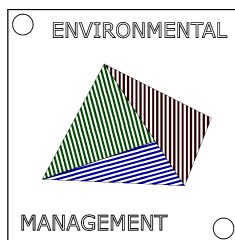


EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ A ENERGETICKÁ HODNOTA BIOPALÍV

Michal Stričík¹ – Lenka Štofová²

ECONOMIC EFFICIENCY AND ENERGY VALUE OF BIOFUELS



¹ Ekonomická univerzita v Bratislave, Podnikovohospodárska fakulta v Košiciach Katedra ekonómie Tajovského 13, 041 30 Košice, Slovenská republika, tel.: +0421(0)55 / 722 31 11 fax.: + 0421(0)55 / 623 06 20 Email: michal.stricik@euba.sk ORCID iD: 0000-0002-8171-3947

² Ekonomická univerzita v Bratislave, Podnikovohospodárska fakulta v Košiciach Katedra manažmentu Tajovského 13, 041 30 Košice, Slovenská republika, tel.: +0421(0)55 / 722 32 54 fax.: + 0421(0)55 / 623 06 20 Email: lenka.stofova@euba.sk

ORCID iD: 0000-0002-1200-0441

Competing interests : The author declare no competing interests.

Publisher's Note: Slovak Society for Environment stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations. Copyright: © 2021 by the authors.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.

Review text in the conference proceeding: Contributions published in proceedings were reviewed by members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.

ABSTRAKT

Primárne zdroje energie majú obmedzené zásoby a ich využitie má negatívny vplyv na životné prostredie. Výroba biopalív je z hospodárskych dôvodov efektívna a výnosná metóda výroby energie, ktorá je zároveň šetrnejšia k životnému prostrediu. V posledných rokoch zaznamenávame po celom svete v rámci energetickej bilancie použitie obnoviteľných zdrojov energie (OZE). Hlavným odvetvím, v ktorom je možné pozorovať dynamický rast je trh s biomasou, a najmä trh s pevnými biopalivami.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: odpadová biomas, fosílna palivá, alternatívne zdroje energie, obnoviteľných zdrojov energie, odpadové hospodárstvo, recyklácia, zhodnocovanie odpadov, životné prostredie

ABSTRACT

Primary energy sources have limited reserves and their use has a negative impact on the environment. For economic reasons, biofuel production is an efficient and profitable method of energy production that is also more environmentally friendly. In recent years, we have seen the use of renewable energy sources (RES) in the energy balance around the world. The main sector in which dynamic growth can be observed is the biomass market, and in particular the solid biofuels market.

KEY WORDS: waste biomass, fossil fuels, alternative energy sources, renewable energy sources, waste management, recycling, waste recovery, environment

Úvod

Fosílna palivá sú celosvetovo využívané ako primárny zdroj energie, ktorý nás zásobuje elektrinou, teplom a je zdrojom energie v doprave. Spotrebou fosílnych palív sa zvyšuje ich vzácnosť a teda aj cena, preto je vhodné uvažovať nad alternatívnymi zdrojmi energií. V niektorých štátoch Európskej únie ale aj mimo nej využívajú palivá, ktoré sú obnoviteľné, ale aj ekonomicky a environmentálne výhodné. Takéto palivo sa nazýva odpadová biomasa. Odpadová biomasa je v podstate odpad ako každý iný, pokiaľ mu mierne upravíme jeho fyzikálne a chemické vlastnosti a tak sa stáva z odpadovej biomasy palivo, ktoré môže elektrinou a teplom zásobovať veľké množstvo obyvateľstva. Zároveň tento druh paliva má veľkú výhodu v jeho uzavretom cykle. Týmto prispieva k udržateľnej ekonomike a zlepšeniu stavu životného prostredia. Táto forma paliva má priaznivý dopad nie len na environmentálny, ale aj na ekonomický aspekt vecí. Právě toto palivo môže v budúcnosti hrať významnú rolu v zabezpečovaní potrebného množstva elektrickej energie. Táto skutočnosť je dôležitá ako pre Slovenskú republiku tak aj pre EÚ a celý svet.

Biomasa ako zdroj energie

Využívanie biomasy považujeme za významný zdroj energie hlavne v rozvinutých krajinách. Vo Švédsku alebo v susednom Rakúsku sa podieľa asi 15 % na spotrebe energie, pričom vo Švédsku existujú plány na podstatne vyššie využívanie biomasy, ktorá by mala v budúcnosti nahradiť energiu získavanú v súčasnosti v jadrových elektrárnach. V USA je podiel biomasy na primárnych zdrojoch asi 4 %, čo je toľko energie, koľko sa jej získava v jadrových elektrárnach. Podstatná časť energie obsiahnutej v biomase sa využíva na produkciu tepla, ale významný je aj podiel na výrobe elektriny. V súčasnosti v USA pracujú elektrárne spaľujúce biomasu s celkovým elektrickým výkonom viac ako 9 000 MW. Podľa niektorých analýz neexistuje žiadna bariéra, aby podiel biomasy na spotrebe energie v USA vzrástol na viac ako 20 %. Biomasa pestovaná na poľnohospodárskej pôde by napríklad dokázala bez problémov nahradiť energiu vyrábanú jadrovými reaktormi, a to i bez dôsledkov na ceny poľnohospodárskych plodín. Navyše, biomasa pestovaná na výrobu etanolu by dokázala nahradiť viac ako 50 % dovážanej ropy [1]. V USA sa biomasa využíva na výrobu elektrickej energie už niekoľko rokov. Najviac je využívané drevo a palivo vyrobené z neho. Z celkovej výroby elektrickej energie v roku 2015 bola biomasa zastúpená 0,8 % a 6,3 % obnoviteľných zdrojov. Medzi používané palivá patria drevné zvyšky z lesov alebo rôzneho drevného priemyslu a odrezky z mestskej zelene. Vlhkosť týchto palív je veľmi rôzna a spôsobuje v niektorých prípadoch príležitosť na ich spálenie. Veľké množstvo elektrární využíva biomasu iba na spoluspaľovanie. V štáte Virginia je snaha prerobiť existujúce uhľové elektrárne na elektrárne spaľujúce biomasu. Niekoľko je ich už v prevádzke a tri z nich dosahujú výkon 51 MW. Prerábanie uhľových elektrární na elektrárne spaľujúce biomasu sa deje z dôvodu snahy dosiahnuť dobrovoľný Virginský program, ktorý má za cieľ dosiahnuť 15 % výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov do roku 2025 [2].

Na Slovensku sme vo využívaní biomasy v energetike čoraz lepší. V roku 2019 sa zvýšilo využívanie biomasy v energetike na 58 526 TJ z pôvodných 38 000 TJ (t. j. o 54 % viac oproti roku 2018) [3]. Podľa ročenky Energetika 2019, ktorú vydáva Štatistický úrad SR, za nárast spotreby zelenej energie v oblasti výroby tepla môže predovšetkým hrubá spotreba tuhej biomasy. Skokový nárast bol spôsobený tým, že doteraz podobnými údajmi Ministerstvo hospodárstva SR ani Štatistický úrad SR nedisponovali, v dôsledku čoho neboli zarátané ani v európskej štatistike [4].

Švajčiarsko možno zaradiť ku krajinám s najvyspelejším systémom odpadového hospodárstva Európy. Už od roku 2000 zákon zakazoval skládkovanie komunálneho odpadu. Na základe štatistického údajov sa využíva energeticky 55 % odpadu. Rozmiestnenie zariadení pre energetické využívanie odpadov sa riadi najmä hustotou obyvateľov. V Holandsku sa vyskytuje päť najvýkonnejších zariadení na svete. Zariadenia pre energetické využívanie odpadov tu patria medzi najčistejšie, pretože okrem oxidu uhličitého nevypúšťajú do atmosféry žiadne iné nebezpečné látky. Vláda navyše podporuje triedenie, preto sa objem vyprodukovaného odpadu z domácností v posledných rokoch rapídne znížil. Každoročne sa dováža viac ako milión ton odpadov z iných európskych krajín. V dovoze odpadu je na prvom mieste práve Holandsko, nasledované Švédskom a

tiež s väčším odstupom Dánsko. Zaujímavé je, že v rôznych častiach Holandska platia odlišné nariadenia ohľadom triedenia. V Amsterdame sa triedi papier, plasty, sklo, ale v Ommene sa triedi iba papier a sklo. Plasty sa zberajú spolu so zmiešaným odpadom [5].

Cirkulárna verzus lineárna ekonomika

Nová koncepcia obehového hospodárstva odráža snahu, že európske systémy výroby a spotreby sa musia zásadne zmeniť s cieľom dosiahnuť víziu EÚ do roku 2050 „dobré žiť v EÚ v rámci limitov našej planéty“ [6].

V súvislosti s efektívnosťou využívania zdrojov a znižovaním surovínovej a energetickej závislosti sa v EÚ dostáva do pozornosti téma obehového hospodárstva. Je to systém výroby a spotreby, v ktorom je čo najdlhšie uchovávaná pridaná hodnota produktov pri súčasnom znižovaní objemu odpadu a negatívnych dopadov na životné prostredie. Po dosiahnutí konca životnosti sa produkt v obehovom hospodárstve ponecháva v systéme ako zdroj, aby mohol byť opakovane využitý vo výrobe a vytvárať tak ďalšiu hodnotu. Obehové hospodárstvo, alebo tzv. cirkulárna ekonomika je stratégiou udržateľného rozvoja, ktorá vytvára funkčné vzťahy medzi prírodou a ľuďmi. Koncept obehového hospodárstva je založený na úspore materiálov a energie a na efektívnom využívaní prírodných zdrojov. Hlavnou myšlienkou je možnosť zapojenia všetkých produktových a materiálových tokov po ich použití opätovne do cyklu, kde sa stávajú opäť zdrojmi pre nové produkty a služby. Obehové hospodárstvo môžeme rozdeliť do piatich fáz životného cyklu výrobku [7]:

- Prvou fázou je výroba, v rámci ktorej je cieľom, ktorý stanovila Európska komisia, podporiť opraviteľnosť, trvanlivosť, rozširiteľnosť a recyklovateľnosť produktov pomocou zavedenia požiadaviek na výrobok v obehovom hospodárstve. Európska komisia chce tiež posúdiť možnosti a dôsledky viac súdržného politického rámca v oblasti výrobkov.
- V druhej fáze životného cyklu (v spotrebe) sa bude Európska komisia usilovať o intenzívnejšie presadzovanie záruk hmotného tovaru, pričom má v pláne v rámci programu Horizont 2020 pripraviť nezávislý testovací program pre identifikáciu problémov týkajúcich sa možného zastarávania výrobkov.
- V rámci tretej fázy životného cyklu výrobkov (nakladanie s odpadmi) sú navrhované opatrenia, týkajúce sa okrem iného dlhodobého zvýšenia recyklácie komunálneho odpadu, zníženia miery skládkovania a zlepšenia systému nakladania s odpadmi.
- Štvrtá a piata fáza zahŕňajú proces spracovania a využitia druhotných materiálov. V rámci týchto fáz sa Európska komisia chystá navrhnúť revidované nariadenie o hnojivách, vytvoriť opatrenia na uľahčenie opätovného využitia vody a naďalej rozvíjať novo vytvorený informačný systém o surovinách.

Akčný plán EÚ pre obehové hospodárstvo navrhuje komplexné záväzky týkajúce sa ekodizajnu, rozvoj strategických prístupov pre plasty a chemikálie, rozsiahlu iniciatívu na financovanie inovačných projektov v rámci výskumného programu EÚ Horizont 2020 a obsahuje opatrenia týkajúce sa prioritných oblastí, ako sú plasty, potravinový odpad, stavebníctvo, kritické suroviny, priemyselný a banský odpad, spotreba a verejné obstarávanie.

Dokonalejším uzavretím tokov materiálov by sa zmenil súčasný lineárny systém (pôvodne označované ako „take – make – use – dispose“), kde je veľké množstvo produktov po skončení ich životnosti spaľené alebo skládkované. Na lineárnom princípe je z výraznej väčšiny založená súčasná ekonomika, čím je vytváraný veľký tlak na dostupnosť prírodných zdrojov planéty, ktoré sa postupne stenčujú. Ceny týchto prírodných zdrojov tak kontinuálne rastú a zvyšujú náklady tak výrobným podnikom, ako aj poskytovateľom služieb. Z makroekonomického hľadiska lineárny model hospodárstva zvyšuje závislosť od dovozu surovín a z dlhodobého pohľadu sa ukazuje ako neudržateľný. Tento systém vyžaduje prechod na cirkulárny (obehový) model, ktorého koncepcia umožňuje obnovu a snaží sa minimalizovať využívanie prírodných zdrojov. Zatiaľ čo náhrada primárnych materiálov sekundárnymi ponúka isté riešenie, recyklácia nepredstavuje konečné

a zároveň atraktívne riešenie, pretože jej procesy sú energeticky náročné a vo všeobecnosti predstavujú istú degradáciu materiálov, a to všetko vedie k zvyšovaniu dopytu po pôvodných materiáloch. Cirkulárna ekonomika vedie za hranice recyklácie, pretože je založená na obnovujúcom sa priemyselnom systéme vedúcom k zániku odpadu ako takého [8].

Spoluspaľovanie biomasy a čierneho uhlia

Využívanie obnoviteľných zdrojov energie naberá v súčasnosti na svojom význame. Aj v tejto súvislosti v EÚ a zároveň aj na Slovensku sa v posledných rokoch kladú čoraz vyššie požiadavky na využívanie obnoviteľných zdrojov energie, medzi ktoré patrí aj biomasa.

Pre Slovensko prichádza do úvahy kvôli geografickej polohe a potrebe energetickej stability najviac práve spaľovanie biomasy. Štátna podpora biomasy spočíva okrem iného v uvažovaní spaľovania biomasy ako bezemisného zdroja (zdroja s nulovou uhlíkovou bilanciou), a teda jej spaľovanie nevyžaduje emisné kvóty. V praxi však platí, že spaľovanie biomasy produkuje oxid uhličitý. Nulová bilancia je udávaná, pretože uvoľnený oxid uhličitý bol pohltý v priebehu rastu tela rastliny, a teda by mal byť celkový výsledok rovný nule. Z technickej stránky sa spaľovanie pevnej biomasy príliš nelíši od spaľovania uhlia. Využívajú sa rovnaké zariadenia ako na spaľovanie, tak aj na čistenie spalín ako pevných, tak plyných, len s menšími úpravami. Napríklad biomasa vyžaduje lepšiu cirkuláciu vzduchu a podľa druhu biomasy nižšiu teplotu v ohnisku. Nie je výnimkou, že dochádza k spoluspaľovaniu predovšetkým hnedého uhlia s biomasou v rámci jedného zariadenia. Čo sa týka vlastností samotného paliva, je tu veľká variabilita podľa konkrétneho typu. Pri uhlí sa výhrevnosť pohybuje približne od 9 MJ/kg (pri lignite) až po hodnotu ľahko presahujúcu 30 MJ/kg pri čiernom uhlí. Pri biomase sú tieto hodnoty podobné ako pri hnedom uhlí, keď vysušené trávy môžu mať výhrevnosť okolo 12 MJ/kg a pelety aj k 20 MJ/kg. Pri biomase je dôležité, aký je obsah vody, keďže sa výhrevnosť môže po riadnom vysušení až zdvojnásobiť. Biomasa vyžaduje pomerne veľké množstvo pridanej energie na jej úpravu na vhodnejšie palivo. Ďalšou nevýhodou je horšia homogenita, pričom klasická biomasa (štiepka, slama atď.) dosahuje nižšiu objemovú hmotnosť horľaviny. Ani už upravená zhomogenizovaná biomasa vo forme peliet alebo brikiet nemusí dosahovať také hodnoty ako práve uhlie. Emisie sú tiež podobné. Z drvivej väčšiny obsahuje biomasa nižšie zastúpenie síry. Obsah dusíka potom silne závisí od toho, v akých podmienkach rastlina vyrastala a o aký konkrétny druh ide. Z hľadiska skleníkových plynov napomáha biomasa znižovaniu emisií. Čo sa týka pevných zvyškov, popol z biomasy má vyššiu tendenciu k pripekaniam, čo môže spôsobiť problémy v spaľovacom zariadení, a tým ovplyvniť výslednú efektivitu. Oproti uhlíu môže spaľovanie biomasy prispieť k nezávislosti na dodávke paliva zo zahraničia, a tým pomôcť k zlepšeniu obchodnej bilancie krajiny. Zároveň sa naskytuje možnosť likvidácie vybraných druhov odpadov, ktoré sa tak nemusia skládkovať. Keďže sa biomasa obnovuje rýchlejšie, nie je pri tomto palive vysoké riziko, že by sa v nasledujúcich rokoch minimalizovalo jeho množstvo. Napriek tomu je však dôležité dbať na fakt, že ide o obnoviteľný zdroj energie. Teda treba dohliadať, aby nedochádzalo k masívnemu odlesňovaniu alebo pestovaniu na úkor potravinovej sebestačnosti.

Podľa získaných poznatkov môžeme konštatovať, že technické prevedenie moderných zariadení dosahuje veľmi vysoké hodnoty účinnosti (viac ako 90 %) a ďalšie možné zvýšenie by bolo ako ekonomicky, tak aj technicky veľmi náročné a prinieslo by len veľmi drobné zlepšenie. Možný prínos v zlepšení krokov, ktoré predchádzajú samotnému spaľovaniu, spočíva v zavedení pestovania rýchlo rastúcich drevín v inak nevyužitelných oblastiach (záplavové pásy, ktoré by poskytli aj dostatok prirodzenej vlhky a živín). Ďalej lepšiu infraštruktúru dopravy, aby sa dovážalo na čo najmenšiu vzdialenosť a cez čo najmenej medzizastávok, prípadne prechod z kamiónovej dopravy na vlakovú dopravu. Samotné palivo by tiež mohlo byť dosušené v mieste zberu, čím by sa ušetrili náklady na vysušanie a zároveň by sa chránila pôda pred zbytočným vysychaním. Tieto a mnohé ďalšie kroky by mohli drobnými postupmi zvyšovať efektivitu celého procesu vo vyššej miere ako lepšie technické prevedenie kotla a navyše za nižšiu cenu. Biomasa je teda veľmi perspektívnym zdrojom pre budúce využitie, ale z dôvodu udržateľnosti bude musieť byť pravdepodobne doplnená viacerými doplnkovými zdrojmi [7].

Už v marci 2007 sa Európska rada zhodla na spoločnej stratégii v oblasti zabezpečenia bezpečnej energie a riešenia klimatických zmien a dala si za cieľ, aby 20 % zdrojov energie v EÚ pochádzalo z obnoviteľných zdrojov. Veľká Británia po dohodách dostala za úlohu dostať sa na 15 %. Biomasa na riešenie tohto problému prispieva prevažne v odvetví výroby elektrickej energie, kde v roku 2017 bolo dosiahnuté 27,9 % podielu obnoviteľných zdrojov a v odvetví vykurovania/chladenia, kde v roku 2017 bolo dosiahnutých 7,7 % podielu obnoviteľných zdrojov. Celkovo zo všetkých odvetví spotreby energie vo Veľkej Británii v roku 2017 bolo 10,2 % z obnoviteľných zdrojov energie (približne 6,7 % energie z biomasy) [5].

Podľa štatistík vydaných Európskou komisiou došlo za posledné roky k veľkému nárastu energetického využívania obnoviteľných zdrojov, na ktorých sa biomasa podieľala významným podielom. Počas roku 2016 bolo spotrebovaných na výrobu energií 86,3 Mtoe (milión ton ropného ekvivalentu) biomasy a obnoviteľného odpadu. Z toho vyplýva, že veľká časť tuhých palív je stále viac nahradzovaná biomasou, čo je z pohľadu ekologickej a obnoviteľnosti veľkým prínosom pre našu planétu [9].

Ďalšiu veľkú úlohu v energetickom využívaní biomasy majú biopalivá využívané v doprave. Ide o bionaftu a biobenzín pochádzajúci z biomasy. V roku 2016 sa v EÚ spotrebovalo celkom 13 708 ktoe biopaliva. Z toho podstatná časť pripadala na bionaftu o hodnote 11 083 ktoe. Klasických palív, ako je benzín a nafta, sa však oproti ich bio verzii spotrebovalo oveľa väčšie množstvo – 344 648 ktoe.

Záver

Odpadové hospodárstvo je významnou témou a upiera sa na ňu pozornosť všetky krajiny EÚ. V rámci EÚ je prijímaný celý rad smerníc a rozhodnutí, ktoré sú potom implementované do právneho poriadku jednotlivých krajín, ako aj Slovenskej republiky. V súčasnej dobe dochádza k vysokej spotrebe prírodných zdrojov a k tvorbe obrovského množstva odpadu. Odpad je produkován počas celého života každého z nás a predstavuje ako environmentálnu, tak aj ekonomickú záťaž. Priemerný Európan vyprodukuje za rok približne 481 kg komunálneho odpadu [10]. Spôsob, akým možno situáciu vylepšiť po environmentálnej a ekonomickej stránke, je recyklácia odpadov a ich spätné zhodnocovanie. Obehové hospodárstvo je komplexným systémom, ktorý optimalizuje výrobné technológie a procesy, spotrebu zdrojov a nakladanie s odpadmi. V decembri 2015 prijala Európska komisia nové opatrenia o obehovom hospodárstve. Opatrenia sú tvorené návrhmi právnych predpisov o odpadoch a uceleným akčným plánom a má za cieľ uľahčiť prechod na intenzívnejšie obehové hospodárstvo v EÚ. Návrhy sú zamerané na dlhodobú víziu pre vyššiu mieru recyklácie, obmedzenie skládkovania a navrhujú konkrétne opatrenia na odstránenie prekážok, ktoré bránia lepšiemu nakladaniu s odpadmi [11]. Efektívnejšie nakladanie s odpadovou biomasou, okrem iného, predstavuje pre EÚ možnosť využiť hospodárske príležitosti, ktoré ponúka prechod na nízkouhlíkové hospodárstvo, ktoré účinne hospodári so zdrojmi a je odolné voči zmene klímy [12].

Energetické využitie odpadu a odpadovej biomasy má svoje opodstatnenie aj v súlade s princípmi obehového hospodárstva a hierarchie nakladania s odpadom, pričom je podstatne lepšou alternatívou ako zneškodnenie odpadu.

Literatúra:

- [1] *Inforse*. 2015. [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné na: <<https://www.inforse.org/doc/SEN77.pdf> 2015>.
- [2] HILL, S. – AGARWAL, N. 2019. U.S. biomass-based diesel imports down for second consecutive year in 2018. The U.S. Energy Information Administration [online]. U.S. Energy Information Administration 1000 Independence Ave., SW Washington, DC 20585: The U.S. Energy Information Administration, 2019. [cit. 2021-11-28]. Dostupné na: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39292>>.
- [3] *Štatistický úrad SR*. 2020. [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné na: <<https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/aboutus/office.activites/officeNews/vsetkyaktuality/b>>.

- a4253d9-327d-4539-8b1e-58a8d8960cfe!/ut/p/z1/pdf>.
- [4] EURACTIV. 2021. Slovensko sa ocitlo medzi európskou špičkou v obnoviteľnej energii. Veľmi sa tým nechváli. [online]. [cit. 2021-07-14]. Dostupné na: <<https://euractiv.sk/section/energetika/news/slovensko-sa-ocitlo-medzi-europskou-spickou-v-obnovitelnej-energii-velmi-sa-tym-nechvali/>>.
 - [5] UK Energy in Brief 2018. Department for Business, Energy & Industrial Strategy [online]. Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 1 Victoria Street, London SW1H 0ET: Crown copyright, 2018. [cit. 2019-05-23]. Dostupné na: <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/728374/UK_Energy_in_Brief_2018.pdf>.
 - [6] *CirculareconomyEurope*. 2016. [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné na: <<https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-in-europe>>.
 - [7] ŠTOFOVÁ, L. – STRÍČÍK, M. 2021. *Modelovanie energetickej efektívnosti – smerovanie k uhlíkovej neutralite Slovenska*. 1. vydanie. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 2021. ISBN 978-80-248-4573-9.
 - [8] ANDERSSON, K. – OTOO, M. – NOLASCO, M. 2018. *Innovativesanitationapproachescouldaddressmultipledevelopmentchallenges*. WaterScience and Technology, 77(4), 855-858.
 - [9] StatisticalPocketbook: EU Energy in figures. Luxembourg: ImprimerieCentrale, 2018, 268. DOI: 10.2833/105297. ISSN 2363-247X.
 - [10] EEA. 2014. [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné na: <<https://www.eea.europa.eu/sk/signaly-eea/signaly-2014/clanky/odpad-problem-alebo-zdroj>>.
 - [11] EC. EUROPA. 2020. [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné na: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports/sk&oldid=502662>.
 - [12] PROJEKT EURÓPA 2030Výzvy a príležitosti. 2010. Správa pre Európsku raduod Skupiny pre reflexiu o budúcnosti EÚ v roku 2030. Európska únia, 2010. 60 s. ISBN 978-92-824-2713-2. 3-2. doi:10.2860/10322