

MODEL HODNOTENIA EKONOMICKEJ NÁROČNOSTI PRI VÝROBE PRODUKTU Z DRUHOTNÝCH ZDROJOV V SÚLADE S PRINCÍPMI CIRKULÁRNEJ EKONOMIKY

A MODEL FOR ASSESSING THE ECONOMIC FEASIBILITY OF MANUFACTURING PRODUCTS FROM SECONDARY RESOURCES IN COMPLIANCE WITH CIRCULAR ECONOMY PRINCIPLES

Mária Osvaldová¹, Marek Potkány¹

¹ Katedra ekonomiky, manažmentu a podnikania, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, Slovenská republika

Abstrakt

Práca predstavuje navrhnutý model pre komplexné posúdenie ekonomickej náročnosti pri výrobe inovovaného produktu z druhotných surovín drevo-plast v súlade s princípmi cirkulárnej ekonomiky. Navrhnutý model kombinuje teoretické postupy s praktickými krokmi, pričom kladie dôraz na udržateľnosť a minimalizáciu odpadu. Práca popisuje štyri hlavné oblasti modelu: posúdenie súladu s princípmi cirkulárnej ekonomiky, tvorbu obsahového rámca investičného projektu, hodnotenie ekonomickej náročnosti a efektívnosti projektu a kvantifikáciu ekonomickej náročnosti pre rôzne scenáre. Navrhovaný model poskytuje ucelený prístup k hodnoteniu ekonomickej a udržateľnej efektívnosti inovovaných produktov.

Kľúčové slova:

cirkulárna ekonomika, ekonomická náročnosť, drevotriesková doska, drevoplast, model

Abstract

The work presents and analyses a proposed model for the comprehensive assessment of economic demands in the production of an innovative product from recycled wood-plastic materials, in accordance with the principles of the circular economy. The proposed model combines theoretical procedures with practical steps, placing emphasis on sustainability and waste minimization. The study describes four main areas of the model: assessment of compliance with circular economy principles, creation of a content framework for the investment project, evaluation of the project's economic demands and efficiency, and quantification of economic demands for various scenarios. The proposed model provides a comprehensive approach to evaluating the economic and sustainable efficiency of innovative products.

Key words:

circular economy, economic efficiency, particleboard, wood-plastic composite, model

Úvod

V súčasnej globálnej ekonomike sa čoraz viac prejavujú výzvy súvisiace s udržateľnosťou a efektívnym využívaním zdrojov. Tradičný lineárny ekonomický model „vyrobiť-použiť-vyhodiť“ sa ukazuje ako neudržateľný vzhľadom na obmedzené zdroje a environmentálne dôsledky (Ellen MacArthur Foundation, 2020; Geissdoerfer et al., 2020). Alternatívou je model cirkulárnej ekonomiky (CE), ktorý kladie dôraz na opätovné využitie, recykláciu a obnovu materiálov s cieľom minimalizovať odpad a maximalizovať hodnotu zdrojov počas celého ich životného cyklu (Kirchherr et al., 2018). Hodnotenie ekonomickej efektívnosti inovovaných produktov v súlade s princípmi CE je nevyhnutné pre ich úspešnú implementáciu. Tradičné ekonomické modely však často nezohľadňujú environmentálne aspekty, čo môže viesť k podhodnoteniu prínosov udržateľných projektov (Kirchherr & Piscicelli, 2020). Nedostatok praktických modelov pre ekonomické hodnotenie inovácií, ktoré zohľadňujú princípy CE, predstavuje prekážku pre prijatie CE v podnikateľskej praxi (Lüdeke-Freund et al., 2020; Bocken et al., 2021).

V drevospracujúcom priemysle existuje významný potenciál pre implementáciu princípov CE prostredníctvom využitia recyklovaných surovín, ako je drevo a plast. Výroba produktov z takýchto materiálov môže prispieť k zníženiu environmentálneho dopadu a zároveň priniesť ekonomické výhody. Štúdie ukazujú, že využitie recyklovaných materiálov v tomto odvetví môže viesť k výraznému zníženiu emisií uhlíka a zníženiu vyčerpania zdrojov (Pacheco-Torgal & Jalali, 2020). Ranta et al. (2021) zistili, že podniky, ktoré prijímajú praktiky CE, môžu dosiahnuť konkurenčné výhody prostredníctvom úspor nákladov a zlepšenia imidžu značky. Podniky však narážajú na výzvy pri hodnotení ekonomickej náročnosti takýchto inovatívnych projektov. Nedostatok komplexných modelov, ktoré by integrovali ekonomické a environmentálne aspekty v súlade s princípmi CE, obmedzuje schopnosť podnikov prijímať informované rozhodnutia (Merli et al., 2018). Technické výzvy spojené s kvalitou recyklovaných materiálov a technologickými požiadavkami vyžadujú dôkladné ekonomické a technické hodnotenie (Pacheco-Torgal & Jalali, 2020). Pre presné určenie nákladov a hodnotenie ekonomickej efektívnosti sú preto potrebné rôzne kalkulačné metódy a ekonomické ukazovatele, ako napríklad čistá súčasná hodnota (NPV) a vnútorná miera návratnosti (IRR). V kontexte CE je dôležité tieto metódy rozšíriť o environmentálne a sociálne ukazovatele pre komplexné hodnotenie udržateľnosti projektov (Drury, 2021; Brealey et al., 2020).

Cieľom tejto práce je prezentovať návrh modelu pre komplexné posúdenie ekonomickej náročnosti výroby inovovaného produktu z recyklovaných surovín na báze dreva a plastu. Základným materiálom výskumu je trojvrstvová drevotriesková doska s prídavkom plastu, s 10 %-ným podielom v stredovej vrstve (bez povrchového opracovania laminovaním) vyrobená v laboratórnych podmienkach Technickej univerzity vo Zvolene (TUZVO). Model je navrhnutý tak, aby bol prakticky aplikovateľný a pomohol podnikom efektívne hodnotiť a implementovať udržateľné inovácie. Model umožní podnikom, nevynímajúc odvetvie drevospracujúceho priemyslu, prijímať rozhodnutia, prekonať existujúce prekážky a prispieť k udržateľnejšej ekonomike a integrácia environmentálnych a sociálnych aspektov do

ekonomických hodnotení je kľúčová pre presné posúdenie životaschopnosti inovatívnych produktov v súlade s princípmi CE. Tým sa podporí využívanie udržateľných praktík a prispeje sa k dosiahnutiu globálnych cieľov udržateľného rozvoja.

Metodika

Navrhovaný model je koncipovaný zo štyroch primárnych krokov, ktoré spolu tvoria systematický postup pre posúdenie ekonomickej náročnosti výroby inovovaného produktu v súlade s princípmi CE.

Tab. 1: Štruktúrované kroky modelu posúdenia ekonomickej náročnosti

Č.	Krok	Popis
1.	Posúdenie súladu s princípmi	Hodnotenie súladu produktu a výrobného procesu s princípmi cirkulárnej ekonomiky
2.	Tvorba obsahového rámca investičného projektu	Vytvorenie detailného plánu investičného projektu
3.	Hodnotenie ekonomickej náročnosti a efektívnosti investičného projektu	Analýza nákladov a ekonomickej efektívnosti
5.	Kvantifikácia ekonomickej náročnosti pre modelované scenáre investičného projektu	Hodnotenie projektu z pohľadu modelovaných scenárov

Zdroj: vlastné spracovanie

Predmet výskumu

V laboratórnych podmienkach TUZVO boli bežnou technológiou výroby a v súlade s technickými požiadavkami pre trieskové dosky (ST EN 312) pripravené tri typy prototypov trojvrstvových drevotrieskových dosiek s prídavkom plastu a jeden typ dosky obsahujúcej 100 % drevnú triesku. Všetky vyrobené testovacie vzorky mali rozmery 280 mm × 360 mm × 15 mm (výška × šírka × hrúbka) (obrázok 1). Konkrétne išlo o trojvrstvové dosky s prídavkom plastu z nelakovaných automobilových nárazníkov (NNA – polypropylén), lakovaných automobilových nárazníkov (LNA – polypropylén) a palivových nádrží automobilov (NAD – polyetylén). Pričom použitý plastový granulát pochádza z automobilov po skončení životnosti. Podiel plastu v kompozitných prototypoch bol stanovený vo variante 10 %.



Obr. 1: Trojvrstvová drevotriesková doska s prídavkom plastu v stredovej vrstve 10 %

Zdroj: vlastné spracovanie

Výsledky a diskusia

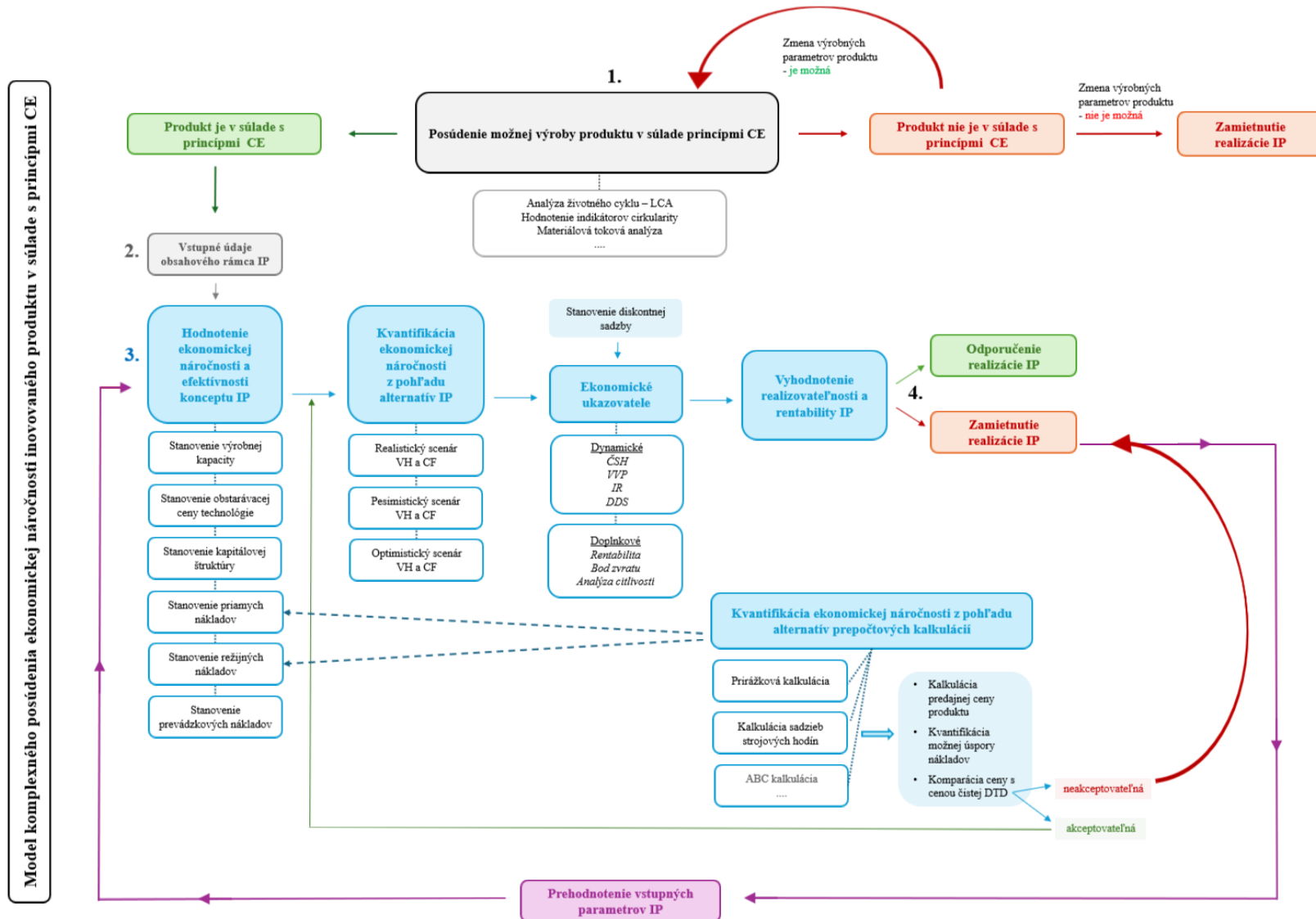
Navrhovaný model (obrázok 2) je koncipovaný na základe štyroch samostatných oblastí. Prvým krokom je posúdenie, či produkt spĺňa princípy cirkulárnej ekonomiky (CE), čo zahŕňa analýzu použitých materiálov, technológií a procesov z hľadiska ich environmentálneho dopadu. Na tento účel je možné využiť rôzne metódy hodnotenia. Jednou z kľúčových metód je Analýza životného cyklu (Life Cycle Assessment - LCA), ktorá poskytuje komplexné hodnotenie environmentálnych dopadov produktu počas celého jeho životného cyklu, umožňuje identifikovať fázy s najväčším dopadom a navrhnúť opatrenia na ich minimalizáciu (ISO 14044:2006)

Okrem LCA sa využívajú aj špecifické indikátory cirkulárnej ekonomiky. Saidani et al. (2019) predstavili taxonómiu indikátorov CE, ktoré umožňujú kvantifikovať mieru cirkularity na úrovni produktov a procesov. Tieto indikátory zahŕňajú parametre ako miera recyklácie, opätovného použitia, obnoviteľnosti materiálov a energetickej efektívnosti. Kristensen a Mosgaard (2020) zdôrazňujú význam mikroúrovňových indikátorov pre hodnotenie cirkularity produktov, ktoré umožňujú detailné posúdenie dizajnu, materiálového zloženia a možnosti opätovného použitia. Ich výskum podporuje využitie kombinácie kvantitatívnych a kvalitatívnych metód pre komplexné hodnotenie. Ďalšou metódou je Materiálová toková analýza (Material Flow Analysis - MFA), ktorá sleduje tok materiálov a energie v rámci systému a identifikuje možnosti pre zvýšenie efektívnosti zdrojov. Táto metóda pomáha identifikovať úzke miesta a potenciál pre uzavretie materiálových tokov (Haupt, Hellweg, 2019).

Implementácia týchto metód umožňuje nielen posúdiť súlad produktu s princípmi CE, ale aj identifikovať oblasti pre ďalšie zlepšenie a inovácie. Odporúča sa tiež posúdiť, či sú materiály a technológie v súlade s regulačnými normami EÚ pre ochranu životného prostredia. Ak produkt nespĺňa tieto kritériá a nie je možné navrhnuť vhodné úpravy, proces schvaľovania sa zastaví a investičný projekt (IP) sa zamietne. V prípade dostupných alternatív sa produkt môže znova posúdiť po vykonaní potrebných úprav. Ak produkt spĺňa princípy CE, prechádza sa na vytvorenie obsahového rámca IP, ktorý zahŕňa špecifikácie týkajúce sa technológií, výberu dodávateľov a zákazníkov. Ďalším krokom je kvantifikácia ekonomickej náročnosti a efektívnosti projektu, zohľadňujúc výrobnú kapacitu, kapitálovú štruktúru, obstarávacie a výrobné náklady. Pre tvorbu ceny sa môže využiť v priemysle najbežnejšie využívaná prirážková kalkulácia alebo s cieľom o presnejšie prerozdelenie režijných nákladov, vzhľadom na strojovo prevažujúcu prácu, alternatívna kalkulácia prostredníctvom sadzieb strojových hodín. Porovnanie týchto metód poskytuje pohľad na možnú úsporu nákladov pri inovácii produktu.

V ďalšom kroku nasleduje kvantifikácia ekonomickej náročnosti IP pre rôzne scenáre (realistický, pesimistický, optimistický), čo vytvára komplexný obraz o finančnej udržateľnosti projektu. Tento krok zahŕňa stanovenie diskontnej sadzby, ktorá ovplyvňuje výpočet budúcich peňažných tokov. Nesprávne nastavená sadzba môže viesť k nepresnému hodnoteniu IP a neefektívnemu využívaniu zdrojov. Následne sa vypočítavajú doplnkové (statické) a dynamické ekonomické ukazovatele, ako čistá súčasná hodnota, vnútorné výnosové percento, index rentability a diskontovaná doba splatnosti, ktoré poskytujú informácie o očakávanej návratnosti investície. Doplnkové ukazovatele rentability a analýza bodu zvratu určujú minimálnu produkciu potrebnú na pokrytie nákladov. Model zahŕňa aj analýzu citlivosti, ktorá identifikuje kľúčové faktory a riziká ovplyvňujúce úspech alebo neúspech projektu. Na základe hodnotenia ekonomických ukazovateľov sa rozhoduje o realizovateľnosti IP. Pozitívne výsledky vedú k odporúčaniu realizácie, zatiaľ čo negatívne indikátory vedú k zamietnutiu alebo prehodnoteniu projektu.

Prezentovaný model poskytuje systematický prístup k posúdeniu náročnosti výroby inovovaného produktu v súlade s princípmi CE. Jeho aplikácia môže prispieť k rozvoju cirkulárnej ekonomiky v slovenskom podnikateľskom prostredí. Ako príklad slúži analýza možnosti výroby trojvrstvovej DTD s prídavkom plastu. Je však potrebné doplniť finálne stanovisko o certifikačné skúšky, testovanie v reálnych podmienkach.



Obr. 2: Model komplexného posúdenia ekonomickej náročnosti inovovaného produktu v súlade s princípmi CE

Zdroj: vlastné spracovanie

Záver

Navrhovaný model predstavuje systematický prístup k hodnoteniu investičných projektov orientovaných na inovované produkty v súlade s princípmi CE. Zdôrazňuje udržateľnosť, minimalizáciu odpadu a efektívne využitie zdrojov, pričom integruje environmentálne a ekonomické aspekty do rozhodovacieho procesu. Model využíva metódy ako analýza životného cyklu (LCA), indikátory CE a materiálovú tokovú analýzu na posúdenie environmentálnych dopadov a identifikáciu možností zlepšenia. Následná ekonomická analýza pomocou kalkulačných metód a dynamických ukazovateľov umožňuje presné stanovenie nákladov a posúdenie finančnej udržateľnosti projektu. Aplikácia modelu na príklade výroby trojvrstvovej DTD s prídavkom plastu demonštruje jeho praktickú využiteľnosť. Pre finálne rozhodnutie o realizovateľnosti je však potrebné ďalšie testovanie a získanie certifikátov. Celkovo model poskytuje rámec na podporu udržateľného rozvoja a konkurencieschopnosti podnikov, prispievajúc k implementácii princípov cirkulárnej ekonomiky v praxi.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol za finančnej podpory projektu VEGA č. 1/0093/23 "Výskum potenciálu cirkulárnej ekonomiky v slovenskom podnikateľskom prostredí pri výrobe inovovaných produktov na báze recyklovaných materiálov drevo-guma-plast".

Literatúra

BOCKEN, Nancy; RITALA, Paavo; HUOTARI, Pontus. 2021. The Circular Economy: Exploring the Introduction of the Concept Among S&P 500 Firms. *Journal of Industrial Ecology*, 21 (3), 487-490. <https://doi.org/10.1111/jiec.12605>

DAMODARAN, Aswath. 2019. *The Dark Side of Valuation: Valuing Young, Distressed, and Complex Businesses* (3rd ed.). Pearson. ISBN-100134854101

DRURY, Colin. 2018. *Management and Cost Accounting* (10th ed.). Cengage Learning. 842 p. ISBN 1473748879

- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2013. *Towards the Circular Economy*. [online] Dostupné z: https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf
- EUROPEAN COMMISSION. 2019. *The European Green Deal*. [online] Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- GEIßDÖRFER, Martin; SAVAGET, Paulo; BOCKEN, Nancy; HULTINK, Erik-Jan. 2017. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, 757-768, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- HAUPT, Melanie; HELLWEG, Stephanie. 2019. Measuring the environmental sustainability of a circular economy. *Environmental and Sustainability Indicators*, Vol. 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2019.100005>
- ISO 14044:2006. *Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines*.
- KIRCHHERR, Julian; PISCICELLI, Laura. 2020. Towards an education for the circular economy (ECE): five teaching principles and a case study. *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104406>
- KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. 2018. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- KRISTENSEN, H. Simone; MOSGAARD, M. Alberg. 2020. A review of micro level indicators for a circular economy—moving away from the three dimensions of sustainability? *Journal of Cleaner Production*, Vol. 243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118531>
- LÜDEKE-FREUND, Florian; GOLD, Stefan; BOCKEN, Nancy M. P. 2020. A review and typology of circular economy business model patterns. *Journal of Industrial Ecology*, 23 (1). <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>
- MERLI, Roberto; PREZIOSI, Micheli; ACAMPORA, Alessia. 2018. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 178, 703–722. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>

PACHECO-TORGAL, Francisco; JALALI, Said. 2020. *Advances in Recycled Aggregate Concrete*. Woodhead Publishing. 632 p. ISBN: 9780081024812

RANTA, Valtteri; AARIKKA-STENROOS, Leena; RITALA, Paavo; MÄKINEN, Sako J. 2021. Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe. *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. 165. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105219>.

SAIDANI, Michael; YANNOU, Bernard; LEROY, Yann; CLUZEL, Francois; KENDALL, Alissa. 2019. A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 207, pp. 542-559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>

STN EN 312: 2011 (49 0160), Trieskové dosky. Špecifikácie.

Kontaktné údaje autorov:

Ing. Mária Osvaldová, PhD.

Katedra ekonomiky, manažmentu a podnikania,
Drevárska fakulta,
Technická univerzita vo Zvolene,
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika
E-mail: xosvaldovais.tuzvo.sk

prof. Ing. Marek Potkány, PhD.

Katedra ekonomiky, manažmentu a podnikania,
Drevárska fakulta,
Technická univerzita vo Zvolene,
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika
E-mail: potkanytuzvo.sk

Open Access. Publikace „Model hodnotenia ekonomickej náročnosti pri výrobe produktu z druhotných zdrojov v súlade s princípmi cirkulárnej ekonomiky“ je distribuovaná s otvoreným prístupom dle podmínek licence Creative Commons Attribution (CC BY).

