

Mladá veda

Young Science



Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 4, ročník 12., vydané v decembri 2024

ISSN 1339-3189, EV 167/23/EPP

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Zima na horách. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

prof. Ing. Peter Adamišín, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

PhDr. Veronika Kmetóny Gazdová, PhD. (Inštitút edukológie a sociálnej práce, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

Mgr. Monika Šavelová, PhD. (Katedra translitológie, Univerzita Konštantína Filozofa, Nitra)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra verejnej ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

Mgr. Michal Garaj, PhD. (Katedra politických vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda, Trnava)

REDAKCIA

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

Mgr. Martin Hajduk, PhD. (Banícke múzeum, Rožňava)

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSS UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

HODNOTENIE ŽIVOTNÉHO CYKLU PRODUKTU POMOCOU METÓDY LCA Z HĽADISKA ENVIRONMENTÁLNEJ BEZPEČNOSTI

PRODUCT LIFE CYCLE ASSESSMENT USING THE LCA METHOD FROM
THE POINT OF VIEW OF ENVIRONMENTAL SAFETY

Andrea Franková¹

Andrea Franková pôsobí ako externý doktorand na Vysokej škole bezpečnostného manažérstva v Košiciach, Ústav humanitných a technologických vied. V rámci vedeckej činnosti sa venuje environmentálnej bezpečnosti. Vo svojej dizertačnej práci sa venuje recyklácii hasičských zásahových odevov a textilného odpadu, ktorý vzniká pri ich výrobe.

Andrea Franková works as an external doctoral student at the University of Security Management in Košice, Institute of Humanities and Technological Sciences. As part of her scientific activity, she deals with environmental safety. In her dissertation, she deals with the recycling of firefighting clothing and the textile waste generated during their production.

Abstract

Life Cycle Assessment (LCA) is an accepted method of evaluating the impact of a product on the environment at various stages of the product's life cycle, from cradle to grave. The ISO 14040 and 14044 standards are specifically set aside for product life cycle assessment. This method has been used in various industries for many years. In recent years, LCA has also gained importance in the textile and fashion industry. Despite the significant contribution to the European economy, this industry is one of the most polluting industries. The clothing industry is at the centre of growing criticism for its contribution to climate change, resource depletion, water pollution and waste generation. These influences are closely related to the fast, massive and linear consumption-oriented model. Clothing is produced, sold, distributed, used and disposed of. The concept of circular economy (Circular Economy) emerged as an alternative to the usual linear system that tries to recycle waste. In this context, the article aims to contribute to a better understanding of the role of LCA in supporting the CE strategy for the clothing industry.

Keywords: LCA - Life Cycle Assessment, cotton fibre, circular economy, fashion industry

¹Adresa pracoviska: Mgr. Andrea Franková MBA, DBA, Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach, Košťová 1, 040 01 Košice
E-mail: andrea.frankova@vsbm.sk

Abstrakt

Hodnotenie životného cyklu (Life Cycle Assessment) je akceptovaná metóda hodnotenia vplyvov produktu na životné prostredie v rôznych fázach životného cyklu výrobku, od kolísky po hrob. Normy ISO 14040 a 14044 sú vyčlenené práve na hodnotenie životného cyklu produktu. Táto metóda sa používa v rôznych priemyselných odvetviach už mnoho rokov. V posledných rokoch získala LCA na význame aj v textilnom a módnom priemysle. Aj napriek významnému prínosu pre európske hospodárstvo je tento priemysel jedným z najviac znečisťujúcich odvetví. Odevný priemysel je v centre rastúcej kritiky kvôli jeho prispievaniu ku klimatickým zmenám, vyčerpaniu zdrojov, znečisteniu vody a tvorbe odpadu. Tieto vplyvy sú úzko spojené s rýchlym, masívnym a lineárnym modelom orientovaným na spotrebu. Oblečenie sa vyrába, predáva, distribuuje, používa a likviduje. Koncept obehového hospodárstva (Circular Economy) sa objavil, ako alternatíva k bežnému lineárnemu systému, ktorý sa snaží recyklovať odpady. V tomto kontexte je cieľom článku prispieť k lepšiemu pochopeniu úlohy LCA pri podpore stratégie CE pre odevný priemysel.

Kľúčové slová: LCA- životný cyklus výrobku, bavlnené vlákno, obehové hospodárstvo, módný priemysel

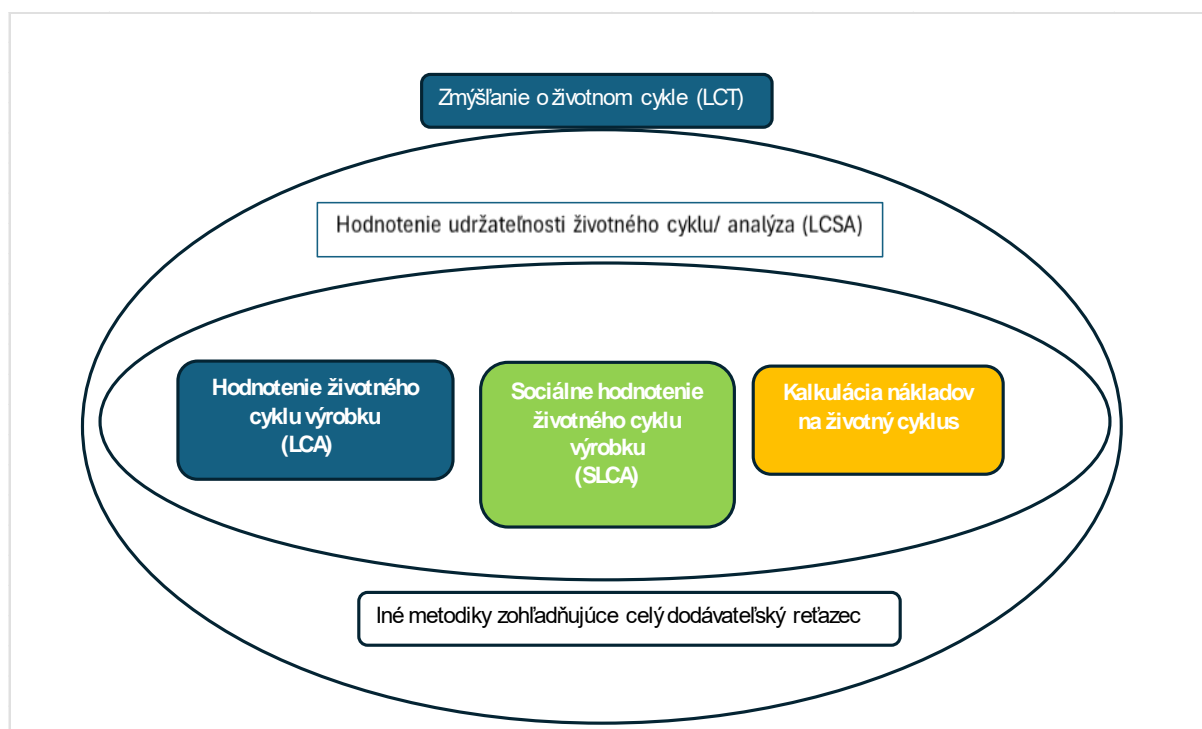
Úvod

Odev chráni ľudí pred poveternostnými podmienkami, je ochranou pri práci, ale je aj dôležitým prostriedkom komunikácie a vyjadrovania, preto zohráva v spoločnosti veľkú úlohu. V súčasnosti je mainstreamová spotreba oblečenia charakterizovaná, ako „fast fashion“, ktorý má v úmysle rýchlo reagovať na zmeny v módných trendoch a podporuje vysokú mieru spotreby, rýchlym zastarávaním (Zanjirani, Farahani, Asgari, van Wassenhove, 2022). Odhaduje sa, že v súčasnosti sa móдне odevné značky zameriavajú na dokončenie cyklu, výroby a predaja v priemere raz za jeden mesiac. To znamená, že na trh dostanú 14 až 16 kolekcií za jeden rok (Bhardwaj, Fairhurst, 2010). Za posledných 20 rokov táto dynamika viedla k 400% nárastu celosvetovej spotreby oblečenia, ktorá dosiahla 800 miliárd nových položiek zakúpených za jeden rok (Chen, Memon, Wang, Marriam, Tebyetekerwa, 2021). Odevný priemysel prispieva ku globálnemu otepľovaniu emisiami 1,2 miliardy ton skleníkových plynov (Greenhouse gas, GHG), čo preyšuje medzinárodné lety a námornú dopravu. Ak sa tieto emisie neznížia, predpokladá sa, že tento priemysel by mohol do roku 2050 využiť až 25% globálneho uhlíkového rozpočtu (Pandey, 2018). Tento priemysel spotrebuje 1,5 bilióna litrov vody ročne a je zodpovedný za približne 20% celkového znečistenia priemyselných vôd a 35% znečistenia mikroplastami (United Nations, 2018). Produkuje viac ako 92 miliónov ton odpadu ročne, ktorý väčšinou končí na skládke, alebo je spálený (Niinimäki, Peters, Dahlbo, Perr, Rissanen, Gwilt, 2020). V tejto súvislosti je naliehavá potreba prehodnotiť odevné systémy s cieľom vylepšiť model, ktorý sa dá dlhodobo udržať.

Cieľ prístupov životného cyklu výrobku

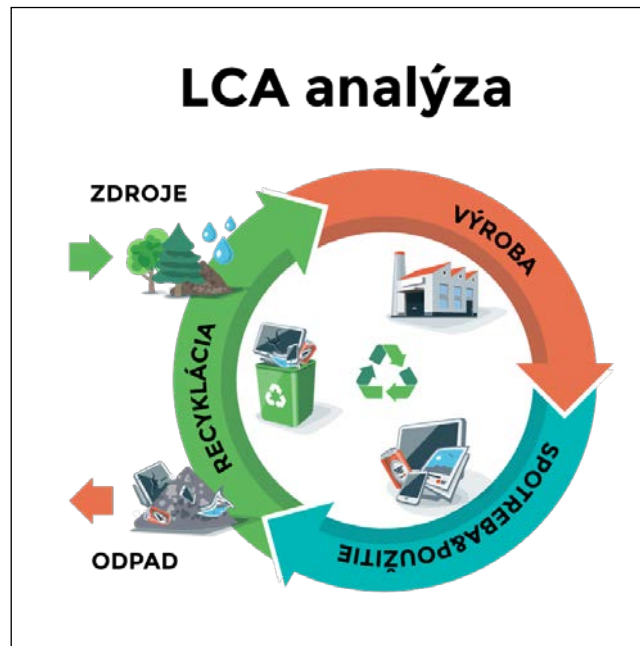
Cieľom prístupov životného cyklu je posúdiť udržateľnosť, navrhovaním takých riešení a intervencií prostredníctvom integrovaných, komplexných a participatívnych procesov, v ktorých spolupracujú vedecké a spoločenské paradigmy (European Commission, 2022). Dôraz sa kladie na prístupy normované medzinárodnými normami a nariadeniami, ako je

hodnotenie životného cyklu (Life Cycle Assessment- LCA), kalkulácia nákladov na životný cyklus (Life Cycle Costing- LCC), sociálne hodnotenie životného cyklu (Social Life Cycle Assessment- S-LCA), hodnotenie udržateľnosti životného cyklu (Life Cycle Sustainability Assessment- LCSA). Princípy LCT (Life Cycle Thinking) sú založené na koncepcii životného cyklu výrobku a zohrávajú kľúčovú úlohu. Koncepcia LCT zahŕňa implementáciu princípov zameraných na neustále zlepšovanie výkonu udržateľnosti vo všetkých fázach životného cyklu, vrátane návrhu (ekodizajnu), ako aj výroby, používania, likvidácie a konca životnosti. Holistická koncepcia udržateľnosti prostredníctvom prístupov, ako je hodnotenie životného cyklu (S-LCA) a kalkulácia životného cyklu (LCC) zahŕňa environmentálne a sociálne hodnotenie. Hodnotenie nákladov a prínosov spojené s produktami a sektormi. Procesy, počnúc ťažbou surovín až po samotný koniec životného cyklu výrobku, vytvárajú globálny pohľad na systém výroby (Sala, Farioli, Zamagni, 2013). Umožňuje tiež integráciu troch domén udržateľnosti do disciplíny hodnotenia prostredníctvom prístupu hodnotenia/analýzy udržateľnosti životného cyklu (LCSA), (graf 1).



Graf 1 - Prístupy životného cyklu v kontexte hodnotenia udržateľnosti životného cyklu a myslenia životného cyklu
Zdroj: vlastné prevedenie

Norma UNI EN ISO 14040/44, Environmentálny manažment- Hodnotenie životného cyklu- Princípy a rámec, vychádza z ISO/TC 2007/SC5, definuje LCA ako kompiláciu a hodnotenie vstupov, výstupov a potencionálne environmentálne vplyvy produktového systému počas jeho životného cyklu. Systémové vstupy sú parametre, ktoré sa podieľajú na diskusií o otázkach šetrenia energetických zdrojov, zatiaľ čo sa výstupy týkajú otázok znečistenia a odpadu. LCA je nástroj, ktorý analyzuje všetko, čo sa nachádza v rámci systémových hraníc, ako sú suroviny, výroby produktu, prevádzková/ používacia fáza, koniec životnosti a dopady likvidácie na životné prostredie (Marconi, Favi, 2020), (obrázok 1).

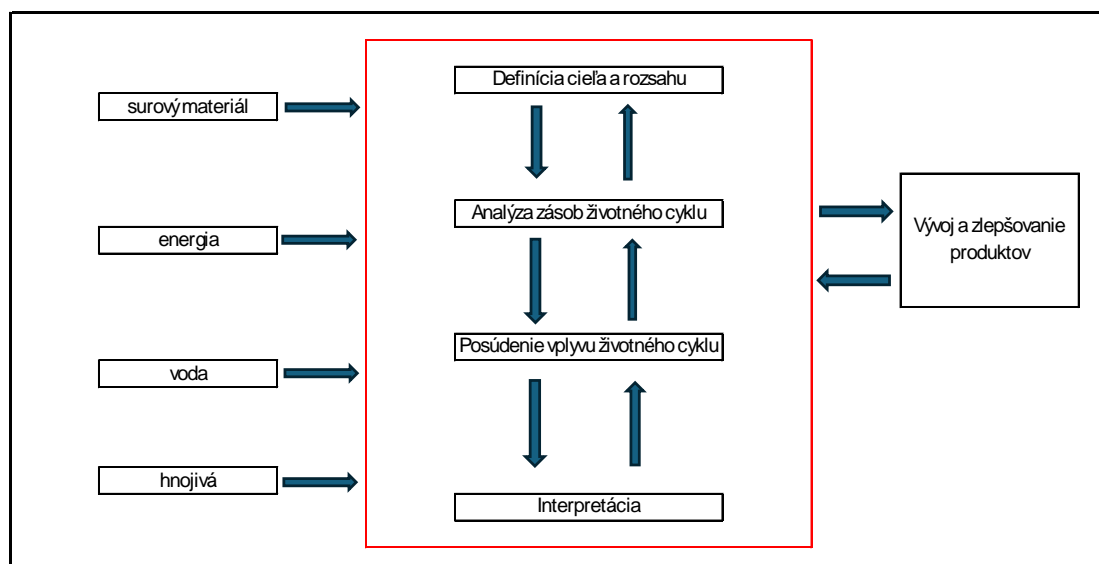


Obrázok 1 – Posúdenie životného cyklu výrobku.

Zdroj: <https://sigmapoint.sk/lca-analyza-posudenie-zivotneho-cyklu-produktu/>

Prístup LCA možno rozvíjať na úrovni produktov a dodávateľského reťazca (Thiebat, 2019). V definícii ISO je rozdelená do štyroch hlavných krokov:

1. Definícia cieľa a rozsahu
2. Analýza zásob životného cyklu (LCI)
3. Hodnotenie vplyvu životného cyklu (LCIA)
4. Interpretácia životného cyklu



Graf 2 - Schematický diagram rámca hodnotenia životného cyklu

Zdroj: vlastné prevedenie

Životaschopnosť stratégií cirkulárnej ekonomiky (CE) je kľúčom k udržateľnejšiemu odevnému priemyslu, preto môže byť vhodným nástrojom na meranie LCA. Je možné merať

rôzne ukazovatele vplyvu na životné prostredie, ako je uhlíková stopa, vodná stopa, eutrofizácia, acidifikácia a toxicita pre človeka. Zložitosť zdĺhavého dodávateľského reťazca v odevných výrobkoch, nedostupnosť údajov a nedostatočné know-how, už boli identifikované, ako niektoré z prekážok pri uskutočňovaní LCA výrobku (Muthu, 2015). Životný cyklus odevných výrobkov pozostáva z niekoľkých kľúčových fáz: extrakcia surovín, výroba látok, výroba odevov, maloobchod, používanie, koniec životnosti a preprava (Eryuruk, 2012).

- a) Extrakcia surovín – oblečenie môže byť vyrobené z jednej, alebo viacerých kombinovaných vlákien- prírodné a vyrobené. Prírodné vlákna zahŕňajú rastlinné a živočíšne vlákno. Vyrobené vlákna zahŕňajú syntetické, regenerované celulózové, anorganické a recyklované vlákna (Munasinghe, et al., 2021). Procesy extrakcie sa líšia v závislosti od suroviny.
- b) Výroba látok- tkaniny sa vyrábajú tkanými, netkanými, alebo pletenými procesmi. Fáza výroby tkaných a netkaných textílii sa dá rozdeliť do dvoch čiastkových fáz: výroba priadze a výroba textílie. Výroba priadze zahŕňa spriadanie a v niektorých prípadoch aj farbenie priadze pre výrobou tkaniny. Proces pletenia a tkania zahŕňa značné množstvo energie a vytvárajú pevný odpad. Farbenie priadze a látok si vyžaduje vysoký príjem vody, chemikálií a výstup odpadovej vody (Santiago, 2021).
- c) Výroba odevov- táto fáza zahŕňa strihanie, šitie, montáž, po ktorých nasledujú doplňujúce činnosti s pridanou hodnotou ako je žehlenie, balenie. Tieto činnosti sú pracovne náročné procesy a energia je vo všeobecnosti hlavným vstupom v tejto fáze. Odevy môžu byť farbené, čo si vyžaduje značné množstvo vody a chemikálií (Muthukumarana, et al., 2018).
- d) Použitie- táto etapa sa považuje za najkritickejšiu a najpremenlivejšiu etapu v životnom cykle odevu kvôli veľkému množstvu energie a vody použitej na pranie, žehlenie a chemické čistenie (Yun, et al., 2016).
- e) Koniec životnosti- táto fáza má veľké environmentálne dopady v závislosti od spôsobu likvidácie. Opätovné použitie na konci životnosti, recyklácia a spaľovanie sú bežne používané ako alternatíva k skládkovaniu (Peters, 2019). Skládkovanie sa považuje za najhorší dopad na životné prostredie, keďže sa spája s emisiami skleníkových plynov, znečisťovaním vody a pôdy.
- f) Doprava- k preprave dochádza v každej fáze životného cyklu odevu. Letecká nákladná doprava sa považuje za najhoršiu možnosť, pretože výrazne prispieva k emisiam skleníkových plynov a zmene klímy (Eryuruk, 2012).

Hodnotenie životného cyklu (LCA) bavlneného vlákna a možné cesty regeneračnej bavlny

V predchádzajúcej časti sme si ozrejmili termíny a princípy LCA. Pomocou tejto metódy sa z odpadových textílii získavajú regeneračné textílie. To môže zahŕňať ich opravu a opätovné použitie (Nellström, Saric, 2019), alebo chemickú recykláciu (Palme, Peterson, De la Motte, Theliander, Brelid, 2017). Bavlna je vlákno, ktoré sa v textilnom priemysle používa najviac. Často sa označuje ako „monarcha“ svetového textilného priemyslu. Fáza pestovania bavlny si vyžaduje obrovské množstvo vody. Okrem toho má výroba bavlneného odevu za následok emisie veľkého množstva skleníkových plynov počas jeho životného cyklu, ktorý zahŕňa procesy ako:

- odzrňovanie vlákien,
- výroba priadze,
- výroba tkanín,
- farbenie,
- potláčanie,
- konečná montáž.

V súčasnosti prechádza výroba bavlny z konvenčnej na organickú, a z organickej na recyklovanú. Nedávne výskumné štúdie o bavlně, zamerané na identifikáciu jej vplyvov na životné prostredie, viedli k rôznym zmenám vo fáze pestovania, ktoré následne prispeli k nižšej spotrebe tradičných hnojív (Rachit , Nagireddi, a Senthilkannan, 2023). V poslednej dobe získali veľkú pozornosť techniky organického poľnohospodárstva, pri ktorých sa používajú prírodné hnojivá. Vzniklo nové udržateľné bavlnené vlákno známe ako regeneračná organická bavlna. Hlavné techniky, ktoré sa dodržiajú v organickom poľnohospodárstve :

- žiadne obrábanie pôdy,
- krycie plodiny,
- striedanie plodín,
- biologické pesticídy (neemový olej),
- medziplodiny,
- úprava hustoty rastlín.

ROCC (Regenerative Organic Certification Cotton) sa zaoberá ochranou životného prostredia, starostlivosťou o environmentálnu bezpečnosť a poľnohospodárskymi postupmi (ROC, 2021). Spĺňa podmienky najprísnejších predpisov pre ekologické poľnohospodárstvo. Bavlna sa pestuje bez použitia akýchkoľvek umelých komponentov, ako sú hormóny, alebo antibiotiká. Popri hlavnej plodine sa často vysádzajú krycie plodiny, ktoré pomáhajú zvyšovať množstvo organickej hmoty v pôde, ukladajú uhlík a znižujú eróziu. Kompost je druh organického hnojiva a pesticídu, ktorý vytvárajú farmári z odpadových produktov z poľnohospodárskej výroby. Striedanie plodín sa týka pravidelného presúvania plodín z jedného roka do druhého roka. Medziplodiny je technika pestovania viac ako jednej plodiny na rovnakom poli v rovnakých časoch na zvýšenie interakcie medzi plodinami. Žiadne obrábanie pôdy, alebo nulové obrábanie je systém, keď sa semená ukladajú priamo do neupravenej pôdy.

Záver

Tento článok bol zameraný na rozvoj pochopenia hodnotenia životného cyklu produktu. Výsledky LCA môžeme použiť na poskytnutie záverov a odporúčaní, ktoré sú zamerané hlavne na možné zlepšenia v materiáloch, procesoch, výrobe a distribúcií. Výsledky môžu byť nápomocné pri zlepšovaní už existujúcej konfigurácii dodávateľského reťazca pomocou lepších technológií a vylepšených procesov. Analýza sa dá použiť pri zdôrazňovaní percentuálneho podielu každého jednotlivého procesu na celkový vplyv na životné prostredie počas životného cyklu produktu. Ak spoločnosť už implementuje zelenú prax vo svojom dodávateľskom reťazci, môže použiť výsledky na zistenie, ako je schopná znížiť dopad na životné prostredie dodržiavaním tejto praxe. Na záver je zrejmé, že riadenie sociálno-

environmentálnych vplyvov počas celého životného cyklu textilných výrobkov – od ťažby prírodných zdrojov cez dizajn, výrobu, používanie až po koniec životnosti – je nevyhnutné pre implementáciu procesov smerom k udržateľnejším produktom. Čo sa týka obchodného manažmentu, výber vlákien a dizajn produktu sú nevyhnutné, ale rovnako dôležitý je spôsob pestovania, výroby vlákien a textilných častí. V textilnom sektore rastie záujem o udržateľnejšie suroviny, najmä kvôli sociálno-environmentálnym záujmom módného priemyslu. Aby sme pochopili, aké výzvy sú pri integrácii najudržateľnejších surovín do ich podnikania, je potrebná spolupráca a väčší dialóg medzi rôznymi aktérmi v sektore. Z pohľadu používateľa sa odporúča zmena správania. Hľadanie informácií o environmentálnych vplyvoch výrobkov, lepšej starostlivosti a návykoch pri ich likvidácii a hlavne predĺženie životnosti a vyhýbanie sa nadmernej a zbytočnej spotrebe oblečenia. Reklama a sociálne siete (módnym influencer) má veľkú moc a zohráva kľúčovú úlohu pri formovaní spotrebiteľských návykov. V dôsledku toho majú obchodníci a módné značky spoločnú zodpovednosť za informovanosť spotrebiteľa, a mali by zamerať svoje marketingové, komunikačné a investičné úsilie na sociálne projekty environmentálneho správania.

Tento článok odporúča na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:
Dr.h.c. prof.h.c. prof. Ing. Marián Mesároš, DrSc., DPA, DBA, MSc., MBA, LL.M, MPH

Použitá literatúra

1. BHARDWAJ, V. and FAIRHURST, A., 2010. *Fast fashion: response to changes in the fashion industry*. Int Rev Retail Distrib Consum Res 20(1):165–173. The Role of Life Cycle Assessment in Analyzing Circular Economy ... <https://doi.org/10.1080/09593960903498300>
2. CHEN, X., MEMON, HA., WANG, Y., MARRIAM, I., TEBYETEKERWA, M., 2021. *Circular economy and sustainability of the clothing and textile industry*. Mater Circ Econ 3(1).
3. MUTHU, SS., 2015. Introduction. In: *Handbook of life cycle assessment (LCA) of textiles and clothing*. Woodhead publishing. ISBN: 978-0-08-100169-1.
4. NIINIMÄKI, K., PETERS, G., DAHLBO, H., PERR, P., RISSANEN, T., GWILT, A., 2020. *The environmental price of fast fashion*. In: Nature reviews earth and environment, vol 1, issue 4. Springer Nature, pp 189–200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>
5. SALA, S., FARIOLI, F., ZAMAGNI, A., 2013. *Life Cycle Sustainability Assessment in the Context of Sustainability Science Progress (Part 2)*. Int. J. Life Cycle Assess. 18 (9), 1686–1697. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0509-5>.
6. THIEBAT, F. 2019. *Life Cycle Design: An Experimental Tool for Designers*; PoliTO Springer Series; Springer International Publishing: Cham, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11497-8>.
7. ZANJIRANI FARAHANI, R., ASGARI, N. and van WASSENHOVE, LN., 2022. *Fast fashion, charities, and the circular economy: challenges for operations management*. Prod Oper Manag 31(3):1089– 1114. <https://doi.org/10.1111/poms.13596>
8. EUROPEAN COMMISSION, 2022. Joint Research Centre. *Safe and Sustainable by Design Chemicals and Materials: Review of Safety and Sustainability Dimensions, Aspects, Methods, Indicators, and Tools.*; Publications Office: LU.
9. RACHIT K. S., NAGIREDDI, J., and SENTHILKANNAN, S., M., 2023. *LCA Studies on Regenerative Agriculture and Regenerative Textiles: Two Routes of Regenerative Cotton*. In: *Progress on Life Cycle Assessment in Textiles and Clothing*. ISBN 978-981-19-9633-7. Springer Nature Singapore Pte Ltd. S.38-57.

10. ERYURUK, SH, 2012. *Greening of the textile and clothing industry*. *Fibres Text Eastern Eur* 20(95):22–27. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-article-BPW7-0024-0009>
11. MARCONI M., FAVI C., 2020. *Eco-design teaching initiative within a manufacturing company based on LCA analysis of company product portfolio*. *J Clean Prod* 242:118424. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118424>
12. MUNASINGHE, P., DRUCKMAN, A., DISSANAYAKE, DGK. ,2021. *A systematic review of the life cycle inventory of clothing*. *J Clean Prod*. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128852>
13. MUTHUKUMARANA, TT., KARUNATHILAKE, HP., PUNCHIHEWA, HKG., MANTHILAKE, MMID., HEWAGE, KN., 2018. *Life cycle environmental impacts of the apparel industry in Sri Lanka: analysis of the energy sources*. *J Clean Prod* 172:1346–1357. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.10.261>
14. NELLSTRÖM, M., SARIC, M., 2019. *A comparative life cycle assessment of Nudie Jeans' repair and reuse concept* [Chalmers University of Technology]. https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/300088/1/E2019_113.pdf
15. PALME, A., PETERSON, A., DE LA MOTTE, H., THELIANDER, H., BRELID, H., 2017. *Development of an efficient route for combined recycling of PET and cotton from mixed fabrics*. *Text Cloth Sustain* 3(1):4. <https://doi.org/10.1186/s40689-017-0026-9>
16. PANDEY, K., 2018. *Fashion industry may use quarter of world's carbon budget by 2050*. <https://www.downtoearth.org.in/news/environment/fashion-industry-may-use-quarterof-world-s-carbon-budget-by-2050-61183>
17. PETERS, G., SANDIN, G., 2019. *Environmental prospects for mixed textile recycling in Sweden*. *ACS Publ* 7(13):11682–11690. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b01742>
18. REGENERATIVE ORGANIC CERTIFIED, 2021. *Framework for regenerative organic certified*. https://regenorganic.org/wp-content/uploads/2021/02/ROC_ROC_STD_FR_v5.pdf
19. SANTIAGO, DE., HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, MJ., PULIDO-MELIÁN, E., 2021. *Laundry wastewater treatment: review and life cycle assessment*. *J Environ Eng* 147(10):03121001. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ee.1943-7870.0001902](https://doi.org/10.1061/(asce)ee.1943-7870.0001902)
20. UNITED NATIONS, 2018. *UN helps fashion industry shift to low carbon* | UNFCCC. <https://unfccc.int/news/un-helps-fashion-industry-shift-to-low-carbon>
21. YUN, C., ISLAM, M., LEHEW, M., POLYMERS, 2016. *Assessment of environmental and economic impacts made by the reduced laundering of self-cleaning fabrics*. *Springer* 17(8):1296–1304. <https://doi.org/10.1007/s12221-016-6320-3>
22. ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework
23. ISO 14044:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

Mladá veda

Young Science

ISSN 1339-3189