



Anna BURKOWICZ\*

## **Perlit ekspandowany – materiał termoizolacyjny mało znany w Polsce**

Streszczenie: Rynek materiałów termoizolacyjnych rozwija się dynamicznie i poszerza o nowe produkty, w odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie klientów oczekujących jak najlepszych parametrów ochrony cieplnej budynków przy niskim koszcie uzyskania komfortu termicznego. Perlit ekspandowany jest stosunkowo nowym i mało rozpowszechnionym w Polsce materiałem termoizolacyjnym. W artykule przedstawiono rozwój produkcji tego surowca od momentu powstania pierwszego w Polsce zakładu ekspansacji w 1999 r., z uwzględnieniem wszystkich producentów krajowych. Ze względu na brak rodzimych złóż całość podaży perlitu pochodzi z importu. W kraju jest on poddawany ekspansacji, prowadzonej obecnie w pięciu przedsiębiorstwach, których łączna podaż może przekraczać 450 tys. m<sup>3</sup>/r. (ok. 45 tys. ton/r.). Wśród perlitów sprowadzanych do Polski dominują surowce z Węgier ze złoża Pálháza, a od 2006 r. również ze Słowacji ze złoża Lehotka pod Brehmi. Ponadto, w artykule omówiono główne kierunki zastosowania perlitu ekspandowanego ze szczególnym podkreśleniem użytkowania wynikającego z jego właściwości termoizolacyjnych. Dodatkowo porównano jego parametry z innymi wybranymi materiałami termoizolacyjnymi, powszechnie stosowanymi w Polsce – styropianem i wełną mineralną oraz aerogelem krzemionkowym – materiałem o najniższym współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda$ .

Słowa kluczowe: perlit, perlit ekspandowany, materiały termoizolacyjne

## **Expanded perlite – a thermal insulating material – little-known in Poland**

Abstract: The market of thermal insulation materials is growing rapidly and expanding with new products as a response to the increasing demand from customers expecting the best parameters of buildings thermal protection simultaneously with the low cost of thermal comfort. Expanded perlite is relatively new and not a very popular insulating material in Poland. The paper presents the expanded perlite market in Poland since the commissioning of the first perlite-expanding plant in 1999, taking all domestic manufacturers into account. Due to the lack of domestic deposits, the entire demand is met by imports. Five perlite-expanding companies are currently operating in Poland with a total supply reaching more than 450,000 m<sup>3</sup> per year (about 45,000 tpy). Hungary (Pálháza deposit), and as of 2006 also Slovakia (Lehotka pod Brehmi deposit) dominate among perlite suppliers. The second part of the article discusses the main directions of use of expanded perlite with a particular emphasis on

\* Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.

the use related to its heat-insulating properties. Additionally, the characteristics of expanded perlite was shown, compared to the other frequently used thermal insulation materials, such as: polystyrene foam, mineral wool or silica aerogel (a material with the lowest thermal conductivity factor –  $\lambda$ ).

Keywords: perlite, expanded perlite, thermal insulation materials

## Wprowadzenie

Perlit jest przeobrażoną skałą wylewną zbudowaną z kwaśnego wulkanicznego szkliwa ryolitowego, zawierającą w swojej strukturze od 2 do 5% obj. wody zamkniętej w zastygłej i zwiertzałej lawie. Pod względem chemicznym perlit jest uwodnionym glinokrzemianem potasowo-sodowym, zawierającym głównie krzemionkę  $\text{SiO}_2$  (65–75%) i tlenek glinu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10–18%), a ponadto tlenki sodu i potasu  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  (6–9%), magnezu i wapnia  $\text{MgO} + \text{CaO}$  (2–6%) oraz żelaza  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1–5%) (Żelazowska i in. 2014). Skład chemiczny surowca różni się w zależności od źródła jego pochodzenia. Przy szybkim podgrzaniu do temperatury powyżej 850–870°C jego ziarna pęcznieją, a związana woda gwałtownie przechodzi w stan pary, tworząc liczne drobne pęcherzyki. Powoduje to 10–40-krotne zwiększenie objętości (Harben i Kuzvart 1996) i zmniejszenie gęstości. Stopień ekspandowania zależy od zawartości cząsteczek wody uwięzionych w skałe perlitowej. Gęstość surowego perlitu wynosi od 2,23 do 2,40  $\text{Mg/m}^3$ , podczas gdy perlitu ekspandowanego już tylko 0,05–0,15  $\text{Mg/m}^3$  ([www.altex.pl/pdf/perlit.pdf](http://www.altex.pl/pdf/perlit.pdf)). W czasie ogrzewania perlit nieodwracalnie zmienia swą strukturę na wzór prażonych ziaren kukurydzy (następuje tzw. „popkornizacja”). W wyniku tego procesu tworzą się wewnątrz materiału puste, szkliste pęcherzyki o nieregularnych kształtach, które zawierają w sobie zamknięte powietrze. Proces ten nosi nazwę ekspandacji (spęczniania), a otrzymany produkt – perlitu ekspandowanego (inaczej ex-perlitu, perlitoporytu). Wyrób charakteryzuje drobny cios kulisty, perlówki (stąd nazwa „perlit”, z francuskiego *perle* i niemieckiego *perlstein*), powstający wskutek naprężeń podczas szybkiego stygnięcia szkliwa, a ponadto zróżnicowane zabarwienie, znaczna przejrzystość i połysk (od woskowego do perlowego; Harben i Kuzvart 1996).

Perlit ekspandowany został odkryty w 1939 r. przez Amerykanina Lee Boyer’a w mieście Superior w stanie Arizona w USA (<http://www.perlit.pl>). Jego produkcję na przemysłową skalę podjęto dopiero po II wojnie światowej. W Polsce czas perlitu nastał dopiero pod koniec lat 1990., kiedy pionierską linię jego ekspandacji uruchomiły Zakłady Górniczo-Metalowe Zębice w Starachowicach. Chociaż popyt na ten materiał ciągle rośnie, to nadal jest to materiał mało znany, głównie z powodu słabej promocji na rynku. Ponadto, mimo stosunkowo niskiej ceny i korzystnych właściwości izolacyjnych, zakres jego wykorzystania jest ograniczony z powodu dość dużej porowatości otwartej, która utrudnia zapewnienie powtarzalności produkowanych na jego bazie wyrobów. Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  dla granulatu perlitu ekspandowanego wynosi 0,045–0,059  $\text{W/(mK)}$  (wg SI  $\text{J/(msK)}$ ), podczas gdy dla innych materiałów termoizolacyjnych, np. styropianu – 0,031–0,042  $\text{W/(mK)}$ , a wełny mineralnej – 0,030–0,045  $\text{W/(mK)}$  (Adamczyk-Królak 2015; [www.altex.pl/pdf/perlit.pdf](http://www.altex.pl/pdf/perlit.pdf)).

## 1. Rozwój produkcji perlitu ekspandowanego w Polsce

W Polsce produkcję perlitu ekspandowanego prowadzi obecnie pięć przedsiębiorstw, bazujących na surowcach importowanych głównie z Węgier i Słowacji (tab. 1). Do 2014 r. jego wytwarzaniem zajmowały się również Zakłady Produkcji Surowców Chemicznych i Mineralnych Piotrowice II Sp. z o.o. w Tarnobrzegu. Ponadto, w bliskim sąsiedztwie polskiej granicy, w czeskim Nowym Jicinie, funkcjonuje zakład produkcyjny firmy Perlit Polska Sp. z o.o. o zdolnościach produkcyjnych 100 tys. m<sup>3</sup>/r., zaopatrujący polski i czeski rynek w perlity do różnych zastosowań na bazie surowca importowanego z Grecji, Węgier i Słowacji. Z danych uzyskanych od większości producentów wynika, że łączna produkcja perlitu ekspandowanego w Polsce dynamicznie się rozwija i może przekraczać 450 tys. m<sup>3</sup>/r. (tj. ok. 45 tys. ton/r.). Niestety, surowiec ten jest ewidencjonowany w statystykach GUS w pozycji PKWiU, obejmującej oprócz perlitu również wermikulit porowaty, ily porowate, żużel spieniony i podobne porowate materiały mineralne, łącznie z ich mieszaninami, stąd brak oficjalnych danych o krajowej produkcji perlitu ekspandowanego. O szybkim rozwoju rynku perlitu ekspandowanego w ostatnim dziesięcioleciu świadczą również nowo powstające przedsiębiorstwa, zajmujące się produkcją wyrobów budowlanych na jego bazie, np. J.P. Cover Sp. z o.o. z Bełchatowa, wytwarzająca tynk termoizolacyjny – Perlicover lub firmy trudniące się jego dystrybucją, Smart Green Sp. z o.o. w Bielsku Białej (dystrybutor produktów firmy Perlit Polska) czy Nordisk Perlite w Cieszynie (dystrybutor perlitu Europerl produkowanego w Danii). Trudny do oszacowania jest również poziom importu perlitu surowego (nieporowatego) do Polski, gdyż obecnie jest on ujmowany razem z wermikulitem i chlorytem nieporowatym w pozycji CN 253010, chociaż jeszcze do 2009 r. był ewidencjonowany w oddzielnej pozycji CN 25301010 (Burkowicz 2015).

Produkcja perlitu ekspandowanego prowadzona od 1999 r. przez Zakłady Górniczo-Metalowe Zębice w Starachowicach w 1999 r. bazuje na surowcach importowanych z Węgier, a w ostatnich latach również ze Słowacji. Po modernizacji zakładu i uruchomieniu linii produkcyjnej agropirlitu w 2007 r., jego zdolności produkcyjne wzrosły do około 180 tys. m<sup>3</sup>/r, a produkcja osiągnęła poziom 55 tys. m<sup>3</sup>. W ostatnich latach zwiększyła się ona do 60–67 tys. m<sup>3</sup>/r. (tj. około 6,0–6,7 tys. t), przy równoczesnej redukcji zdolności produkcyjnych do 120 tys. m<sup>3</sup>/r. Perlit ekspandowany jest tu wytwarzany w czterech podstawowych klasach: 0 (ciężar nasypowy maks. 120 g/m<sup>3</sup>) i I–III (maks. odpowiednio 100, 150 i 180 g/m<sup>3</sup>).

Ekspandacja węgierskiego surowca prowadzona jest również w zakładzie Knauf Jaworzno III Sp. z o.o. Uzyskany produkt niemal w całości wykorzystywany jest na potrzeby wewnętrzne zakładu do produkcji płyt izolacyjnych, a tylko w minimalnym stopniu eksportowany do siostrzanego zakładu Knaufa w Rydze.

W listopadzie 2005 r. produkcję perlitu ekspandowanego podjęła firma Perlipol, trudniąca się wcześniej importem surowca ekspandowanego z Grecji i ze Słowacji, uruchamiając w Bełchatowie nowy zakład na licencji firmy Kerko. W pierwszym roku działalności zakładu produkcja perlitu wynosiła około 10 tys. m<sup>3</sup> (tj. ok. 1 tys. ton), a w latach 2006–2007 osiągnęła poziom około 25–30 tys. m<sup>3</sup>/r., przy potencjale produkcyjnym sięgającym około 200 tys. m<sup>3</sup>/r. Obecnie działają tu cztery linie technologiczne do ekspandowania perlitu o wydajności 100 tys. m<sup>3</sup> rocznie każda (łącznie 400 tys. m<sup>3</sup>/r.), co czyni Perlipol największym producentem perlitu ekspandowanego w Polsce. Obecnie zakład przerabia surowiec sprowadzany z Węgier i Słowacji lecz podejmował też próby sprowadzania go z Turcji

TABELA 1. Charakterystyka producentów perlitu ekspandowanego w Polsce

TABLE 1. The characteristics of expanded perlite producers in Poland

Producent	Rok uruchomienia produkcji	Zdolności produkcyjne	Kierunki zastosowań produktów finalnych*	Pochodzenie surowca
Zakłady Górniczo-Metalowe Zębice S.A., Starachowice	1999	120 tys. m <sup>3</sup> /r.	budownictwo, hutnictwo, rolnictwo	Węgry, Słowacja
Knauf Jaworzno III Sp. z o.o., Jaworzno	1999	b.d.	budownictwo	Węgry
Perlipoł Spółka Jawna K. Kuśmierk, G. Derlatka, J. Benben, Bełchatów	2005	400 tys. m <sup>3</sup> /r.	budownictwo, rolnictwo, filtracja	Węgry, Słowacja
Przedsiębiorstwo Techniczno-Handlowe Certech, Niedomiche k. Tarnowa	2005	b.d.	rolnictwo/ogrodnictwo	Słowacja
Zakłady Produkcji Surowców Chemicznych i Mineralnych Piotrowice II Sp. z o.o. Tarnobrzeg	2007 (zakończenie w 2014 r.)	50 tys. m <sup>3</sup> /r.	budownictwo, ogrodnictwo/rolnictwo	Węgry
Perlit AF sp. z o.o., Kamienica k. Konina (Grupa Atlas)	2012	120 tys. m <sup>3</sup> /r.	budownictwo, rolnictwo/ogrodnictwo	Węgry, Słowacja

\* W kolejności od najbardziej znaczących.  
Źródło: Burkowicz 2015, dane producentów

i Gruzji. W ofercie handlowej spółki znajdują się gatunki o różnej granulacji do zastosowań budowlanych, filtracyjnych i rolniczych. W związku ze wzrostem popytu na perlit dla budownictwa, który stanowi około 90% łącznej podaży spółki, produkcja zakładu osiągnęła w latach 2014–2015 poziom 250–270 tys. m<sup>3</sup>/r. i niemal w całości (95%) była zbywana na rynku krajowym. W 2015 r. firma rozpoczęła także produkcję perlitu hydrofobizowanego, o nazwie handlowej Hydroperl, którego powierzchnia pokryta jest cienką warstwą hydrofobową, nieprzenikalną dla wody. Znajduje on zastosowanie jako adsorbent olejów napędowych, benzyny, smarów, terpentyny oraz innych tłustych cieczy rozlanych na powierzchniach ziemnych lub pływających w wodzie.

W grudniu 2005 r. produkcję perlitu w formie mat perlitowych i granulatów ogrodniczych na bazie surowca sprowadzanego ze Słowacji podjęła firma EKO-PER w Niedomicach k. Tarnowa. Wielkość produkcji w 2006 r. wyniosła 2 tys. m<sup>3</sup>. Po bardzo krótkim okresie działalności w grudniu 2007 r. firma została przejęta przez trudniące się dotychczas produkcją bentonitów Przedsiębiorstwo Techniczno-Handlowe Certech. Produkcja perlitu przeznaczonego do wytwarzania prostek izolacyjnych oraz agroperlitu dla upraw hydroponicznych została wznowiona w 2008 r., również na bazie słowackiego surowca ze złoża Lehotka. Wielkość produkcji zakładu w ostatnich latach wahała się w granicach 3,2–4,0 tys. m<sup>3</sup>/rok, z nieznacznym spadkiem w 2013 roku, przy imporcie surowca na poziomie 330–420 ton/r.

W marcu 2007 r. w Tarnobrzegu powstał kolejny zakład produkcyjny perlitu ekspandowanego o mocy 50 tys. m<sup>3</sup>/r uruchomiony przez Zakłady Produkcji Surowców Chemicznych i Mineralnych Piotrowice II Sp. z o.o. Wytwarzany tu perlit ekspandowany, również na bazie

węgierskiego surowca, znajdował zastosowanie głównie w budownictwie do produkcji płyt gipsowo-kartonowych, tynków i zapraw. Produkcja zakładu, kształtowała się zależnie od zapotrzebowania odbiorców, na poziomie 20–30 tys. m<sup>3</sup>/r. w latach 2011–2012, podczas gdy w 2013 r. obniżyła się do 18 tys. m<sup>3</sup>, a w 2014 r. została zakończona z powodów ekonomicznych.

Na bazie węgierskiego surowca i przy udziale kapitału węgierskiej firmy wydobywczej Perlit 92 Kft, we wrześniu 2012 r. w Kamienicy w gminie Kazimierz Biskupi, k. Konina, został uruchomiony kolejny zakład ekspansacji perlitu w Polsce. Wielkość produkcji powstałego przedsiębiorstwa Perlit AF Sp. z o.o., którego głównym udziałowcem jest Grupa Atlas Sp. z o.o., wynosiła w roku uruchomienia około 4 tys. m<sup>3</sup>, w 2013 r. już 70 tys. m<sup>3</sup>, a w kolejnych latach zwiększyła się do 120 tys. m<sup>3</sup> perlitu przeznaczonego głównie do zastosowań budowlanych (80–90% produkcji) i rolniczych.

Wytwarzaniem perlitu ekspandowanego zajmuje się również, wspomniana wcześniej, polska firma Perlit-Polska Sp. z o.o., która po wielu latach dostarczania na polski rynek perlitów z Czech, Węgier i Słowacji, podjęła własną produkcję w zakładzie zlokalizowanym w Nowym Jicinie w Czechach. Zakład ekspansacji o zdolnościach 100 tys. m<sup>3</sup>/r. bazuje na imporcie z Węgier, Słowacji i Grecji, wytwarzając surowiec głównie do zastosowań izolacyjno-budowlanych (80% produkcji) i ogrodnictwa. Część wytworzonego tam perlitu ekspandowanego trafia na rynek polski (Burkowicz 2015).

## **2. Główni dostawcy perlitu surowego do Polski**

Ze względu na brak rodzimych złóż całość zapotrzebowania na perlit surowy jest pokrywana importem. Wielkość dostaw od 2010 r. utrzymuje się na poziomie 22–25 tys. ton/r. (tab. 2). Wśród perlitów sprowadzanych do Polski dominują surowce z Węgier, skąd pochodziło ostatnio 67–76% importu (w 2012 r. nawet 83%) oraz ze Słowacji, której udział w imporcie sięgał 13–30% (w 2010 r. nawet 44%). W 2014 r. znacząco wzrosły dostawy perlitu z Turcji – do poziomu 1,6 tys. ton (6,5%), podczas gdy we wcześniejszych latach jej udział w dostawach był marginalny (tab. 2, rys. 1). Wartości jednostkowe importu perlitu z Węgier i Słowacji od 2007 r. nie różnią się zbytnio (maks. do 10%), a w ostatnich latach są niemal identyczne: 76–83 USD/Mg. W 2015 r. obniżyły się one do 66–68 USD/Mg, za sprawą znaczącego wzrostu średniorocznego kursu dolara amerykańskiego (tab. 3, rys. 2).

Mimo porównywalnych cen importowanych surowców, perlity z Węgier i Słowacji różnią się pod względem właściwości uzyskiwanego produktu finalnego. Surowiec słowacki charakteryzuje się bardziej kremowym zabarwieniem, jest cięższy i trwalszy (ma większą wytrzymałość mechaniczną) i jest najczęściej importowany w postaci grubszej frakcji ziarnowej, wykorzystywanej głównie w rolnictwie i ogrodnictwie. Perlit węgierski natomiast cechuje się bardzo drobnym uziarnieniem, większą białością, większym ciężarem właściwym i mniejszą wytrzymałością mechaniczną.

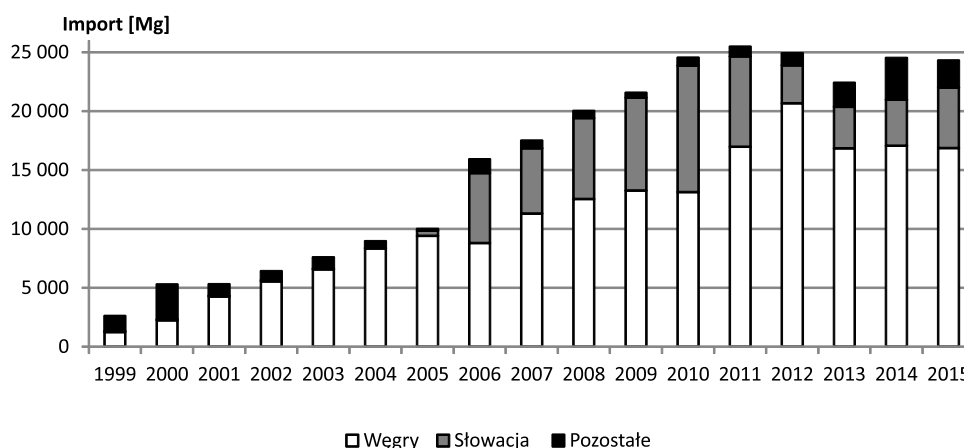
TABELA 2. Kierunki importu perlitu\* do Polski [Mg]

TABLE 2. Directions of perlitte imports\* to Poland [Mg]

Kraj/rok	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Belgia	4	-	18	14	-	-	1	-	-	0	-	12	-	-	-	770	680	648
Bulgaria	12	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	273	273	273
Chiny	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	96	22	220	15	60
Czechy	-	5	9	32	9	12	16	25	9	31	155	33	38	27	28	26	25	20
Francja	13	10	65	92	0,8	-	2	-	-	-	-	2	0,1	65	319	153	237	68
Niemcy	35	734	2456	338	69	84	454	135	966	585	364	242	379	498	354	324	372	484
Słowacja	59	91	71	82	97	75	47	429	5 933	5 535	6 872	7 901	10 723	7 667	3 237	3 541	3 908	5 118
Turcja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	-	88	154	88	1 623	410
Uganda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	107	110	-
USA	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	22	30	95	228	227
Węgry	1 369	1 249	2 249	4 271	5 556	6 568	8 356	9 416	8 811	11 316	12 548	13 256	13 141	16 979	20 663	16 838	17 060	16 878
Włochy	186	220	411	479	676	839	70	-	-	-	23	24	24	-	-	-	2	-
Łącznie	1 679	2 613	5 279	5 307	6 407	7 600	8 958	10 012	15 916	17 496	20 030	21 568	24 542	25 476	24 914	22 417	24 517	24 312

\* Od 2009 r. pozycja obejmuje wermikulit, perlit, chloryt nieporowate.

Źródło: GUS



Rys. 1. Struktura importu perlitu surowego do Polski (od 2010 r. łącznie z nieporowatym chloritem i wermikulitem)

Źródło: GUS

Fig. 1. Structure of perlite imports to Poland (since 2010, together with and non-porous chlorite and vermiculite)

## 2.1. Węgry

Na Węgrzech wystąpienia perlitu zostały udokumentowane na początku XIX wieku w północno-wschodniej części gór Tokaj w rejonie między miejscowościami Palhaza i Telkibanya, na wzgórzach Gyöngykő, w sąsiedztwie granicy ze Słowacją (rys. 3). Są to górnioceńskie skały typu ryolitowo-ryodacytowego, powstałe w wyniku działalności podmorskiego wulkanizmu na brzegu strefy subdukcji z kwaśnej bardzo lepkiej lawy i materiałów piroklastycznych. Perlit w stanie naturalnym zawiera 90–95% amorficznego wulkanicznego szkliwa, 5–6% śladników krystalicznych (kwarcu, plagioklazów, biotytu oraz minerałów akcesorycznych, takich jak amfibole, pirokseny i magnetyt) oraz 2,5–3,5% wody, co stanowi optymalną zawartość z punktu widzenia procesu ekspansji (tab. 4). Eksploatacja największego na Węgrzech obszaru złożowego Palhaza została rozpoczęta w 1956 r. Początkowo perlit wydobywano z płytkich szybów i sztolni, lecz od 1966 r. działała już kopalnia odkrywkowa, udostępniająca złoża trzema poziomami oraz zakład przerobczy przedsiębiorstwa państwowego – Hegyalja (Zelenka 2013). Do 1966 r. z tego obszaru wydobyto łącznie ponad 3,7 mln ton perlitu. Od 1980 r. eksploatację rozszerzono w kierunku wioski Bozsza – na obszary Som Hill (Palhaza) i Paska Hill (Nagybozsza). Po likwidacji przedsiębiorstwa państwowego Hegyalja, w 1992 r. utworzono spółkę Perlite 92 Ltd., która kontynuuje eksploatację do dnia dzisiejszego. Jest to jedyny dostawca perlitu na Węgrzech i jeden z największych producentów w Europie. Właścicielem Perlite 92 jest firma Duna-Drava Cement Ltd., która z kolei jest częścią niemieckiego koncernu cementowego Heidelberg (Zelenka 2013). Zasoby złoża szacowane są na 28 mln ton, a roczny poziom produkcji wynosi 72–175 tys. ton/r., z czego 80% stanowi przedmiot eksportu, głównie do Austrii, Niemiec i Polski.

TABELA 3. Wartości jednostkowe importu perlitu\* do Polski (CN 253010) z wybranych krajów [USD/t]

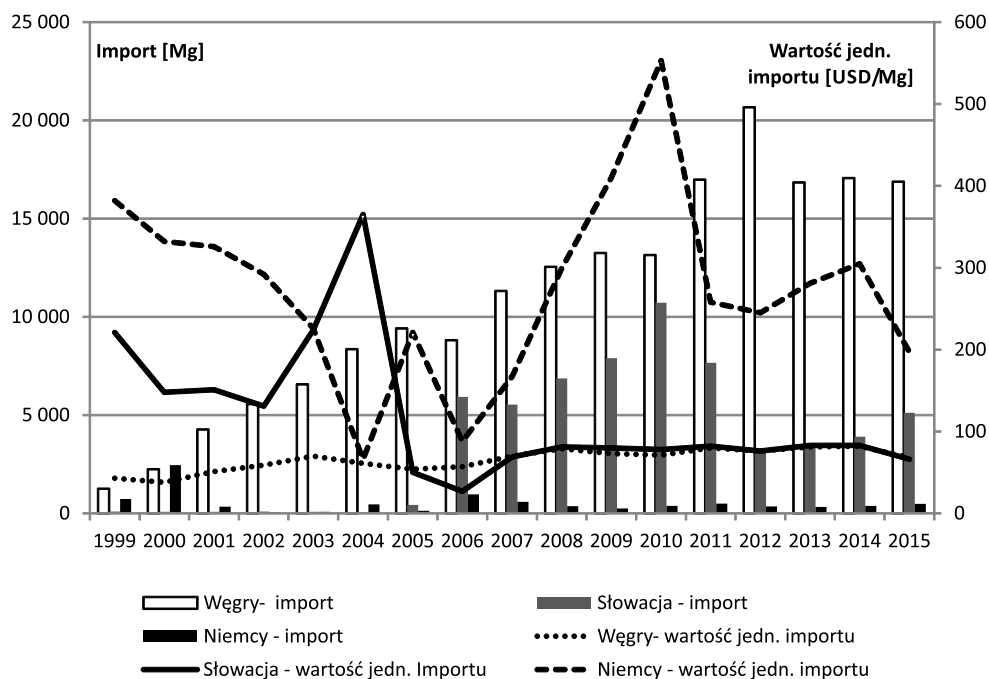
TABLE 3. Unit values of perlite imports\* to Poland from selected countries [USD/t]

Kraj/rok	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Belgia	485	–	425	476	–	–	872	–	–	605	–	616	–	–	–	369	370	311
Czechy	–	396	324	335	379	436	464	513	511	513	1 243	5 355	5 586	7 070	6 221	6 591	4 188	234
Francja	496	483	162	400	505	–	1 133	–	–	–	–	16 313	2 019	419	311	303	298	255
Niemcy	236	382	332	326	292	226	66	221	88	167	299	410	553	258	245	281	305	197
Słowacja	94	221	148	151	131	224	365	50	27	69	81	80	78	82	76	83	83	66
Turcja	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	372	–	177	168	170	127	116
Węgry	80	43	38	51	59	70	61	54	57	70	79	73	71	80	76	81	82	68
Włochy	517	491	432	452	467	447	505	–	–	–	271	242	99	–	–	–	418	–
Średnio/rok	137	203	210	115	106	116	67	58	48	74	93	92	98	101	99	126	127	97

\* Od 2009 r. pozycja obejmuje wermikulity, perlity, chloryty nieporowate.

Źródło: GUS, obliczenia własne





Rys. 2. Wielkość i wartość importu perlitu do Polski w latach 1999–2015, według GUS

Fig. 2. The volume and value of perlite imports to Poland in 1999–2015, according to the Central Statistical Office (GUS)

TABELA 4. Skład chemiczny odmian perlitów sprowadzanych do Polski [% mas.]

TABLE 4. Chemical composition of perlite varieties imported to Poland [wt %]

Skład/ Pochodzenie	Węgry Palhaza	Słowacja Lehotka	Włochy Sardynia	Turcja	Bułgaria	USA Arizona	USA Nowy Meksyk	Grecja Milos
SiO <sub>2</sub>	68,0–75,0	68,0–73,0	72,8	71,0–75,0	72,0–75,0	73,6	74,1	73–74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,0–12,0	7,5–15,0	13,8	12,5–18	13,0–15,0	12,7	13,3	12–15
Na <sub>2</sub> O	2,8–4,5	2,5–5,0	3,3	2,9–4,0	2,7	3,2	3,5	3,4–4,1
K <sub>2</sub> O	3,2–4,5	2,0–5,5	b.d.	4,0–5,0	4,8	5,0	3,8	3,0–4,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0–2,5	1,0–2,0	2,1	0,1–1,5	1,5	0,7	1,8	0,7–1,2
MgO	0,2–1,5	1,0	0,4	0,03–0,5	0,6	0,2	0,4	0,3
TiO <sub>2</sub>	–	max. 1	0,3	b.d.	–	0,1	0,05	0,06
CaO	1,5–2,0	0,5–2,0	0,9	0,5–2,0	1,0	0,6	1,5	0,7
Straty prażenia (H <sub>2</sub> O)	2,5–3,5	3,0–4,1	b.d.	4,1	3,0–6,0	3,8	3,0	2–5

Źródło: Herben i Kuzvart 1996; Maxim i in. 2014



● Obszar złóżowy Palhaza i Telkibanya

Rys. 3. Występowanie złóż perlitu na Węgrzech  
Źródło: Google, opracowanie własne

Fig. 3. The occurrence of perlite deposits in Hungary

## 2.2. Słowacja

Na Słowacji udokumentowano pięć złóż perlitu, o łącznych zasobach ponad 30 mln ton (rys. 4). Występują one w skałach trzeciorzędowych obszarów wulkanicznych w środkowej (złoża Lehotka pod Brehmi i Jastraba) i wschodniej Słowacji (złoża Bysta i Mała Bara). Ten ostatni rozciąga się aż po rejon złóżowy Palhaza na Węgrzech (Slovak Minerals Yearbook 2014). Jedyne złożem eksploatowanym od lat 1960. jest Lehotka pod Brehmi, w pobliżu Bańskiej Bystrzycy (rys. 4). Średnia zawartość szkliva wulkanicznego sięga w nim 75%. Perlity położone są w kompleksie skał zbudowanych z tufów, ryolitów i andezytów. W 2012 r. podjęto próbę uruchomienia wydobywania z sąsiedniego złoża Jastraba, o największych w rejonie zasobach perlitu, w którym szklivo wulkaniczne występuje w otoczeniu felytowych ryolitów i wulkaniczno-klastycznych skał ryolitowych, tworząc warstwę o miąższości około 50 m (Slovak Minerals Yearbook 2011, 2013). Z powodu prac nad dalszym rozpoznaniem w 2013 r. działania te nie były kontynuowane. Współudziałowcem obu kopalń jest niemiecki koncern Knauf, który w 2015 r. odkupił udziały w kopalni Lehotka od firmy LB Perlit, należącej do grupy kapitałowej austriackiego producenta materiałów budowlanych – spółki Lasselsberger. Inwestycja Knaufa w słowackie złożo pozwoli w najbliższych latach zwiększyć wydobywanie i przetwarzanie do 80 tys. t/r. perlitu surowego (<http://cijjournal.com/en/encompassme/11079/knauf-to-invest-czk-400m-in-czech-slovak-markets>).



Rys. 4. Złóża perlitu na Słowacji (stan na 2012 r.)

● – eksploatowane (exploited), ○ – nieeksploatowane (non-exploited); 1 – Lehotka pod Brehmi, 2 – Lehotka pod Brehmi-Bralo, 3 – Jastraba, 4 – Mala Bara, 5 – Bysta  
 Źródło: Slovak Minerals Yearbook 2013

Fig. 4. Slovak perlite deposits (as at 2012)

Poziom wydobycia perlitu na Słowacji sięgał zwykle rocznie 23–25 tys. ton, przy znacznym ograniczeniu w 2013 r. do 16 tys. ton. Duża jego część jest przeznaczana na eksport, głównie do Polski (60%) i Czech (30%). W latach 2000–2007 wielkość eksportu wahała się od 6 do 10 tys. ton/r., po czym uległa ograniczeniu do 1,2–2,2 tys. ton/r. w latach 2010–2012 (Slovak Minerals Yearbook 2014). W przyszłości eksport perlitu do Czech może znacząco się zwiększyć ze względu na planowane przez Knaufa uruchomienie nowego zakładu ekspandacji perlitu w Pradze.

### 3. Główne kierunki zastosowań perlitu ekspandowanego

Większość zastosowań perlitu ekspandowanego związana jest z jego właściwościami termoizolacyjnymi. Głównym jego konsumentem na polskim rynku jest przemysł materiałów budowlanych, który zużywa niemal 90% łącznej jego podaży w formie materiału termoizolacyjnego, w postaci luźnej zasyпки, lub – częściej składnika suchych zapraw, mieszanki betonowej (tzw. perlitobeton), tynku, wylewki lub kleju. Ponadto, może być on używany do produkcji ceramicznych kształtek izolacyjnych odpornych na ekstremalne warunki termiczne, zarówno w niskich, jak i wysokich temperaturach (kominy, chłodnie, zabezpieczenia ogniochronne konstrukcji budowlanych, przewody dymowe itp.), gdyż zakres temperatur, w których może być stosowany wynosi od  $-200^{\circ}\text{C}$  do  $+900^{\circ}\text{C}$ . Ze względu na wysoką zdolność absorpcji dźwięku jest on wykorzystywany jako składnik sufitów i osłon akustycznych w salach koncertowych, a także ekranów dźwiękochłonnych (Burkowicz 2015; [www.altex.pl/pdf/perlit.pdf](http://www.altex.pl/pdf/perlit.pdf)).

Poza przemysłem materiałów budowlanych perlit znajduje zastosowanie w ogrodnictwie, gdzie wykorzystuje się go jako komponent podłoży wieloskładnikowych w celu poprawy ich struktury, zwiększenia chłonności wilgoci oraz zdolności sorpcyjnych składników odżywczych, co zwiększa plony. Może być też stosowany w hodowlach hydroponicznych, gdzie optymalizuje gospodarkę wodą, zmniejszając zużycie substancji odżywczych i nawozów. Kierunek ten zyskuje coraz większą popularność na obszarach dotkniętych deficytem wody pitnej. W Polsce na kierunek ten przypada około 10% łącznego zużycia (Burkowicz 2015; [http://www.zebiec.pl/pliki/zastosowanie\\_perlitu.pdf](http://www.zebiec.pl/pliki/zastosowanie_perlitu.pdf)).

Ponadto w niewielkich ilościach jest on wykorzystywany w ochronie środowiska (jako absorbent nafty, benzyny, olejów, tłuszczów, smarów, terpentyny i innych cieczy tłustych), przemyśle spożywczym (jako materiał filtracyjny do produkcji piwa, wina itp.), farmacji (do filtrowania antybiotyków) i przemyśle kosmetycznym (jako komponent niektórych past do zębów).

#### **4. Właściwości perlitu ekspandowanego na tle innych wybranych materiałów termoizolacyjnych**

Właściwości termoizolacyjne perlitu ekspandowanego wynikają z niskiego współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  [W/mK], którego wartość podawana jest zwykle przez producentów w jednostce [W/(mK)] (wg SI [J/(msK)]). Dla czystego perlitu ekspandowanego wynosi on 0,045–0,059 W/(mK), zaś dla wyrobów wytworzonych z jego udziałem (zaprawy, tynki, mieszanki betonowe) – około 0,08–0,25 W/(mK) ([http://murator-dom.pl/budowa/izolacje/izolacja-termiczna-domu-nie-tylko-styropian-i-welna-mineralna,18\\_3133.html](http://murator-dom.pl/budowa/izolacje/izolacja-termiczna-domu-nie-tylko-styropian-i-welna-mineralna,18_3133.html)). Sam współczynnik przewodzenia ciepła wyraża ilość ciepła w watach [W], przepływającą w czasie 1 s przez powierzchnię 1 m<sup>2</sup> homogenicznej warstwy materiału o grubości 1 m prostopadle do powierzchni, gdy różnica temperatur na przeciwległych płaszczyznach tego prostopadłościanu wynosi 1 K. Im niższa wartość  $\lambda$  tym lepsze właściwości termoizolacyjne materiału. Standardowo używane izolacje mają współczynnik  $\lambda$  na poziomie 0,036–0,045 W/(mK). Osiągnięcie niższej przewodności nie jest łatwe, dlatego materiały o  $\lambda \leq 0,035$  W/(mK) uznaje się za superciepłe ([http://murator-dom.pl/budowa/izolacje/ocieplenia-nowej-generacji-izolacje-termiczne-o-niskim-wspolczynniku-przewodzenia-ciepla,18\\_10669.html](http://murator-dom.pl/budowa/izolacje/ocieplenia-nowej-generacji-izolacje-termiczne-o-niskim-wspolczynniku-przewodzenia-ciepla,18_10669.html)). Powszechnie używane i dostępne na rynku tradycyjne wyroby do izolacji cieplnej, takie jak wełna mineralna, styropian EPS oraz polistyren ekstrudowany XPS, charakteryzują się współczynnikiem przewodzenia ciepła na poziomie około 0,03 W/mK. Tradycyjne płyty styropianu mają współczynnik  $\lambda$  0,031–0,042 W/(mK), a dla płyt elastycznych  $\lambda$  wynosi 0,042–0,043 W/(mK). Najlepszą wartość współczynnika  $\lambda$ , z zakresu 0,032–0,033 W/(mK), a także niewielką gęstość mają czarne płyty styropianowe zawierające grafit, który zwiększa ich izolacyjność. Granulat styropianowy służący do ocieplania stropodachów i poddaszy odznacza się gorszą izolacyjnością termiczną niż płyty. W przypadku wełny mineralnej współczynnik przewodzenia ciepła w zależności od rodzaju wyrobu (miękkie, średnio twarde, twarde) wynosi od 0,030 do 0,045 W/(mK) – ta ostatnia wartość charakteryzuje również granulaty przeznaczone głównie do termoizolacji nadmuchowej (w metodzie *blow in*). Najniższe wartości współczynnika uzyskuje się obecnie w wyrobach zawierających aerozele krzemionkowe – od około 0,015 W/mK w matach oraz około 0,007 W/mK w panelach próż-

niowych (Adamczyk-Królak 2015; <http://www.izolacje.com.pl/artukul/id964,izolacja-aerozelowa-na-tle-izolacji-tradycyjnych?p=2>). Porównanie właściwości wybranych materiałów termoizolacyjnych (styropian, wełna mineralna, perlit i aerożel krzemionkowy) zestawiono w tabeli 5.

Porównując współczynniki przewodzenia ciepła  $\lambda$  dla wybranych materiałów można stwierdzić, że perlit ekspandowany charakteryzuje się najslabszymi właściwościami termoizolacyjnymi (dla niektórych odmian zbliżonymi do wełny mineralnej) lecz ma szereg innych zalet wyróżniających go spośród pozostałych wyrobów. Najważniejsze z nich to niepalność – odporność ogniowa klasy A; możliwość stosowania w bardzo szerokim zakresie temperatur od  $-200$  do  $+900^{\circ}\text{C}$  (największy przedział ze wszystkich porównywanych materiałów); bardzo dobra dźwiękochłonność (wykorzystywany jest do budowy ekranów akustycznych); trwałość i odporność na środki chemiczne oraz nieszkodliwość dla zdrowia, zarówno wykonawców, jak i użytkowników (tab. 5).

### Podsumowanie

Perlit ekspandowany jest materiałem termoizolacyjnym, który nie jest tak powszechnie używany w Polsce jak styropian czy wełna mineralna. Jego produkcję w kraju rozpoczęto pod koniec lat 1990. w ZGM Zębice w Starachowicach, a obecnie jest ona prowadzona w pięciu przedsiębiorstwach. Łączny poziom krajowej podaży, który może być oszacowany jedynie na podstawie danych producentów, w ostatnich latach mógł sięgać ponad 450 tys.  $\text{m}^3/\text{r}$ . (ok. 45 tys. ton). Ze względu na brak rodzimych źródeł surowca, całość krajowego zapotrzebowania pokrywana jest importem. Wśród perlitów sprowadzanych do Polski dominują surowce z Węgier ze złoża Palhaza i Słowacji ze złoża Lehotka pod Brehmi.

Wśród kierunków zastosowań perlitu ekspandowanego w Polsce 90% zużycia przypada obecnie na przemysł materiałów budowlanych, zaś pozostałe 10% przeznaczane jest do celów rolniczych i ogrodniczych. Większość zastosowań perlitu ekspandowanego związana jest z jego właściwościami termoizolacyjnymi, wynikającymi z niskiego współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$ , wynoszącego dla czystego perlitu ekspandowanego 0,045–0,059  $\text{W}/(\text{mK})$ , zaś dla wyrobów z jego udziałem (zaprawy, tynki, mieszanki betonowe) – około 0,08–0,25  $\text{W}/(\text{mK})$ . Mimo, że inne bardziej rozpowszechnione materiały termoizolacyjne takie jak styropian czy wełna mineralna charakteryzują się nieco lepszymi wartościami tego współczynnika, perlit ma szereg innych zalet. Do najważniejszych należą: niepalność, możliwość stosowania w bardzo szerokim zakresie temperatur (od  $-200^{\circ}\text{C}$  do  $+900^{\circ}\text{C}$ ), bardzo dobra dźwiękochłonność, trwałość i odporność na środki chemiczne oraz nieszkodliwość dla zdrowia zarówno wykonawców jak i użytkowników. Od 2009 r. na rynku krajowym dostępny jest aerożel krzemionkowy – nowoczesny materiał o najniższym współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda$  – około 0,015  $\text{W}/(\text{mK})$ , jednak możliwość jego stosowania jest ograniczona bardzo wysoką ceną, przekraczającą kilkunastokrotnie koszt wykonania izolacji z materiałów dotychczas znanych i stosowanych.

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

TABELA 5. Porównanie niektórych parametrów wybranych materiałów termoizolacyjnych

TABLE 5. Comparison of selected insulating materials

Parametr	Styropian	Wetna mineralna	Perlit ekspandowany	Aerożel krzemionkowy
Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda$ [W/mK] (deklarowany przez producentów)	0,031–0,042	0,030–0,045	0,045–0,059	0,014–0,016
Gęstość pozorna [kg/m <sup>3</sup> ]	14–19	135–170	30–180	8–80
Odporność ogniowa (klasa reakcji na ogień)	klasa E (samo gasnący, gasnie po usunięciu źródła ognia)	klasa A1 (materiał niepalny)	klasa A1 (materiał niepalny)	klasa A lub D (materiał trudno zapalny, niekapiący i nie odpadający pod wpływem ognia)
Zakres temperatur stosowania	–180°C–+85°C (powyżej 80oC ulega odkształceniu, powyżej 100°C topi się)	do +600°C (topi się powyżej 1000°C)	–200°C–+900°C	–270°C–+650°C
Izolacyjność akustyczna	mała	bardzo dobra	bardzo dobra (służy do budowy ekranów akustycznych)	bardzo dobra
Odporność na związki chemiczne	nieodporny na działanie rozpuszczalników organicznych	odporny	odporny	odporny
Wpływ na zdrowie ludzi	nieszkodliwy dla wykonawców i użytkowników	może podrażniać skórę i drogi oddechowe wykonawców, nieszkodliwy dla użytkowników	nieszkodliwy dla wykonawców i użytkowników	może podrażniać skórę i drogi oddechowe wykonawców, nieszkodliwy dla użytkowników
Wytrzymałość na ściskanie	0,070 MPa	0,015 MPa	0,14–0,40 MPa	0,070 MPa

Źródło: Adamczyk-Królak 2015; Radziszewska-Zielina 2009; <http://www.izolacje.com.pl/arttykul/id964,izolacja-aerozel-izolacja-tradycyjnych?p=2>; <http://www.swiat-szkla.pl/kontakt/1267-wlasciwosci-i-funkcjonowanie-izolacji-transparentnych.html>

## Literatura

- Adamczyk-Królak, I. 2015. Aerozele i pianki poliuretanowe – nowoczesne materiały termoizolacyjne w budownictwie. *Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym* nr 2 (16), (Pol. Częstochowska Wyd. Budownictwa), s. 9–14.
- Burkowicz, A. 2015. Perlit [W:] *Bilans Gospodarki Surowcami Mineralnymi Polski i Świata 2013*. (red. T. Sma-kowski, K. Galos, E. Lewicka). Warszawa: Wyd. PIG-PIB, s. 713–721.
- Harben, P. i Kuzvart, M. 1996. Perlite [W:] *A Global Geology. Industrial Minerals Information Ltd.*, Metal Bulletin PLC London, s. 280–287.
- Maxim i in. 2014 – Maxim, D.L., Niebo, R. i McConnell, E. 2014. Perlite toxicology and epidemiology – a review. *Inhal Toxicol.* 26(5), s. 259–270.
- Slovak Minerals Yearbook, 2011, 2013 i 2014, State Geological Institute, Spisska Nova Ves–Bratislava.
- Radziszewska-Zielina, E. 2009. Analiza porównawcza parametrów materiałów termoizolacyjnych mających zastosowanie jako izolacja ścian zewnętrznych. *Przegląd Budowlany* 4, s. 32–37.
- Zelenka, T. 2013. Geology of the perlite bodies at Páľháza. *European Geologist* 36, s. 19–21.
- Żelazowska i in. 2014 – Żelazowska, E., Pichniarczyk, P. i Najduchowska, M. 2014. Lekkie kruszywa szkla-no-krystaliczne z surowców odpadowych dla przemysłu materiałów budowlanych. *Materiały ceramiczne* 66/3, s. 321–330.

### Internetowe źródła informacji:

- [www.altex.pl/pdf/perlit.pdf](http://www.altex.pl/pdf/perlit.pdf) (Sawicki J., Perlit ekspandowany – arcymistrz termoizolacji)
- <http://www.perlit.pl>
- <http://cijjournal.com/en/encompassme/11079/knauf-to-invest-czk-400m-in-czech-slovak-markets>, publikowany 5.05.2015
- [http://www.zebiec.pl/pliki/zastosowanie\\_perlitu.pdf](http://www.zebiec.pl/pliki/zastosowanie_perlitu.pdf)
- [http://muratorodom.pl/budowa/izolacje/izolacja-termiczna-domu-nie-tylko-styropian-i-welna-mineralna,18\\_3133.html](http://muratorodom.pl/budowa/izolacje/izolacja-termiczna-domu-nie-tylko-styropian-i-welna-mineralna,18_3133.html)
- [http://muratorodom.pl/budowa/izolacje/ocieplenia-nowej-generacji-izolacje-termiczne-o-niskim-wspolczynniku-przewodzenia-ciepla,18\\_10669.html](http://muratorodom.pl/budowa/izolacje/ocieplenia-nowej-generacji-izolacje-termiczne-o-niskim-wspolczynniku-przewodzenia-ciepla,18_10669.html)
- <http://www.izolacje.com.pl/artykul/id964,izolacja-aerozelowa-na-tle-izolacji-tradycyjnych?p=2>
- <http://www.swiat-szklapl.pl/kontakt/1267-wlasciwosci-i-funkcjonowanie-izolacji-transparentnych.html>

