

Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Стопански факултет

Катедра „Икономика и управление по отрасли“



АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация

Развитие на кръговата икономика в Европейския съюз

за присъждане на ОНС „Доктор“ по ПН 3.8. Икономика

ДП „Икономика и управление (Индустрия)“

Докторант:

Рени Иванова Панчева

Научен ръководител:

проф. д-р Георги Менгов

София, 2024 г.

Дисертационният труд на тема „Развитие на кръговата икономика в Европейския съюз“ се състои от увод, три глави, заключение, научни приноси, списък с публикации, списък на използваните съкращения и библиография. Общият обем на разработката е 155 страници, от които 130 са основен текст. Библиографията съдържа 243 източника, от които 27 са на български език и 216 са на английски език. Дисертацията включва 19 фигури и 18 таблици. По темата на дисертацията са направени 4 публикации, от които три са реферирани и индексирани в базата данни SCOPUS. Отделни резултати са представени в рамките на 4 международни конференции.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за публична защита на катедрен съвет на Катедра „Икономика и управление по отрасли“, Стопански факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Протокол № 184/17.06.2024 г.

Обща характеристика на дисертацията

Промените в околната среда, които са резултат от човешката дейност, и съпътстващите ги икономически, социални и най-вече екологични предизвикателства правят належаща необходимостта от енергийна и ресурсна трансформация на икономическата система. Така обсъждането около енергийния преход и кръговата икономика се превръща в една от най-значимите световни теми на 21 век. Въпреки че „кръгова икономика“ на практика се заражда още в зората на човечеството, познатата днес концепция се оформя чак през 60-те години на 20 век. Повратна точка в развитието ѝ идва в края на 80-те с разгръщането на темата за индустриалната екология и последвалото бурно процъфтяване на редица концепции на ниво политика, управление и наука.

Преходът към кръгова икономика има разнообразни и многопластови ефекти, които засягат правителствата, промишлеността, научната общност, неправителствените организации и потребителите. Поради това темата се интегрира все по-дълбоко в политиките, бизнес операциите, образованието, науката и технологичните иновации, както и общественото съзнание. Изследването на стимулите и предизвикателствата пред кръговата трансформация може да послужи на различните заинтересовани страни за вземането на решения, по-добър мониторинг на прехода и създаването на кръгови иновации в полза на производителите, потребителите и околната среда. Развитието на концепцията за кръгова икономика обаче все още не е достигнало зрял етап и знанията за нея остават фрагментарни. Липсата на еднозначно определение и ясно очертани граници повлиява силно методите за проследяване на кръговия преход. Изобилието от значими индикатори допълнително усложнява задачата, но всеки, включен в трансформацията, особено органите на национално ниво, се нуждае от подходящи измерители, с които да оценява колко кръгови са икономиките и да установява успешни практики и области за подобрене.

В стремежа си да „затвори цикъла“ кръговата икономика следва да създаде устойчиви решения в три основни области: производство и предлагане, търсене и потребление, управление на отпадъци (Ivanova & Chipeva, 2019). Развитието на кръгови измерители за етапите на проектиране, производство, разпространение и потребление в една икономическа система обаче е слабо застъпено или липсващо. На практика и самото им отчитане започва от сравнително скоро. За разлика от традиционните макроикономически показатели,

първите данни за степента на рециклиране например се появяват чак през 2000 г. Поради тези ограничения настоящата дисертация се съсредоточава около това да идентифицира и анализира няколко от най-ключовите индикатори, асоциирани с материални и енергийни ресурси, за които има налични данни и които помагат да се проследи и оцени преходът към кръгова икономика в Европейския съюз. С тяхна помощ разработката успява до известна степен да адресира и трите гореспоменати области, отразявайки влягането на вторични в производството, потреблението на възобновяем ресурс и рециклирането на материали като част от управлението на отпадъци. Предвид че всеки от показателите се характеризира със своите особености и специфични фактори, които му въздействат, размерът на използваните извадки се повлиява и от наличието на данни за всяка независима променлива. С цел да се осигури балансиран панел и да се включи максимален обем от данни, анализите за отделните показатели се различават в периодите, които обхващат.

Целта на настоящия дисертационен труд е да измери ефектите на значими макроикономически и социални фактори върху някои от най-често използваните индикатори за кръгова икономика и да анализира влиянието им върху трансформацията на икономическите системи в Европейския съюз в процеса на прехода.

Основната **изследователска теза**, възприета в дисертацията, е следната: Икономическото развитие, инвестициите в научноизследователска и развойна дейност и ресурсната производителност на дадена страна оказват значително влияние върху трансформацията на нейната икономическа система и следователно са определящи за успеха или провала на прехода към кръгова икономика.

Успешното постигане на целта и съответно защитата на основната теза са съпроводени с формулиране и решаване на следните **задачи**:

- 1) Да се отсеят, проучат и систематизират разнообразни актуални публикации от утвърдени научни списания в областта на икономика и управление, екология и опазване на околната среда, иновации и технологии, публична политика и регулация, международни отношения и развитие, както и социални науки. Да се проучат основополагащи европейски документи.
 - 1а) Да се установят приликите и разликите между кръговата икономика и устойчивото развитие и да се анализират техните взаимовръзки.

- 2) Да се проследи развитието на Европейската рамка за мониторинг на прехода към кръгова икономика с нейните предимства и недостатъци и да се отчете напредъкът по ключови показатели през последните години, като се сравни представянето на България с това на Европейския съюз.
- 3) Да се идентифицират най-често използваните кръгови индикатори в материален и енергиен аспект и да се установят доказани и потенциално значими за тях фактори.
 - 3а) Да се съберат количествени данни на макроикономическо ниво от регионални и световни бази. Да се обработят данните, като се изпълни последователност от действия и се използва комбинация от инструменти, в т.ч. да се структурират и визуализират данните, да се проведат регресионни и статистически тестове, да се направи клъстерен анализ.
- 4) Да се разтълкуват резултатите от литературния обзор, сравнителния анализ и иконометричния анализ и да се формулират препоръки за усъвършенстване на Европейската рамка за мониторинг на прехода и оптимизиране на политиките, насърчаващи кръговата трансформация на икономиките.

Данните, необходими за изследването на факторите, оказващи влияние върху най-често използваните кръгови измерители, са извлечени от международните бази данни на Евростат, Световната банка, Организацията на обединените нации, Европейската конфедерация на инсталации за производство на енергия от отпадъци и Climate Watch. За да бъдат изпълнени поставените задачи, е направен литературен обзор и са обработени количествените данни чрез редица **методи** за анализ, включително графично представяне на данните, описателни статистики, корелации и тестове за: стационарност, коинтеграция, причинност, фиксирани или случайни ефекти, серийна корелация и пространствена зависимост. За оценка на панелните регресионни модели са използвани метод на най-малките квадрати, фиксирани ефекти, както и метод на напълно модифицираните най-малки квадрати.

Резултати, включени в дисертацията, са докладвани на четири международни **конференции**: ‘Environmental, Social and Governance Challenges for Recovery and Resilience’, 2021 г.; ‘First Annual International Transform4Europe PhD conference — ‘Societal Transformations and Sustainable Development with Respect to Environment in the Post Covid-19 Digital Era’’, 2021 г.; ‘International Conference Automatics and Informatics (ICAI) 2022’, 2022 г.; и ‘Second BCEA Annual Conference’, 2024 г.

Кратко изложение на дисертацията

Глава 1. Концепция за кръгова икономика

Първата глава на настоящия дисертационен труд проследява концепцията за кръгова икономика от нейното възникване до съвременното ѝ развитие. Бурното навлизане на редица идеи, свързани нея, в политиката, икономиката и науката създава масив от знания по темата. Тези знания обаче остават фрагментарни и все още не успяват да обхванат цялата същност на концепцията, за да я представят по структуриран начин, който да предполага ясно тълкуване, задълбочено разбиране и лекота на проследяване. Въз основа на многобройните опити да се изведе стандартизирано определение за кръгова икономика е съставена нова работна дефиниция. Обобщени са основните принципи, стратегии и бизнес модели на кръговата икономическа система и накрая е обърнато внимание на разнообразните показатели за измерване напредъка на прехода към кръгова икономика, как те са организирани в различни рамки за мониторинг и какви са техните предимства и недостатъци. Разделът акцентира върху съвременната мисия на кръговата икономика, която е да отдели икономическия растеж от употребата на оскъдни ресурси, като подходи системно и осигури взаимодействието на всички заинтересовани страни.

1.1. Възникване и развитие на концепцията за кръгова икономика

С осъзнаването на планетарните граници по отношение на добива на суровини и отделянето на замърсители в околната среда възниква и необходимостта от трансформация, която да постигне едновременно икономическа и екологична устойчивост. Коригираната икономическа система следва да е заимствана от самата природа, тъй като хората са неделима част от нея и икономическият продукт, който създават, трябва да се подчинява на природните закони, за се съхрани балансът. Идеята за кръгова икономика се заражда в научната литература през 60-те години на 20 век в есето на Кенет Боулдинг ‘The Economics of the Coming Spaceship Earth’ (Boulding, 1966). В него преосмислянето на действащите практики налага създаване на нов вид „космонавтска“ икономическа система, където суровините са ограничени и няма възможност за допълнителен добив, нито за отделяне за замърсители. Джорджеску-Рьоген също обсъжда тези ограничения, интегрирайки в икономическата теория принципите на термодинамиката, в частност закона за ентропията

(Georgescu-Roegen, 1971). Години по-късно Волтър Стахел и Женевив Редей-Мълвей скицират идеята за циклична икономика (Stahel & Reday-Mulvey, 1981). Същинският термин „кръгова икономика“ е използван за първи път през 1989 г. от Дейвид Пиърс и Кери Търнър в ‘Economics of Natural Resources and the Environment’, където е разгледана връзката между икономиката и околната среда, както и ролята на природата за поддържането на живота на Земята (Pearce & Turner, 1989, p.41).

Концепцията за затваряне на цикъла, която е ключова за кръговата икономика, е дълбоко залегнала в **индустриалната екология** (Preston, 2012, p. 3; Murray et al., 2017). Тя се заражда през 70-те години на 20 век в противовес на възприемането, че промишлеността и природата са отделни обекти (Erkman, 1997). През 1989 г. Фрош и Галопулос разширяват обсъждането на индустриалната екология, разглеждайки я като предпоставка за успеха на кръговата икономика посредством индустриалната симбиоза (Frosch & Gallopoulos, 1989). След 1990 г. темата за кръговата икономика вече става водеща с развитието на разнообразни концепции на ниво политика, управление и наука. Майкъл Браунгарт и Уилям Макдона представят бизнес модела „от люлка до люлка“ през 2002 г. Той цели да въведе безкраен цикъл на употреба, при който качеството и производителността на материалите се поддържат и подобряват максимално дълго, а в трансформациите се използва основно възобновяема енергия (McDonough & Braungart, 2002). Принципите, на които авторите стъпват, по-късно се превръщат в основополагащи за кръговата икономика.

Съвременната мисия на кръговата икономика е да отдели напълно икономическия растеж от експлоатацията на оскъдни ресурси. През 2010 г. е създадена британската фондация „Елн МакАртър“ (EMF, 2023a), която действа целенасочено за ускорение на прехода към новата икономическа система. През 2015 г. Европейската комисия обявява първите си планове за прехода към кръгова икономика (European Commission, 2023). Те са надградени през 2020 г. и настоящият план е съществен компонент от Европейската зелена сделка. Негова основна цел е „затварянето на цикъла“.

Връзката между устойчивото развитие и кръговата икономика е неоспорима, но границите между двете концепции се размиват (Sauvé et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2017). Кръговата икономика може да се възприеме като предпоставка за устойчивост, полезна връзка или заместител на устойчивото развитие (Geissdoerfer et al., 2017). Немалко са **допирните точки**: и двете концепции наблягат на ангажираността, отговорността и

сътрудничеството, които трябва да проявят настоящите и бъдещите поколения в лицето на световните екологични предизвикателства; използват мулти и интердисциплинарен подход към интеграцията на неикономически аспекти в икономическото развитие; разчитат на регулация и схеми, насърчаващи прилагането на новаторски бизнес модели. Съществуват също и **разминавания**. Плановите за устойчиво развитие поставят на първо място хората и възприемат икономическото развитие като средство за постигане на пълноценен живот в хармония с природата, докато кръговата икономика се фокусира върху технологичните решения, чието приложение би позволило традиционен икономически растеж. Друга важна разлика се крие в разпределянето на отговорността — при устойчивото развитие тя е споделена, но не и ясно определена. Същевременно отговорността за прехода към кръгова икономика пада основно върху управляващите, регулаторите и частния бизнес. Успехът на устойчивото развитие и кръговата икономика обаче зависи най-вече от това да се подходи към системата като към едно цяло, за се избегне изместването на товара от един неин компонент към друг (Velenturf & Purnell, 2021).

Въпреки нарастващия интерес към кръговата икономика и изобилието от научни публикации по темата много от авторите се провалят в опита си да дадат добра дефиниция, която да обхване само важните аспекти и да разграничи понятието от други сходни концепции (Figge et al., 2023). Настоящият дисертационен труд извежда най-често използваните определения за кръгова икономика (Kirchher et al., 2017; Kirchher et al., 2023; EMF, 2023b) и на база литературния обзор съставя **работна дефиниция**, гласяща следното:

„Кръговата икономика е възобновителна икономическа система, която заменя концепцията за „край на живота“ с дълготраен дизайн, поддръжка, поправка, повторна употреба, обновяване, преправяне и рециклиране. Тази система оперира благодарение на възобновяеми енергия и материали, премахва токсичните химикали, възпрепятстващи повторната употреба, и се стреми към нулев отпадък чрез усъвършенстван дизайн и новаторски бизнес модели. Крайната цел е да стане възможен ефективният поток на материали, енергия, труд и информация, така че да се отдели икономическото развитие от употребата на оскъдни ресурси, а природният и социалният капитал да бъдат възстановени, като същевременно се поддържа икономическият напредък.“

1.2. Принципи, стратегии и бизнес модели на кръговата икономика

В традиционната икономика, определяна като линейна, жизненият път на един продукт протича през няколко етапа: извличане на първични суровини, производство на отделни части, сглобяване на частите и/или опаковане, завършен продукт, разпространение на пазара, употреба и обезвреждане на получения от употребата отпадък. Кръговата икономика прави опит да преодолее недостатъците на действащата система, черпейки вдъхновение от екосистемите, където отпадък на практика не съществува и всичко се трансформира в ресурс за нов процес (Желязкова, 2020). В кръговата икономика съществуват два **цикъла на стойността** — биологичен (на възобновяеми биоматериали) и технически (на материали с крайна наличност). **Биоматериалите** са безопасни и напълно разградими в околната среда, а **техническите материали** могат да се използват многократно или неограничено, като излизат от състава на един продукт и влизат в състава на друг, затова тяхната стойност се поддържа във времето.

Кръговата икономика съблюдава **три основни принципа** (EMF, 2023d):

- 1) Възстановяване на природата
- 2) Кръговрат на продукти и материали
- 3) Предотвратяване на отпадъка и замърсяването

Рамката **‘ReSOLVE’**, разработена от Arup и Фондация Елън МакАртър, ги обединява и предлага начин да бъдат приведени в действие в шест стъпки: възобновявай, споделяй, оптимизирай, циркулирай, виртуализирай и заменяй (regenerate, share, optimise, loop, virtualise, exchange). Целта е да се оформи система с нулев отпадък, диверсификация, възобновяеми енергийни източници, системен подход и ценови механизъм за обратна връзка (EMF, 2015). Кръговите бизнес стратегии, разработени в този дух, спомагат за **стесняването** на ресурсния цикъл, но са предимно насочени към неговото **забавяне** и най-вече **затваряне** (Bocken et al., 2016).

Интегрирането на принципите на кръговата икономика в практиката оформя 5 основни **кръгови бизнес модела**: кръгови доставки, възстановяване на ресурси, удължаване на продуктивния живот, платформи за споделяне и предлагане на продукт като услуга (Lacy et al., 2014). Те обещават икономически ползи от намаленото потребление на енергия и ресурси и социални и екологични ползи, като нови работни места, кръгово използване на материали,

избягване на отпадъците и създаване на продукти, които са по-дълготрайни, лесни за рециклиране и по-безопасни за околната среда и човешкото здраве (Иванова, 2019). Именно бизнесът се очертава като двигател на прехода към кръгова икономика, било то чрез капиталови инвестиции, търговска дейност, научноизследователска и развойна дейност и най-вече чрез ефективно и екологично отговорно използване на ресурси (Иванова, 2018).

1.3. Измерители на кръговата икономика

В прехода към устойчива и кръгова икономика държавите се нуждаят от подходящи индикатори, с които да проследяват напредъка. Широкият обхват на концепцията, липсата на еднозначно и изчерпателно определение за нея и зависимостта ѝ от разнообразни фактори обаче я правят трудна за оценка. С изобилието от показатели в теорията и практиката мисията да се открие един единствен измерител е почти невъзможна.

Съществуват редица проучвания върху различните кръгови индикатори, тяхната класификация и групирането им в специализирани рамки за мониторинг, използвани от изследователи, бизнеси или национални и регионални институции (Ghisellini et al., 2016; Saidani et al., 2019; Parchomenko et al., 2019; De Pascale et al., 2021). Въз основа на литературен обзор са идентифицирани два общи за почти всички групи недостатъка:

- 1) На различните нива (микро, мезо и макро) се забелязва дисбаланс между трите стълба на устойчивото развитие и затруднения при свързването на микро с макро нивото. По-забележителен напредък се наблюдава в макро измерителите, докато най-слабо разбиране за това как да се измери и отчете преходът към кръгова икономика има на микро ниво (Harris et al., 2021; Hatzfeld et al., 2022; De Oliveira & Oliveira, 2023; Elia et al., 2017).
- 2) Индикаторите са основно асоциирани със съхраняването на материали. Това измерение обаче пренебрегва до голяма степен енергийния аспект, управлението на земите и водите, влиянието върху околната среда, както и различни институционални и социални фактори, които са от особен интерес за кръговата икономика (Corona et al., 2019; Llorente-González & Vence, 2019; Moraga et al., 2019; Moraga et al. 2021). Индикаторите, проследяващи материали са по-лесно разбираеми, но съобразяването единствено с тях може да доведе до намаляване на употребата на материали за сметка на социалното, икономическото и екологичното благополучие (Corona et al., 2019).

Научната литература изобилства от различни варианти на рамки за мониторинг (Mayer et al., 2018; Parchomenko et al., 2019; Ahmed et al., 2022; Reich et al., 2023; Cagno et al., 2023). За съжаление, те обикновено не са способни да оценят едновременно колко кръгови са продукти, процеси, организации, държави или региони (Ahmed et al., 2022; Cagno et al., 2023). Също така много от тях пропускат да отчетат дали ресурсите са оскъдни или от критично значение и оставят на заден план издръжливостта, продължителната употреба, икономическата и социалната стойност и потребителската ангажираност. Необходимо е да се подходи комплексно (Corona et al., 2019), но все още няма общоприета **рамка за мониторинг** на прехода, която да отчете напредъка по отношение на всяка една кръгова цел.

Глава 2. Институционална рамка на прехода към кръгова икономика в ЕС

Втората глава на настоящия дисертационен труд разглежда развитието на кръговата икономика в контекста на Европейския съюз. Обърнато е специално внимание на Плана за прехода към кръгова икономика и основополагащи за него стратегически и законодателни документи. Проследено е развитието на Европейската рамка за мониторинг на прехода, направен е сравнителен анализ по ключови индикатори между Европейския съюз и България и в заключение са посочени предимствата и недостатъците на рамката и възможности за нейното обогатяване с допълнителни енергийни, екологични и продуктови индикатори.

2.1. Европейско законодателство относно кръговата икономика

Европейският подход за реструктуриране на икономическата система се доближава най-силно до цикличната икономика на Стахел и модела „от люлка до люлка“ на Браунгарт и Макдона (Wautelet, 2018). Бизнес общността и организации като Фондация Елън МакАртър значително допринасят за популяризирането на концепцията, но в практически план в ЕС основна роля играе законодателството. То започва да се развива активно още през 1976 г. със Закона за обезвреждане на отпадъците в Германия (Mohajan, 2021), последван от Закона за затворения цикъл на веществата и управлението на отпадъците от 1996 г. (IISD, 2023). Устойчивостта в употребата на природни ресурси излиза на преден план през 2005 г. в Тематичната стратегия за устойчиво използване на природните ресурси (ЕС, 2005). В последствие са представени Стратегията за интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж

от 2010 г. (ЕК, 2010) и Пътната карта за ефективно използване на ресурсите в Европа от 2011 г. (ЕК, 2011). Седмата програма за действие за околната среда на свой ред определя три основни области от интерес, а именно: опазване и подобряване на природния капитал, преход към нисковъглеродна и ресурсно ефективна икономика, както и постигане на нетоксична околна среда, която да не вреди на човешкото здраве (ЕП, 2013).

Редицата опити за създаване на подходящи индикатори за отчитане на напредъка водят до разработването на Пътна карта за ефективно използване на ресурсите през 2014 г. (European Parliament, 2015) и Пътна карта за използване на суровините през 2016 г. (European Commission, 2016). Те подготвят почвата за представянето на първия пакет от мерки за прехода към кръгова икономика (ЕК, 2015). Следва разработването на Рамката за наблюдение на прехода към кръгова икономика през 2018 г. (European Commission, 2018b) и надграждане на първоначалните намерения на Комисията до Плана за действие за прехода към кръгова икономика от март, 2020 г. (ЕК, 2020). Новата Осма програма за действие за околната среда до 2030 г. залага шест приоритетни цели, сред които вече изрично се споменава кръговата икономика във връзка с осигуряването на възстановителен икономически растеж (ЕП, 2022).

Плановете по отношение прехода към кръгова икономика в ЕС целят да подпомогнат държавите членки, като установят подходяща законова уредба, предложат конкретни мерки и осигурят насърчаващи финансови инструменти, както и рамки за наблюдение на напредъка. Планът за действие от 2020 г. следва принципите на кръговата икономика и определя конкретни количествени цели, като се фокусира върху създаването на устойчиви продукти, предотвратяване и намаляване на отпадъците и замърсяването, защита правата на потребителите и повишаване на тяхната информираност, както и намаляване на ресурсната интензивност в приоритетни сектори. Главна роля в плана заема законодателството относно отпадъците под формата на рамковите директиви относно проектирането на продукти (ЕП, 2012; ЕП, 2015) и управлението на отпадъци (ЕП, 2008; ЕП, 2018; ЕП, 2019). Законодателната рамка постепенно се разширява във времето, като възприема допълнителни изисквания, целящи предотвратяването на отпадъци и изкачване нагоре по йерархията на тяхното управление посредством екодизайн, енергийна ефективност, ограничаване на опасни вещества в съдържанието и забрана на определени категории продукти.

2.2. Европейска рамка за мониторинг на прехода към кръгова икономика

Рамката за наблюдение на прехода към кръгова икономика е представена през 2018 г. Нейното предназначение е да проследява напредъка и неговото съответствие с целите за устойчиво развитие до 2030 г. Европейската рамка за мониторинг е една от малкото, които наред с материалите, изпратени за рециклиране, отчита и тези, повторно запазени в икономиката, както и технологичния напредък под формата на брой патенти, свързани с иновативни технологии за рециклиране и възстановяване на материали (European Commission, 2018b). Тя използва подхода на сметките за материалните потоци в цялата икономика EW–MFA (economy–wide material flow accounts) (European Commission, 2018a). Той позволява да се опишат взаимодействията на икономиката с околната среда и останалата част от света под формата на материални потоци (Eurostat, 2018a).

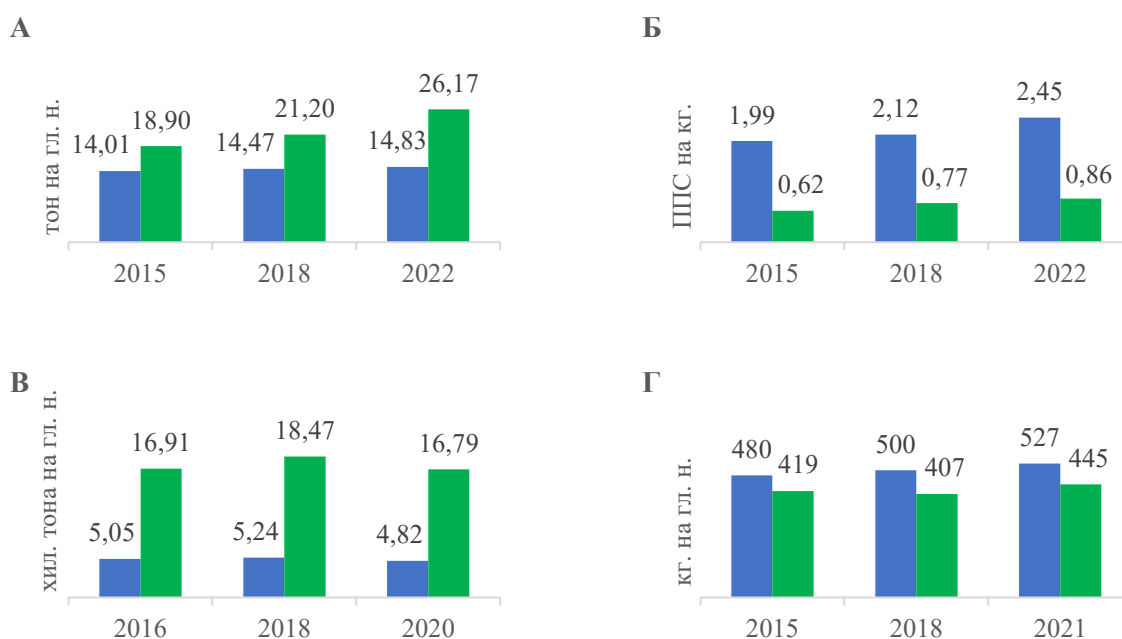
Основна **критика** към рамката е, че както повечето други се фокусира предимно върху материални аспекти и до голяма степен пренебрегва обществото, околната среда и системната промяна. В нея няма заложен показател за кръгово проектиране на продуктите, а съхраняването на стойността във времето е слабо отразена (ЕСП, 2023).

Първоначалната версия на рамката претендира, че обхваща основните компоненти на кръговата икономика, като включва 10 индикатора, разпределени в 4 категории (ЕС, 2018b): „Производство и потребление“, „Управление на отпадъците“, „Вторични суровини“ и „Конкурентоспособност и иновации“. Ревизираната версия на Рамката е представена през май 2023 г. и интегрира ново пето измерение, отчитащо „Устойчивост и издръжливост“ (Eurostat, 2023a). Новата група съдържа индикатори за потребителски отпечатък, парникови емисии от производството, материална зависимост и материална независимост. Те също са предимно съсредоточени около материалното измерение, но засягат в по–голяма дълбочина социални и екологични аспекти.

Кръговата икономика предоставя редица възможности за устойчив растеж. Тези нейни качества на европейско ниво се проявяват най–вече в областта на ресурсната ефективност, където тя спомага за намаляване зависимостта от първични суровини и образуването на отпадъци (Ivanova, 2020). Следващите фигури представят сравнения между ЕС и България за някои от ключовите индикатори, които рамката проследява. България е сред последно присъединилите се към ЕС държави и прилага европейските зелени политики от по–скоро, затова се изхожда от предположението, че успехът ѝ по отношение на трансформацията на

икономическата система е затруднен. За всеки от индикаторите са съпоставени стойностите от 2015 г. (годината на представяне на първия ПДКИ или последващата 2016 г.), 2018 г. (годината на въвеждане на рамката) и последната налична година. Годишите се различават в зависимост от наличието на данни.

Фигура 2 акцентира върху категорията „Производство и потребление“. От момента на въвеждането на рамката за мониторинг в ЕС се наблюдава увеличение на материалния отпечатък (2.А) (макар и в по–малка степен) и ТБО (2.Г) на глава от населението. Положителна тенденция се очертава с повишената ресурсна производителност (2.Б) и слабото намаление на общия генериран отпадък (2.В).

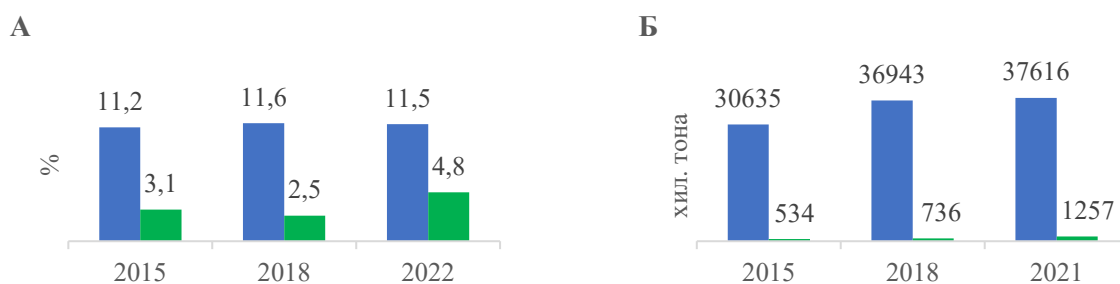


Фигура 2. Производство и потребление: А. Материален отпечатък; Б. Ресурсна производителност; В. Общ генериран отпадък; Г. Твърд битов отпадък. Стойностите са за ЕС (синьо) и България (зелено). Графиките са изготвени от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023b).

България демонстрира увеличение при всички четири показателя, сред които значително по–лоши резултати по отношение на материалния отпечатък (с 35% и 76% по–голям от средното за ЕС през 2015 г. и 2022 г.) и общото количество генериран отпадък на глава от населението (съответно с цели 235% и 249% по–високо през 2016 г. и 2022 г.). Слабото представяне на страната може да е резултат от комбинация от фактори, сред които високата ресурсна интензивност на промишлеността, неефективна система за управление на отпадъците и пропуски в регулаторната рамка, засягаща отпадъците и ресурсната ефективност.

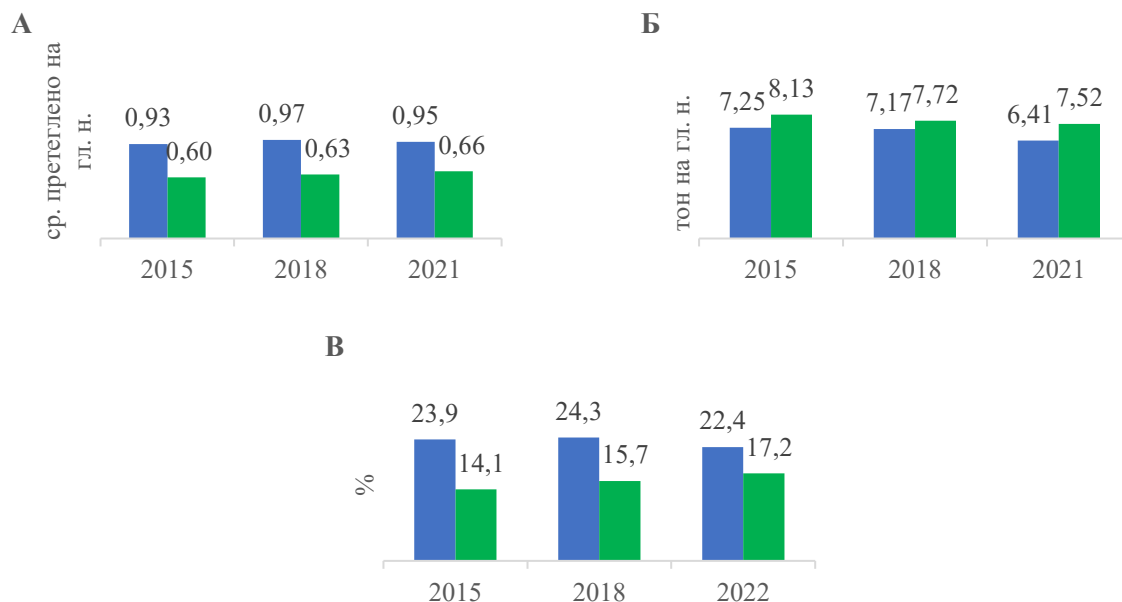
В категория „Управление на отпадъците“ общата степен на рециклиране и степента на рециклиране на твърд битов отпадък бележат лек ръст в ЕС за периода. В България степента на рециклиране на ТБО започва да се повишава от 2015 г. и достига 34,6% през 2019 г., но веднага след това се наблюдава спад до 35,2% през 2020 г. С по–високия ТБО на глава от населението през 2021 г. степента на рециклиране спада още повече до 28,2%.

Докато степента на кръгово използване на материалите в ЕС остава на приблизително едно равнище (Фигура 4А), тази в България има тенденция към повишаване през последните години, което означава, че по–голям дял от рециклираните материали се запазват повторно в икономиката. Предвид обаче високото потребление на суровини, отразено в материалния отпечатък на страната и сравнително ниската ресурсна производителност, вторичните суровини очевидно не заместват първични. Количеството изнесени рециклируеми материали (4.Б) също нараства в ЕС и България през годините. Тази тенденция едва ли може да се определи като положителна, тъй като често подобен тип материали се приемат от страни със занижен контрол или липса на подходящи инсталации за третиране.



Фигура 4. Вторични суровини: А. Степен на кръговост; Б. Търговия с рециклируеми материали (износ извън ЕС). Стойностите са за ЕС (синьо) и България (зелено). Графиките са изготвени от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023b).

В групата „Конкурентоспособност и иновации“ рамката взема предвид частните инвестиции и брутна добавена стойност (т.е. брутен доход от оперативна дейност) в секторите, свързани с рециклиране, поправка и повторна употреба, както и наем и отдаване на лизинг. В ЕС стойностите се запазват постоянни, а България почти достига европейското ниво. Сходна е ситуацията по отношение дял заети в същите тези сектори. По данни от 2020 г. в България все още няма регистрирани патенти, свързани с дейности по рециклиране и вторични суровини, а броят патенти в ЕС значително намалява.



Фигура 6. Устойчивост: А. Потребителски отпечатък; Б. Парникови емисии от производствени дейности; В. Зависимост от вноса на материали. Стойностите са за ЕС (синьо) и България (зелено). Графиките са изготвени от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023b).

Индикациите за устойчивост, представени на Фигура 6, не бележат значителни разлики за периода. Потребителският отпечатък (6.А) се запазва почти постоянен, като в България той е по–нисък до голяма степен заради по–слабото икономическо развитие на страната. Парниковите емисии от производствени дейности (6.Б) бележат лек спад, но се запазват сравнително по–високи в България. Това може да е резултат от по–голямата ресурсна интензивност, по–ниска производствена ефективност или занижени стандарти и контрол на производствения процес. Зависимостта от вноса на материали (6.В) демонстрира понижение за последния отчетен период на ниво ЕС, но в България тя се увеличава с около 3,1 процентни пункта от 2015 г. насам, което допълнително подкрепя аргумента, че повишената степен на кръговост единствено допринася за задоволяване на нарастващото потребление на материали, които при липса на местни източници се налага да се бъдат внасяни отвън.

В заключение, от 14–те разгледани индикатора на общоевропейско ниво се наблюдава: **влошаване** в стойностите на 4 показателя (материален отпечатък; ТБО; износ на рециклируеми материали извън ЕС; брой патенти, свързани с рециклиране и вторични суровини), **напредък** по отношение на 5 показателя (ресурсна производителност; общ генериран отпадък; обща степен на рециклиране; степен на рециклиране на ТБО; зависимост от вноса на материали) и **застой** по отношение на 5 показателя (степен на кръговост; частни

инвестиции и брутна добавена стойност; заетост в кръговия сектор; потребителски отпечатък; парникови емисии от производствени дейности). Това потвърждава заключението на Европейска сметна палата, че от представянето на първия ПДКИ през 2015 г. не се наблюдава съществен напредък на ЕС в прехода към кръгова икономика. В България тенденциите са по-неблагоприятни. До това заключение стига и Иванова (2022), която изследва различна конфигурация от индикатори и установява, че България като цяло изостава от средното за ЕС ниво не само поради нисък ресурсен потенциал, но и поради забавена трансформация на бизнес моделите.

Подходящи индикатори, които да коригират пропуските в рамката за мониторинг, дори са вече налични в базите данни на Евростат. Така например рамката може да бъде допълнена с енергийни аспекти, като дял на **произведената и потребената възобновяема енергия, енергийна производителност и въглероден интензитет на енергийното потребление**. Допълнителни индикатори, свързани с обществото и състоянието на околната среда, могат да бъдат **застроената земя, парниковите емисии на глава от населението и вредните емисии от транспорта**. В случаите, когато измерители липсват, е препоръчително да се работи по тяхното създаване. **Потребената рециклирана енергия** например би могла да бъде важен енергиен индикатор за проследяване на прехода, тъй като дава представа дали се съблюдават принципите на кръговата икономика по отношение на енергийните ресурси. **Планираното остаряване** пък може да се оценява чрез комбинация от индикатори за **енергийна ефективност, средна продължителност на живота на продуктите, съдържание на вторични суровини**, както и чрез **индекс на поправимост**. Отчитането на тази информация не само под формата на агрегирани данни на макро ниво, но и при самото етиктиране на продуктите би донесло значителни ползи за потребителите, които ще могат да правят разлика между отделните продукти и така да ориентират търсенето си към стоки с възможност за поправка и продължително ползване. Обогащането на рамката ще помогне тя да изпълнява по-ефективно своето предназначение и чрез нея по-лесно да се идентифицират полета за подобрене и провеждане на целенасочени политики.

Глава 3. Анализ на влиянието на макроикономически и социални фактори върху прехода към кръгова икономика в ЕС

Третата глава на настоящия дисертационен труд изследва **три ключови индикатора**, които помагат да се проследи и оцени преходът към кръгова икономика в Европейския съюз. Първият от анализираниите измерители е един от най-често срещаните в научната литература и в статистическите данни, които се представят на обществеността, а именно **степената на рециклиране на твърди битови отпадъци**. Вторият материален измерител е **степената на кръговост**, показател, специално създаден от Европейската комисия, за да представи каква част от рециклираните ресурси на практика се захранват обратно в икономиките. Третият индикатор е от първостепенно значение за декарбонизацията на икономиките и постигането на целите на Европейския зелен пакт. И все пак, той все още не е включен в Европейската рамка за мониторинг. Разделът изследва факторите, влияещи върху **потреблението на възобновяема енергия**, в опит да го обвърже с другите два кръгови индикатора и да подкрепи необходимостта от добавянето му към рамката. Заключителната част на Глава 3 обединява резултатите за трите показателя и определящите ги фактори в обща рамка. В раздела са сформирани **кълъстери**, характеризиращи определени модели на осъществяване на преход към кръгова икономика в ЕС, които се очертават в Европейския съюз. Четирите анализа предоставят полезни наблюдения над двигателите на прехода към кръгова икономика. Вникването в движещите сили и предизвикателствата подпомага кръговата трансформация и постигането на целите за въглеродна неутралност.

3.1. Анализ на фактори, определящи степента на рециклиране в ЕС

Както вече бе споменато, широкият обхват и разнообразните тълкувания на концепцията за кръгова икономика ангажират голям брой заинтересовани страни, което предполага и редица измерители за оценката на кръговия напредък (Corona et al., 2019). Докато всички аспекти на кръговата икономика са еднакво значими, то данните за различните степени на рециклиране са доста по-достъпни, изчерпателни и разбираеми (Espinoza, 2021). Рециклирането дори често се възприема като еквивалентно на кръгова икономика, въпреки че е само една от нейните стратегии (Kirchherr et al., 2017). Тук обаче е важно е да се

отбележи, че високата степен на рециклиране не означава непременно кръговрат на материали и държавите все още могат да срещат затруднения със затварянето на цикъла (Fellner & Lederer, 2020).

Фокусът на настоящото проучване е **общата степен на рециклиране на твърдия битов отпадък** на годишна база. Този индикатор измерва рециклирания от крайния потребител отпадък като дял от общия генериран ТБО. Процесът по рециклиране включва рециклиране на материали, компостиране или анаеробна ферментация. В този контекст, ТБО се определя като отпадък, генериран от домакинствата или сходни източници. Въпреки че ТБО представлява едва около 10% от общия генериран отпадък в ЕС, степента му на рециклиране може да се разгледа като приемлив критерий за представянето на цялостната система за управление на отпадъци и ролята ѝ за кръговата икономика (Eurostat, 2022a). Целта на изследването е да пресее разнообразни икономически и социални фактори, които са важни за степента на рециклиране на ТБО и да определи тяхното влияние върху нея. Формулирани са четири първоначални хипотези:

X1: БВП на глава от населението като приближение за икономическо развитие има значителен положителен ефект върху степента на рециклиране.

X2: Разходите за научноизследователска и развойна дейност като приближение за иновации имат значителен положителен ефект върху степента на рециклиране.

X3: Ресурсната производителност има значителен положителен ефект върху степента на рециклиране.

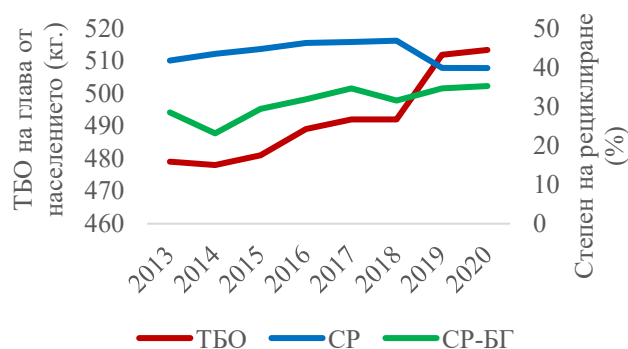
X4: Въвеждането на забрани за депониране повишава степента на рециклиране.

Източници на данните за проучването са Евростат (Eurostat, 2023c), Световната банка (World Bank, 2022) и Европейската конфедерация на инсталации за производство на енергия от отпадъци (CEWER, 2022). Анализирани са 28 страни членки за периода 2013 – 2020 г. и на база съществуващата литература (EEA, 2016; Sidique et al., 2010; Grazhdani, 2016; Park, 2018) и предварителни очаквания са идентифицирани общо 13 променливи. Групата на икономическите и социалните фактори включва БВП на глава от населението, разходи за научноизследователска и развойна дейност, правителствена ефективност, дигитална свързаност и риск от бедност. Тук следва да се уточни, че по-подходящ индикатор биха били разходите за опазване на околната среда, но поради липсата на пълни данни за разглежданите в дисертацията периоди е използвано най-близкото приближение, а именно разходите за

НИРД. Влиянията от ефективното управление на ресурси и целенасочените правителствени политики са изследвани посредством ресурсната производителност, енергийната производителност, интензитета на емисиите на парникови газове от енергийното потребление, таксите за депониране и наличието или липсата на забрана за депониране. Не на последно място се обръща внимание и на образователния аспект чрез демографски данни относно дела отпаднали от образователната система, завършилите средно образование и завършилите висше образование.

Забраните за депониране (на биоотпадъци, опасни отпадъци или рециклируеми отпадъци) са от особен интерес в настоящото проучване, тъй като насърчават общините да осигурят разделното събиране при източника или последващото сортиране на отпадъците. Забрани за депониране под различни форми са възприети в общо 16 от 28-те страни членки на ЕС в разглеждания период (CEWER, 2022).

Фигура 7 обобщава данни за ТБО в ЕС от близките години. Началото на икономическата криза и Ковид пандемията поставят на изпитание развитието на кръговата икономика. Още през 2019 г. икономическият растеж започва да забавя своя темп и за да избегнат рецесия, много централни банки понижават лихвените проценти в опит да насърчат потребителските разходи. По-засиленото потребление обаче води със себе си и повишение в генерираните отпадъци. Този нежелан ефект се подхранва допълнително в началото на 2020 г., когато пандемията настъпва и увеличените битови и медицински отпадъци усложняват още повече събирането и последващото третиране.



Фигура 7. Твърд битов отпадък (ТБО: червено, лява ордината) на глава от населението в ЕС–28 и степен на рециклиране (СР: синьо, дясна ордината за ЕС–28 и зелено, дясна ордината за България) (Eurostat, 2023c).

Всички използвани данни са предварително стандартизирани. Корелационният анализ сочи, че най-силна зависимост се наблюдава между степента на рециклиране и БВП на глава

от населението, честотата на ползване на интернет, правителствената ефективност, забраните за депониране, както и разходите за научноизследователска и развойна дейност. Получените резултати не сочат към потенциални проблеми с мултиколинearност.

Тестовите за стационарност разкриват, че някои променливи са нестационарни, но единичният корен бива преодолян в първите разлики. Следователно данните са интегрирани от първи ред. На свой ред тестът на Као за панелна коинтеграция (Као et al., 1999) показва, че статистическите редове постигат равновесие в дългосрочен план. На следващата стъпка е проведен тест за причинност по Грейнджър, при който се наблюдава причинност от завършилите средно образование и рискът от бедност към степента на рециклиране, но тази връзка е двупосочна. Нито една от променливите не намира място в окончателния модел.

За установяване на конкретните въздействия на независимите величини върху степента на рециклиране е проведен регресионен анализ. Поради характера на „забраната за депониране“ тя присъства в анализа като категорична променлива. Таблица 5 показва финалния статистически значим смесен панелен регресионен модел, оценен по метода на най-малките квадрати.

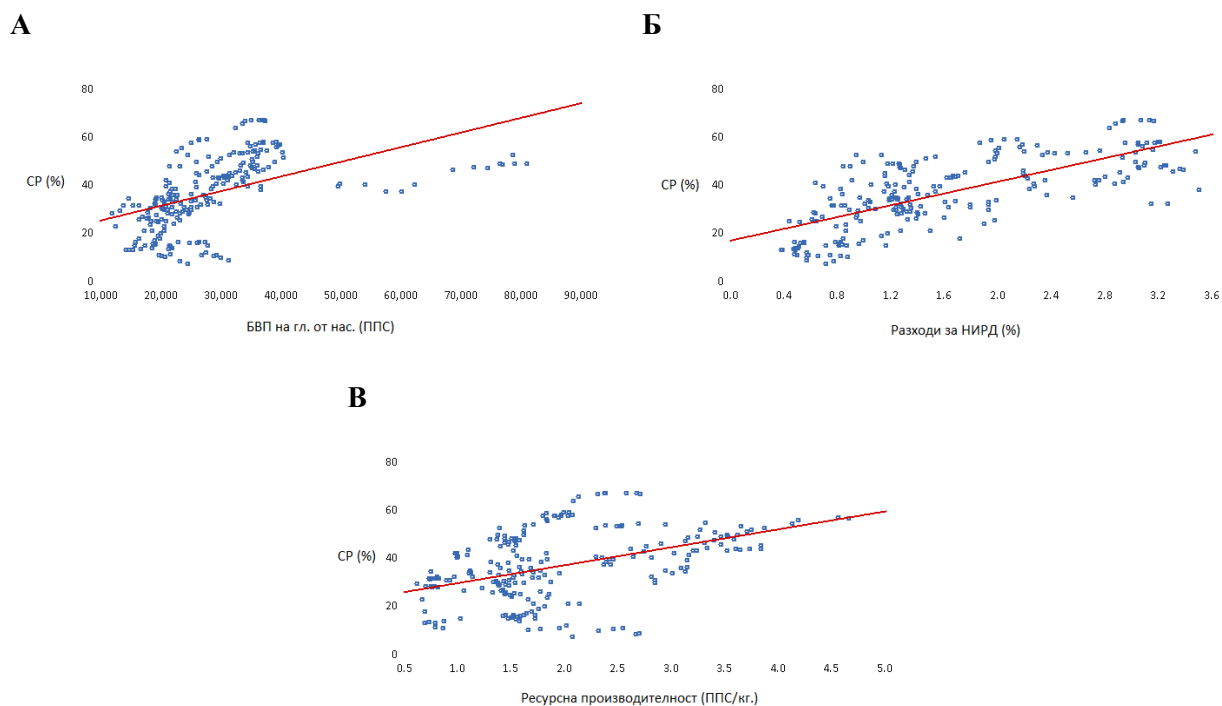
Таблица 5. Панелен регресионен модел на степента на рециклиране

| Променлива | Коефициент | t-stat | p-value |
|---|------------------|--------|---------|
| БВП на гл. от нас. | 0,145 (0,049) | 2,953 | 0,004 |
| Забрана за депониране | 0,122 (0,054) | 2,268 | 0,024 |
| Разходи за НИРД | 0,597 (0,044) | 13,547 | 0,000 |
| Ресурсна производителност | 0,274 (0,047) | 5,873 | 0,000 |
| R² = 0,661, R²_{adj} = 0,656, Брой наблюдения: 224 | | | |

Стандартните грешки са посочени в скоби.

Четири променливи се открояват като значими. Липсата на образователните променливи не е изненадваща — за тях може да се приеме, че са интегрирани в променливите, свързани с производителността и БВП, които служат за общ измерител на социалното и икономическото развитие на дадена икономика. Поради тази причина дигиталната свързаност също отпада от финалния модел, въпреки че нейната значимост се подразбира. Фигура 8 представя точкови диаграми, съпоставящи степента на рециклиране с всеки от статистически значимите фактори. Забраната за депониране не е изобразена, тъй като е

категорийна променлива. От графиките е видимо, че в определени години дори някои от най-богатите държави рециклират под средното за ЕС (Фиг. 8А). Това говори за наличието на изключения или за по-специфични взаимодействия между факторите, определящи развитието на кръговата икономика.



Фигура 8. Степента на рециклиране (СР) като функция от три фактора: А. БВП на гл. от нас.; Б. Дял на разходите за научноизследователска и развойна дейност (НИРД); В. Ресурсна производителност.

БВП и рециклирането на пръв поглед не са пряко свързани. По-високото икономическо развитие обаче несъмнено се отразява най-вече върху бюджета, отделен за изследвания и иновации в рециклирането и възстановяването на материали, както и за развитието на подходяща инфраструктура и подобрене на системите за управление на отпадъци. Високият стандарт на живот влияе съществено и върху поведението на населението, което в случая често е по-образовано, по-екологично осъзнато и по-склонно да рециклира.

Разходите за НИРД като дял от БВП са най-влиятелният фактор, стимулиращ рециклирането на отпадъци и развитието на кръговата икономика като цяло. Разбира се, това е валидно, когато усилията са основно насочени към екоинновации чрез инвестиции в проекти, свързани с чисти, ресурсно ефективни и кръгови технологии (Ivanova & Chireva, 2021). Научноизследователската и развойна дейност е ключова както за предотвратяването

на отпадъци, така и за последващото им трансформиране в ценен ресурс. Иновациите в рециклирането започват още от технологиите за разделно събиране и последващо сепариране на отпадъци и спомагат за усъвършенстване на процеса, при който максимално се оползотворяват входните материали, получава се по-качествен изходен материал, понижават се разходите за преработка и се намалява съпътстващото замърсяване и необходимата енергия. Изследователската дейност допринася и за разработването на подходящи политики по повишаване на осведомеността и ангажиране в процеса на прехода към кръгова икономика.

На второ място се нарежда **ресурсната производителност**, още един индикатор за икономическо развитие и по-специално отделянето му от употребата на изчерпаеми ресурси. Повишената ресурсна производителност подпомага най-важната стъпка от йерархията на отпадъците, а именно тяхното предотвратяване. Бизнесът на практика има интерес да приоритизира ресурсната производителност и да затвори производствения цикъл, тъй като това му помага да намали разходите си. А намеренията за затваряне на цикъла предполагат изходният продукт да бъде проектиран за повторна употреба и рециклиране. Това улеснява процеса и същевременно насърчава бизнеса да инвестира в технологии за рециклиране, за да може да възстанови и захрани повторно ресурсите си.

Връзката между **забраната за депониране** и степента на рециклиране е най-очевидна и моделът потвърждава нейната важна роля и положителен принос. Политиките по установяване на подобни забрани имат потенциала да стимулират разработването на инфраструктура и подходящи технологии за рециклиране, за да допринесат за по-висок дял рециклирани отпадъци. Това пряко повлиява капацитета на депата и смекчава тяхното отрицателно въздействие върху околната среда.

3.2. Анализ на фактори, определящи степента на кръговост в ЕС

Повечето кръгови индикатори дават представа за дейностите по рециклиране в системата, но рядко отчитат повишеното възобновяемо или рециклирано съдържание в новите материали и продукти (Corona et al., 2019). Система, която прави приоритет количеството пред качеството, обаче запазва линейния си характер и води до екосистемни нарушения (Bocken & Short, 2021). За да се насърчи наистина преходът към кръгова икономика, целите

за рециклиране следва да се комбинират с цели за заместване на материали, които да повишат влагането на вторични суровини в продуктите (Fellner and Lederer, 2020).

В опит да създаде единен макроикономически кръгов показател, Евростат разработва **степената на кръгово използване на материалите**, известна накратко като степен на кръговост. Индикаторът отчита дела на местно възстановените и повторно въведени в икономиката материали. Измерителят често се използва и за приблизителна оценка на кръговата икономика в държавите (Giannakitsidou et al., 2020; Kumar et al., 2021; Neves & Marques, 2022; OECD, 2020). Степената на кръговост обаче е по-рядко изследвана в сравнение със степената на рециклиране.

В настоящото проучване е направен иконометричен анализ на 27 европейски държави в периода 2010 – 2019 г. Основната му цел е да се отсеят важни икономически и социални фактори на макро ниво, които влияят върху степената на кръговост.

Формулирани са пет **първоначални хипотези**:

X1: БВП на глава от населението като приближение за икономическо развитие има значителен положителен ефект върху степената на кръговост.

X2: Разходите за научноизследователска и развойна дейност като приближение за иновации имат значителен положителен ефект върху степената на кръговост.

X3: Ресурсната производителност има значителен положителен ефект върху степената на кръговост.

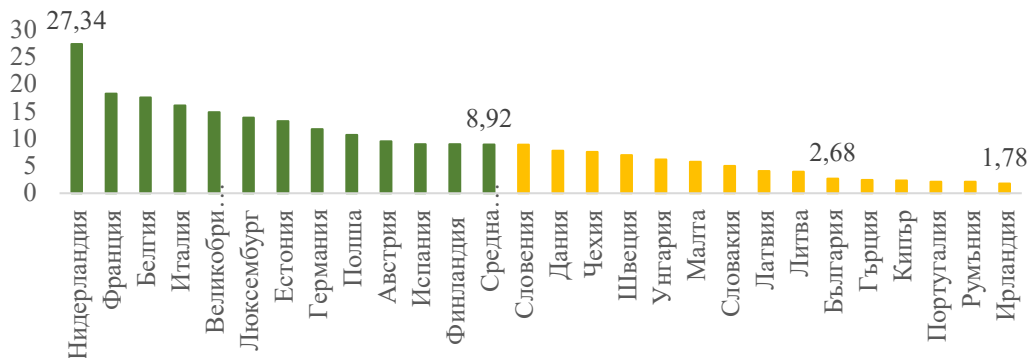
X4: Приходите от екоданъци се отразяват положително върху степената на кръговост.

X5: Правителствената ефективност е положително свързана със степената на кръговост.

За целите на анализа са избрани общо 11 основни независими променливи. Източници на данните са Евростат (Eurostat, 2023c) и Световната банка (World Bank, 2022). БВП отчита икономическо развитие, а делът на разходите за НИРД е използван като приближение за иновации. Включени са и индикатори за енергийна и ресурсна производителност, свързани съответно с отделянето на икономическия растеж от потреблението на енергия и използването на природни ресурси.

Страните членки демонстрират съществени разлики по отношение степената на кръговост и напредъкът е бавен (ЕСП, 2023). Средната степен на кръговост се увеличава за разглеждания период с около 17%, като започва от 8,44% през 2010 г. и достига 9,89% през 2019 г. Както се вижда на Фигура 11, средната степен на кръговост за 10-годишния период

е приблизително 8,92%. България поддържа ниска степен на кръговост през годините, като 2015 г. и 2016 г. бележат леко подобрение, но 2018 г. задава тенденция на спад.



Фигура 11. Средна степен на кръговост по държави за 10-годишния период (Eurostat, 2023c).

Всички променливи са логаритмично трансформирани. За да се вникне в основните зависимости между променливите, е проведен корелационен анализ. Получените резултати не предполагат потенциални проблеми с мултиколинearност. Степента на кръговост е най-силно корелирана с дела на разходите за научноизследователска и развойна дейност и ресурсната производителност. Умерена корелация се наблюдава с БВП на глава от населението, правителствената ефективност, степента на рециклиране на стъклени опаковки, както и търговията с рециклируеми суровини (внос от ЕС). Умерената положителна корелация от 42% между правителствената ефективност и степента на кръговост подкрепя петата хипотеза (X5). Тази променлива обаче не намира място в окончателния модел. Същото се отнася и до степените на рециклиране на различните видове опаковки и търговията с рециклируеми суровини.

Резултатите от тестовете за стационарност разкриват, че данните са интегрирани от първи ред. Тестът на Као за панелна коинтеграция (Као et al., 1999) показва, че статистическите редове постигат равновесие в дългосрочен план, което отхвърля възможността за случайни зависимости. Така на следващата стъпка е проведен тест за причинност по Грейнджър. Нулевата хипотеза на теста може да бъде отхвърлена при ниво на значимост 1 – 5% в случая на разходите за НИРД и ресурсната производителност. Това означава, че е налице еднопосочна причинност и миналите стойности на съответните променливи могат да бъдат полезни за прогнозирането на зависимата променлива.

Като се вземат предвид резултатите към момента, е построен първоначален регресионен модел с добавяне на независимите променливи една по една. Таблица 9 представя резултатите от регресията. Модел 1 е смесен панелен регресионен модел, оценен по метода на най-малките квадрати. БВП на глава от населението обаче се появява със статистически значим коефициент, но с отрицателен знак, противно на очакванията. Моделът е оценен повторно, но този път са приложени фиксирани пространствени ефекти. За да бъде коригирано наличието на пространствена зависимост, моделът е оценен по метода за клъстеризация на Уайт (White cross-section (period cluster) method) (Модел 2). Вторият модел дава положителен знак пред БВП на глава от населението и потвърждава значимостта на останалите променливи. Тук и четирите фактора се проявяват с приблизително еднакво влияние, а положителното въздействие на приходите от екоданъци се откроява като малко по-силно от останалите. Модел 2 въвежда и специфични константи за всяка една държава, които отразяват фиксирано първоначално ниво на степента на кръговост, зависещо от индивидуални характеристики извън модела.

Таблица 9. Панелни регресионни модели на степента на кръговост

| Променлива | (1) | (2) |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| | Коефициент | |
| БВП на глава от населението | -0,349*** (0,138) | 0,336** (0,146) |
| Разходи за НИРД | 0,722*** (0,069) | 0,388*** (0,076) |
| Ресурсна производителност | 0,877*** (0,096) | 0,358*** (0,097) |
| Приходи от екоданъци | 0,177 (0,136) | 0,460*** (0,146) |
| Константа | 4,606*** (1,389) | -2,241 (1,521) |
| R ² | 0,522 | 0,937 |
| R ² _{adj} | 0,515 | 0,929 |
| Брой наблюдения | 270 | 270 |
| Брой периоди | 10 | 10 |

Всички променливи са логаритмично трансформирани. Стандартните грешки са посочени в скоби. *, **, *** означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1 %.

По-високият **БВП** предполага по-добър жизнен стандарт, по-благоприятна бизнес среда и повече възможности за работа. Това често допринася за по-продуктивно използване на активите. Увеличените частни инвестиции и по-високите приходи от данъци на свой ред могат да бъдат насочени към повишаване на ресурсната производителност и

усъвършенстване на технологиите за предотвратяване и оползотворяване на отпадъците. Ако се изследва по-задълбочено връзката между степента на кръговост и БВП на глава от населението, прави впечатление определена тенденция. Страните със стойности на степента на кръговост над средната за ЕС са предимно от Западна, Централна и Северна Европа. Същевременно повечето държави, присъединили се към ЕС на по-късен етап (особено тези с по-нисък БВП на глава от населението), обикновено имат стойности, които са доста под средните. Това е знак, че държави, които са започнали да прилагат зелените европейски политики от сравнително скоро, все още срещат затруднения да отбележат съществен напредък по отношение на кръговата икономика.

Научноизследователската и развойна дейност е източник на знания за създаването на нови продукти, услуги и технологии или усъвършенстването на съществуващи такива. НИРД е тясно свързана с иновациите и не само осигурява конкурентни предимства на бизнесите, но също така играе ключова роля за намаляване потреблението на материали и енергия, възстановяването на материали и контрол над екологичния отпечатък.

Постигането на устойчивост изисква дългосрочно намаление в потребяваните суровини и отделените отпадъци. **Ресурсната производителност** на свой ред се утвърждава в моделите като стимул за кръговата икономика. Повишената ресурсна производителност подобрява конкурентоспособността на икономиките, тъй като те управляват ресурсите си по-ефективно и могат да ограничат замърсяването на околната среда. Производството на повече с по-малко спомага за отделянето на икономическия растеж от употребата на изчерпаеми ресурси и намалява влагането на суровини. Това е ключова предпоставка за кръговата икономика, тъй като засилената повторна употреба на материали сама по себе си не е гаранция за устойчивост.

Екоданъците и екотаксите определят цена на отрицателните външни ефекти и предоставят стимули за повишаване на ефективността и преминаване към възобновяеми ресурси и екологично чисти технологии. За целта се облагат производствени и потребителски практики, които застрашават околната среда (енергия и материали, транспорт или други замърсяващи дейности). В допълнение, приходите от екоданъци могат да субсидират дейности по рециклиране и възстановяване, като по този начин повишават степента на кръговост. На практика, докато четирите фактора изглеждат еднакво важни, то ефектът от приходите от екоданъци като дял в БВП се откроява като по-въздействащ.

3.3. Анализ на фактори, определящи потреблението на възобновяема енергия в ЕС

Енергийните източници, които използва човечеството, са в пряка връзка с климатичните промени и е наложително да бъдат отразени под една или друга форма в рамките за мониторинг. От изключителна важност е да се осъзнае, че устойчивата енергия и кръговата икономика са взаимодопълващи се. За успешното управление на тяхната връзка заинтересованите страни трябва да формулират общи цели и да проследяват успоредно напредъка, влагайки кръгови стратегии в сектора на възобновяемата енергия. Един единствен индикатор обаче трудно може да обхване концепцията за енергиен преход. И все пак, **потреблението на възобновяема енергия** в брутно крайно енергийно потребление се очертава в литературата като един от най-често използваните индикатори, проследяващ напредъка на прехода (Vera & Langlois, 2007; Sheinbaum–Pardo et al., 2012; Yu et al., 2020; Niu et al., 2023). Разбира се, за по-информативни изводи този индикатор трябва да се изследва редом с данни за енергийния микс, крайното енергийно потребление, възможни отрицателни екологични ефекти на използваните технологии и др. (EEA, 2015; Wang et al., 2021).

Връзката между възобновяемата енергия и качеството на околната среда е активно обсъждана в литературата, но не са много изследванията, които се фокусират върху фактори, влияещи върху производството и потреблението на възобновяема енергия в различни страни или региони. Подобни проучвания са от съществено значение за вземането на информирани политически и бизнес решения, касаещи енергийния преход. Според скорошни публикации, важни за развитието на възобновяемата енергия са институционалните фактори, като добър контрол над корупцията (Saba & Biyase, 2022; Marra & Colantonio, 2022; Tu et al., 2022), технологичните иновации и дигитализацията (Mishra et al., 2022). Фактори, като икономически растеж, урбанизация, индустриализация, ръст и гъстота на населението, също въздействат върху дела на възобновяемата енергия (Malik et al., 2014). Други проучвания добавят към тези детерминанти и разходите за НИРД, преките чуждестранни инвестиции, отвореността на търговията и правителствената ефективност (Kocsis & Kiss, 2015; Akarsu & Korucu–Gümüőğlu, 2019; Alam et al., 2020; Adedoyin et al., 2020; Islam et al., 2022).

Ковид–19 пандемията и руско–украинската война поставят на изпитание енергийния преход. Свиването на икономическата дейност и продължителната криза водят до тежки

социални, икономически и екологични последици (Nicola et al., 2020; Baker et al., 2020; Pereira et al., 2022). Пандемията предизвиква безпрецедентен спад в търсенето на горива и енергия, като отваря път за ускорен преход към по-устойчиви енергийни източници (Chiaramonti & Maniatis, 2020; Zhong et al., 2020). Производството на възобновяема енергия е допълнително насърчено и от подобреното качество на въздуха в резултат на по-ниските парникови емисии (Naderipour et al., 2020). В комбинация с по-евтиното производство на възобновяема енергия делът ѝ в енергийния микс на редица държави и региони нараства (Zhong et al., 2020; Klemeš et al., 2020; Li et al., 2022). Същевременно обаче повишената несигурност започва да влияе на инвестиционните решения и приключването на проекти за възобновяема енергия (Tsao et al., 2021). Фактори, като липсата на финансиране и забавяния по веригата на доставка, също спъват завършването на подобни проекти (IEA, 2020a; 2020b).

В настоящото изследване е проведен иконометричен анализ на панелни данни за 27 страни членки на ЕС в периода 2008 – 2020 г. Целта му е да установи важни икономически и социални фактори на макро ниво, които насърчават или възпрепятстват потреблението на възобновяема енергия. Формулирани са пет **първоначални хипотези**:

X1: БВП на глава от населението като приближение за икономическо развитие има значителен положителен ефект върху потреблението на възобновяема енергия.

X2: Разходите за научноизследователска и развойна дейност като приближение за иновации имат значителен положителен ефект върху потреблението на възобновяема енергия.

X3: Дигитализацията, в частност честотата на ползване на интернет и интернет взаимодействието с обществени институции, има положителен ефект върху потреблението на възобновяема енергия.

X4: Образованието играе важна роля за потреблението на възобновяема енергия.

X5: Високите нива на въглеродни емисии имат отрицателен ефект върху потреблението на възобновяема енергия.

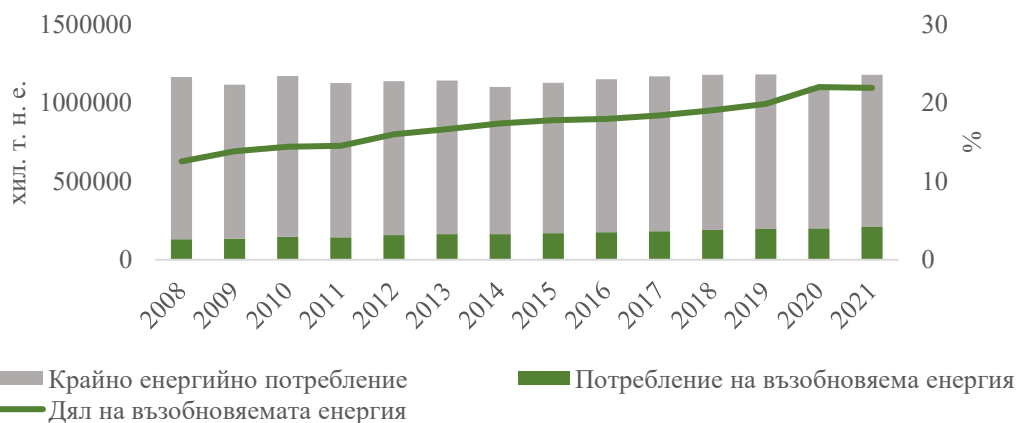
Данните за проучването са извлечени от Евростат (Eurostat, 2023c), Световната банка (World Bank, 2023), ООН (UN, 2023b) и Climate Watch (2023). Тринадесетте променливи, избрани за целите на анализа, са тясно свързани с Целите за устойчиво развитие и са подбрани от автора въз основа на съществуваща литература и установяване на нови потенциално влиятелни фактори. Макроикономическите променливи, като БВП на глава от

населението, разходите за НИРД и отвореността на търговията и тяхната роля за потреблението на възобновяема енергия са по-рано разглеждани в научната литература и са взети отново под внимание в настоящото проучване. В допълнение е разгледана и ролята на правителството посредством индекса за качество на държавното регулиране, който има потенциално положително въздействие (Ibarra–Yunez & Pérez–Henríquez, 2017). Дигитализацията като двигател на сектора на възобновяема енергия също е идентифицирана в различни изследвания, но настоящото се фокусира в частност върху потенциалните ефекти от честотата на ползване на интернет и интернет взаимодействието с обществени институции. Въздействието на придобитото образование върху потреблението на възобновяема енергия в настоящото изследване пък е проверено чрез специфичната променлива EST (гимназиално, професионално или висше образование).

Показателите, касаещи населението, като гъстота на населението, темп на нарастване населението и урбанизация (Salim & Shafiei, 2014) също са неизменно свързани с потреблението на енергия и поради тази причина са взети предвид. В научната литература е установено, че възобновяемата енергия облекчава до известна степен енергийната бедност (Pagliaro & Meneguzzo, 2020; Biernat–Jarka et al., 2021; Wang et al., 2022). Настоящото изследване възприема различен подход и тества дали самата енергийна бедност влияе върху потреблението на възобновяема енергия. След като и други парникови газове, по-малко известни от CO₂, също допринасят за изменението на климата, към списъка с потенциални фактори е добавена още една променлива — парникови емисии на глава от населението.

Доколкото авторът е запознат, това проучване е първото, което изследва специфичното влияние на енергийната бедност, честотата на ползване на интернет, интернет взаимодействията с обществени институции, образованието (с използвано общо приближение) и парниковите емисии на глава от населението върху потреблението на възобновяема енергия. Изследването също така допринася към съществуващата литература, като анализира различен набор от държави в различен период.

Фигура 15 показва крайното енергийно потребление и потреблението на възобновяема енергия в 27-те страни членки на ЕС между 2008 г. и 2021 г. Последната година не е включена в по-нататъшния анализ, а е еднократно използвана само в графиката, за да даде представа за потреблението на енергия след Ковид–19 пандемията.



Фигура 15. Средно енергийно потребление в ЕС–27 за периода 2008 – 2021 г. Изображението е създадено от автора по данни на Евростат (2023с).

Крайното енергийно потребление се запазва сравнително стабилно през годините, с лек спад през 2009 г. поради Световната финансова криза и през 2020 г. в началото на пандемията. Междувременно дялът възобновяема енергия се увеличава постепенно, като започва от 12,55% през 2008 г., достига 19,89% през 2019 г., и се повишава до 22,04% през 2020 г. Това бележи общ ръст от 74,70% за 13–годишния период. През 2021 г. обаче дялът на възобновяемата енергия се понижава леко до 21,93%. За разглеждания период Швеция демонстрира стабилно лидерство, следвана от Финландия, Латвия и Австрия. България държи средното ниво за ЕС (около 17%), докато Нидерландия, Белгия и Малта изостават значително от цели си за възобновяема енергия. Проследявайки данните, се очертава специфичен мотив. Световните кризи слабо понижават крайното енергийно потребление и насърчават сектора на възобновяемата енергия, но ефектът е краткотраен и стойностите бързо се завръщат към предкризисните си нива, забавяйки ръста на дела възобновяема енергия. Финансовите и здравните кризи поставят света през сериозни предизвикателства, но те крият и потенциал да приближават икономиките към постигане на климатичните цели. Правителствата могат да се възползват от подобни събития и да удължат ефекта им върху енергийното потребление.

За целите на анализа всички данни са логаритмично трансформирани. Резултатите от корелационния анализ разкриват умерена корелация между REC и EST, REC и PGR, REC и TO, REC и UP при ниво на значимост от 1% (вж. Списък на използваните съкращения в дисертацията за пълните наименования на променливите). Междувременно, PD има силна отрицателна корелация със зависимата променлива. Съществуват и силни корелации между FIU и EG, EP и GDPPC, PGR и GDPPC (над 0,7). EG не стига до окончателните модели. Що

се отнася до другите две силни корелации, GDPPC и PGR са използвани като контролни променливи и не са от особен интерес в настоящото изследване. Умерените корелациите не следва да представляват проблем, но силните могат да са причина за мултиколинеарност. Тъй като текущият избор на фактори обаче е теоретично и/или практически обоснован и икономическите, социалните и екологичните измерения често са взаимосвързани, то взаимоотношенията между подобни обяснителни променливи са естествени и очаквани.

Тестовите за стационарност разкриват, че данните са интегрирани от първи ред. Тестът за коинтеграция на Као (Као, 1999) отхвърля нулевата хипотеза при ниво на значимост от 1%, което означава, че променливите демонстрират стабилна дългосрочна връзка. Резултатите от теста за причинност по Грейнджър (Dumitrescu, Hurlin, 2012) говорят за наличието на двупосочна причинност между: EG и REC; FIU и REC; PD и REC; TO и REC; UP и REC. Еднопосочна причинност е налице от: EP към REC; EST към REC; GDPPC към REC, но се оказва, че REC причинява GHGEPС. Не е разкрита причинност между потреблението на възобновяема енергия и GRQ, PGR или RDE.

При оценката на панелния регресионен модел са използвани два метода, за да се осигури надеждност и сравнимост на резултатите: фиксирани ефекти (FE) и напълно модифицирани най-малки квадрати (FMOLS). Всички методи за оценка следват процедура по подбор на променливите, започваща с обяснителните променливи, идентифицирани в съществуващата литература, и добавяне на останалите една по една. Коефициентите на променливите, представляващи интерес в настоящото проучване, се запазват сравнително стабилни при всички оценки. Окончателните модели са повторно оценени и с включени взаимодействия между GDP и EP, FIU, GHGEPС, PGR, RDE, както и взаимодействия между EP и FIU, RDE. Тъй като не са установено статистически значими взаимодействия, относително силните корелации, споменати по-рано, не следва да повлияват съществено на оценките.

Таблица 14 представя моделите, оценени с фиксирани ефекти. Всички коефициенти са статистически значими на ниво от 1%, 5% или 10% освен този на PGR. Коефициентите на променливите са последователни в знаците си, значимостта и размера на ефектите. GDPPC, PD, RDE, EST, FIU и EP влизат в моделите с положителни знаци, докато GHGEPС, TO и UP имат отрицателно влияние върху потреблението на възобновяема енергия.

Таблица 14. Панелни регресионни FE модели на потреблението на възобновяема енергия

| Променлива | Коефициент | | | | | |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Константа | -33,953*** | -32,265*** | -30,283*** | -30,478*** | -29,566*** | -10,296 |
| | (6,113) | (2,967) | (3,035) | (3,409) | (2,878) | (10,338) |
| lnGDPPC | 0,965*** | 0,438 | 0,177 | 0,377 | 0,518** | 0,724*** |
| | (0,184) | (0,262) | (0,264) | (0,242) | (0,187) | (0,201) |
| lnPD | 5,617*** | 4,352*** | 4,555*** | 4,087*** | 4,013*** | 3,662*** |
| | (1,186) | (0,839) | (0,807) | (0,772) | (0,731) | (0,672) |
| lnPGR | 0,472 | 0,487 | 0,695 | 0,649 | 0,567 | 0,322 |
| | (0,703) | (0,547) | (0,599) | (0,591) | (0,525) | (0,436) |
| lnRDE | 0,745** | 0,603** | 0,520** | 0,534** | 0,580** | 0,523** |
| | (0,307) | (0,212) | (0,189) | (0,191) | (0,201) | (0,190) |
| lnEST | | 2,240** | 1,690 | 1,796* | 1,803* | 2,507*** |
| | | (0,972) | (0,965) | (1,000) | (0,935) | (0,827) |
| lnFIU | | | 0,448** | 0,399* | 0,524*** | 0,513** |
| | | | (0,191) | (0,190) | (0,171) | (0,197) |
| lnEP | | | | 0,155*** | 0,200*** | 0,238*** |
| | | | | (0,051) | (0,062) | (0,074) |
| lnGHGEPС | | | | -0,052 | -0,071** | -0,103*** |
| | | | | (0,029) | (0,027) | (0,029) |
| lnTO | | | | | -0,532** | -0,560*** |
| | | | | | (0,206) | (0,166) |
| lnUP | | | | | | -5,221* |
| | | | | | | (2,434) |
| R ² | 0,922 | 0,946 | 0,948 | 0,951 | 0,953 | 0,957 |
| R ² _{adj} | 0,914 | 0,940 | 0,943 | 0,946 | 0,948 | 0,952 |
| Брой наблюдения | 351 | 351 | 351 | 351 | 351 | 351 |
| Брой периоди | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |

Всички променливи са логаритмично трансформирани. Стандартните грешки са посочени в скоби. *, **, *** означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.

FE и FMOLS дават сходни резултати по отношение на статистическата значимост на променливите. Таблица 15 представя дългосрочните коефициенти, произведени от FMOLS моделите. В случая дори PGR получава статистически значим коефициент и положителен знак в повечето модели. Всички коефициенти са значими при ниво от 1%, освен FIU, където нивото е от 5%. Резултатите подкрепят всички пет първоначални хипотези. В допълнение,

оценените с FE и FMOLS модели и в двата случая разкриват, че урбанизацията, гъстотата на населението, образованието и икономическото развитие повлияват потреблението на възобновяема енергия в най-голяма степен.

Таблица 15. Панелни регресионни FMOLS модели на потреблението на възобновяема енергия

| Променлива | Коефициент | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| lnGDPPC | 0,853*** (0,129) | 0,457*** (0,127) | 0,279* (0,168) | 0,516*** (0,168) | 0,591*** (0,167) | 0,841*** (0,166) |
| lnPD | 5,697*** (0,500) | 4,578*** (0,454) | 4,660*** (0,457) | 4,081*** (0,455) | 4,132*** (0,445) | 3,726*** (0,428) |
| lnPGR | 0,490** (0,191) | 0,453*** (0,166) | 0,602*** (0,181) | 0,537*** (0,171) | 0,476*** (0,169) | 0,190 (0,168) |
| lnRDE | 0,745*** (0,113) | 0,581*** (0,099) | 0,525*** (0,102) | 0,538*** (0,096) | 0,603*** (0,096) | 0,535*** (0,091) |
| lnEST | | 1,893*** (0,265) | 1,604*** (0,328) | 1,689*** (0,312) | 1,665*** (0,304) | 2,453*** (0,340) |
| lnFIU | | | 0,284 (0,188) | 0,256 (0,178) | 0,437** (0,190) | 0,422** (0,178) |
| lnEP | | | | 0,186*** (0,042) | 0,228*** (0,045) | 0,279*** (0,043) |
| lnGHGEP | | | | -0,069 (0,046) | -0,093** (0,046) | -0,135*** (0,044) |
| lnTO | | | | | -0,543*** (0,191) | -0,570*** (0,179) |
| lnUP | | | | | | -5,511*** (1,387) |
| R ² | 0,936 | 0,952 | 0,952 | 0,954 | 0,956 | 0,958 |
| R ² _{adj} | 0,930 | 0,947 | 0,947 | 0,949 | 0,950 | 0,953 |
| Брой наблюдения | 324 | 324 | 324 | 324 | 324 | 324 |
| Брой периоди | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

Всички променливи са логаритмично трансформирани. Стандартните грешки са посочени в скоби. *, **, *** означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1 %.

БВП на глава от населението (GDPPC) влиза в повечето модели с положителен знак и висока статистическа значимост. Тези резултати в комбинация с установената еднопосочната причинност, подкрепят хипотезата, че икономическото развитие оказва положително влияние върху потреблението на възобновяема енергия. Развитите страни все още задоволяват своите енергийни потребности главно с невъзобновяеми източници.

Въпреки това те могат да си позволят по-високи разходи за НИРД, която да насърчава иновациите във възобновяемия сектор. Те също така създават благоприятна среда за зелено финансиране и по-щадящи околната среда потребителски решения.

Разходите за научноизследователска и развойна дейност (RDE) оказват значителен положителен ефект върху потреблението на възобновяема енергия според всички модели. Тези резултати потвърждават предходни изследвания. НИРД е източник на иновации и по-нататъшно усъвършенстване на вече съществуващи зелени технологии. Тя спомага за намаляване на вложените материали и енергия, съответно и на свързаните отрицателни екологични въздействия. Освен това НИРД повишава конкурентоспособността на възобновяемите технологии, като ги прави по-рентабилни, продуктивни и надеждни.

Честотата на ползване на интернет (FIU) е взета като приближение за дигитализация. Достъпът до интернет предоставя огромно количество информация и образователни ресурси и улеснява разпространението им по разнообразни канали, така че бизнесът и населението са по-добре запознати с екологичните предизвикателства и възможностите да им се противодейства. Наред с това интернет прави известни наличните инициативи и финансови стимули относно проекти за възобновяема енергия. Той помага и на гражданите да участват по-активно в обществени дискусии и процеси по вземане на решения, свързани с енергийните политики.

Образованието (EST) е друга променлива, която се появява в моделите с положителен знак и демонстрира еднопосочна причинност по отношение потреблението на възобновяема енергия. Образованието развива човешкия капитал чрез учене и прилагане на натрупаните познания (Pfeiffer & Mulder, 2013). Това може да доведе до технологични иновации в сферата на възобновяемата енергия, по-висока екологична осъзнатост и промяна в начините на потребление на енергия (Ackah & Kizys, 2015).

Парниковите емисии на глава от населението (GHGEPС), както се очаква, влияят отрицателно върху потреблението на възобновяема енергия. От една страна, по-високите концентрации на парникови газове влошават качеството на въздуха и намаляват производителността на фотоволтаичните системи. От друга страна, държавите с високи емисии обикновено са по-зависими от изкопаемите горива, било то, защото ги добиват на местно ниво или ги внасят при благоприятни условия.

Енергийната бедност (EP) за изненада се оказва, че има малък, но статистически значим положителен ефект върху зависимата променлива. Налична е и еднопосочна причинност, протичаща от енергийната бедност към потреблението на възобновяема енергия. Възможните обяснения са няколко. На първо място, енергийно бедните страни консумират по-малко енергия като цяло, а това може да доведе до относително по-голям възобновяем дял. Второ, енергийната бедност обикновено произтича от липсата на изгодни и лесно достъпни конвенционални енергийни източници, липсата на подходяща инфраструктура и т.н. Следователно възобновяемата енергия осигурява по-евтина и по-устойчива алтернатива. Освен това тя предлага децентрализирани решения, които могат да задоволят потребностите на отдалечени и енергийно бедни райони или общности.

Отвореността на търговията (ТО) още в началото демонстрира умерена отрицателна корелация със зависимата променлива и Модели 5 и 6 подкрепят тази находка. Pfeiffer и Mulder (2013) също откриват такъв ефект. Като цяло търговията стимулира международната конкуренция и спомага за разпространението на знания и нови технологии. В случая с износа на конвенционални енергийни източници обаче някои страни могат да разхлабят регулациите или да предложат по-ниска цена на конвенционалната енергия, за да се възползват максимално от сравнителните си предимства. Отвореността на търговията може също да подтикне енергийно зависими страни да внасят повече чужди изкопаеми горива, вместо да развиват свои собствени възобновяеми енергийни източници.

Установено е, че **гъстотата на населението (PD)** влияе положително на потреблението на възобновяема енергия. В корелационния анализ променливата обаче е отрицателно свързана със зависимата. Двупосочната причинност между двете променливи е потенциален източник на отклонения в резултатите. Salim и съавтори (2014) например откриват, че гъстотата на населението има отрицателно въздействие върху невъзобновяемата енергия, но не успяват да засекат каквато и да е причинност или статистически значим ефект на променливата върху потреблението на възобновяема енергия. Morikawa (2012) разкрива, че по-високата гъстота на населението влияе положително върху енергийната ефективност. Следователно подобрената енергийна ефективност би могла да намали общото потребление на енергия, докато по-високата гъстота на населението може да намали потреблението на невъзобновяема енергия. Това, от своя страна, би могло да увеличи относителния дял на

възобновяемата енергия, което е възможно обяснение за положителното влияние на гъстотата на населението върху зависимата променлива.

Темпът на нарастване на населението (PGR) не оказва значително влияние върху потреблението на възобновяема енергия, поне не и в краткосрочен план. Malik и съавт. (2014) например установяват отрицателен ефект в краткосрочен план, който обаче изчезва в дългосрочен план. Разгледаните тук модели разкриват, че темпът на нарастване на населението получава положителни дългосрочни коефициенти. Нарастващото население е предпоставка за повишаващо се търсене на енергия. Важно е обаче как ще бъде задоволено това търсене — дали ще повиши зависимостта от изкопаемите горива или държавите ще го превърнат във възможност за разширяване на възобновяемия си капацитет в бъдеще.

Урбанизацията (UR) и въздействието ѝ върху потреблението на енергия от възобновяеми и невъзобновяеми източници са широко обсъждани. Предходни проучвания разкриват разнопосочни ефекти върху потреблението на възобновяема енергия. Настоящото изследване идентифицира статистически значим и голям по размер отрицателен ефект. Ускорената урбанизация означава повече търсене на енергия и по-сериозно замърсяване на въздуха в резултат на висока енергийна интензивност и тежък автомобилен трафик. Друг важен аспект, който трябва да се има предвид, е, че хората в големите градове по-рядко си дават сметка за източниците, използвани да осигурят енергията, тъй като имат непрекъснато електроподаване и по-добри условия на живот в сравнение с хората от по-малки населени места. Въпреки отрицателните въздействия на урбанизацията, градовете предлагат добри възможности за развитие на икономика на споделянето. Местните власти могат да подкрепят въглеродната неутралност, като се откажат от конвенционалните енергийни източници и възприемат устойчиви алтернативи.

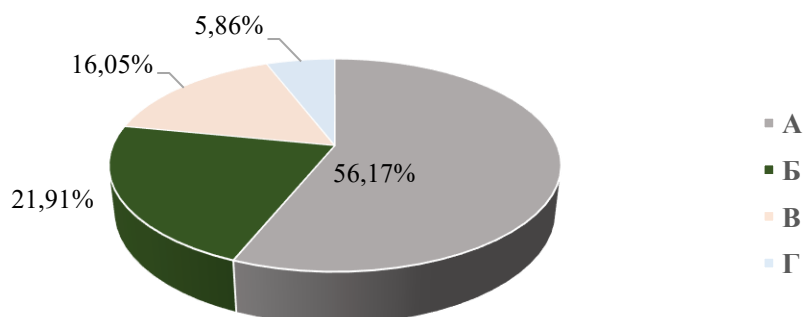
3.4. Анализ на видове модели на преход към кръгова икономика в ЕС

След като са разгледани три ключови индикатора за проследяване на прехода към кръгова икономика, са установени основни икономически и социални фактори, които им влияят. Резултатите разкриват, че БВП на глава от населението и делът на разходите за НИРД са общи фактори и за трите показателя, а ресурсната производителност е свързваща за материалните индикатори, т.е. за степените на рециклиране и кръговост.

Въз основа на общите определители са очертани основни модели на преход към кръгова икономика в Европейския съюз. Това е постигнато с помощта на клъстерен анализ по метода на K-средните (MacQueen, 1967), който позволява да се класифицират обекти според техни сходни характеристики. Анализирани са 27 страни членки на ЕС за периода 2010 – 2021 г. Таблица 16 представя променливите, използвани да характеризират моделите. Всички данни са предварително стандартизирани. Подборът на оптимален брой клъстери е извършен с помощта на силуетните коефициенти за измерване на сходството, които разкриват колко е близък даден обект до определен клъстер. В резултат на процедурата са сформирани четири клъстера. Резултатите от K-means++ (Arthur & Vassilvitskii, 2007) и Random инициализациите с максимален брой от 300 итерации потвърждават, че подходящият брой клъстери е четири. Разпределението на наблюденията е представено графично на Фигура 18.

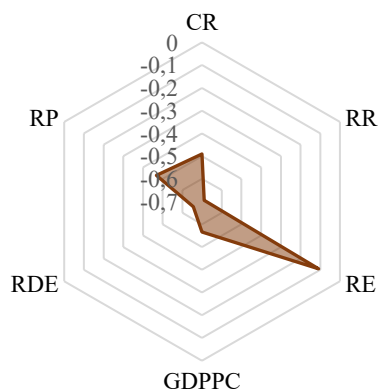
Таблица 16. Описание на променливите

| Съкращение | Пълно наименование | Мерна единица | Източник |
|------------|-------------------------------------|--------------------|------------------|
| CR | Степен на кръговост | % | Евростат |
| RR | Степен на рециклиране | % | Евростат |
| RE | Потребление на възобновяема енергия | % | Евростат |
| GDPPC | Брутен вътрешен продукт | ППС на гл. от нас. | Евростат |
| RDE | Разходи за НИРД | % | Световната банка |
| RP | Ресурсна производителност | ППС на кг. | Евростат |

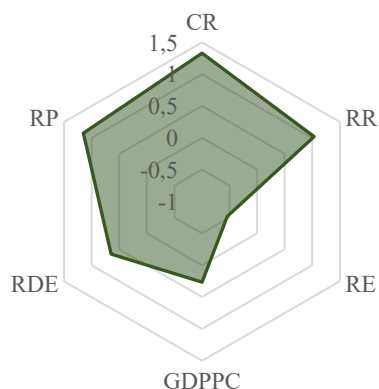


Фигура 18. Разпределение на наблюденията според вида трансформационен модел в ЕС

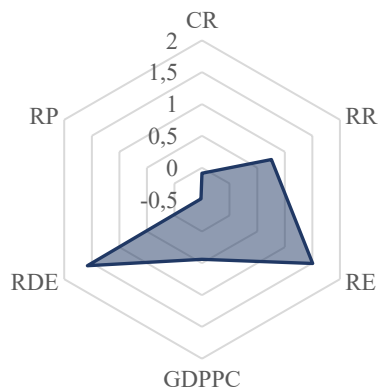
A



Б



В



Г



Фигура 19. Модели на преход към кръгова икономика в ЕС: А. Изоставащ в прехода модел; Б. Водещ в прехода модел; В. Енергийно ефективен модел; Г. Ресурсно ефективен модел. При тълкуването на диаграмите следва да се обърне внимание на разликите в скалите.

Въпреки че четвъртият клъстер обединява наблюдения само от две държави, има смисъл да бъде разгледан. Силуетният коефициент в случая с четири клъстера е по-висок, а конкретните държави демонстрират по-нестандартни стойности на показателите, които могат да повлияят резултатите за останалите клъстери при евентуално обединение.

Фигура 19 представя радарни диаграми на моделите на преход към кръгова икономика в ЕС спрямо шестте разгледани основни характеристики. Положителните стойности отчитат показатели над средните за извадката, а отрицателните — такива, които са под средните за ЕС. Открояват се четири трансформационни модела с ясно изразени характеристики.

Модел „А“ се оказва най-често срещаният, но и най-слабо представящият се по отношение на ключовите показатели, свързани с прехода към кръгова икономика. В случая стойностите на всички избрани индикатори са под средните за ЕС. БВП на глава от населението причислява тези икономики към по-бедните. Най-ниската степен на рециклиране измежду всички клъстери съответно задава и най-ниската степен на кръгово използване на материали поради недостига на вторични суровини. Ефектът допълнително се подхранва от по-ниска от обичайното ресурсна производителност, която не предопределя достатъчно отделяне на икономическия растеж от употребата на изчерпаеми ресурси и предотвратяване на отпадъците. Комбинираното действие на по-слабото икономическо развитие и най-ниският дял на разходите за НИРД на свой ред се отразяват и върху потреблението на възобновяема енергия в тези икономики, макар и не в толкова голяма степен. Изненадващо е как, въпреки че потреблението на възобновяема енергия в модел „А“ остава под средното, то все пак се нарежда на второ място от всички. Възможно е именно по-ниските доходи и потенциалната липса на местни изкопаеми горива да ограничават общото потребление на енергия и да насърчават развитието на местни възобновяеми източници.

Модел „Б“ представя може би най-успешния подход за прехода към кръгова икономика. Той е характерен за страни, които отделят значително над средния бюджет за НИРД. Това също така са сравнително богати държави, съдейки по техния БВП на глава от населението. Графиката обаче разкрива как дори подобни силни икономики могат да изостават по отношение на енергийния преход. Това предполага, че са започнали успешна трансформация на икономическата си система в кръгова, като поставят силен фокус върху ресурсната производителност, икономическото развитие и иновациите, но все още не успяват да осигурят напълно енергийния ѝ стълб, отделяйки развитието си от употребата на изкопаеми горива.

Модел „В“ отново характеризира проспериращи икономики, които са сред най-богатите. Същевременно по-високият стандарт на живот в тях води и до висока ресурсна интензивност в отговор на нарастващото търсене на стоки и услуги. Въпреки че тези страни имат най-високия дял разходи за НИРД и за тях са приоритет устойчивостта и иновациите, те явно са ориентирани повече към енергийния преход, отколкото към циркулацията на материали. За това може да се съди по най-ниската ресурсна производителност от всички

групи и недостатъчното захранване на вторични суровини в икономиката. От друга страна, моделът говори за ефективна и последователна политика по управление на отпадъците, която постига стойности на степента на рециклиране доста над средните за ЕС.

Модел „Г“ е интригуващ случай, тъй като е най-малката група, но има ясно изразени характеристики, затова е редно да бъде обособена в отделен клъстер. Той разполага с най-високото БВП на глава от населението. С дял на разходи за НИРД и дял на възобновяемата енергия под средното за ЕС, степен на кръговост на границата, но впечатляващо най-високата ресурсна производителност, тези страни сякаш са в режим „повече с по-малко“. Именно той има потенциала да се окаже особено ползотворен в дългосрочен план, тъй като е добре известно, че по-оптималното ползване на ресурси намалява значително образуването на отпадъци и замърсяване. Този вариант винаги е за предпочитане пред третирането на вече генериран отпадък. Икономиките, идентифициращи се с модел „Г“, могат допълнително да се облагодетелстват от по-големи инвестиции в НИРД, които да развият технологиите им за производство на възобновяема енергия и възможностите им за повторно захранване на суровини от рециклираните материали.

В по-ранно изследване, проведено на база системата от показатели в Европейската рамка за мониторинг, са изведени три трансформационни модела (Иванова, 2022). Те също очертават ясни разлики в представянето на отделните групи: лидер, чувствително изоставаща група и клъстер със смесени характеристики, който все пак се доближава повече до успешния модел.

Трите кръгови индикатора заедно с определящите ги фактори са от ключово значение за състоянието и бъдещото развитие на кръговата икономика в ЕС. Клъстерният анализ спомага да се установят интригуващи нюанси в представянето на отделните групи. Оказва се, че най-богатите страни невинаги са най-кръгови по показатели. Въпреки разликите помежду си четирите икономики споделят общата цел за постигане на материална и енергийна устойчивост в дългосрочен план. Необходимо е да се открие балансът за всяка икономика, така че тя да може да се възползва от своите предимства и чрез тях да смекчи отрицателните въздействия на слабите си страни. Вникването в особеностите на дадена икономическа система и факторите, които влияят върху представянето ѝ, спомага за вземането на информирани политически решения, насочени към устойчиво развитие и преодоляване на икономическите и екологичните предизвикателства, пред които е изправен светът.

ЗаклЮчение и научни приноси

Изследванията, проведени в настоящия дисертационен труд, разкриват влиянието на разнообразни фактори на макро ниво върху три ключови за кръговата икономика показателя: степента на рециклиране, степента на кръгово използване на материалите и дела на потребената енергия от възобновяеми източници.

Степента на рециклиране на твърди битови отпадъци зависи значително от нивото на икономическото развитие, научноизследователската и развойна дейност и ресурсната производителност на държавите. Не по-малко важни се оказват забраните за депониране на различни видове отпадъци, тъй като те също допринасят за нейното повишаване. Процентът запазени в икономиката материали, който е под формата на вторични суровини, се влияе от същите три фактора. Тук обаче вместо забраните за депониране допълнителна роля играят екоданъците. В допълнение е установена и еднопосочна причинност по Грейнджър в случая с дела на разходите за научноизследователска и развойна дейност и ресурсната производителност.

Третият показател, а именно делът на потребената възобновяема енергия, липсва в рамката за мониторинг, но е от съществено значение както за енергийния преход, така и за развитието на кръговите системи. За него е установена еднопосочна причинност по Грейнджър в случая с икономическото развитие, образованието и енергийната бедност. Освен икономическото развитие и иновациите положителен принос към него имат образованието, дигитализацията, енергийната бедност и темпът на нарастване на населението. Същевременно показателят се повлиява отрицателно от отвореността на икономиката, урбанизацията и парниковите емисии а глава от населението.

Три фактора се оказват пресечна точка между отделните индикатори. БВП на глава от населението се очертава като най-влиятелен за потреблението на възобновяема енергия, където 1% увеличение може да повиши дела в брутно крайно енергийно потребление с между 0,52% и 0,97%, докато ефектите му върху степента на рециклиране и тази на кръговост са съответно 0,15% и 0,34%. Разходите за научноизследователска и развойна дейност като дял от БВП пораждаат значително въздействие при всички показатели, така че увеличение с 1% при тях може да доведе до нарастване на степените на рециклиране и кръговост и потреблението на възобновяема енергия съответно със 0,60%, 0,39% и 0,52 – 0,75%. На свой ред ресурсната производителност повлиява положително степените на

рециклиране и кръгово използване на материалите съответно с 0,27% и 0,36%. С помощта на трите индикатора и общите помежду им фактори могат да се очертаят четири модела на преход към кръгова икономика в Европейския съюз. Те се различават по отношение на икономическия си напредък и приоритети в областта на кръговата икономика, но както предимствата, така и техните недостатъци крият потенциала да изиграят положителна роля за прехода.

Въз основа събраната информация и в резултат на проведените анализи могат да бъдат дадени следните препоръки:

- 1) Препоръчително е да се подобри рамката за мониторинг на прехода към кръгова икономика, най-вече чрез отчитане на повече енергийни и екологични аспекти.
- 2) Препоръчително е да се създадат повече стимули за кръгово проектиране, което е основна предпоставка за предотвратяване на отпадъците, вместо да се набляга на последващо управление на вече образувани отпадъци, каквато е практиката понастоящем.
- 3) Препоръчително да се насърчат допълнително инвестициите в научноизследователска и развойна дейност там, където те не са приоритет, за да се подобрят ресурсната производителност и енергийната ефективност и съответно да се развият технологиите за възстановяване на суровини и производство на възобновяема енергия.
- 4) За повишаване на степените на рециклиране и кръговост може да се използва широк набор от инструменти, сред които финансови субсидии от държавата, преференциално кредитиране на технологични иновации, регулаторни мерки по отношение на екопроектирането, екоданъците и екотаксите, както и повишаване на осведомеността сред бизнеса и населението. От особена важност е и въвеждането на забрани за депониране на определени потоци отпадъци, така че общините да предприемат мерки по тяхното разделно събиране и третиране.
- 5) За насърчаване на сектора на възобновяемата енергия могат да се използват разнообразни инструменти, като приоритетно изкупуване на възобновяема енергия, изкупуване по преференциални цени, данъчни стимули и субсидии или зелено финансиране на проекти, свързани с възобновяеми енергийни източници. Концепциите за устойчивост следва да бъдат интегрирани във всички образователни

степени и програми за професионално развитие. За да подпомогнат енергийния преход, правителствата могат да въведат специфични регулации в градското планиране, да предложат финансови стимули за повишаване на енергийната ефективност и да подсилят осведомеността, за да ангажират общностите. Успоредно с това могат да се предприемат стъпки, които да забавят урбанизацията, като например да се предоставят стимули за пребиваване и работа в селските райони.

Резултатите в настоящия дисертационен труд следва да се осмислят предвид някои ограничения. На първо място, изследванията не изчерпват всички важни кръгови индикатори, нито всички потенциално значими определящи ги фактори. Второ, извадката е ограничена в пространството и времето, поради фокуса ѝ върху Европейския съюз и наличността на времеви данни. Тези ограничения обаче представляват възможност изследванията да бъдат надградени в бъдещ момент. В проучванията могат да бъдат разгледани и други ключови за кръговата икономика показатели, както и да бъдат идентифицирани и оценени допълнителни икономически, социални и екологични фактори. В анализите биха могли да се включат и други държави, за да се разшири извадката или да се осигури база за сравнения между Европейския съюз и останалата част от света. В по-нататъшни проучвания по темата могат да се вземат предвид и последствията от Ковид-19 пандемията, икономическата криза, руско-украинската война и преразгледаните приоритети, свързани с Европейския зелен пакт.

Като се вземат предвид гореизброените ограничения, настоящата дисертация прави опит да преодолее отчасти фрагментарността на знанията по темата за кръгова икономика, като я разграничи от концепцията за устойчиво развитие, даде ѝ по-ясно определение, насочи вниманието към това как може да се подобри Европейската рамка за мониторинг на прехода и най-вече изтъкне ключови фактори, чието колективно въздействие може съществено да повлияе трансформацията. Предоставената информация би могла да послужи на различни заинтересовани страни от науката, бизнеса и политиката, които провеждат сходни изследвания в областта, обмислят интегриране на кръгови практики в своите бизнес модели или разработват законодателство и политики в областта на кръговата икономика.

Дисертацията **допринася** към теорията и практиката в областта на кръговата икономика, както следва:

- 1) Предвид най–важните аспекти на концепцията за кръгова икономика, в т.ч. нейната същност, основни принципи, практически мерки, цели и ползи бе изведено ново определение за кръгова икономика, което цели да улесни тълкуването ѝ.
- 2) Предвид някои недостатъци на Европейската рамка за мониторинг на прехода към кръгова икономика бяха установени подходящи енергийни, екологични и продуктови индикатори, които биха могли да коригират част от пропуските и да оценят кръговата икономика в Европейския съюз в по–голяма пълнота.
- 3) Въз основа на анализа на два от най–често използваните измерители за кръгова икономика от материална гледна точка, а именно степента на рециклиране на твърди битови отпадъци и степента на кръговост, бе потвърдена положителната роля на фактори, като икономическото развитие, научноизследователската и развойна дейност и ресурсната производителност. В допълнение, бе установено, че въвеждането на забрани за депониране на определени видове отпадъци повишава степента на рециклиране, а ресурсната производителност и повишеният дял на приходите от екоданъци в БВП увеличават степента на кръговост.
- 4) Въз основа на литературен преглед бе установено, че един от най–подходящите измерители за кръгова икономика от енергийна гледна точка е делът на потребената възобновяема енергия в брутно крайно енергийно потребление. За този индикатор бе потвърдена положителната роля на фактори, като икономическото развитие, научноизследователската и развойна дейност и гъстотата на населението, както и отрицателното влияние на отвореността на икономиката и урбанизацията. В допълнение, за показателя бе установено, че стойностите му се повишават при ръст в дела на хората с гимназиално, професионално или висше образование, по–честото ползване на интернет, което улеснява споделянето на информация, евентуалното увеличение на енергийно бедната част от населението, както и увеличението в темпа на нарастване на населението, но само в дългосрочен план при провеждане на благоразумни политики. Същевременно парниковите емисии на глава от населението понижават потреблението на възобновяема енергия.

- 5) Въз основа на клъстерен анализ бяха установени четири модела на преход към кръгова икономика в Европейския съюз в зависимост от трите изследвани кръгови индикатора и общите помежду им фактори.

Списък на публикациите по темата на дисертацията

1. **Pantcheva, R., & Mengov, G.** (2022). Recycling Rate in Europe: Econometric modeling and dART clustering analysis. *2022 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)*, 179–182. doi:10.1109/icai55857.2022.9960075. Статията е индексирана в **SCOPUS**.
2. **Pantcheva, R.** (2023). Circular Use of Materials: Drivers of the Circularity Rate in the European Union. *Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania)*, 32(3), 148–161. Статията е индексирана в **SCOPUS**.
3. **Pantcheva, R.** (2023). Circular Economy Awareness in Bulgaria. *Yearbook of the Faculty of Economics and Business Administration*, 22(1), 109–124.
4. **Pantcheva, R.** (2024). Economic and Social Drivers of Renewable Energy Consumption in the European Union: An Econometric Analysis. *Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania)*, in press. Студията е индексирана в **SCOPUS**.

Общ брой точки: 100 от минимално изисквани 30 точки за придобиване на ОНС „Доктор“ по Научна област 3. Социални, стопански и правни науки, Професионално направление 3.8. Икономика.

Статията ‘Recycling Rate in Europe: Econometric modeling and dART clustering analysis’ понастоящем има **две цитирания** съответно от: **Zghaibeh, M.** (2023). A Blockchain–Based, Smart Contract and IoT–Enabled Recycling System. *The Journal of The British Blockchain Association*, 7(1), 1–10. doi: 10.31585/jbba-7-1-(2)2024. и **Kálmán, B.** (2023). A fenntarthatóság mérése a gazdasági kibocsátásban az Európai Unióba 2004-ben belépett tagállamokban // Measuring sustainability in economic output in member states that joined the European Union in 2004. Статията ‘Circular Use of Materials: Drivers of the Circularity Rate in the European Union’ понастоящем има **едно цитиране** от **Skare, M., Gavurova, B., & Rigelsky, M.** (2024). Quantification of the impact of innovations in industry and infrastructure for sustainable circular economy production and consumption. *Journal of Innovation & Knowledge*, 9(1), 100456. doi: 10.1016/j.jik.2023.100456 (индексирана в **SCOPUS**).

Благодарности

Бих искала да изразя искрена благодарност на моя научен ръководител проф. д-р Георги Менгов за мъдростта, мотивацията и ценните напътствия в процеса на изготвяне на настоящия дисертационен труд. Изключително съм признателна на целия екип на катедра „Икономика и управление по отрасли“ и вътрешните рецензенти проф. д.ик.н. Антон Герунов и проф. д-р Ваня Иванова за полезните идеи и градивните коментари, както и на администрацията на Стопански факултет за оказваното съдействие през срока на докторантурата.

Специални благодарности отправям към доц. д-р Атанас Георгиев, ръководител на катедрата и декан на Стопански факултет, за професионализма и отзивчивостта, както и на проф. д.ик.н. Георги Чобанов, който ме насърчи да развивам академичния си потенциал.

Бих искала да благодаря на моето семейство и приятели за безрезервната обич, подкрепа, и разбиране през годините. С вярата си в мен винаги ме вдъхновявате да следвам пътя си и да осъществявам целите си!