

FIELDS OF APPLICATION OF ENERGY EFFICIENT WAREHOUSE PRACTICES

Lilyana Mihova

University of National and World Economy, Sofia, Bulgaria, lmihova@unwe.bg

Abstract: Energy efficiency of buildings and sustainable development are topics that have become increasingly important in the last two decades. More and more companies are paying attention to the carbon footprint of their activity and are looking to improve their services or products towards their environmental friendliness. This trend is driven by the desire to reduce the harmful effects of a number of economic activities, including logistics and supply chain management. Transport is mentioned as the main pollutant in logistics, but the processes of storage and handling of materials in warehouses can be a significant source of pollution. Warehouses, as a major hub in the logistics system, have great potential to optimize their energy efficiency in line with the growing demand for sustainable logistics services. They are the main subject of this article and in particular the areas of application of energy efficient practices in the warehouse will be researched. Special attention should be paid to all stages and processes in a warehouse system, from its territorial location through the construction and operation of the warehouse. At each of these stages there are opportunities for improvement that lead to an overall reduction of harmful effects on the environment. The materials used during construction phase, as well as all the ongoing complex technical processes in the warehouse during its exploitation, along with the degree of mechanization and automation, on the one hand can be energy efficient, and on the other hand their optimization would reduce costs for warehousing in the long term. This is also related to opportunities to reduce total logistics costs. In this article the literature review will be made in order to identify fields of application of energy efficient practices in the warehouse of the construction and operation phases. This includes fields such as area selection, insulation, renewable energy opportunities and others in the warehouse construction phase; and lighting, heating, cooling, temperature regime, ventilation, handling equipment and others in the phase of its operation. The considered fields of application are applicable both for new warehouses and for improving the energy efficiency of existing ones. As a result of the literature analysis, the fields of application of energy efficient practices in the warehouse will be presented in tabular form, as well as specific opportunities for reducing energy consumption. Such differentiation of fields of application would have a practical orientation for optimal selection of appropriate practices in new and existing warehousing systems in logistics. The conclusions from the literature review can be the basis for future empirical research in the field of warehouses and their energy efficiency.

Keywords: Warehouse, warehousing, warehouse practices, logistics, energy efficiency

ОБЛАСТИ НА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЕНЕРГИЙНО ЕФЕКТИВНИ ПРАКТИКИ В СКЛАДА

Лиляна Михова

УНСС, България, lmihova@unwe.bg

Резюме: Енергийната ефективност на сгради и устойчивото развитие са теми придобиващи нарастваща актуалност в последните две десетилетия. Все повече компании отделят внимание на въглеродния отпечатък от своята дейност и търсят подобряване на своите услуги или продукти в посока на тяхната екологичност. Тази тенденция е водена от стремежа за намаляване на вредното въздействие от редица икономически дейности, сред които са и логистиката и управлението на веригата на доставките. Като основен замърсител в логистиката е посочван транспорта, но процесите на съхранение и обработка на материалите в складовете могат да бъдат съществен източник на замърсяване. Складовете, като основен възел в логистичната система, имат голям потенциал за оптимизиране на своята енергийна ефективност в синхрон с нарастващото търсене на устойчиви логистични услуги. Те са основен обект на тази статия и по-конкретно ще бъдат търсени областите на приложение на енергийно ефективни практики в склада. Специално внимание трябва да бъде обърнато на всички етапи и процеси в една складова система, от нейното териториалното разположение през построяването и експлоатацията на склада. На всеки един от тези етапи има възможности за подобрене, които водят до цялостно намаляване на вредните влияния върху околната среда. Използваните материали по време на строителството, както и всички протичащи сложни технически процеси в склада, наред със степента на механизация и автоматизация, от една страна могат да бъдат енергийно ефективни, а от друга тяхната оптимизация би довела до намаляване на разходите за складови дейности в дългосрочен план. Това

е обвързано и с възможности за намаляване на общите логистични разходи. В настоящата статия ще бъде направен преглед на литературата, с цел да бъдат обособени области на приложение на енергийно ефективни практики в склада на фазата на негово построяване и експлоатация. Това включва области като избор на площи, изолация, възможности за използване на енергия от възобновяеми източници и други на фазата на построяване на склада; и осветление, отопление, охлаждане, температурен режим, вентилация, манипулационно оборудване и други на фазата на неговата експлоатация. Разгледаните области на приложение са приложими, както за новостроящи се складове, така и за подобряване на енергийната ефективност на съществуващи такива. Като резултат от литературния анализ ще бъдат изведени в табличен вид областите на приложение на енергийно ефективни практики в склада, както и конкретни възможности за намаляване на консумацията на енергия. Подобно обособяване на области на приложение би имало практическа насоченост за оптимален избор на подходящи практики в новостроящи се и съществуващи складови системи в логистиката. Направените изводи от прегледа на литературата могат да бъдат основа за бъдещи емпирични изследвания в областта на складовете и тяхната енергийна ефективност.

Ключови думи: Складове, складиране, складови практики, логистика, енергийна ефективност

1. УВОД

Складовите системи са важен елемент в логистика и управление на веригата на доставките. В условията на кръгова и устойчива икономика е необходимо те да отговарят на изискванията за устойчивост и да бъдат енергийно ефективни. Глобалните тенденции са насочени към намаляване не само на вредните емисии от всички икономически дейности, но и цялостно намаляване на вредните въздействия върху околната среда и човека. Темата намира все по-широко приложение и в логистиката и управлението на веригата на доставките под различни концепции, като “устойчиво” или “зелено” управление на веригата на доставките, „устойчиви“ и „зелени“ складове и др. Енергийната ефективност на операциите е съвременен проблем, който изпитват веригите за доставки и, който засяга както входящите, така и изходящите потоци в логистиката (Stefanov, 2018). Това води до отражение и върху развитието на складовите системи и технологии и целта на тази статия е да разкрие енергийно ефективни практики в склада като част от формирането на устойчиви складови системи. Следвайки тази световна тенденция, много компании задълбочават вниманието си, освен върху оперативните и икономически цели и върху екологичните и социални въпроси на складовете (Bartolini et al., 2019, p.243). Освен това, основен дял на пазара на логистични услуги идва от складовите услуги, където услугите с добавена стойност и складиране са от голямо значение. (Воденичарова, 2018)

Много страни подписват международни споразумения, като Протокола от Париж подписан декември 2015, целите за устойчиво развитие на ООН и др. На национално ниво също много страни предприемат индивидуални или колективни мерки за ограничаване на въглеродни емисии. Макар и не конкретно насочена към складовете или отделни логистични дейности, в Европейския съюз може да бъде открито Директивата относно енергийните характеристики на сградите (2010/31/ЕС), (актуализирана през 2018 г.) относно енергийните характеристики на сградите, която съдържа няколко разпоредби за подобряване на енергийната ефективност на новите и на съществуващите сгради. По подобна аналогия, в настоящата статия ще бъдат обособени енергийно ефективни практики на фазата на построяване и на експлоатация на складовете.

2. МЕТОДОЛОГИЯ

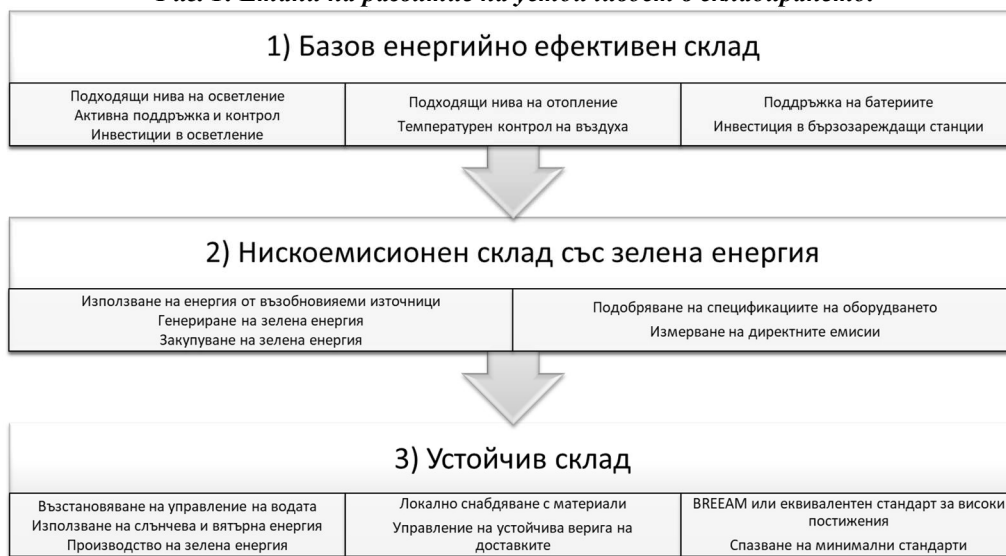
В настоящата статия обект на изследване са енергийно ефективните практики в склада. Наблюдават се множество иновации в складовете, които водят до оптимизиране на дейностите в него и до намаляване на разходите. Тези иновации често са свързани както с подобряване на енергийната ефективност на манипулационното оборудване в склада, така и с цялостния ефект върху околната среда. За да бъдат обобщени данни за най-често прилаганите енергийно ефективни практики в склада е направен преглед на литературата в областта на складовете и логистиката. За събиране на данните са използвани онлайн бази данни като EBSCO, Web of Science, Google Scholar, в които има голяма база от статии, доклади от конференции, книги и други. Използваните ключови думи при търсенето са: енергийно ефективни практики в склада, складови системи, устойчиви складове, устойчиви складови системи, устойчиви складиране. На база на направения преглед на литературата ще бъдат направени изводи за обекта на изследване като се използва едно основно разделение в литературата свързано с фазите на построяване и на експлоатация на складовете.

3. ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА НАМАЛЯВАНЕ НА КОНСУМАЦИЯТА НА ЕНЕРГИЯ И ПОДОБРЯВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ

Според Ries et al. (Ries et al., 2017), логистичните дейности глобалните вериги за доставки се превръщат в основна причина за индустриалните емисии и прогресиращото замърсяване на околната среда. Въпреки че значително количество емисии на въглероден диоксид, свързани с логистиката, се причиняват от процесите на съхранение и обработка на материалите в складовете, предишни изследвания се фокусират основно върху транспортната дейност и въздействието на складирането върху околната среда досега не е достатъчно изследвано. Тази теза се потвърждава и от други автори като Plambeck, който отбелязва че въглеродните емисии от складирането често са пренебрегвани в много изследвания за сметка на тези от транспорта (Plambeck, 2012). Въпреки това се наблюдава нарастващо внимание към устойчиви процеси на складиране, което води до много нови резултати от научни изследвания относно управленските концепции, технологии и оборудване за намаляване на въглеродния отпечатък на складовете (Carbon trust, 2019).

Понятието “зелен” или “устойчив” склад и складиране, започва да се използва и обособява като отделен елемент в литературата за устойчиво управление на веригата на доставките. Така McKinnon et al. (McKinnon et al., 2012, p. 173) – отделят специална глава за “Намаляване на влиянието на складирането върху околната среда” в своя труд “Зелена логистика” (Green Logistics), а Grant et al. (Grant et al., 2013, p. 77) поместват глава наречена “Устойчиво складиране” в своята книга “Устойчива логистика и управление на веригата на доставките”. В тези трудове те се спират върху изследване на факторите за въздействие на складовете върху околната среда и трайното намаляване на вредните въздействия, като обръщат специално внимание и на енергийната ефективност на складовете като необходима стъпка към обособяването на устойчив склад. На фиг. 1 е показана и тяхната трактовка за ролята на енергийната ефективност. Особено тук е, че енергийната ефективност е разглеждана като първоначален стадий за достигането до цялостно устойчиви решения в склада като част от веригата на доставките.

Фиг. 1: Етапи на развитие на устойчивост в складирането.



Източник: Адаптирано по McKinnon (McKinnon et al., 2012, p.180)

Bartolini et al. все пак дават дефиниция за “устойчиво снабдяване” като управленска концепция, която интегрира и въвежда екологични операции с цел минимизиране на консумацията и разходите за енергия и емисиите на парникови газове в склада (Bartolini et al., 2019). В тази дефиниция се открояват разходите за енергия и емисиите на парникови газове генерирани в склада, което е пряко свързано с енергийната им ефективност. Извода, който може да направим от казаното до тук е, че за да може да бъде един склад устойчив, той трябва да бъде и енергийно ефективен.

Складовете имат важни функции, които повишават ефективността на логистичната система и подобряват обслужването на клиентите, което може да доведе до повече ползи отколкото разходи (Dragomirov, 2019). Те имат голямо разнообразие от функции като съхранение, консолидиране на товари, раздробяване и претоварване, дообработка, формиране на пазарен асортимент и други. Освен това те биват различни видове

в зависимост от тяхното предназначение – автоматизирани, неавтоматизирани, с или без температурен контрол и други, което оказва голямо влияние върху използваните в тях технологии, а от там се променя и консумацията на енергия в тях. Казаното до момента ни дава основание да се концентрираме върху основните източниците на замърсяване, а от там и върху практиките за енергийна ефективност, като това ще се извърши в две стъпки: 1) въздействие на склада върху околната среда на етапите на построяване и експлоатация на склада и 2) методи и технологии използвани в склада за подобряване на енергийната ефективност.

Сред важните решения в складирането са местоположение, капацитет и използвани технологии в склада. При построяването на нов склад могат да бъдат взети решения за енергийна ефективност на склада на фазата на неговото конструиране, но при съществуващи складове също могат да бъдат предприети енергийнонеэффективни решения. Поради тази причина се разглеждат **въздействията от склада върху околната среда на етапите на построяване и на експлоатация**. Grant et al. смятат, че “екологичните разходи” произтичат от фазата на строителство и от фазата на експлоатация, т.е. на фазата на построяване на склада може да бъде направена оценка на въглеродните емисии в целия процес, оценка на използваната площ, вредите върху околната среда в процеса на построяване и др., а във фазата на експлоатация се взима предвид консумацията на енергия за осветление, отопление, охлаждане, вентилация, оборудване и др. Устойчиви елементи в проектирането са възобновяеми енергийни източници, използването на дневна светлина, контролиране и планиране на използваната изкуствена светлина, температурен контрол на помещенията, ефективно използването на вода, шумовото замърсяване, обучение на персонала, оптимизиране на процесите по съхранение, разпределение и експедиране на запасите, използване на преходни помещения за избягване на температурните разходи при отваряне и затваряне на врати и др. Въпреки че тези две фази са тясно свързани поради характеристиките на сградата, които се определят във фазата на проектиране, по-подробно ще бъде разгледана фазата на експлоатация на складовете, защото подобрения на съществуващи складове може да бъде правена и след тяхното построяване и поради това, че логистичните функции на склада се осъществяват в процес на неговата експлоатация. Все пак трябва да се има предвид, че цялостния екологичен ефект от склада е сума от всички етапи на жизнения му цикъл (Menzies, 2011). Сред основните фактори оказващи влияние върху околната среда на фазата на проектиране и строителство на складовете са изборът и качеството на вложените материали в сградата, локацията на склада (близост или отдалеченост от главни транспортни възли), качество на използваната земя (препоръчително е използване на неплодородни площи, отдалечени от зони за живот, селскостопански зони и райони с голямо биоразнообразие), процеса на строителство (използва се тежка строителна техника, която може да наруши околни площи).

Във фазата на експлоатация на складовете могат да бъдат прилагани различни **методи и технологии за намаляване на консумацията на енергия и подобряване на енергийната ефективност**. Във веригата на доставките съществува голям потенциал за намаляване на въглеродния отпечатък, тъй като логистичните дейности са енергоемки и генерират въглеродни емисии. Това е валидно в особена степен за складирането, където е необходима енергия за отопление, осветление и поддържане на механизирани и автоматизирани процеси; транспортирането и манипулирането, за които е необходимо гориво (Стефанов, 2020).

В зависимост от предназначението и функциите на склада основната консумация на енергия за отопление, охлаждане, вентилация, осветление, електричество за оборудване се разпределя процентно по различен начин. При складове с температурен режим основната консумация на енергия би била за охлаждане и отопление, докато при друг вид складове може да преобладава потреблението на енергия за осветление и оборудване. Carbon Trust е независим, експертен партньор на водещи организации по целия свят, който им помага да допринесат и да се възползват от по-устойчиво бъдеще чрез намаляване на въглеродните емисии, стратегии за ефективност на ресурсите и комерсиализиране на нисковъглеродни технологии (Carbon trust, 2019). Тази организация представя в своя доклад „Складиране и логистика – Възможности за енергийна ефективност за складова и логистична компания“ в началото на 2019 г. важни данни относно възможностите за намаляване на консумираната на енергия, което води от една страна до намаляване на вредните въздействия върху околната среда, а от друга намалява разходите в дългосрочен план. Според тях разходите в склада се разделят основно за осветление; затопляне, охлаждане и вентилация; мотикари, кранове и автоматизация, и системи за управление на енергията. В складове без нужда от охлаждане разходите за осветление могат да достигнат до 70%, което е много голям процент от консумацията на енергия. Освен това в зависимост от географското разположение на склада, той може да има нужда от охлаждане в прекалено горещи дни или от затопляне при ниски температури. От голяма значение са и площта и височината на склада, както и неговото вътрешно и външно разположение. Една от тенденциите при складовете е те да

стават все по-автоматизирани, което наред с по-добрата ефективност на съоръженията води и до по-голяма консумация на енергия.

4. РЕЗУЛТАТИ И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Като резултат от направения преглед на литературата, в таблица 1 е представена обобщена информация областите на приложение на практиките въз основа на консумираната енергия и възможностите за намаляване на тази консумация на фазите на проектиране и експлоатация.

Таблица 1: Области на приложение на енергийно ефективно практики в склада.

Област на приложение	Възможности за намаляване на консумацията на енергия
Фаза на проектиране на склада	
Изолация	Дебелината на изолацията оказва влияние върху загубата на топлина или охлаждане, което води до намаляване на загубата на енергия.
Използвани материали по време на строителство	- Изборът и качество на вложените материали в сградата - Рециклирани или рециклируеми материали
Производство на енергия на територията на склада	Въздушни турбини, соларни панели, възстановяване на остатъчна енергия, кинетична енергия
Локация на склада	Близост до подходяща енергийна инфраструктура
Избор на земни площи	- Използване на неплодородни площи - Избягване на нарушаване на биоразнообразието - Използване на застроени, но неизползваеми площи
Фаза на експлоатация на склада	
Енергийно ефективно осветление	- Замяна на неефективни източници на светлина с ниско енергийни светодиодни продукти., тези крушки отдават и по-малко топлина и имат по-дълъг живот. - Намаляване броя на осветителните тела, чрез отразители/рефлектори на светлина под източника на светлина. - Прозорци на покрива за влизане на дневна светлина, което намалява нуждата от изкуствена светлина. По-подходяща е и за персонала. - Почистване на източниците на светлина от замърсяване, което намалява интензитета на светлината. - Изключване на осветлението в неизползваните места и изключване на осветлението при наличие на достатъчно естествена светлина. - Поставяне на сензори за включване и изключване на осветлението.
Температурен контрол (охлаждане)	- За охлаждане се използва предимно електричество, което ако не е от възобновяеми източници отделя вредни емисии. За по-добър контрол е препоръчително максимално прецизно зонироване на склада с подходящи бариери в зависимост от температурните разлики. - Отваряне на врати и прегради само при преминаване.
Затопляне	- Използва се електричество, твърди горива или възобновяема енергия. - Загубата на топлина зависи от температурните разлики, изолацията, вентилацията и преминаване в помещения с различна температура.
Контрол на влажността	Важно е правилното зонироване, така че да се извършва само контрол на влажността на необходимата площ.
Преглади между помещения с различен температурен режим	- Бързотатварящи / отварящи врати; - Врати, които се отварят и затварят със сензори без човешка намеса.
Вентилация	- Може да бъде използвана естествена и механична вентилация. - Особено важна за качество на въздуха, който диша персонала. Важна е за уеднаквяване на температурата при високи складове. - Използване на топлината от процеса на охлаждане за затопляне чрез вентилация.
Енергийно ефективно	При движението си манипулационното оборудване излъчва топлина,

манипуляционно оборудване/ Енергийно ефективно складово оборудване	което при температурно регулирани складове води до повишаване на консумираната енергия. • Удължаване на живота на батериите на електрокарите. • Оптимизиране/Съкращаване на маршрутите на манипуляционното оборудване в склада чрез информационни системи. • Удължаване на работното време на склада за избягване на пикови часове и струпване на транспортни средства за натоварване.
Консумация на вода	• Основно за почистване, санитарни нужди и др. Покривните пространства, които обичайно са плоски могат да бъдат използвани за събиране на дъждовна вода. • Сензори за използване на вода в санитарните помещения. • Пречистване на вода и повторна употреба за почистване.

Източник: Адаптирано по Grant и McKinnon (Grant et al., 2013; McKinnon et al., 2012)

Посочените енергийно ефективни практики могат да бъдат използвани в бъдещи изследвания за тяхното приложение в определен регион или страна. Може да бъде изследвана степента на тяхното прилагане в различни видове складове или сектори на икономиката. Това би било полезно както за бизнес организации, така и в изследователски план, където могат да бъдат разработени конкретни методологии за степента на приложение на тези практики. Друга възможна насока са иновациите и възможности за нови подобрения, които биха довели до допълнителни оптимизации в складовите системи.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да обобщим, че с развитието на устойчивата логистика и вериги на доставките, се развиват и устойчиви практики в складирането. Енергийната ефективност в склада е ключов фактор за развитието на устойчиви логистични системи и възможност за предлагането на устойчиви, енергийно ефективни услуги, които от една страна да намалят вредното въздействие върху околната среда, а от друга да намалят и логистичните разходи чрез намалената консумация на енергия.

БЛАГОДАРНОСТИ

Тази статия е разработена като част от университетски проект към Университета за национално и световно стопанство: НИ-3_2019 Складови системи в логистиката – управленски практики и тенденции. Благодарности на целия екип, който работи по проекта с ръководител доц. д-р Николай Драгомиров.

ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ

- Воденичарова, М. (2018). *Развитие и тенденции на логистичния сектор в България в периода 2007-2019г.* 253–257.
- Стефанов, М. (2020). Намаляване на въглеродния отпечатък във веригата на доставките. *Научни Трудове*, 2, 235–254.
- Bartolini, M., Bottani, E., & Grosse, E. H. (2019). Green warehousing: Systematic literature review and bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 226, 242–258. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.055>
- Carbon Trust. (n.d.). Retrieved September 12, 2019, from <https://www.carbontrust.com/about-us/>
- Carbon trust. (2019). *Warehousing and logistics Energy efficiency opportunities for warehousing and logistics companie*. <https://www.carbontrust.com/resources/guides/energy-efficiency/warehousing-and-logistics/>
- Dragomirov, N. (2019). *WAREHOUSING IN LOGISTICS – MAIN REVIEW OF BULGARIAN RESEARCH CONTRIBUTION*. 107–111. <https://doi.org/10.31410/ERAZ.2019.107>
- Grant, D. B., Trautrim, A., & Wong, C. Y. (2013). *Sustainable Logistics and Supply Chain Management: Principles and Practices for Sustainable Operations and Management*. Kogan Page Publishers.
- McKinnon, A., Browne, M., & Whiteing, A. (2012). *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. Kogan Page Publishers.
- Menzies, G. F. (2011). *Embodied energy considerations for existing buildings*. Heriot Watt University, 48.
- Plambeck, E. L. (2012). Reducing greenhouse gas emissions through operations and supply chain management. *Energy Economics*, 34(S1), 64–74.
- Ries, J. M., Grosse, E. H., & Fichtinger, J. (2017). Environmental impact of warehousing: A scenario analysis for the United States. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6485–6499. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1211342>

- Stefanov, M. (2018). Features of Compressed Natural Gas Physical Distribution: A Bulgarian Case Study. *Logistics*, 2(3), 17. <https://doi.org/10.3390/logistics2030017>
- World Economic Forum. (2009). *Supply Chain Decarbonization*. World Economic Forum.
http://www3.weforum.org/docs/WEF_LT_SupplyChainDecarbonization_Report_2009.pdf