

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0301**  
**Nové environmentálne prijateľné polymérne materiály z obnoviteľných zdrojov**

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Katarína Tomanová, PhD.**  
Príjemca **ENVIROCARE, s.r.o.**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

ENVIROCARE, s.r.o., Krškanská 21, Nitra  
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie  
- Centrum aplikovaného výskumu environmentálne prijateľných polymérnych materiálov v  
Nitre (CEPOMA)

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Na projekte nespupracovali zahraničné pracoviská.

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Patentová prihláška v SR

1. Pôvodcovia: Alexy, P., Tomanová, K., Vanovčanová, Z., Plavec, R., Feranc, J., Bočkaj, J., Omaníková, L., Bakoš, D., Hudec, I., Galamboš st., M., Galamboš ml., M., Gálisová, I., Perďochová, D., Jurkovič, P., Prikry, R.

Prihlasovateľ: ENVIROCARE, s.r.o., PANARA s.r.o. Číslo prihlášky: 92-2017

Medzinárodná prihláška patentov v PCT

Pôvodcovia: Alexy, P., Tomanová, K., Vanovčanová, Z., Plavec, R., Feranc, J., Bočkaj, J., Omaníková, L., Bakoš, D., Hudec, I., Galamboš st., M., Galamboš ml., M., Gálisová, I., Perďochová, D., Jurkovič, P., Prikry, R.

Prihlasovateľ: ENVIROCARE, s.r.o., PANARA s.r.o. Číslo prihlášky: PCT/SK2017/050009

Prihláška úžitkového vzoru v SR

Pôvodcovia: Alexy, P., Tomanová, K., Vanovčanová, Z., Plavec, R., Feranc, J., Bočkaj, J., Omaníková, L., Bakoš, D., Hudec, I., Galamboš st., M., Galamboš ml., M., Gálisová, I., Perďochová, D., Jurkovič, P., Prikry, R., Medlenová, E., Danišová, L.

Prihlasovateľ: ENVIROCARE, s.r.o., PANARA s.r.o.

Číslo prihlášky: PUV 215-2018

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Publikácie:

1. Z. Vanovčanová, P. Alexy, J. Feranc, R. Plavec, J. Bočkaj, L. Kaliňáková, K. Tomanová, D. Perďochová, D. Šariský, I. Gálisová: Effect of PHB on the properties of biodegradable PLA blends, Chemical Papers 70 (10) 1408-1415 (2016)

2. Mosnáčková, K., Danko, M., Šišková, A., Falco, L.M., Janigová, I., Chmela, Š., Vanovčanová, Z., Omaníková, L., Chodák, I., Mosnáček, J.: Complex study of the physical

properties of a poly(lactic acid)/poly(3-hydroxybutyrate) blend and its carbon black composite during various outdoor and laboratory ageing conditions, RSC Advances, 7 (74), pp. 47132-47142 (2017)

3. Vanovčanová, Z., Tomanová, K., Feranc, J., Bočkaj, J., Plavec, R., Omaníková, L., Gálisová, I., Jurkovič, P., Macúrik, P., Medlenová, E., Alexy, P., Menčík, P., Prikryl, R., Salač, J.: Multicomponent Blends based on Polylactic Acid, Polyhydroxybutyrate and thermoplastic Starch, KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe, 71 (6), pp. 104-110, 2018

4. Sedničková, M., Pekařová, S., Kucharczyk, P., Bočkaj, J., Janigová, I., Kleinová, A., Johec-Mošková, D., Omaníková, L., Perďochová, D., Koutný, M., Sedlařík, V., Alexy, P., Chodák, I.: Changes of physical properties of PLA-based blends during early stage of biodegradation in compost, International Journal of Biological Macromolecules, 113, pp. 434-442, 2018

5. Menčík, P., Prikryl, R., Stehnová, I., Melčová, V., Kontárová, S., Figalla, S., Alexy, P., Bočkaj, J.: Effect of selected commercial plasticizers on mechanical, thermal, and morphological properties of poly(3-hydroxybutyrate)/Poly(lactic acid)/plasticizer biodegradable blends for three-dimensional (3D) print, MAterials, 11 (10), art. No. 1893, 2018

Vedecké práce publikované v nerecenzovaných odborných časopisoch a zborníkoch:

1. Roderik Plavec, Leona Kaliňáková, Katarína Tomanová, Ján Bočkaj, Dagmara Perďochová, Ivana Galisová, Zuzana Vanovčanová, Jozef Feranc and Dávid Šariský: Measuring of Processing Stability of Polylactic Acid Using Oscillation Rheometry, Polyméry 2016, Stará Lesná, 8-10,6,2016, p. 83-84

2. Leona Kaliňáková, Roderik Plavec, Katarína Tomanová, Ján Bočkaj, Dagmara Perďochová, Ivana Galisová, Zuzana Vanovčanová, Jozef Feranc and Dávid Šariský: The Influence of Inorganic Fillers on Mechanical Properties and Morphology of Biodegradable Polymer Blends Based on Polyesters, Polyméry 2016, Stará Lesná, 8-10,6,2016, p. 69-70

3. Tomanová, K., Vanovčanová, Z., Plavec, R., Omaníková, L., Bočkaj, J., Feranc, J., Gálisová, I., Jurkovič, P., Alexy, P., Galambošová, M.: Measurement of liquids and biological samples using cryo – scanning electron microscopy, 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 200

4. Tomanová, K., Vanovčanová, Z., Plavec, R., Omaníková, L., Bočkaj, J., Feranc, J., Gálisová, I., Jurkovič, P., Alexy, P., Galambošová, M.: Analysis of materials using scanning electron microscopy equipped with EDS - spectrometer, 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 201

5. Vanovčanová, Z., Alexy, P., Tomanová, K., Feranc, J., Bočkaj, J., Plavec, R., Ryba, J., Omaníková, L., Gálisová, I., Jurkovič, P.: Blends Based on Polylactic Acid, Polyhydroxybutyrate and Thermoplastic Starch, 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 127-132

6. Šutý, Š., Tiňo, R., Feranc, J., Tomanová, K., Floreková, M., Čížová, K.: Modification of pulp fibers for their utilisation in plastics and rubber, 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 119-124

7. Černáková, L., Vašková, I., Feranc, J., Jurkovič, P., Tomanová, K., Šarišský, D.: Plasma surface modification of poly (lactic acid), 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 141-143

8. Hricová, M., Hrabovská, V., Tomanová, K.: Thermal properties of polypropylene/photochromic pigment fibres, 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 150-153

9. Hrabovská, V., Hricová, M., Ryba, J., Ujhelyiová, A.: Properties of PLA fibres, 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 146-149

10. Ujhelyiová, A., Krivoš, Š., Plavec, R., Michlík, P.: The utilization of halloysite for preparation of the polypropylene fibres, 7th International Conference on Polymeric Material

- in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 202-205
11. Perďochová, D., Tomanová, K., Bočkaj, J., Ryba, J., Plavec, R., Kaliňáková, L., Vanovčanová, Z., Alexy, P.: Influence of additives on crystallization of blends based on polylactid acid, 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 183-186
12. Omaníková, L., Plavec, R., Vanovčanová, Z., Ryba, J., Feranc, J., Gálisová, I., Jurkovič, P., Tomanová, K.: Influence of plasticizers on mechanical properties and processing stability of PLA/PHB blends, 7th International Conference on Polymeric Material in Automotive & 23rd Slovak Rubber Conference, May 29th - 31th, 2017 Bratislava, Slovakia: Book of proceedings. 1. edition, Bratislava: Librix, 2017, pp. 95-99
13. Perďochová, D., Tomanová, K., Alexy, P., Bočkaj, J., Feranc, J., Plavec, R., Omaníková, L., Jurkovič, P., Prikřyl, R.: The influence of additives on crystallization of blends based on polylactid acid, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 266, Issue 1, 23 November 2017, Article number 012014
14. Ujhelyiová, A., Krivoš, Š., Omaníková, L., Michlík, P., Hrabovská, V.: Rheological properties of the PLA masterbatches for fibre preparation, European Conference 2017, Fibre Grade Polymers, Chemical Fibres and Special Textiles, September 11th 13th 2017, Liberec, Czech Republic: Book of Abstracts, Liberec: Technical University of Liberec, 2017, pp. 163 164
15. Feranc, J., Lopatková, M., Alexy, P., Prešo, J., Hronkovič, J.: Rheological properties of polymer melts with high elasticity, Novel Trends in Rheology VII, 26-27 July 2017, Zlín, Czech Republic, New York: AIP Publishing, 2017, pp. 1-7

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

1. Výrobok: Granulát pre výrobu vyfukovaných fólií z obnoviteľných zdrojov  
Granulát je určený pre výrobu transparentných fólií technológiou vyfukovania s cieľovou aplikáciou pre výrobu technických fólií a fólií pre bežné obaly typu vrecká, vrecia a tašky bez špeciálnych požiadaviek na styk s potravinami.  
Receptúra výroby granulátu bola overená v poloprevádzkových podmienkach v centre CEPOMA v Nitre s maximálnou výrobnou kapacitou 25 kg / hod.  
Receptúra granulátu bola odovzdaná realizátorovi - výrobcovi granulátu firme PANARA s.r.o. Nitra.
2. Výrobok: Granulát pre výrobu výrobkov z obnoviteľných zdrojov technológiou vstrekovania  
Granulát je určený pre spracovanie technológiou vstrekovania na výrobu rôznych druhov výrobkov, napr. plastových držiakov, konštrukčných pomocných plastových prvkov pre bielu techniku a iné výrobky vyrábané technológiou vstrekovania.  
Receptúra výroby granulátu bola overená v poloprevádzkových podmienkach v centre CEPOMA v Nitre s maximálnou výrobnou kapacitou 25 kg/hod.  
Receptúra granulátu bola odovzdaná realizátorovi, výrobcovi granulátu, firme PANARA s.r.o. Nitra.
3. Overená technológia – Vyfukovanie fólií  
Ide o technológiu založenú na vytlačaní taveniny cez hubicu, ktorá má tvar medzikružia a vznikajúci kruhový profil je rozfukovaný na tenkostennú fóliu, ktorá je zároveň chladená vzduchom prúdiacim z vonkajšieho chladiaceho kruhu a odťahovaná odťahovacím zariadením.  
V rámci projektu bola daná technológia spracovania biodegradovateľných polymérnych zmesí overená v poloprevádzkových podmienkach v centre CEPOMA v Nitre. Tento materiál bol testovaný v prevádzkových podmienkach vo firme TOPSTAV Medzilaborce.
4. Overená technológia – Vytlačanie fólií technológiou Chill-roll  
Vytlačanie je technológia pre spracovanie termoplastov, ktorá sa používa na výrobu finálnych produktov – aj fólií. Vytlačanie fólií technológiou chill-roll je technológia, ktorá na chladenie vytlačovaného materiálu využíva sústavu leštených chladených valcov. Tento typ technológie umožňuje vyrábať len monoaxiálne orientované fólie s nízkym stupňom orientácie. V rámci projektu bola daná technológia overená spracovaním biodegradovateľných polymérnych zmesí v poloprevádzkových podmienkach v centre CEPOMA v Nitre.

#### 5. Overená technológia – 3D tlač

Ide o technológiu aditívneho nanášania vrstiev materiálu na seba s cieľom vytvoriť reálny trojrozmerný objekt a pri ktorej nevzniká odpad. Roztavený materiál sa cez hubicu vytláča na tlačiacu plochu, kde následne materiál tuhne. Po stuhnutí sa nanáša ďalšia vrstva materiálu. V rámci projektu bola overená poloprevádzková výroba 3D filamentu z vyvinutej receptúry. Z filamentu sa vytlačili na 3D tlačiarňi skúšobné telesá. Technológia v prevádzkových podmienkach bola overená vo firme Parzlich s.r.o. v Hulíne, ČR.

6. Výrobok : Granulát pre výrobu fólií z obnoviteľných zdrojov technológiou vyfukovania NONOILEN FB 3144-1. Granulát je určený pre spracovanie technológiou vyfukovania na výrobu fólií, vriec a vrecie, resp. iných fóliových obalových materiálov pre balenie rôznych druhov výrobkov, zatiaľ bez certifikátu pre styk s potravinami, o ktorý musí požiadať potenciálny budúci výrobca fólií. Receptúra výroby granulátu bola overená v poloprevádzkových podmienkach v centre CEPOMA v Nitre s maximálnou výrobnou kapacitou 25 kg/hod. Receptúra granulátu bola odovzdaná realizátorovi, výrobcovi granulátu, firme PANARA s.r.o. Nitra.

7. Overená technológia – Technológia prípravy prvého stupňa granulátu ako hlavnej zložky pre granulát NONOILEN FB 3144-1. Miešanie polymérov s cieľom pripraviť zmesi dvoch alebo viacerých polymérov, alebo polyméru (resp. polymérov) a nepolymérnych prísad (napr. plnivá, zmäkčovadlá a pod.) je pomerne rozsiahla problematika technológie spracovania polymérnych materiálov. Pre optimálne vlastnosti výsledných materiálov je z technologického hľadiska nevyhnutné pripraviť špeciálnym postupom tzv. prvý stupeň zmesi. Na prípravu prvého stupňa granulátu výrobku NONOILEN FB 3144-1 bolo použité dvojzátvorkové kontinuálne miešacie (vytláčovacie) zariadenie. V tomto stupni sa miešala iba časť z celkových vstupných surovín a postupne sa skúšali a nastavovali podmienky vhodné na spracovanie tohto materiálu. V rámci projektu bola daná technológia následne overená prípravou prvého stupňa zmesi biodegradovateľných polymérov v poloprevádzkových podmienkach v centre CEPOMA v Nitre. Prevádzkové skúšky výroby prvého stupňa boli vykonané vo firme Leistritz Nemecko.

8. Overená technológia: Technológia prípravy finálneho granulátu NONOILEN FB 3144-1. Po overení technológie prípravy prvého stupňa granulátu výrobku NONOILEN FB 3114-1 bol pripravovaný druhý stupeň tohto výrobku pridaním ďalších zložiek (polymérov a aditív) k prvému stupňu. Opäť sa hľadali a nastavovali podmienky vhodné na spracovanie tohto granulátu a na získanie materiálu s vyhovujúcimi finálnymi vlastnosťami. Daná technológia bola overená v poloprevádzkových podmienkach v centre CEPOMA v Nitre, následne sa v poloprevádzkových podmienkach pripravila finálna receptúra pre vyfukované fólie. Prevádzková skúška výroby finálneho granulátu sa vykonala vo firme LEISTRITZ Nemecko.

9. Overená technológia: Technológia vyfukovania fólií z PLA/PHB/TPS zmesi. Ide o technológiu založenú na vytlačení taveniny cez hubicu, ktorá má tvar medzikružia a vznikajúci kruhový profil je rozfukovaný na tenkostennú fóliu, ktorá je zároveň chladená vzduchom prúdiacim z vonkajšieho chladiaceho kruhu a odťahovaná odťahovacím zariadením. Pre nový typ materiálu NONOILEN FB 3114-1 bolo potrebné stanoviť špeciálne technologické parametre vyfukovacieho zariadenia, najmä teplotný profil tak, aby bola tavenina na výstupe z hubice viskozitne stabilná a dostatočne filmotvorná. Na základe poznatkov z poloprevádzkového overenia u partnera projektu PANARA sa prevádzková skúška vyfukovania za optimalizovaných technologických podmienok vykonala na prevádzkovej linke vo firme TOPSTAV Medzilaborce v nepretržitom výrobnom režime 6 hodín s kladným výsledkom.

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

Ciele projektu boli jasne definované ako riešenie technológie prípravy nových polymérnych materiálov na báze biopolymérov a polymérov z obnoviteľných zdrojov.

Splnenie tohto cieľa predstavuje vývoj nových, zásadne inovovaných polymérnych materiálov pre vybrané aplikácie, najmä do obalového priemyslu. Surovinové zameranie bolo najmä na polyméry PLA a PHB s minoritným prídavkom škrobu. Hlavným aplikačným výstupom boli v cieľoch projektu definované smerné receptúry takýchto materiálov a technológie, ktoré boli overené v poloprevádzkových podmienkach a jedna bola overená v prevádzkových podmienkach. Boli splnené plánované výstupy projektu, tak v oblasti nových výrobkov a overených technológií, ako aj duševného vlastníctva (pričom materiálový patent

a spôsob prípravy materiálu boli zlúčené do jednej prihlášky).

Nové výrobky (3):

granulát pre experimentálnu výrobu transparentných fólií NONOILEN FB 3021-1, 3144-1

granulát pre technológiu vstrekovania pod označením NONOILEN IM 3026-1

Overená technológia (6)

technológia vyfukovania fólií (3)

technológia prípravy granulátu (2)

3D tlač vyvíjaných polymérnych materiálov (1)

Duševné vlastníctvo (Biodegradovateľná polymérna zmes)

1. Patentová prihláška v SR, číslo prihlášky: 92-2017

2. Medzinárodná prihláška patentov v PCT, Číslo prihlášky: PCT/SK2017/050009

3. Prihláška úžitkového vzoru v SR, číslo prihlášky: PUV 215-2018

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

The objectives of the project have been clearly defined as a technological solution of preparing new polymeric materials based on biopolymers and polymers from renewable sources.

Achieving this goal presents development of new, fundamentally innovated polymeric materials for selected applications, especially for the packaging industry.

Raw material focus was mainly on PLA and PHB polymers with minor starch addition. As main application output defined in the project objectives was to determinate directional recipe of such materials and technologies, which were verified under semi-production conditions and one was verified under production conditions.

The planned outputs of the project were fulfilled as in the field of new products and verified technologies, as well as in intellectual property (the material patent and the method of preparation of the material were merged into one application).

New products (3):

granulate for the experimental production of transparent foils NONOILEN FB 3021-1, 3144-1

granulate for injection molding technology under the mark NONOILEN IM 3026-1

Verified technology (6)

foil blowing technology (3)

granulation preparation technology (2)

3D printing of developed polymeric materials (1)

Intellectual Property (Biodegradable Polymer Composition)

1. Patent application in SR, application number: 92-2017

2. International Patent Application in PCT, Application Number: PCT / SK2017 / 050009

3. Application of utility model in the Slovak Republic, application number: PUV 215-2018