка.
- ESS8: Културно наследство: ESS8 има за цел да защити културното наследство от неблагоприятните въздействия на проектните дейности. Той включва разпоредби за защита на материалното културно наследство, като исторически обекти, както и на нематериалното културно наследство, като традиционни знания и практики.
- ESS9: Финансови посредници: Този стандарт се прилага за проекти, включващи финансови посредници. Той изисква тези посредници да прилагат ЕСФ към проектите, които финансират, включително използването на подходящи системи за управление на екологичния и социалния риск.
- ESS10: Ангажиране на заинтересованите страни и разкриване на информация: Окончателният стандарт подчертава важността на ангажирането със заинтересованите страни през целия цикъл на проекта. Изисква се разкриването на подходяща информация за проекта, за да се позволят смислени консултации със засегнатите и заинтересованите страни.