

Teresa Kleps*, Małgorzata Piaskiewicz*, Teresa Parys*, Michał Lewandowski*

Ocena i badania granulatów gumowych stosowanych na nawierzchnie boisk sportowych

W ostatnim czasie nastąpił wzrost zainteresowania badaniami granulatu gumowego stosowanego w konstrukcjach nawierzchni boisk sportowych, szczególnie ze sztuczną trawą. Powodem tego jest przede wszystkim ochrona zdrowia i środowiska, o czym świadczy ukazanie się nowej dyrektywy UE związanej z ochroną środowiska naturalnego, dotyczącej obowiązku utylizacji zużytych opon samochodowych i prawnego zakazu ich składowania; w Polsce dodatkowo – realizacja ogólnokrajowego Projektu Rządowego budowy boisk sportowych w każdej gminie „Moje boisko – ORLIK 2012”, co wiąże się z zużyciem dużych ilości granulatu gumowego.

Według międzynarodowych przepisów prawnych granulaty przeznaczone na nawierzchnie profesjonalnych boisk sportowych powinny spełniać odpowiednie wymagania jakościowe oraz techniczne i jednocześnie powinny być bezpieczne dla zdrowia człowieka i środowiska. Akceptowane są granulaty z wulkanizatów kauczuków EPDM i SBR/NR o odpowiednich parametrach.

Przedmiotem pracy było rozpoznanie problematyki jakości użytkowej komercyjnych granulatów gumowych przeznaczonych na nawierzchnie boisk sportowych oraz granulatów pobranych z nawierzchni nowo zbudowanych boisk typu „Orlik”. Badania dotyczyły parametrów technicznych granulatów, rodzaju i zawartości w nich kauczuków oraz migracji z granulatów szkodliwych metali ciężkich oraz substancji wmywających się. Uzyskane dane pozwoliły na wstępną ocenę jakości stosowanych granulatów gumowych i zagrożeń środowiska, które mogą powstawać przy stosowaniu granulatów do budowania nawierzchni boisk sportowych. Stwierdzono, że ich jakość nie zawsze jest zgodna ze standardami europejskimi.

Słowa kluczowe: granulaty gumowe, nawierzchnie boisk sportowych, Projekt Rządowy Orliki 2012, badania, analiza chemiczna, właściwości techniczne, środowisko, ochrona środowiska, ochrona zdrowia

Evaluation and testing of rubber granules used for surface of sports fields

In recent times there has been increased interest in studies of rubber granules for sports surface fields especially with a artificial grass. The reason for this is primarily the new EU directive relating to the protection of the environment, mainly concerning the obligation of recycling scrap tires and the legal prohibition of their storage. In addition, a nationwide implementation in Poland, the Government Project of the building sports fields in each municipality “My sports field – ORLIK 2012”, for the construction of its the rubber granules are used in large quantities also from recycled tires.

According to the international law rubber granules used to the surface of professional sports fields should have a satisfy quality requirements and specifications and should be safe for human health and the environment. Generally granulates of rubber vulcanizates of EPDM and SBR/NR having a proper parameters are accepted.

The subject of the work was to identify problem of quality for the commercial rubber granules applied for the sports fields and the granules taken from the surface of several newly constructed sports fields. The research related to the technical parameters of the granules, the type and content of polymer in granules materials and the migration of harmful heavy metals and other soluble substances from the granules. The data obtained allowed a preliminary assessment of the quality of the rubber granulates and environmental threats that can arise when applying the granules to build a surfaces sports fields. It was found that granules quality for sports surface fields is not always in line with European standards.

Key words: rubber granules, synthetic turf, Government Project “My sports field – Orlik 2012”, research, chemical analysis, technical properties, environment protection, health protection

*Instytut IMPiB – OZ Elastomerów i Technologii Gumy w Piastowie

I. Wprowadzenie

Badania i kontrola granulatu gumowego stosowanego do budowy nawierzchni boisk sportowych lub innych obiektów użytkowych są szczególnie istotne ze względu na konieczność zapobiegania dopuszczaniu do obiegu granulatów o nieodpowiednich właściwościach technicznych i niekiedy szkodliwych lub toksycznych właściwościach chemicznych. Granulat taki negatywnie wpływałby na jakość nawierzchni, jak również na środowisko i zdrowie, szczególnie dzieci i młodzieży, głównych użytkowników budowanych boisk. Jakość granulatu gumowego zależy nie tylko od składu chemicznego, co jest oczywiste, ale również od procesu technologicznego wytwarzania gumy oraz technologii produkcji granulatu.

Granulaty gumowe na skalę przemysłową są produkowane według dwóch technologii [1-2]:

- z nowej, specjalnie sporządzanej w tym celu gumy głównie z kauczuków węglowodorowych powszechnie stosowanych w przemyśle gumowym – etyleno-wo-propyleno-wo-dienowego (EPDM), butadieno-wo-styrenowego (SBR), ewentualnie z dodatkiem kauczuku naturalnego (izoprenowego) (NR/IR) – tzw. granulaty Virgin,
- w procesie recyklingu materiałowego wyeksploatowanych wyrobów gumowych, głównie opon, poprzez rozdrabnianie różnymi metodami.

Skład chemiczny granulatów produkowanych z opon przez rozdrabnianie jest taki jak średni skład gumy opon; różnice występują w zależności od rodzaju opon i producenta [3, 4]. Według Hylandsa and Shulmana [4], opony samochodów osobowych i ciężarowych produkowane w krajach UE, a więc i w Polsce, zawierają średnio odpowiednio: 48 i 43% kauczuków, 22 i 21% sadzy technicznej, 1 i 2% tlenku cynku, 1% siarki oraz od 6 do 8% dodatków zawierających organiczne substancje małowcząsteczkowe, głównie oleje i zmiękczacze oraz przyspieszacze wulkanizacji (głównie pochodne aminowe, tiuramowe, karbaminiany), przeciwutleniacze (najczęściej pochodne fenolowe), nadtlutki organiczne i inne.

Jednym z wielu zastosowań granulatów gumowych [5 – 9] jest wykorzystanie ich do budowy litych nawierzchni boisk sportowych lub do wypełniania nawierzchni ze sztuczną trawą. Dotyczy to szczególnie granulatów z wulkanizatów kauczuków EPDM i SBR/NR.

Granulaty gumowe przeznaczone na nawierzchnie boisk sportowych powinny spełniać wymagania w zakresie parametrów technicznych i jednocześnie być bezpieczne dla zdrowia człowieka i środowiska. Granulat gumowy wyprodukowany z odpowiednich surowców i materiałów, z zastosowaniem właściwych rozwiązań technologicznych, posiada wymagane parametry techniczne i nie jest wyrobem niebezpiecznym.

Wymagania dotyczące nawierzchni profesjonalnych boisk sportowych są określone w „Handbook of Test Methods for Football Turf” [6] opracowanym przez FIFA – Międzynarodową Federację Piłki Nożnej (fr. Fédération

Internationale de Football Association) – zrzeszającą 208 federacji narodowych. Wymagania FIFA obejmują wymagania jakościowe i techniczne – określone za pomocą parametrów charakteryzujących rozdrobnienie, rodzaj i ilość kauczuków, ciężar nasypowy, odkształcenie trwałe po ścisaniu, odporność na gorącą wodę, właściwości fizyczne nawierzchni, takie jak np. odporność na uderzenia, odporność na wgniecenia, odporność i klasyfikacja ogniowa, stopień nierówności powierzchni, odporność na obciążenie toczne, ścieranie, zachowanie się piłki odbitej pionowo – i innych specjalistycznych badań, w tym zarówno sztucznej trawy, jak i granulatu gumowego;

W kwestii wymagań bezpieczeństwa chemicznego i wymagań środowiskowych FIFA odsyła do normy DIN 18035-7:2002-06 [7] oraz przepisów krajowych. Jedynie w przypadku podłóg z tworzyw sztucznych w obiektach zamkniętych FIFA wymaga badania emisji formaldehydu (PN-EN 717-1 i PN-EN 717-2).

W Polsce dotychczas nie ma ustalonych wymagań ani norm obligatoryjnych czy przepisów prawnych dotyczących wymagań w zakresie parametrów technicznych i chemicznych granulatów przeznaczonych na nawierzchnie boisk sportowych. Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ) określona przez Ministerstwo Sportu i Turystyki, dotycząca budowy boisk typu „Orlik” [20], w odniesieniu do wypełnienia nawierzchni granulatem zawiera jedynie ogólne wytyczne, uwzględniające w dokumentacji m.in. certyfikaty FIFA, atesty PZH, aprobaty techniczne ITB, raporty z badań. W Specyfikacji wymienione są tylko granulaty EPDM i SBR. W związku z tym podstawowe wymagania FIFA w zakresie parametrów jakościowych i technicznych granulatów stanowią obecnie jedyne szczegółowe wytyczne dla granulatów stosowanych do wypełniania nawierzchni tego typu boisk sportowych.

W literaturze fachowej zagranicznej i krajowej [8, 9] znajdują się doniesienia naukowców i specjalistów branżowych zwracające uwagę na niebezpieczeństwa związane z niekorzystnymi właściwościami niektórych granulatów gumowych stosowanych do wypełniania nawierzchni boisk sportowych oraz na problemy z ich jakością. Nieodpowiednia jakość i emisja szkodliwych substancji chemicznych występują szczególnie w przypadku materiałów niekontrolowanego pochodzenia, produkowanych często z niebezpiecznych odpadów lub z zanieczyszczeniami, bez zachowania standardów jakości technologicznej, kiedy głównym czynnikiem decydującym jest ekonomia.

Opisane są również sprawy sporne dotyczące oceny właściwości i jakości granulatów, które wymagają badań rozjemczych metodami uznanymi w UE, wykonywanych przez akredytowane laboratoria. Wiąże się to przeważnie z zastosowaniem nieodpowiednich surowców do wytwarzania mieszanek kauczukowych przeznaczonych na granulaty, jak również z powstawaniem i emisją ubocznych produktów reakcji chemicznych zachodzących podczas wulkanizacji kauczuku lub jego rozkładu.

Powstające wtedy substancje są częstokroć szkodliwe, toksyczne lub rakotwórcze [10-15].

Granulaty gumowe produkowane z różnego rodzaju odpadów gumowych, szczególnie otrzymanywane z recyklingu starych opon samochodowych, ale niekiedy i granulaty nowo produkowane zawierające oleje i dużą ilość organicznych dodatków małowcząsteczkowych, mogą mieć niewłaściwe parametry techniczne, zawierać niedopuszczalne zanieczyszczenia, być szkodliwe dla zdrowia i niszczyć środowisko naturalne z powodu emisji różnych toksycznych lotnych związków organicznych (VOC), wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) lub z powodu wydzielania się i migracji do wody i gleby, częściowo do atmosfery, znacznych ilości metali ciężkich (cynku, rtęci, kadmu, ołowiu, arsenu). Kauczuki zawierające chlorowce, niedozwolone w granulatach przeznaczonych na nawierzchnie boisk, są potencjalnym zagrożeniem ze względu na wydzielanie się chlorowcowodorów [12-14]. Jak wiadomo, powyższe substancje mogą powodować poważne zmiany chorobowe, nowotworowe, mutagenne, alergiczne.

Stwierdzone w granulacie gumowym metale ciężkie, takie jak Pb, Cd, As, Hg [15], pochodzą na ogół z zanieczyszczeń napełniaczy mineralnych i są dopuszczalne jedynie w śladowych ilościach. Również cynk, pochodzący głównie z bieli cynkowej (ZnO) stosowanej powszechnie jako aktywator wulkanizacji siarkowej, zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2003/105/WE z dnia 16 grudnia 2003 r. [17] został uznany za „niebezpieczny dla środowiska naturalnego”, ponieważ działa toksycznie na organizmy wodne.

Problem ograniczenia zagrożeń dla środowiska jest obecnie szeroko dyskutowany w krajach UE, USA, Kanadzie. Świadczy o tym m.in. dyskusja na forum międzynarodowym i prowadzone w różnych krajach badania, szczególnie po opublikowaniu Raportu KEMI (Szwedzkiej Inspekcji Chemicznej – Kemikalie Inspektionen) „Synthetic turf from a chemical perspective – a status report” [15]. W raporcie stwierdzono przekroczenia przyjętych norm migracji metali ciężkich i emisji lotnych związków organicznych w przypadku niektórych granulatów pobranych z boisk sportowych.

W Europie obowiązują dyrektywy UE i przepisy legislacyjne dotyczące ochrony środowiska i poprawy bezpieczeństwa, jak np:

- Dyrektywa 2005/69/WE [18] (zmieniająca Dyrektywę 76/769/EWG) wprowadza od 1 stycznia 2010 roku zakaz stosowania kancerogennych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA, które były powszechnie stosowane w postaci olejów aromatycznych w produkcji opon samochodowych i innych artykułów technicznych.
- Dyrektywa 2006/12/WE w sprawie odpadów [19]. W Polsce, w konsekwencji braku obligatoryjnych wymagań dotyczących granulatów, mogą powstawać zagrożenia dla środowiska naturalnego, a także dla bezpieczeństwa zdrowotnego użytkowników boisk, szczególnie dzieci i młodzieży. Jest to szczególnie istotne w świetle realizowa-

nego obecnie ogólnopolskiego projektu rządowego „Moje boisko – Orlik 2012” związanego z budową przez gminy ok. 1500 boisk sportowych w całej Polsce i wprowadzeniem do środowiska naturalnego ogromnych ilości granulatów gumowych (średnio ok. 30 ton na każde boisko; razem ok. 45 000 ton, rocznie w kraju ok. 13 000 ton).

Przeprowadzone badania pilotażowe komercyjnych granulatów gumowych przeznaczonych na nawierzchnie boisk sportowych oraz granulatów pobranych z nawierzchni kilku nowo zbudowanych boisk pozwoliły na wstępną ocenę jakości granulatów gumowych przeznaczonych do ich budowy oraz zagrożeń z powodu emisji metali ciężkich, które mogą powstawać przy stosowaniu tych granulatów. Rezultaty dalszych badań w zakresie emisji szkodliwych substancji chemicznych z granulatów i ich wpływu na zdrowie i środowisko będą przedmiotem następnego publikacji.

2. Część doświadczalna

2.1. Materiały

Granulaty gumowe (komercyjne) przeznaczone oraz zastosowane do wypełniania nawierzchni boisk sportowych ze sztuczną trawą – pobierane z boisk. Granulaty te były wytwarzane zarówno ze specjalnie produkowanej nowej gumy, tzw. granulaty „Virgin” – typu infill, jak i pochodzące z recyklingu odpadów gumowych:

- granulaty EPDM i SBR „Virgin” – typu infill o granulacji frakcji 0,5 – 3,5 mm, produkcji Unirubber;
- granulaty EPDM i SBR/IR z recyklingu typu infill o granulacji frakcji 0,5 – 3,5 mm, przeznaczone na nawierzchnie boisk;
- granulaty pobrane z nawierzchni kilku boisk sportowych budowanych w programie „Orliki 2012”.

2.2. Metodyka badań

Procedury badawcze zalecane przez FIFA są oparte głównie na normach EN, ISO i DIN lub stanowią specyficzne metody opracowane przez FIFA, a mianowicie:

Badania jakościowe składu materiałowego i jego wpływu na środowisko

- Identyfikacja rodzaju kauczuków – metodą FTIR i pirolityczną (GC);
- Oznaczanie zawartości kauczuku – metodą termogravimetryczną (TG);
- Migracja metali ciężkich: cynku, rtęci, kadmu, ołowiu i arsenu – metodą absorpcji atomowej ASA według DIN 18035-7:2002-06;
- Migracja całkowita zwana migracją globalną, stanowiąca łączną masę substancji chemicznych przedostających się do wyciągu (ekstraktu) wodnego, a w praktyce do środowiska wodnego i gleby, mierzona w mg/l wyciągu

Badanie parametrów technicznych

- Oznaczanie stopnia granulacji – metodą analizy sitowej wg EN 933-1 (czas wytrąsania na wytrząsarce

- wibracyjnej Analysette 3 – 30 min oraz amplituda 3 mm);
- Oznaczenie gęstości nasypowej – metodą wagową wg EN 1097 –3;
- Badanie odporności na przyspieszone starzenie w gorącej wodzie – wg zaleceń FIFA i EN 13744. Badanie polega na poddaniu próbek granulatu działaniu gorącej wody (70 ± 2 °C) w ciągu 14 dni i ocenie zmian właściwości fizycznych, np. masy lub twardości przed i po starzeniu;
- Badanie odporności na ściskanie – odkształcenia względnego i odkształcenia trwałego – wg zaleceń procedury FIFA 12/05-01 na podstawie ISO 604.

3. Wyniki badań i ich omówienie

Podstawowe właściwości granulatów gumowych przeznaczonych na nawierzchnie profesjonalnych boisk sportowych według zaleceń FIFA przedstawiono w tabeli 1. Wobec braku innych obligatoryjnych wymagań, jak wspomniano wcześniej, parametry te przyjęto jako wytyczne dla granulatów do wypełniania nawierzchni boisk typu „Orlik”.

Wyniki badań materiałowych, obejmujących identyfikację kauczuków oraz pomiar ich zawartości w komercyjnych granulatach gumowych przeznaczonych na nawierzchnie boisk sportowych oraz w granulatach pobranych z nawierzchni nowo zbudowanych boisk sportowych, przedstawiono w tabelach 2 ÷ 4. Badania prze-

prowadzono na próbkach uśrednionych mechanicznie w walcierce oraz na losowo pobieranych 10 pojedynczych granulach z każdego badanego granulatu. Przykładowe wykresy termoanalityczne TG/DTG, na podstawie których obliczano zawartość kauczuków w granulatach gumowych, przedstawiono na rys. 1 i 2. Przedstawione krzywe charakteryzujące badanie poszczególnych granulików wyraźnie wskazują na znaczne różnice w przebiegu ich rozkładu w porównaniu z krzywą próbki uśrednionej. Świadczy to o niejednorodnym składzie granulatu, stanowiącego mieszaninę granulików o różnej zawartości EPDM (rys.1) i opartych na różnych kauczukach – SBR + NR +NBR (rys. 2).

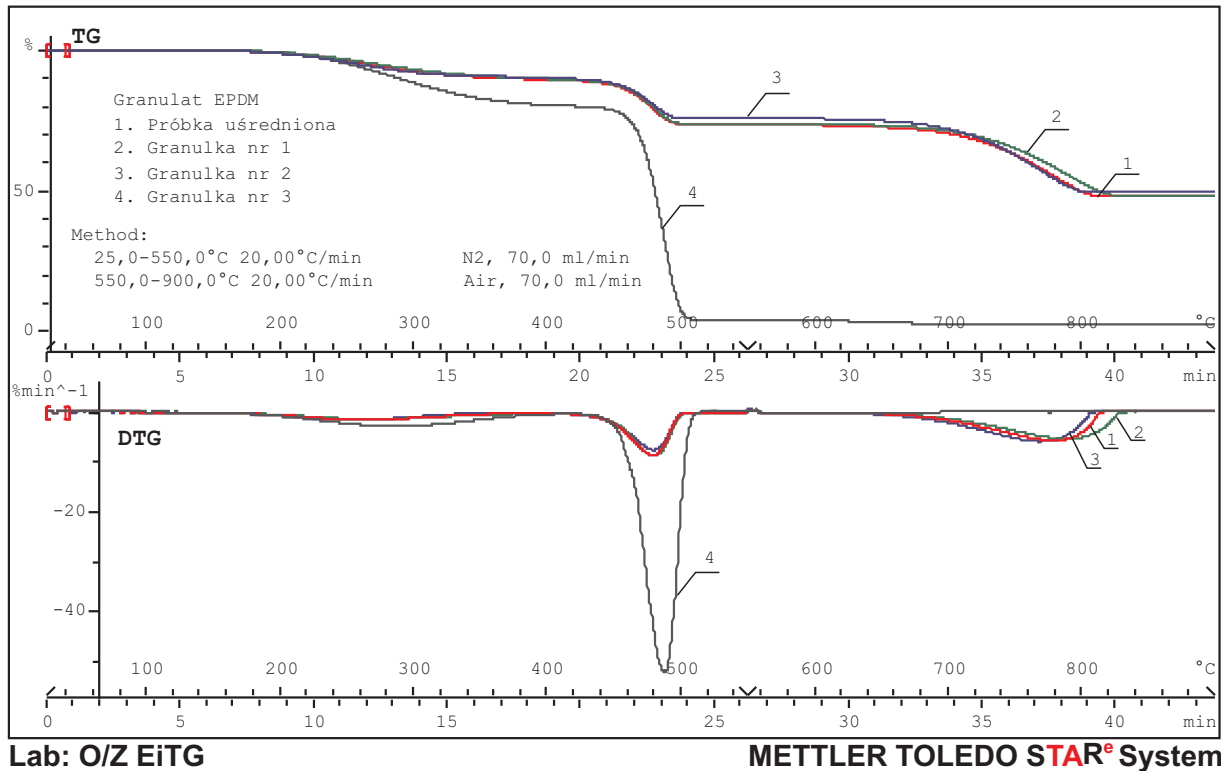
Wyniki badań granulatów typu „Virgin” przeznaczonych do wypełniania nawierzchni boisk ze sztuczną trawą – typu infill – przedstawione w tab. 2 wskazują, że dwa z nich zawierały właściwy kauczuk deklarowany przez producenta, natomiast jeden – granulak nr 2 – zawierał domieszkę około 20 % granulatu SBR. Granulaty SBR z recyklingu – nr 4 i 5 – składały się w większości z granulików zawierających kauczuki SBR+NR i SBR+BR, wskazujące na gumę pochodzącą z opon; ponadto zawierały niewielką domieszkę granulików NBR oraz CIIR.

Spośród granulatów pobranych z nawierzchni 5 boisk sportowych (tab. 3) tylko dwa były „czystymi” granulakami EPDM – bez domieszek innych kauczuków. Pozostałe trzy stanowiły mieszaninę granulików z różnych wulkanizatów zawierających kauczuki SBR,

Tabela 1. Podstawowe wymagania dla granulatów gumowych przeznaczonych do zasypiania nawierzchni ze sztucznej trawy według zaleceń FIFA [6], zgodnie z DIN 18035-7:2002-06 [7]

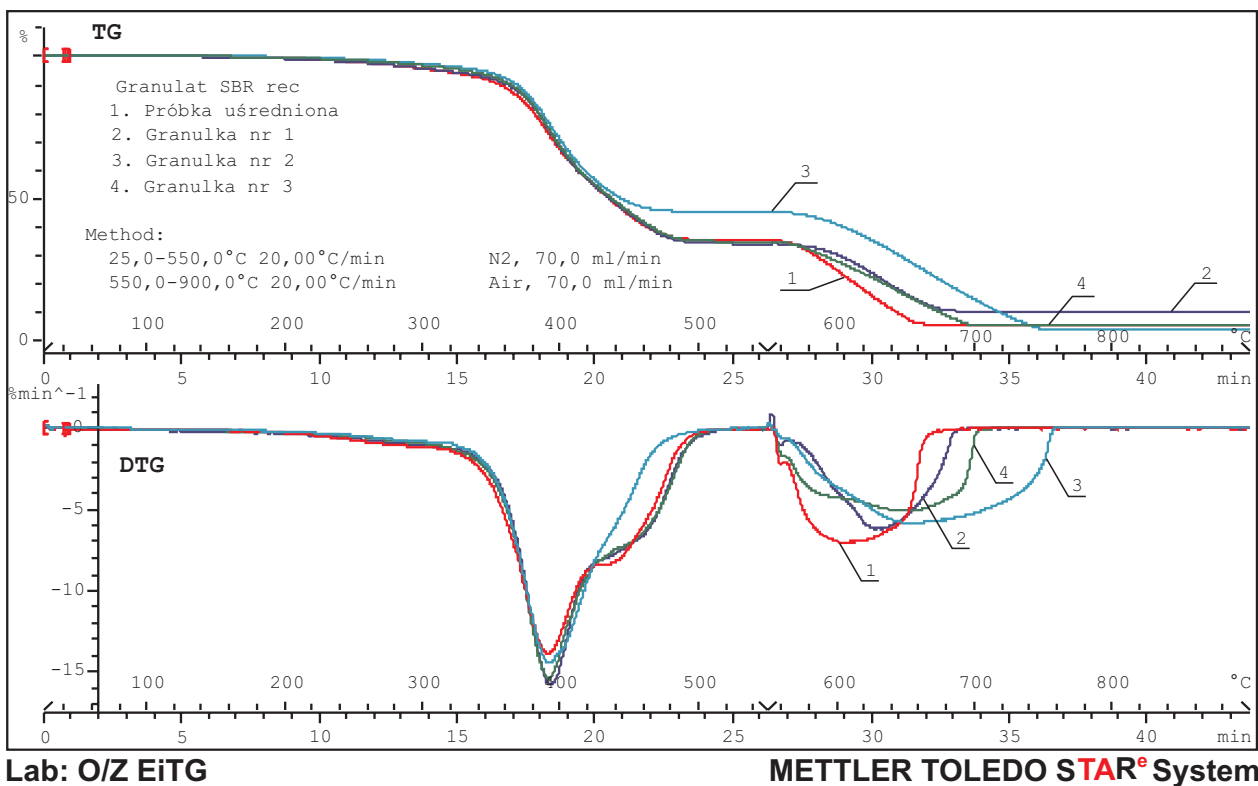
Table 1. Basic requirements for the rubber granules to fill the artificial grass surface recommended by FIFA [6], according to DIN 18035-7:2002-06 [7]

Lp.	Parametr	Wymagania
1	Wielkość cząstek – zawartość frakcji o wymiarach: powyżej 4 mm poniżej 0,5 mm	nie więcej niż 0,5 % nie więcej niż 1 %
2	Rodzaj kauczuku	EPDM lub SBR, SBR/NR zgodnie z kartą charakterystyki produktu wg deklaracji producenta
3	Zawartość kauczuku	nie mniej niż 20 %
4	Gęstość nasypowa	około 500-800 g/dm ³ wg deklaracji producenta
5	Migracja metali ciężkich, mg/l: ołów (Pb) kadm (Cd) chrom (Cr) rtęć (Hg) cyna (Sn) cynk (Zn) – eluat kwaśny cynk (Zn) – eluat obojętny	≤ 0,04 ≤ 0,005 ≤ 0,05 ≤ 0,001 ≤ 0,05 ≤ 3,0 ≤ 0,5
6	Odporności na przyspieszone starzenie w gorącej wodzie (migracja składników granulatu)	≤ 20 mg/l
7	Odształcenie trwałe po ścisnieniu	≤ 18 %



Rys. 1. Krzywe termogravimetryczne TG i DTG granulatu EPDM infill nr 2

Fig. 1. The TG and DTG thermogravimetric curve of EPDM infill granules No. 2



Rys. 2. Krzywe termogravimetryczne TG i DTG granulatu nr 3 (SBR+NR) – pobranego z boiska

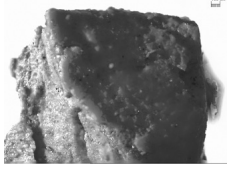
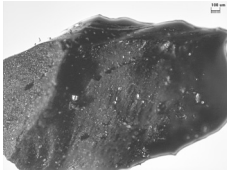
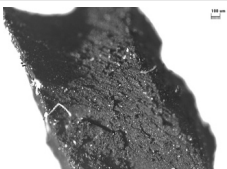
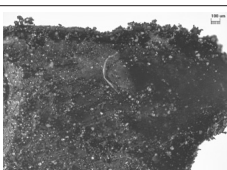
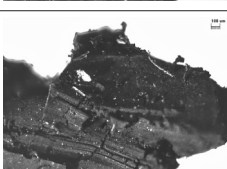
Fig. 2. The TG and DTG thermogravimetric curve of granules No. 3 (SBR+NR) – taken from the surface of sports field

EPDM, NR lub mieszaninę NR+SBR. W jednym przypadku stwierdzono występowanie w granulacie niedo-

puszczalnych w nawierzchniach boisk kauczuków CR, NBR, w innym – CIIR. Granulaty z dwóch boisk zawiera-

Tabela 2. Wyniki badań składu – identyfikacja i zawartość kauczuków – granulatów gumowych przeznaczonych na nawierzchnie boisk sportowych – komercyjnych typu „Virgin” oraz pochodzących z recyklingu

Table 2. The results of the composition – the identity and contents of rubber raw in the granules intended on the surface of sports fields – in the granules of commercial – type “Virgin”; and in the granules of recycling

Lp.	Rodzaj próbki	Zdjęcia mikroskopowe	Identyfikacja kauczuków ¹⁾		Zawartość kauczuków ¹⁾ % wag.
			w pojedynczych granulach ²⁾	w próbce uśrednionej	Oznaczenie w próbce uśrednionej
1	Granulat EPDM typu „Virgin” pomarańczowy – infill		EPDM [10]	EPDM	21
2	Granulat EPDM typu „Virgin” zielony, infill		EPDM [8] SBR [2]	EPDM SBR	19 (EPDM + SBR)
3	Granulat SBR typu „Virgin” czarny – infill		SBR [10]	SBR	26
4	Granulat SBR z recyklingu czarny		SBR [5] SBR+NR [4] NBR [1]	SBR NR	48, w tym: SBR – 36 NR – 11 NBR – 1
5	Granulat SBR z recyklingu grafitowy		SBR+NR [5] SBR +BR [3] CIIR [2]	SBR NR	56, w tym: SBR – 43 NR – 10 BR+CIIR – 3

¹⁾ Oznaczenia symboli kauczuków w tabelach 2 ÷ 4: EPDM – kauczuk etylenowo-propylenowy, NR – kauczuk naturalny lub jego odpowiednik syntetyczny IR – kauczuk izoprenowy syntetyczny, SBR – kauczuk butadienowo-styrenowy, NBR – kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy, BR – kauczuk butadienowy, IIR – kauczuk butylowy, CIIR – kauczuk chlorobutyłowy, CR – kauczuk chloroprenowy

²⁾ W nawiasach [] podano liczbę granuliek, w których zidentyfikowano dany kauczuk, na 10 granuliek badanych.

ły materiały włókniste, które na ogół wpływają na pogarszenie właściwości technicznych i obniżenie wytrzymałości materiału. W przypadku granulatu nr 4 stwierdzono niekorzystne elektryzowanie się bardzo cienkich cząstek granulatu w postaci rozdrobnionej folii. Dowodzi to, że były to granulaty pochodzące z recyklingu odpadów gumowych lub zużytych artykułów gumowo-tkaninowych zawierających przypadkowe kauczuki i materiały tekstylne. Granulaty te charakteryzowały się gorszymi parametrami technicznymi w zakresie odkształcenia trwałego po ścisnieniu i odporności na gorącą wodę poniżej wymagań (tab. 6). Natomiast w przypadku granulatu nr 2 zawierającego zalecany kauczuk EPDM stwierdzono, że składa się on z mieszaniny granulatów

EPDM o różnej zawartości kauczuku, od 14,5 do 76,6% wag., co średnio dało wynik 16% wag.

Zmniejszona zawartość kauczuku w granulacie oznacza zazwyczaj większą zawartość napełniaczy w materiale; przy takich proporcjach granulat ma obniżoną wytrzymałość i następuje jego szybkie zużycie podczas eksploatacji. Również w przypadku granulatu nr 3 (rys. 2) wyniki dla pojedynczych granuliek są znacznie zróżnicowane, co w sposób oczywisty wskazują, że materiał ten, podobnie jak granulat nr 2, jest mieszaniną granulatów o różnej zawartości kauczuku.

Badania wpływu granulatów na środowisko w zakresie migracji metali ciężkich do środowiska wodnego przeprowadzono na 4 granulatach: dwóch typu „Virgin”

Tabela 3. Wyniki badań składu – identyfikacja i zawartość kauczuków w granulatach gumowych pobranych z nawierzchni boisk sportowych

Table 3. The results of the composition – the identity and contents of rubber raw in the granules taken from the surface of sports fields


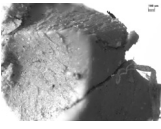
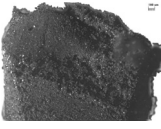
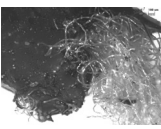
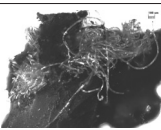
Lp.	Rodzaj próbki, opis	Zdjęcia mikroskopowe	Identyfikacja kauczuków ¹⁾		Zawartość kauczuków ¹⁾ % wag.
			w pojedynczych granulkach ²⁾	w próbce uśrednionej	Oznaczenie w próbce uśrednionej
1	Granulat nr1 szary, widoczne wklęsłości		EPDM [10]	EPDM	27
2	Granulat nr 2 ciemnoszary, widoczne spękania		EPDM [10]	EPDM	16
3	Granulat nr 3 czarny, wygląd jednorodny		NR+SBR [7] SBR [2] IIR [1]	NR SBR	56, w tym: SBR – 36 NR – 20
4	Granulat nr 4 czarny, widoczne włókna fragmenty folii elektryzowanie się		NR [2] EPDM [2] NBR [1] NR+SBR [3] CR [1]	SBR EPDM NR NBR CR	46, w tym: SBR+EPDM – ok. 30 NR – 11 NBR+ CR – 5
5	Granulat nr 5 czarny, widoczne włókna		SBR NR NR+SBR	NR SBR	54, w tym: SBR – 28 NR -26

Tabela 4. Porównanie wybranych wyników oznaczenia zawartości kauczuków w losowo pobranych granulach oraz w próbkach uśrednionych granulatów z nawierzchni boisk

Table 4. Comparison of some results of the rubber content determined in randomly collected granules and in the averaged samples of rubber granules taken from surface of sports fields

Badana próbka granulatu	Zawartość kauczuków oznaczana w losowo pobranych granulach, % wag				Zawartość kauczuków oznaczona w próbce uśrednionej, % wag.
	1	2	3	Wynik średni	
Granulat nr 1 – EPDM	26,8	27,0	27,2	27,0	27,0
Granulat nr 2 – EPDM	16,1	14,5	76,6	35,7	16,0
Granulat nr 3 – SBR/NR	57,8	48,8	58,0	54,8	55,7

i dwóch pobranych z boisk. Jak wskazują wyniki przedstawione w tab. 5, w przypadku granulatów „Virgin” SBR i pobranego z boiska nr 1 stwierdzono nieco większą zawartość cynku niż wartość nominalna, natomiast w przypadku granulatu z boiska nr 4 – ponad 4-krotnie większą zawartość cynku oraz przekroczoną zawartość kadmu. Zawartość pozostałych metali ciężkich nie przekraczała wartości nominalnych.

Odnosnie do migracji globalnej, czyli łącznej masy substancji chemicznych przechodzących do ekstraktu wodnego, brak jest ustalonych obowiązkowych wyma-

gań, jednak uzyskane wyniki wskazują na bardzo duże wartości migracji: na poziomie w większości ponad 10-krotnie większym niż w przypadku np. nominalnych wartości dla wyrobów gumowych przeznaczonych do kontaktu ze środkami spożywczymi. Największą migracją globalną charakteryzowały się: granulat EPDM „Virgin” – ponad 15-krotnie wyższą wartością – i granulat z boiska nr 4 – około 13-krotnie wyższą wartością niż maksymalna wartość migracji globalnej dopuszczalnej w przypadku wyrobów gumowych przeznaczonych do kontaktu ze środkami spożywczymi.

Tabela 5. Wyniki badań migracji globalnej oraz migracji metali ciężkich z granulatów gumowych
 Table 5. The results of global migration and of heavy metals from the rubber granulates

Lp.	Parametr	Granulat Virgin EPDM	Granulat SBR Virgin	Granulat 1 z boiska	Granulat 4 z boiska	Wymagania DIN 18035-7: 2002-06
1	Migracja globalna	780 mg/kg	410mg/kg	580 mg/kg	670 mg/kg	Brak wymagań
2	Migracja metali:					
	ołów (Pb)	< 0,04 mg/l	< 0,04 mg/l	< 0,04 mg/l	< 0,04 mg/l	≤ 0,04 mg/l
	kadm (Cd)	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l	< 0,005 mg/l	0,007 mg/l	≤ 0,005 mg/l
	chrom (Cr)	< 0,05 mg/l	< 0,05 mg/l	< 0,05 mg/l	< 0,05 mg/l	≤ 0,05 mg/l
	rtęć (Hg)	< 0,001 mg/l	< 0,001 mg/l	< 0,001 mg/l	< 0,001 mg/l	≤ 0,001 mg/l
	cyna (Sn)	< 0,05 mg/l	< 0,05 mg/l	< 0,05 mg/l	< 0,05 mg/l	≤ 0,05 mg/l
	cynk (Zn) – kwaśny	< 3 mg/l	3,2 mg/l	3 mg/l	12,9 mg/l	≤ 3 mg/l
cynk (Zn) – obojętny	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l	< 0,5 mg/l	0,6 mg/l	≤ 0,5 mg/l	

Jak można było się spodziewać na podstawie badań jakościowych, wyniki badań właściwości technicznych granulatów (tab. 6) nie budziły większych zastrzeżeń w przypadku granulatów typu „Virgin”, poza niewielkim przekroczeniem gęstości nasypowej w przypadku granulatu SBR. Natomiast w przypadku granulatów o nieodpowiedniej jakości chemicznej, jak np. granulaty z boiska nr 4 (z recyklingu odpadów), stwierdzono znacznie gorsze właściwości mechaniczne w zakresie odkształcenia trwałego po ścisaniu (zmniejszona odporność granulatu na ścisaniu). W przypadku tego granulatu stwierdzono również znacznie obniżoną odporność na gorącą wodę: migrację 36 mg/l w porównaniu z wartością wymaganą przez procedury FIFA (≤ 20 mg/l).

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że jakość badanych granulatów przeznaczonych lub zastosowanych na nawierzchniach boisk sportowych budowanych obecnie w Polsce nie zawsze jest odpowiednia i zgodna z deklaracją producenta lub inwestora oraz z wymaganiami FIFA i normy DIN18035-7:2002-06. Jak wykazały przedstawione wyniki, granulaty typu „Virgin” typu in-fill charakteryzowały się w większości prawidłowym składem deklarowanym przez producenta, jednak niektóre wykazywały zaniżoną zawartość kauczuku. Zmniejszona zawartość kauczuku w granulacie oznacza zazwyczaj większą zawartość

Tabela 6. Wyniki badań właściwości technicznych granulatów gumowych przeznaczonych do zasypiania nawierzchni ze sztucznej trawy i pobranych z boisk w porównaniu z wymaganiami FIFA [6]

Table 6. The results of the technical properties of rubber granulates intended to fill the grass surface and taken from sports fields, in comparison with FIFA requirements [6]

Lp.	Parametr	Granulat EPDM Virgin	Granulat SBR Virgin	Granulat 1 EPDM z boiska	Granulat 2 EPDM z boiska	Granulat 4 z recyklingu z boiska	Wymagania
1	Wielkość granulek:						
	poniżej 0,5 mm	0,4 %	0,4 %	0,1 %	0,5 %	0,2 %	≤ 1 %
	0,5 ÷ 4 mm	99,6 %	99,5 %	99,7 %	99,5 %	99,0 %	nie znormalizowano
	powyżej 4 mm	0 %	0,1 %	0,2 %	0,5 %	0,8 %	≤ 0,5%
2	Gęstość nasypowa, g/dm ³	800	825	625	760	600	500-800
3	Rodzaj kauczuku	EPDM	SBR	EPDM	EPDM	SBR, NR EPDM NBR, CR	EPDM, SBR (+ NR)
4	Zawartość kauczuku	19,5 ÷ 21 %	26 %	27%	16 %	46 %	nie mniej niż 20 %
5	Odkształcenie trwałe po ścisaniu	13,0 %	18 %	14,5 %	16,6 %	23,5%	≤ 18 %
6	Odporność na gorącą wodę, mg/l	3,5	11	16,0	20,0	36	≤ 20

napętnaczy w materiale; przy takich proporcjach granulatu ma obniżoną wytrzymałość, co wpływa na jego szybsze zużycie w eksploatacji. Niektóre granulaty pod względem zawartości i rodzaju kauczuków oraz właściwości technicznych w sposób istotny odbiegały od wartości nominalnych. Odnosi się to głównie do niektórych granulatów pobranych z boisk, których wyniki badań wskazują, że były otrzymywane na drodze recyklingu zużytych opon i innych odpadów gumowych.

W kilku przypadkach stwierdzono ponadto obecność kauczuków CR, NBR i CIIR, niedopuszczalnych w składzie granulatu przeznaczonych na nawierzchnie boisk. Niektóre granulaty zawierały również niedopuszczalne materiały włókniste pogarszające właściwości techniczne, obniżające wytrzymałość materiału i powodujące niekorzystne elektryzowanie się, zwłaszcza w przypadku występowania cząstek w postaci rozdrobionej folii. Dowodzi to, że granulaty pochodziły z recyklingu odpadów gumowych lub zużytych artykułów gumowo-tekstylnych. Granulaty te charakteryzowały się gorszymi parametrami technicznymi – poniżej wymagań w zakresie odkształcenia trwałego po ścisnieniu i odporności na gorącą wodę.

W przypadku granulatu o nieodpowiednim składzie materiałowym – zawierających niewłaściwe kauczuki i zanieczyszczenia włókniste – obserwowano wydzielanie się znacznie większej ilości substancji chemicznych migrujących do roztworu wodnego; nie ma jednak żadnych ustaleń normatywnych w tym zakresie. Również migracja cynku, który wykazuje szkodliwe oddziaływanie na środowisko wodne, przekraczała znacznie wartość normatywną.

Rezultaty dalszych badań w zakresie emisji szkodliwych substancji chemicznych z granulatu ich wpływu na zdrowie i środowisko będą przedmiotem następnej publikacji.

5. Wnioski końcowe

W Polsce istnieje duży problem związany z brakiem regulacji prawnych, które pozwoliłyby zapobiec stosowaniu granulatu gumowego o nieodpowiedniej jakości zarówno pod względem technicznym, jak i chemicznym. Brakuje ustaleń, które określałyby parametry techniczne i chemiczne stosowanych na nawierzchnie boisk sportowych, oraz wyników badań kontrolnych przeprowadzonych przez akredytowane laboratoria.

Kontrola jakości, parametrów technicznych oraz wydzielania substancji szkodliwych powinna mieć charakter obligatoryjny, co można by uzyskać np. poprzez wprowadzenie stosownych zmian do specyfikacji technicznych budowy boisk sportowych oraz warunków ich odbioru. Producenci granulatu musieliby wtedy przestrzegać określonych standardów, oferując produkt niezagrażający zdrowiu i środowisku.

Z nieodpowiedniej jakości granulatu wynikają również problemy ekonomiczne, związane z krótszym cza-

sem eksploatacji nawierzchni i koniecznością wymiany zużytego granulatu przed upływem terminu gwarancji, wynoszącego zazwyczaj ok. 5 lat.

Wykonanie nawierzchni boisk sportowych z granulatu o dobrych właściwościach, tj. zgodnych z ustalonymi wymaganiami, gwarantuje bezpieczeństwo zdrowotne użytkowników oraz stanowi mniejsze obciążenie dla środowiska.

Literatura

1. „Wprowadzenie do Recyklingu Opon: 2004”, publ. Europejskiego Stowarzyszenia Recyklingu Opon – UNEP oraz krajowego Stowarzyszenia „Ekoguma”, wyd. Stowarzyszenie Ekoguma i Instytut Przemysłu Gumowego „Stomil”, 2005, Piastów.
2. Przewodnik UNEP – Revised technical guidelines on environmentally sound management of used tyres, UNEP/CHW/OEWG/6/INF/6, 3 July 2007, Geneva.
3. A National Approach to Waste Tyres”, Australian Government, 2001.
4. Hylands K.N. and Shulman V., Civil engineering application of tyres European Community, Report VR5, 2003.
5. Sikora J.W., Ostaszewska U.; *Elastomery 2010*, 14, nr 2, 17.
6. „Handbook of Test Methods for Football Turf” [16] opracowany przez FIFA – Międzynarodową Federację Piłki Nożnej.
7. DIN 18035-7:2002-06.
8. J. Magryta, „Trawiaste boiska sportowe”; *Tworzywa Sztuczne i Chemia* nr 3/2005, Dodatek *Kauczuki naturalne i syntetyczne*.
9. G. Zych: „Uwaga na granulaty”, *Sportplus*, nr 9 (26), 2009
10. Kleps T., Rajkiewicz M.: „Rozwój badań nad zmniejszeniem negatywnego oddziaływania przemysłu gumowego na środowisko”, *Elastomery 1998*, 2, nr 1, 27.
11. Hiang Q & a.: *Analytical System for measuring thermal Generated VOC Emission from Polymers*, Antec 2000 Conference Proceedings, CP paper 437.
12. Kleps T., Domański W.: „Związki szkodliwe i toksyczne w przemyśle gumowym: N-nitrozoaminy”, *Polimery 1995*, 40, nr 5 268.
13. Kleps T., Parys T., Piaskiewicz M., Mężyński J.: „Badania wyrobów gumowych w zakresie eliminacji zagrożenia N-nitrozoaminami, *Tworzywa Sztuczne i Chemia 2009*, nr 5, Dodatek: *Kauczuki Naturalne i Syntetyczne*, s.12-20.
14. Dz.U. nr 98 z dnia 23 grudnia 1992 poz. 490; *Protokół Montrealski w sprawie substancji zubożającej warstwę ozonową, sporządzony w Montrealu 16 września 1987*.
15. *Raport „Synthetic turf from a chemical perspective – a status report” opracowany przez Kemikalie Inspectionen KEMI*, PM 3/06, Order No. 510834, Swedish Chemicals Inspectorate, Sundbyberg 2006.
16. *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1907/2006 z dnia 18 grudnia 2006 roku w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*

skiej L 396 z dnia 30 grudnia 2006 roku, sprostowanie Dz.Urz. UE L 136 z dnia 29 maja 2007 roku).

17. Dyrektywa 2003/105/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2003 r. zmieniająca dyrektywę Rady 96/82/WE w sprawie kontroli niebezpieczeństwa poważnych awarii związanych z substancjami niebezpiecznymi.
18. Dyrektywa 2005/69/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 listopada 2005 r. dot. ograniczeń we wprowadza-

niu do obrotu i stosowaniu niektórych substancji i preparatów niebezpiecznych (wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w olejach-zmiękczacach i oponach).

19. Dyrektywa 2006/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 5 kwietnia 2006 w sprawie odpadów gumowych.
20. Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia opracowana dla IV edycji programu „Moje boisko – ORLIK 2012”, wyd. MSiT, 24 marca 2011.



**Instytut Inżynierii
Materiałów Polimerowych i Barwników
Oddział Zamiejscowy Elastomerów i Technologii Gumi**

05-820 Piastów, ul. Harcerska 30
tel. (022) 723-60-25, fax: (022) 723-71-96
www.impib.pl



AB 147

Akredytowane przez PCA

LABORATORIUM BADAWCZE „Labgum”

Laboratorium jest wyspecjalizowane w badaniach wyrobów gumowych, m.in. różnego rodzaju elementów, uszczelnień, granulatu gumowego oraz surowców i mieszanek przeznaczonych do ich produkcji. Posiada nowoczesną aparaturę badawczą, ma wdrożony system jakości zgodny z wymaganiami PN-EN ISO/IEC 17025:2005 i akredytację od 1998 r.

Laboratorium posiada

Certyfikat Akredytacji PCA Nr AB 147

w zakresie badań fizyko-chemicznych i mechanicznych gumi i wyrobów gumowych

**Certyfikat KIWA - N.V. Certification and Inspection
0902111520JSHKIWA**

w zakresie badań uszczelnień gumowych do instalacji zimnej wody pitnej i kanalizacji zgodnie z wymaganiami UE KIWA PO 1003:2009

LABORATORIUM WYKONUJE BADANIA

według aktualnych norm krajowych, zagranicznych, UE i międzynarodowych ISO oraz procedur własnych

Kierownik Laboratorium:

dr inż. Teresa Kleps, tel. wew. 129, t.kleps@ipgum.pl, t.kleps@impib.pl

Z-ca Kierownika Laboratorium i Kierownik Zespołu Badania Właściwości Chemicznych:

dr inż. Małgorzata Piaskiewicz, tel. wew. 161, m.piaskiewicz@ipgum.pl, m.piaskiewicz@impib.pl

Kierownik Zespołu Badania Właściwości Fizycznych:

mgr inż. Michał Lewandowski: tel. wew. 182, m.lewandowski@ipgum.pl, m.lewandowski@impib.pl