

KRYSTYNA CZAPLICKA-KOLARZ, DOROTA BURCHART-KOROL^{*)}, JERZY KOROL

Główny Instytut Górnictwa
Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice

Ocena środowiskowa biokompozytów z zastosowaniem techniki LCA

Streszczenie – Wykorzystując metodykę oceny cyklu życia (LCA) przeprowadzono ocenę środowiskową kompozytów na osnowie PP lub PLA wzmocnianej włóknami naturalnymi (bawełną, celulozą, jutą bądź kenafem) albo włóknem szklanym. Czterema metodami wyznaczono wskaźniki emisji gazów cieplarnianych (IPCC), zużycia energii z surowców odnawialnych i nieodnawialnych (CED) oraz zagospodarowania terenu (ślad ekologiczny), a także wskaźnik uwzględniający wpływ kompozytów na zdrowie człowieka, jakość ekosystemu oraz zużycie zasobów kopalnych (Ekowskaźnik 99 H/A). Stwierdzono, że najmniej korzystne dla środowiska jest wzmocnienie polimerowej osnowy włóknem bawełnianym, a najmniejszy wpływ na środowisko wywierają kompozyty PLA i PP z udziałem włókna celulozowego.

Słowa kluczowe: ocena cyklu życia (LCA), ocena środowiskowa, biokompozyty, polipropylen, polilaktyd, włókna naturalne, włókna szklane.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF BIOCOMPOSITES BASED ON LCA

Summary – An environmental assessment of biocomposites with PP or PLA matrices reinforced with natural fibres (cotton fibers, cellulose, jute fiber and kenaf) and glass fibre, was carried out using Life Cycle Assessment (LCA) methodology. Four methods were employed to determine the indicators of greenhouse gas emission (IPCC), renewable and non-renewable energy demand (CED) and land use (Ecological footprint) as well as the influence of composites on human health, ecosystem quality and fossil resource consumption (Ecoindicator 99 H/A). It was found that reinforcing the polymer matrix with cotton fibres is the least advantageous to the environment, while the lowest environmental impact was assessed for the composites of PLA and PP with cellulose fibre.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), environmental assessment, biocomposites, polypropylene, polylactide, natural fibres, glass fibres.

WPROWADZENIE

Kompozyty na osnowie polimerów wzmocniane włóknami naturalnymi bądź syntetycznymi są znane od wielu lat [1, 2]. Ostatnio coraz częściej włókna zarówno naturalne, jak i syntetyczne, np. szklane [3, 4], wprowadza się do biopolimerów otrzymując biokompozyty. Polimerami wykorzystywanymi często w charakterze osnow termoplastycznych, do których wprowadza się włókna w procesie wytłaczania są polipropylen (PP) [5, 6], polietylen (PE) [7–9], skrobia termoplastyczna (TPS), polilaktyd (PLA) [10], mieszanina PLA/TPS [11] oraz polihydroksymaślan (PHB) [12]. Rosnące zainteresowanie włóknami roślinnymi jako składnikami kompozytów wynika z faktu, że są one łatwo dostępne, tanie i odnawialne, cechuje je niewielki ciężar właściwy, wywierają też korzystny wpływ na właściwości mechaniczne wytworzonego kompozytu – niektóre włókna roślinne mogą nawet konkurować z włóknem szklanym pod

względem wytrzymałości mechanicznej. Włókna roślinne to trójwymiarowe, naturalne kompozyty polimerowe, zbudowane głównie z celulozy, hemicelulozy i lignin [13]. Właściwości takich materiałów zależą przede wszystkim od ich budowy i składu chemicznego. Włókna naturalne charakteryzują się małą przewodnością cieplną oraz niedużą odpornością termiczną. Ta niewielka przewodność cieplna predystynuje kompozyty polimerowe wzmocniane włóknami naturalnymi do zastosowań w charakterze materiałów izolacyjnych. Istotne ograniczenie technologiczne w przetwórstwie omawianych kompozytów stanowi dopuszczalna temperatura procesu, która nie powinna przekraczać 230 °C, ze względu na możliwość degradacji włókien, co ogranicza ich stosowanie do stosunkowo wąskiej grupy polimerów [2]. Coraz częściej stosuje się surowce naturalne jako wzmocnienie oraz napełnienie polimerów termoplastycznych, stanowią bowiem znakomitą alternatywę dla włókien szklanych i napełniaczy nieorganicznych [14–16]. W tabeli 1 porównano wybrane parametry w odniesieniu do włókien szklanych i włókien naturalnych. Kompozyty

^{*)} Autor do korespondencji; e-mail: dburchart@gig.eu

wzmacniane włóknami znajdują zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, gdzie ważne są cechy, takie jak wytrzymałość i stabilność wymiarowa.

T a b e l a 1. Porównanie włókien szklanych i naturalnych [3]
T a b l e 1. Comparison between glass fibres and natural fibres [3]

Porównywany parametr	Włókna szklane	Włókna naturalne
Zagrożenie zdrowia podczas retencji w płucach	tak	nie
Zużycie energii podczas produkcji	duże	małe
Emisja CO ₂ podczas produkcji	tak	nie
Neutralizacja CO ₂ podczas produkcji	nie	tak
Gęstość	duża (~2,5 g/cm ³)	mała (~1,4 g/cm ³)
Rodzaj utylizacji	recykling/składowanie	biodegradacja
Odnawialność	nie	tak
Separacja/segregacja	trudna	łatwa

Wykorzystanie polimerów wzmacnianych włóknem naturalnym do produkcji wyrobów użytkowych stwarza gospodarczo-ekonomiczną szansę dla rolnictwa dzięki konieczności powiększania upraw potrzebnych surowców. Możliwość wdrożenia do produkcji szerokiej gamy wyrobów z biokompozytów stanowi natomiast impuls do rozwoju produkcji małych i średnich przedsiębiorstw. Wyroby z materiałów polimerowych napełnianych naturalnymi włóknami mogą być używane jako artykuły wyposażenia wnętrz, w budownictwie, transporcie, przemyśle meblarskim [17, 18].

Tematyka biokompozytów jest podejmowana bardzo często, istnieją liczne publikacje dotyczące ich wytwarzania, właściwości i możliwości wykorzystania. W przypadku natomiast oceny środowiskowej, tylko nieliczne źródła literatury światowej zawierają wyniki badań dotyczących oceny cyklu życia (LCA) biokompozytów [19, 20], można jednak odnotować coraz większe zainteresowanie tą techniką w obszarze tworzyw polimerowych [21–24]. Vilaplana i współpr. przedstawili najważniejsze aspekty środowiskowe związane z projektowaniem zrównoważonych biokompozytów [19]. Vink i współpr. zaprezentowali wyniki oceny środowiskowej procesu produkcji PLA wytwarzanego z surowców odnawialnych i porównali je z wynikami oceny środowiskowej procesu produkcji polimerów PE i PP otrzymanych z paliw kopalnych. Granica systemu obejmowała etapy produkcji analizowanych polimerów [25, 26].

Celem niniejszej pracy była ocena, z zastosowaniem techniki LCA, potencjalnego wpływu różnych biokompozytów na środowisko. W literaturze są poruszane zagadnienia dotyczące wpływu biokompozytów i biopolimerów na środowisko, jednak brak wyników analiz śro-

dowiskowych obejmujących różne aspekty takiego oddziaływania, takie jak: zużycie zasobów kopalnych, emisja gazów cieplarnianych, wykorzystanie terenu oraz zużycie energii z surowców odnawialnych i nieodnawialnych.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materiały

Ocenie środowiskowej poddano biokompozyty PP i PLA wzmacniane różnymi włóknami naturalnymi lub włóknem szklanym. Każdorazowo napełniano osnowę PP lub PLA włóknami bawełnianymi, celulozowymi pozyskiwanymi z makulatury, jutowymi, włóknami kenafu lub szklanymi w ilości 10, 30, 50 bądź 70 % mas. W zastosowanych scenariuszach analiz nie uwzględniono wpływu kompatybilizatorów i modyfikatorów dodawanych do wytwarzanych biokompozytów. Wypełnienie włóknami analizowanych biokompozytów w ilości nieprzekraczającej 70 % mas. wynikało z pojawiających się trudności przetwórczych w przypadku większej ilości użytego dodatku.

Metodyka badań

Analizę cyklu życia LCA przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 14040:2009 na czterech etapach, obejmujących:

- Określenie celu i zakresu analizy.
- Analizę zbiorów wejść i wyjść LCI (*Life Cycle Inventory*).
- Wybór kategorii i metod oceny wpływu na środowisko LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*).
- Interpretację wyników.

Analizę cyklu życia systemów produkcji badanych biokompozytów PP i PLA przeprowadzono wykorzystując program SimaPro 7.3.3 (Pre Consultants BV). Aby ułatwić porównanie, wszystkie wyniki odniesiono do jednostki funkcjonalnej (FU – *functional unit*, tj. na kg analizowanego kompozytu). Zdefiniowano granice systemu, od wydobycia surowców do wytworzenia kompozytu, z uwzględnieniem zużycia wszystkich surowców, energii, emisji zanieczyszczeń, ścieków oraz odpadów. Dane dotyczące polimerów oraz stosowanych włókien pochodzą z bazy na bieżąco aktualizowanych danych „ecoinvent” programu SimaPro. Na podstawie raportów eksperckich firmy NatureWorks opracowano dane odnoszące się do produkcji PLA, dane charakteryzujące włókna juty i kenafu opracowano natomiast opierając się na raportach eksperckich instytutu Indian Jute Institute. Dane odpowiadające włóknom celulozowym wytwarzanym z makulatury otrzymano wykorzystując raporty ekspertów głównego ich producenta w Szwajcarii. Włókna bawełny scharakteryzowano na podstawie uśrednionych danych, pochodzących od producentów bawełny w USA.

Ocenę wpływu na środowisko analizowanych biokompozytów przeprowadzono czterema metodami:

– IPCC (*carbon footprint* – ślad węglowy), opracowaną przez Międzynarodowy Zespół do spraw Zmian Klimatu, przedstawiającą wpływ produktów i technologii na emisję gazów cieplarnianych. Wynik jest wyrażony w postaci ekwiwalentu CO₂ [kg CO₂ eq/FU] [27].

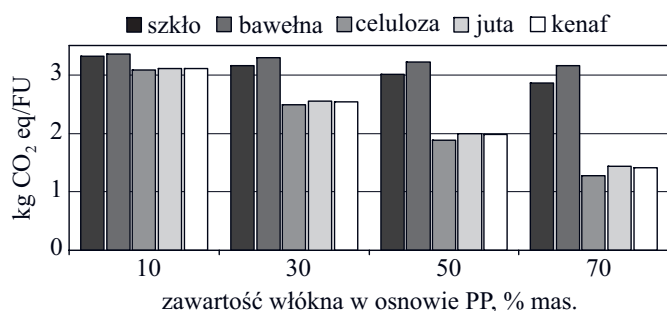
– CED (*Cumulative Energy Demand*), pozwalającą na określenie skumulowanego zapotrzebowania na energię. Podane wskaźniki są podzielone na 7 kategorii wpływu: dwie nieodnawialne (paliwa kopalne oraz energetyka jądrowa) oraz pięć odnawialnych (biomasa, energia wiatrowa, słoneczna, geotermia oraz energia wodna). Wynik CED jest wyrażony w jednostkach energii [MJ/FU] [28].

– *Ecological footprint* (ślad ekologiczny), umożliwiającą ocenę wykorzystania terenu – arealu, wyrażonego w m² na rok [m² a/FU] [29].

– Ekowskaźnik 99 H/A, służącą do kompleksowej oceny trzech rodzajów negatywnych oddziaływań na środowisko w odniesieniu do zdrowia ludzkiego, jakości ekosystemu oraz zużycia zasobów. Potencjalne szkody określone metodą Ekowskaźnik 99 są wyrażone w „punktach” [Pt/FU]. Jeden punkt reprezentuje tysięczną część rocznych obciążeń środowiska, powodowanych przez jednego mieszkańca Europy. Metoda ta umożliwia również przedstawienie oddziaływania środowiskowego w 11 kategoriach. Jedną z nich jest kategoria „zużycie paliw kopalnych”, wyrażone za pomocą nadwyżki energii (surplus) przeznaczonej na wydobycie paliw kopalnych w przyszłości, wynikającej z gorszej jakości zasobów [M]surplus/FU [30].

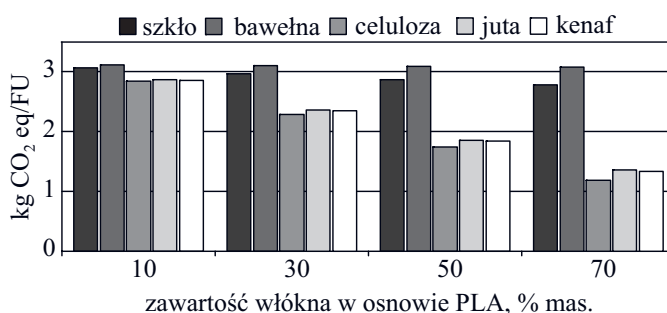
WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Z analizy oceny cyklu życia biokompozytów metodą IPCC wynika, że największą emisję gazów cieplarnianych wykazują kompozyty z udziałem włókien bawełnianych i szklanych, zarówno z osnową PP (rys. 1), jak i z PLA (rys. 2). W przypadku zastosowania pozostałych włókien naturalnych poziom emisji gazów cieplarnianych z biokompozytów jest zbliżony, przy czym naj-



Rys. 1. Emisja gazów cieplarnianych z biokompozytów PP oceniana metodą IPCC

Fig. 1. Greenhouse gas emission assessment of PP biocomposites based on IPCC method



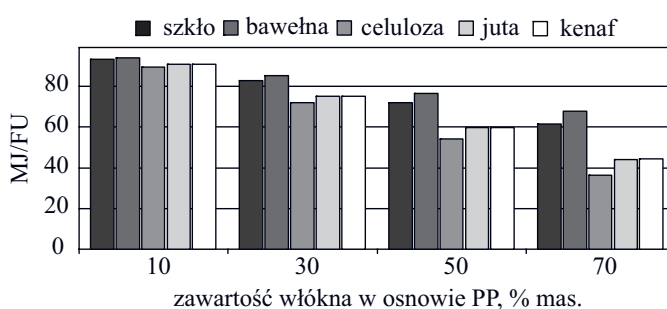
Rys. 2. Emisja gazów cieplarnianych z biokompozytów PLA oceniana metodą IPCC

Fig. 2. Greenhouse gas emission assessment of PLA biocomposites based on IPCC method

mniej CO₂ emitowały biokompozyty wzmacniane włóknem celulozowym. Wraz ze wzrostem zawartości w osnowie włókien naturalnych, z wyjątkiem bawełny, zmniejsza się emisja gazów cieplarnianych. W przypadku natomiast włókien bawełnianych największy wpływ na tak dużą, obserwowaną emisję gazów cieplarnianych wywiera nawadnianie upraw, stosowanie nawozów oraz środków ochrony roślin.

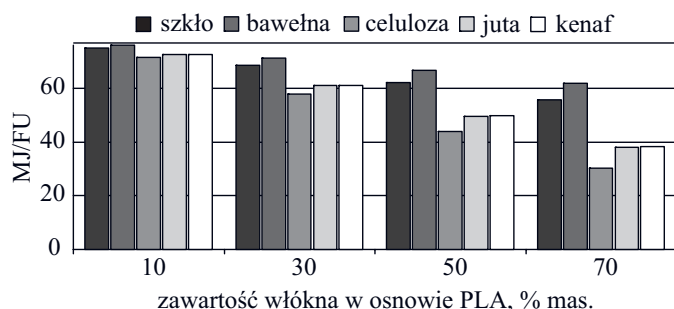
Określone metodą CED, największe skumulowane zapotrzebowanie na energię z surowców odnawialnych oraz nieodnawialnych, w odniesieniu do jednostki funkcjonalnej występuje w procesie wytwarzania biokompozytów wzmacnianych włóknem bawełnianym, najmniejsze natomiast wówczas, gdy wzmocnienie stanowią włókna celulozowe, w odniesieniu zarówno do osnowy PP (rys. 3), jak i PLA (rys. 4). Wzrost zawartości w osnowie włókien naturalnych, z wyjątkiem bawełny, powoduje zmniejszenie skumulowanego zapotrzebowania na energię. Zwiększone zapotrzebowanie na energię w przypadku włókna bawełnianego, jest konsekwencją nawadniania upraw oraz stosowania nawozów.

Z analizy LCA metodą *Ecological footprint* wynika, że kompozyty PP wzmacniane włóknem szklanym wykazują najmniejszą wartość wskaźnika wykorzystania terenu, największą natomiast – biokompozyty PP wzmac-



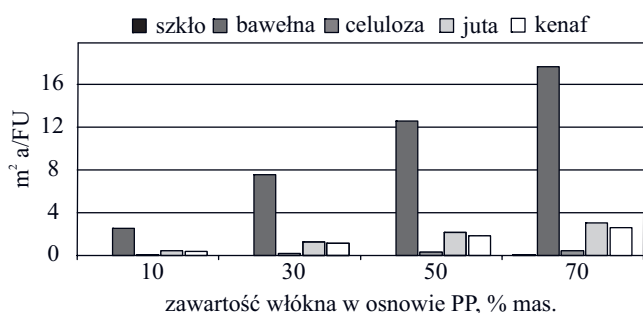
Rys. 3. Zapotrzebowanie na energię odnawialną i nieodnawialną biokompozytów PP, oceniane metodą CED

Fig. 3. Renewable and non-renewable energy demand of PP biocomposites assessed by CED method



Rys. 4. Zapotrzebowanie na energię odnawialną i nieodnawialną biokompozytów PLA, oceniane metodą CED

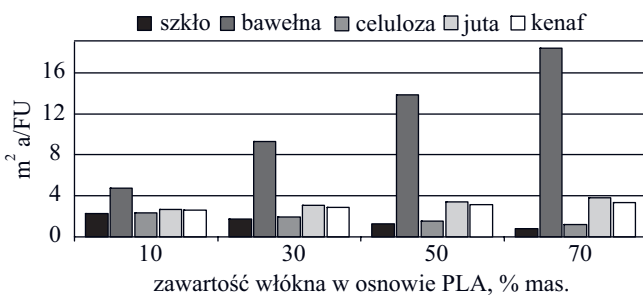
Fig. 4. Renewable and non-renewable energy demand of PLA biocomposites assessed by CED method



Rys. 5. Wskaźnik wykorzystania terenu biokompozytów PP oceniany metodą Ecological footprint

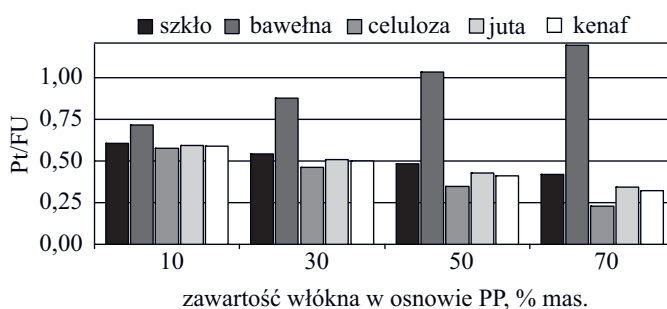
Fig. 5. Land occupation assessment of PP biocomposites based on Ecological Footprint method

niane włóknem bawełnianym (rys. 5). Biokompozyty PLA z udziałem włókien naturalnych charakteryzują się większymi wskaźnikami wykorzystania terenu niż kompozyty PP wzmocnione takimi samymi włóknami, w takich samych ilościach (rys. 6). Najmniejsza wartość wskaźnika wykorzystania terenu odnosi się do biokompozytów PLA wzmocnianych włóknem szklanym, największa zaś – do biokompozytów PLA wzmocnianych włóknem bawełnianym. W przypadku zastosowania włókien szklanych do wzmocnienia osnowy z PP, ze wzrostem zawartości włókna obserwuje się wzrost war-



Rys. 6. Wskaźnik wykorzystania terenu biokompozytów PLA oceniany metodą Ecological footprint

Fig. 6. Land occupation assessment of PLA biocomposites based on Ecological Footprint method



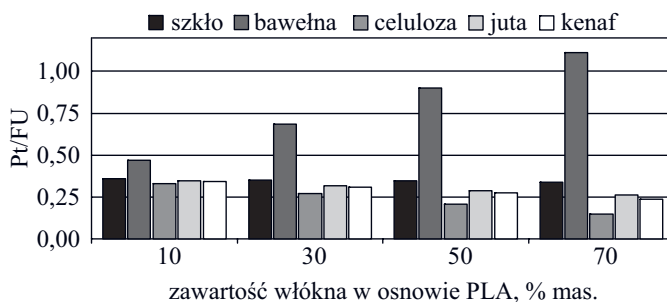
Rys. 7. Ocena środowiskowa biokompozytów PP metodą Ekowskaźnik 99, w trzech kategoriach szkód (zdrowie ludzkie, jakość ekosystemu, zużycie zasobów)

Fig. 7. Environmental assessment of PP biocomposites based on Ecoindicator 99 method in three damage categories (human health, ecosystem quality, resource consumption)

tości wskaźnika wykorzystania terenu z 0,006 m² a/kg (10 % mas. włókna szklanego) do 0,041 m² a/kg (70 % mas. włókna szklanego). W odniesieniu do kompozytów PLA wzmocnianych włóknem szklanym, ze wzrostem zawartości włókna w osnowie, stwierdzono spadek wartości wskaźnika z 2,262 m² a/kg (10 % mas. włókna szklanego) do 0,793 m² a/kg (70 % mas. włókna szklanego).

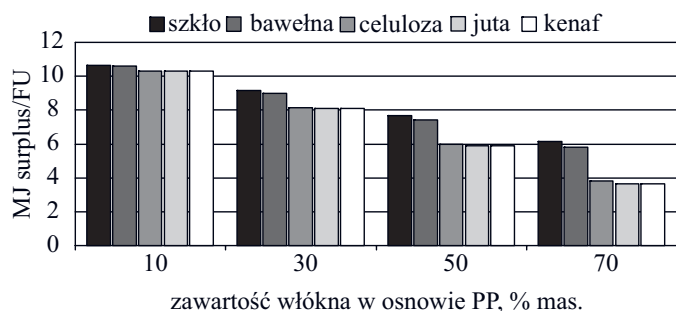
Ocena LCA metodą Ekowskaźnik 99 wykazała także, że kompozyty PP, niezależnie od rodzaju zastosowanego do wzmocnienia włókna charakteryzują się większym wskaźnikiem środowiskowym niż biokompozyty na osnowie PLA (rys. 7, 8). Wyznaczony wskaźnik środowiskowy uwzględnia trzy kategorie szkód: wpływ na zdrowie ludzkie, jakość ekosystemu oraz zużycie zasobów. Stwierdzono, że biokompozyty PP i PLA wzmocniane włóknem bawełnianym charakteryzują się największym wskaźnikiem środowiskowym, natomiast biokompozyty wzmocniane włóknem celulozowym mają najmniejszą wartość tego wskaźnika środowiskowego.

Metodą Ekowskaźnik 99 w kategorii wpływu „zużycie paliw kopalnych”, oceniono, że biokompozyty PLA



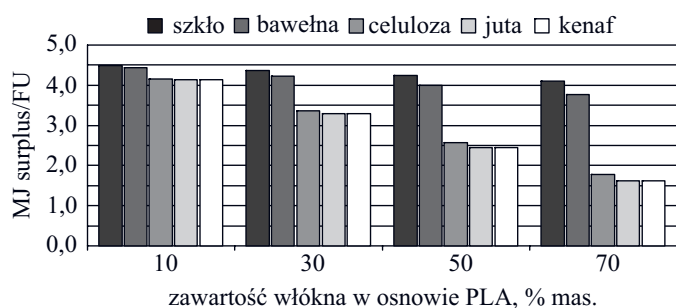
Rys. 8. Ocena środowiskowa biokompozytów PLA metodą Ekowskaźnik 99, w trzech kategoriach szkód (zdrowie ludzkie, jakość ekosystemu, zużycie zasobów)

Fig. 8. Environmental assessment of PLA biocomposites based on Ecoindicator 99 method in three damage categories (human health, ecosystem quality, resource consumption)



Rys. 9. Ocena środowiskowa metodą Ekwoskażnik 99 biokompozytów PP w kategorii „zużycie zasobów kopalnych”

Fig. 9. Environmental assessment of PP biocomposites based on Ecoindicator 99 method in the category “fossil resource consumption”



Rys. 10. Ocena środowiskowa metodą Ekwoskażnik 99 biokompozytów PLA w kategorii „zużycie zasobów kopalnych”

Fig. 10. Environmental assessment of PLA biocomposites based on Ecoindicator 99 method in the category “fossil resource consumption”

z udziałem włókien naturalnych charakteryzują się niższym wskaźnikiem zużycia niż wzmacniane włóknami kompozyty PP. Wraz ze wzrostem zawartości włókien w analizowanych kompozytach wskaźnik zużycia paliw kopalnych maleje.

PODSUMOWANIE

Udział włókien naturalnych w kompozytach nie czyni z nich „zrównoważonych materiałów”. Surowiec bądź półprodukt pochodzenia naturalnego nie zawsze jest materiałem „przyjaznym dla środowiska”. Dzięki zastosowaniu analizy LCA można dokonać oceny wpływu danego produktu lub technologii na środowisko, uwzględniającej różne kategorie oddziaływania, np.: zdrowie ludzkie, emisja gazów cieplarnianych, skumulowane zużycie energii z surowców odnawialnych i nieodnawialnych.

Stwierdzono, że biokompozyty z włóknami naturalnymi celulozy, juty lub kenafu charakteryzuje mniejsza uciążliwość dla środowiska niż kompozyty z włóknem szklanym bądź bawełnianym.

Biokompozyty z osnową PLA, we wszystkich kategoriach wpływu, za wyjątkiem kategorii „wykorzystanie terenu”, wykazują mniejsze wartości wskaźników środowiskowych niż kompozyty z osnową z PP, niezależnie od rodzaju włókien zastosowanych do ich wzmocnienia.

Spośród analizowanych włókien, włókno bawełniane jest najmniej korzystne pod względem oddziaływania na środowisko, co ma związek przede wszystkim z nawadnianiem upraw i stosowaniem nawozów, włókno celulozowe natomiast cechuje najmniejszy wywierany na środowisko wpływ.

Kolejne badania będą obejmowały analizy uwzględniające fazy użytkowania i likwidacji, co umożliwi holistyczną ocenę wpływu środowiskowego w całym cyklu życia (*from cradle to grave*) biokompozytów.

LITERATURA

- Kaczmar W. J., Pach J., Burgstaller C.: *Polimery* 2011, **56**, 817.
- Kaczmar W. J., Pach J., Kozłowski R.: *Polimery* 2006, **51**, 722.
- Huda S. M., Drzal T. L., Mohanty K. A., Misra M.: *Compos. Sci. Technol.* 2006, **66**, 1813.
- www.rtpcompany.com, Glass fiber reinforced PLA bioplastic, 15.07.2012.
- Kuciel S., Liber-Kneć A., Zajchowski S.: *Polimery* 2010, **55**, 718.
- Garbarczyk J., Borysiak S.: *Polimery* 2004, **49**, 541.
- Ryszkowska J., Sałasińska K.: *Polimery* 2010, **55**, 740.
- Hausnerova B., Zdrzilova N., Kitano T., Saha P.: *Polimery* 2006, **51**, 33.
- Steller R., Meissner W.: *Polimery* 2002, **47**, 332.
- Błędzki A., Jaskiewicz A.: *Polimery* 2008, **53**, 564.
- Kuciel S., Liber-Kneć A., Zajchowski S.: *Polimery* 2009, **54**, 667.
- Kuciel S., Liber-Kneć A.: *Polimery* 2011, **56**, 218.
- Wambua P., Ivens J., Verpoest I.: *Compos. Sci. Technol.* 2003, **63**, 1259.
- Błędzki A. K., Gassan J.: *Prog. Polym. Sci.* 1999, **24**, 221.
- Kozłowski R., Władyka-Przybylak M., Bujnowicz K.: „Latest Achievements in the Area of Composites Reinforced With Natural Fiber”, *Fiber Reinforced Composites* 2007, Port Elizabeth 9–12.12.2007.
- Saheb D. N., Jog J. P.: *Adv. Polym. Technol.* 1999, **18**, 351.
- Holbery J., Houston D.: *JOM* 2006, **11**, 80.
- Błędzki A. K., Faruk O., Sperber V. E.: *Macromol. Mater. Eng.* 2006, **291**, 449.
- Vilaplana F., Stromberg E., Karlsson S.: *Polym. Degrad. Stab.* 2010, **95**, 2147.
- Xu X., Jayaraman K., Morin C., Pecqueux J.: *Mater. Proc. Technol.* 2008, **198**, 168.
- Nishijima A., Nakatani J., Yamamoto K., Nakajima F.: *J. Mater. Cycles. Waste. Manag.* 2012, **14**, 52.
- Sujit D.: *Int. J. LCA* 2011, **16**, 268.
- Humbert S., Rossi V., Margni M., Jolliet O., Loerincik Y.: *Int. J. LCA* 2009, **14**, 95.
- Dodbiba G., Takahashi K., Sadaki J., Fujita T.: *J. Clean. Prod.* 2008, **16**, 458.

25. Vink E. T. H., Glassner D. A., Kosltad J. J., Wooley R. J., O'Connor R. P.: *Ind. Biotechnol.* 2007, **3**, 1.
26. Vink E. T. H., Rabago K. R., Glassner D. A., Gruber P. R.: *Polym. Degrad. Stab.* 2003, **80**, 403.
27. IPCC Climate Change Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. <http://www.ipcc.ch>, 05.07.2012.
28. Deutscher V.: „VDI-richtlinie 4600: Cumulative Energy Demand, Terms, Definitions, Methods of Calculation, Verein Deutscher Ingenieure”, Düsseldorf 1997.
29. Huijbregts M. A. J., Hellweg S., Frischknecht R. i inni: *Ecol. Econ.* 2008, **64**, 798.
30. Goedkoop M., Spriensma R.: „The Eco-indicator 99 A Damage Oriented Method for Life Cycle Impact Assessment”, Methodology Report PRé Consultants B.V. 2000.

Otrzymano 23 VII 2012 r.

*Polskie Towarzystwo Reologii Technicznej i Instytut Technologii Materiałów Politechniki Poznańskiej
oraz przedsiębiorstwo RHL Service w Poznaniu
serdecznie zapraszają do udziału w*

KONGRESIE REOLOGICZNYM POZNAŃ 2013

Poznań, 20–22 października 2013 r.

Przewodniczący Kongresu: prof. dr hab. inż. Tomasz Sterzyński

Przewodniczący Komitetu Naukowego: prof. dr hab. inż. Marek Dziubiński

Program naukowy Kongresu obejmuje następujące zagadnienia: reologia teoretyczna, reometria, reologia polimerów, reologia żywności, reologia w medycynie i farmacji, mikroreologia i nanoreologia, reologia w chemii (budownictwo), wykorzystanie reologii w przemyśle, dydaktyka.

Forma obrad: referaty plenarne, komunikaty, sesja plakatowa.

Miejsce Kongresu: Centrum Wykładowe Politechniki Poznańskiej, ul. Piotrowo 2, Poznań

Opłata konferencyjna: 650,00 zł + VAT, opłata ulgowa: doktorant/student 450,00 zł + VAT (do 20 września br.).

Opłata obejmuje: materiały konferencyjne, wyżywienie, imprezy towarzyszące.

Terminy:

– zgłoszenia udziału w Kongresie oraz nadsyłania streszczeń wystąpień – **15 kwietnia 2013 r.**,

– nadsyłania pełnych tekstów wystąpień – **31 maja 2013 r.**

Zapraszamy firmy zainteresowane promocją swoich wyrobów i usług z zakresu badań reologicznych do aktywnego uczestnictwa w Kongresie.

Informacje: mgr inż. Monika Dobrzyńska-Mizera, tel. (61) 665 2894

e-mail: monika.dobrzynska-mizera@doctorate.put.poznan.pl

www.kongresreologiczny.pl

15. INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY CONFERENCE

ELASTOMERS'2013 „Science & Industry”

Warsaw, Poland, October 23–25, 2013

Deadline Application Form: till the 30th of April 2013

www.konferencjaelastomery.ipgum.pl