

Анализ на възможностите и предизвикателствата за внедряване на устойчиви практики във веригите на доставки на текстилната индустрия

Analysis of the opportunities and challenges for the implementation of sustainable practices in the supply chains of the textile industry

Александър Стоянов
Катедра "Икономика, индустриален инженеринг и мениджмънт"
Технически университет – София, България
Имейл: alstoianov@tu-sofia.bg

Abstract – Addressing sustainability in textile industry supply chains is crucial to mitigate environmental impacts and promote social responsibility. This paper thus aims to thoroughly investigate the opportunities and challenges associated with the adoption of sustainable practices in this sector. It also identifies potential hindrances, including regulatory, technical, and financial constraints. The goal of this research is to offer a holistic perspective that aids in the transition towards more sustainable operations within the textile industry.

Keywords – sustainability, polyester, clothes, recycling, supply chain, waste

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Този документ има за цел да проучи възможностите и предизвикателствата, свързани с прилагането на устойчиви практики във веригите за доставки на текстилната индустрия. Веригата на доставки, обхващаща различни етапи от снабдяването със суровини до производството, дистрибуцията, потреблението и изхвърлянето, притежава потенциала за значително подобряване на екологичните, икономическите и социалните резултати чрез интегриране на устойчиви практики. [1]

Преходът към устойчивост обаче представлява значителни предизвикателства. Като се има предвид сложността на веригите за доставки, възприемането на устойчиви практики често се сблъсква със значителни пречки, като регулаторни ограничения [2], технически ограничения [3], финансови ограничения [4]

социално-културни аспекти [5]. Тези предизвикателства трябва да бъдат напълно разбрани и адресирани, за да могат устойчивите практики да бъдат ефективно интегрирани във веригите за доставки на текстилната промишленост.

Като предприема анализ на съществуващата литература, казуси и подходящи данни, този документ има за цел да предостави ценна представа за възможностите и препятствията за устойчивост във веригите за доставки на текстилната промишленост. Очаква се тези прозрения не само да допринесат за текущия академичен дискурс, но и да имат практически последици за заинтересованите страни в текстилната индустрия [6].

Пътят към устойчиви операции в рамките на текстилната индустрия е многостранен и дълъг и този документ се стреми да придаде яснота за общи понятия. По този начин той се стреми да насърчи трансформацията на текстилната индустрия в по-устойчив и издръжлив сектор, като по този начин я приведе в съответствие с глобалните цели за устойчивост и допринесе за по-устойчиво бъдеще за индустрията [7].

II. ОСНОВЕН МОДЕЛ НА ВЕРИГА НА ДОСТАВКИТЕ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ПОЛИЕСТЕРНИ МАТЕРИАЛИ В ТЕКСТИЛНАТА ИНДУСТРИЯ

A. Основа на модела

- 1) Извличане на суровини: Основният материал за полиестера идва предимно от суров нефт. Суровият нефт се дестилира, за да се получат различни въглеводороди, включително етилен, основната суровина за полиестера [8].
- 2) Производство на мономер: Етиленът се обработва за получаване на етиленгликол и терефталова киселина, които са мономерите на полиестера [9].
- 3) Полимеризация: Етиленгликолът и терефталоватната киселина се полимеризират, за да образуват полиетилен терефталат (PET), основният компонент на полиестера [10].
- 4) Производство на влакна: PET се разтопява и екструдира през центрофуга за получаване на непрекъснати нишки. Те се охлаждат и втвърдяват, за да образуват полиестерни влакна, които след това се изтеглят и или се нарязват, или гофрират в шапелни влакна, или се съхраняват като нишки от нишка [9].
- 5) Производство на тъкани: Полиестерните влакна или нишки са изтъкани или плетени, за да се създаде тъканта [11].
- 6) Боядисване и довършване: Тъканта се подлага на топлинна настройка, повърхностна обработка, боядисване, шамповане и покритие, за да се постигне желаните цвят, текстура и други свойства [10].
- 7) Производство и дистрибуция на облекла: Платът се нарязва и шије в облекла, които след това се разпространяват до търговците на дребно, търговците на едро и потребителите.

B. Модела на кръговата икономика допълнителните етапи включват:

- 1) Използване: Тази фаза включва потребителя, който използва дрехата. Ключов аспект на кръговата на този етап е удължаването на живота на дрехата чрез подходяща грижа и [12].
- 2) Събиране: Дрехите след употреба се събират за рециклиране. Това може да се постигне чрез програми за обратно приемане, центрове за дарения или съоръжения за рециклиране [13].
- 3) Рециклиране: Събраните дрехи се сортират и почистват. След това полиестерните облекла се обработват механично или химически, за да се възстанови PET, който може да се използва за производството на нови полиестерни влакна
- 4) Повторно интегриране в производството: Регенерираният PET се въвежда отново във веригата за доставки на етапа на полимеризация, създавайки система със затворен цикъл.

Въздействието върху околната среда и предизвикателствата пред устойчивостта на всеки етап варират, но един цялостен анализ може да даде представа за потенциалните възможности за прилагане на устойчиви практики във веригата за доставка на полиестер.

III. Влияние на веригите на доставки

В статия, наречена „Подходът на кръговата икономика към технологиите за рециклиране на

постконсуматора текстилни отпадъци в Естония“, статията относно подхода на кръговата икономика към технологиите за рециклиране на текстилни отпадъци след потребление в Естония статията разглежда различни видове текстилни отпадъци, като крайни отпадъци, отпадъци след потребление, и отпадъци в края на жизнения цикъл и тяхното въздействие върху околната среда.

Тази статия разглежда линейната и разточителна верига на доставки на текстилната промишленост, един от най-замърсяващите сектори в света, както и предизвикателствата и възможностите, свързани с прилагането на принципите на кръговата.

Статията прави преглед на литературата за кръговата икономика в текстилната промишленост, която е сред най-замърсяващите и разточителни отрасли. Циркулярността във веригата за доставки на текстил се изследва чрез анализ на движещи сили, бариери, фактори и практики, включително рециклиране, повторна употреба, повторно производство, обратна логистика, екодизайн и нови бизнес модели.

Казус от тениски Teemill е представен в този документ, който анализира реален казус на усилията на компанията да използва възобновяема енергия, кръгъл дизайн, облачна технология и обратна логистика за производство и продажба на кръгли тениски. Използвайки затворена верига за доставки, Teemill минимизира отпадъците, емисиите и удължава жизнения цикъл на своите продукти. Дискусията на предизвикателствата и възможностите, свързани с разширяването и възпроизвеждането на този кръгъл модел в текстилната промишленост, също е предоставена в документа.

В документа се споменават няколко технологии, които са свързани с кръговата икономика и текстилната индустрия. Някои от тях са:

Технология за сортиране на тъкани: Това е технология, която може да сканира, идентифицира и разделя различни видове тъкани въз основа на техния състав, цвят, качество и възможност за рециклиране. Това може да помогне за подобряване на ефективността и точността на процесите за рециклиране на текстил.

3D тъкане и персонализиране: Това е технология, която може да създава персонализирани облекла чрез използване на компютърно проектиран дизайн и 3D печат. Това може да помогне за намаляване на отпадъците, спестяване на материали и енергия и повишаване на удовлетвореността на клиентите.

Дигитален печат и лазерно рязане: Това са технологии, които могат да отпечатват и изрязват тъкани с висока прецизност и скорост, като използват мастила с ниско въздействие и по-малко вода. Това може да помогне за намаляване на замърсяването, подобряване на креативността и гъвкавостта и намаляване на производствените разходи.

Цифрови разписки: Това са електронни записи, които документират материалите и химикалите, използвани в производството на облекла, както и

тяхното въздействие върху околната среда и обществото. Това може да помогне за подобряване на прозрачността, проследимостта и отчетността във веригата за доставка на текстил.

Технология, свързана с облачна услуга: Това е технология, която свързва различните етапи на веригата за доставки чрез интернет, позволявайки обмен на данни в реално време, комуникация и координация. Това може да помогне за оптимизиране на производството, дистрибуцията и потреблението и да даде възможност за кръгови бизнес модели като лизинг, наемане и споделяне.

Тези технологии са примери за това как иновациите могат да подкрепят прехода към кръгова икономика в текстилната индустрия чрез минимизиране на отпадъците и емисиите, удължаване на жизнения цикъл на продуктите и създаване на стойност за клиентите и заинтересованите страни.

Документът казва, че веригата на доставки е ключова за постигането на преход към кръгова икономика, особено в текстилната промишленост, която е един от най-замърсяващите и разточителни сектори. Документът анализира настоящата линейна и неустойчива верига на доставки на текстилната промишленост и предлага кръгов и възстановителен подход, който минимизира отпадъците и емисиите и удължава жизнения цикъл на продуктите. Документът също така представя казус на Teemill, компания, която произвежда и продава тениски, използвайки възобновяема енергия, кръгов дизайн, свързана с облак технология и обратна логистика³. Документът прави преглед на литературата относно концепцията и приложението на кръговата икономика и веригата за кръгови доставки в текстилния сектор и идентифицира основните двигатели, пречки, фактори и практики за прилагане на кръговата икономика във веригата за доставки на текстил. Документът също така обсъжда предизвикателствата и възможностите за разширяване и възпроизвеждане на този кръгов модел в текстилната индустрия. [14]

IV. АЛТЕРНАТИВИ С ТЕХНИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА

1) Извличане на суровини:

Добив на суровини: Традиционно текстилната промишленост разчита в голяма степен на невъзобновяеми ресурси като суров петрол. Въпреки това алтернативи като органичен памук, коноп или лен, рециклирани влакна и синтетични влакна на биологична основа стават все по-разпространени.

Органичният памук намалява употребата на пестициди и синтетични торове, поддържайки биоразнообразието. Въпреки тези предимства, той дава по-малко добиви от конвенционалния памук и може да се изправи пред предизвикателства при сертифицирането [15].

Конопът и ленът се характеризират с по-малко количество нужна вода и химикали в сравнение с памука, което допринася за по-нисък отпечатък върху околната среда. Приложенията им обаче могат да бъдат ограничени поради присъщата им по-груба

текстура [16] и закони, които да ограничават използването на коноп.

Рециклираните влакна могат значително да намалят търсенето на първични материали. Процесът на рециклиране обаче може да доведе до влакна с по-ниско качество и изисква напреднала технология за преодоляване на определени предизвикателства [9].

Синтетичните влакна на биологична основа като PLA намаляват зависимостта от изкопаеми горива. Те обаче създават проблеми с по-ниска издръжливост и потенциална биоразградимост [17].

2) Обработка на влакна:

Механичното и химическото рециклиране представляват потенциални алтернативи на конвенционалните методи на обработка.

Механичното рециклиране намалява използването на суровини и консумацията на енергия, но получените влакна може да са с по-ниско качество и необходимата технология представлява свои собствени предизвикателства [17].

Химическото рециклиране може да произведе висококачествени рециклирани влакна, но може да създаде вредни странични продукти и изисква интензивна обработка.

Предене, тъкане и плетене: Използването на енергийно ефективни машини и технологии за 3D

Фигура 1 Системата за рециклиране „Loop“



плетене или печат може да предложи значителни икономии на енергия и материали.

Енергийно ефективните машини намаляват потреблението на енергия, но идват с високи първоначални разходи и биха могли да нарушат производството по време на прехода [18].

Технологиите за 3D плетене или печат могат да намалят отпадъците и да подобрят ефективността, но техните приложения са ограничени и първоначалните разходи могат да бъдат значителни.

Боядисване, печат и довършителни работи: Естествените багрила и технологиите за безводно боядисване представляват потенциални подобрения в сравнение с традиционните процеси.

Естествените багрила намаляват употребата на вредни химикали и са биоразградими, но предлагат ограничен цветови диапазон и могат да представляват потенциални рискове за здравето [9].

Технологиите за безводно боядисване могат драстично да намалят консумацията на вода и замърсяването. Въпреки това, като сравнително нова технология, тя може да бъде потенциално скъпа.

3) Производство и дистрибуция на облекла:

Стратегиите за проектиране с нулеви отпадъци и местното производство могат потенциално да революционизират този етап от веригата за доставки.

Дизайнът с нулеви отпадъци намалява отпадъците от тъкани, но може да наложи ограничения за дизайн и да изисква квалифициран труд и обучение [19].

Местното производство подкрепя местните икономики и намалява въглеродния отпечатък поради намалените транспортни разстояния. Това обаче може да включва по-високи разходи за труд и производство и по-дълги срокове за изпълнение [20].

Всяка алтернатива предлага потенциални подобрения за устойчивостта на текстилната индустрия, но идва със своите уникални предизвикателства. Чрез оценяване на тези опции индустрията може да работи за по-устойчиво бъдеще.

	3D плетене или принтиращи технологии	3
Багрене, печатане, финализиране	Натурални багрила	3
	Технологии за багрене без вода	4
Производство и разпространение на дрехи	Дизайн без отпадъци	4

V. ОЦЕНКА НА АЛТЕРНАТИВИТЕ

Таблица 1 Оценка на алтернативите спрямо тяхната приложимост

Етап	Алтернатива	Приложимост (от 1 до 5)
Извличане на суровина	Органичен памук	3
	Коноп/Лен	2
	Рециклирани влакна	4
	Био-базирани синтетични влакна (например, PLA)	3
	Механично рециклиране	3
Обработка на влакната	Химическо рециклиране	4
	Машини за сепариране на влакна	4
Предене, тъкане, плетене	Енергоефективни машини	4

За да се предложи обща оценка на приложимостта на устойчивите практики във веригата на доставки на текстилната индустрия трябва да бъде направен и анализ на жизнения цикъл на определените продукти (LCA – life cycle assessment). Само при определени условия, които са ясно изследвани и приложени в оценката на отделните алтернативи и тяхната комбинация може да се направи пълна оценка на съответните възможности за намаляване на влиянието върху околната среда от изброените възможности за намаляване на това влияние. Трябва да се обърне внимание, че това са оценки, които се базират на текущата технология и условия. Промените в технологията, политиката и пазарните условия могат да повлияят върху приложимостта на тези практики в бъдеще.

Като цяло, алтернативите, свързани с употребата на вода и енергия, като енергоефективните машини и технологиите за багрене без вода, изглеждат най-приложими, като се има предвид, че те се справят с ключови въпроси на устойчивост в текстилната индустрия. Към тях се добавят и машините, с помощта на които се сепарират отделни тъкани и влакна, което решава основен проблем при смесени тъкани и текстилни отпадъци.

Алтернативите като 3D плетене или принтиращи технологии, местно производство и дизайн без отпадъци имат по-средна оценка за приложимост, което отразява технологичните, икономическите и проектните предизвикателства, свързани с тяхното внедряване.

И накрая, алтернативите на суровинния етап, като органичен памук и коноп/лен, имат по-ниски оценки за приложимост, което отразява предизвикателствата на тези практики, включително ниския добив и ограниченията в приложението.

Въз основа на тези оценки, изглежда, че устойчивите практики с най-голям потенциал за приложението в текстилната индустрия са тези, които адресират въпросите на употребата на вода и енергия. Това обаче не изключва възможността за внедряване на други устойчиви практики, особено с развитието на

нови технологии и изменението на пазарните и политически условия.

Химическото рециклиране и машините за сепариране на влакна получават по-висока оценка за приложимост, като се взема под внимание технологичните напредък и възможностите за подобряване на качеството на влакната. Това обаче важи при условие, че тези технологии могат да бъдат прилагани в мащаб, който е икономически разумен и екологично устойчив. Както преди, важно е да се отбележи, че реалната приложимост ще зависи от конкретни обстоятелства, като географска локация, размер на организацията, налични технологии, политически, икономически, технологични и правни условия.

В допълнение могат да се включат и практики, които водят до по-добро управление на веригите на доставки в текстилната индустрия и насърчават прилагането на по-устойчиви практики. Прозрачността във веригата на доставки е критичен аспект на устойчивата мода. Това включва открито споделяне на информация за различните процеси, местоположения и партньори, участващи в производството на даден артикул. Тази прозрачност позволява на потребителите и заинтересованите страни да правят информиран избор и насърчава отчетността в текстилната индустрия.

Методи за насърчаване на прозрачността и екологичната устойчивост във веригата на доставки:

- 1) Картографиране на веригата за доставки: Това включва документиране на всеки етап от веригата за доставки, от суровини до готови стоки [21]. Една компания може да сподели тази информация публично, за да демонстрира своя ангажимент към етично снабдяване и устойчивост.

Фигура 2 Иллюстрация на софтуер за управление на верига на доставки



- 2) Одит и сертифициране от трета страна: Компаниите могат да изберат да работят с външни организации, за да одитират своите вериги за доставки за екологични и етични стандарти. Успешните одити често водят до сертификати като Честна търговия, GOTS (Глобален стандарт за органичен текстил) или VCI (Инициатива за по-добър памук), които могат да бъдат рекламирани на съзнателни потребители.

- 3) Блокчейн технология: Блокчейн може да осигури сигурен, прозрачен и непроменим запис на транзакции, което улеснява проследяването и проверката на пътуването на дрехата от суровината до крайния продукт.

- 4) Анализ на жизнения цикъл на продукта (LCA): LCA може да помогне на компаниите да разберат въздействието върху околната среда на техните продукти на всеки етап от жизнения цикъл [22]. Чрез идентифициране на области с голямо въздействие компаниите могат да внедрят промени за подобряване на устойчивостта и да споделят тези констатации с потребителите.

- 5) Публично отчитане и отчитане на устойчивостта: Много компании сега издават доклади за устойчивост, които очертават техните екологични и социални въздействия, включително емисии на парникови газове, използване на вода, трудови практики и други [23]. Публичното отчитане държи компаниите отговорни и насърчава непрекъснатото подобрене.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на проведените изследвания и дискусии могат да се направят следните изводи относно възможностите и предизвикателствата при внедряването на устойчиви практики във веригите за доставки на текстилната индустрия:

По-широкото възприемане на устойчиви практики в текстилната промишленост е възможно и необходимо. Това обаче изисква холистичен подход, който обхваща всички етапи от веригата на доставки – от добива на суровини до производството и дистрибуцията.

Някои от най-обещаващите устойчиви практики включват рециклиране на влакна, използване на енергийно ефективни машини и въвеждане на водоспестяващи технологии за боядисване. Тези практики имат дълбоко въздействие върху намаляването на отпечатъците върху околната среда.

Има компромиси и препятствия, свързани с всяка от тези практики. Например, докато рециклирането и използването на синтетични влакна на биологична основа могат значително да намалят зависимостта от първични материали, те идват със свои собствени предизвикателства като влакна с по-ниско качество, потенциални проблеми с биоразградимостта и технологични бариери.

Възможността за възприемане на тези практики варира в различните отрасли. Фактори като географско местоположение, размер на компанията, налична технология и политически условия могат да повлияят на приложимостта и ефективността на различните практики за устойчивост.

Случаи от реалния свят показват, че въпреки предизвикателствата е възможно да се прилагат устойчиви практики, които са от полза както за

околната среда, така и за бизнеса. Въпреки това, тези примери също подчертават значението на иновациите, сътрудничеството и политическата подкрепа за преодоляване на бариерите пред устойчивата трансформация в текстилната индустрия.

В заключение, преминаването към устойчиви практики в текстилната индустрия е не само екологична необходимост, но и бизнес възможност. За да се възползват от тази възможност, са необходими съгласувани усилия от всички заинтересовани страни. Индустрията трябва не само да изследва и експериментира с различни устойчиви алтернативи, но и да създаде благоприятна среда, която подкрепя такъв преход.

VII. ЦИТИРАНИ ИЗТОЧНИЦИ

- [1] A. Kozłowski, C. Searcy и M. Bardecki, „Environmental impacts in the fashion industry: A life-cycle and stakeholder framework,” *Journal of Corporate Citizenship*, № 45, pp. 17-36, 2012.
- [2] R. Pal и J. Gander, „Modelling environmental value: An examination of sustainable business,” 2018.
- [3] S. S. Muthu, Roadmap to sustainable textiles and clothing: Eco-friendly raw materials, technologies, and processing methods, Springer, 2014.
- [4] K. Niinimäki и L. Hassi, „Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and clothing,” *Journal of Cleaner Production*, том 19, № 16, pp. 1876-1883, 2011.
- [5] A. Joy, J. F. Sherry Jr, A. Venkatesh, J. Wang и R. Chan, „Fast fashion, sustainability, and the ethical appeal of luxury brands,” *Fashion Theory*, том 16, № 3, pp. 273-296, 2012.
- [6] R. S. Blackburn, Sustainable textiles: life cycle and environmental impact, Woodhead Publishing, 2009.
- [7] U. N. I. D. Organization. [Онлайн]. Available: <https://www.unido.org/unido-sdgs>.
- [8] L. Shen, E. Worrell и M. Patel, „Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres,” *Resources, Conservation and Recycling*, том 45, № 3, pp. 278-293, 2005.
- [9] S. S. Muthu, Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain, Woodhead Publishing, 2015.
- [10] H. L. Chen и L. D. Burns, „Environmental analysis of textile products,” *Clothing and Textiles Research Journal*, том 24, № 3, pp. 248-261, 2006.
- [11] U. Hausmann, „Polyester: fibre to fabric,” *A Changing Paradigm in Textile Production and Retail*, pp. 33-47, 2007.
- [12] A. Palme, A. Peterson и H. de la Motte, „Towards a more sustainable fashion industry,” *Mistra Future Fashion Review*, № 03, 2017.
- [13] D. Watson, A. C. Gylling, N. Tojo и L. Milios, „Producer responsibility for e-waste,” 2018.
- [14] A. Hussain, N. Kamboj, N. Kamboj, N. Kamboj и D. Goliandin, „Circular economy approach to recycling technologies of post-consumer textile waste in Estonia: a review,” *PROCEEDINGS OF THE ESTONIAN ACADEMY OF SCIENCES*, том 70, № 1, p. 80–90, 2021.
- [15] trvst, „Environmental Impact of Cotton from Growing, Farming & Consuming,” 06 2022. [Онлайн]. Available: <https://www.trvst.world/sustainable-living/fashion/environmental-impact-of-cotton/>.
- [16] S. E. Institute, „Ecological footprint and water analysis of cotton, hemp and polyester,” 2005.
- [17] L. Shen, E. Worrell и M. Patel, „Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling,” *Resources, Conservation and Recycling*, том 55, № 1, pp. 34-52, 2010.
- [18] S. S. Muthu, Y. Li, J. Y. Hu и P. Y. Mok, „Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres,” *Ecological Indicators*, том 13, № 1, pp. 66-74, 2012.
- [19] T. Rissanen, Zero waste fashion design, Bloomsbury Publishing, 2016.
- [20] K. Niinimäki, G. Peters, H. Dahlbo, P. Perry, T. Rissanen и A. Gwilt, „The environmental price of fast fashion,” *Nature Reviews Earth & Environment*, том 2, № 4, pp. 189-200, 2017.
- [21] M. Giannakis и T. Papadopoulos, „Supply chain sustainability: A risk management approach,” *International Journal of Production Economics*, том 171, pp. 455-470, 2016.
- [22] J. M. Allwood, „Squaring the Circular Economy: the role of recycling within a hierarchy of Material Management Strategies,” *Handbook of Recycling*, pp. 445-477, 2014.
- [23] C. Herzig и S. Schaltegger, „Corporate Sustainability Reporting,” *Sustainability Communication*, pp. 151-169, 2011.