

PAŃSTWOWA SŁUŻBA GEOLOGICZNA
O SUROWCACH MINERALNYCH POLSKI

MINERAL RESOURCES OF POLAND AS SEEN
BY POLISH GEOLOGICAL SURVEY

ROPA NAFTOWA GAZ ZIEMNY CRUDE OIL NATURAL GAS

• PL \ EN

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

POLISH GEOLOGICAL INSTITUTE
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE





ROPA NAFTOWA / CRUDE OIL
FOT. / PHOTO BY: DARIUSZ IWAŃSKI

ROPA NAFTOWA GAZ ZIEMNY CRUDE OIL NATURAL GAS

Ropa naftowa oraz gaz ziemny należą, obok węgla kamiennego, węgla brunatnego i torfu, do paliw kopalnych. Są to substancje powstałe ze związków organicznych – węglowodorów, wykorzystywane do pozyskiwania energii.

Ropa naftowa, nazywana czarnym złotem lub olejem skalnym oraz błękitne paliwo, czyli gaz ziemny, to podstawowe nośniki energii we współczesnym świecie. Ich poszukiwania i wydobycie związane są z największym sektorem gospodarki światowej, jakim jest przemysł naftowy.

Ropa naftowa jest kopaliną ciekłą, mieszaniną węglowodorów oraz niewielkiej domieszki innych związków. Poszczególne pierwiastki występują w zmiennych stosunkach procentowych. Zwykle ropa składa się w 84–87% z węgla, 11–14% z wodoru, 0–6% z siarki oraz mniej niż w 1% z azotu, tlenu, metali i soli. Występuje razem z gazem ziemnym.

Ropa naftowa powstaje w wyniku biochemicznych i termicznych przeobrażeń materii organicznej pochodzącej ze szczątków organizmów roślinnych oraz zwierzęcych. Występuje w podziemnych złożach, z których jest wydobywana głównie poprzez odwierty. Ropa, aby mogła zostać wykorzystana do przeróbki na produkty naftowe i petrochemiczne poddawana jest procesowi rafinacji.

W zależności od składu, właściwości ropy naftowej mogą się znacząco różnić i wpływają m.in. na stopień jej lepkości, gęstość (w zależności od ilości i wielkości cząsteczek węglowodorów może być lekka albo ciężka, mierzona wg wskaźnika API*) oraz zawartość siarki (określana jako kwaśna, gdy zawiera powyżej 0,5% lub słodka - poniżej 0,5%). Większość typów ropy ma gęstość pomiędzy 10 a 70 stopni API, gdzie wyższa wartość oznacza lżejszą, bardziej wartościową ropę. Im ropa lżejsza, słodsza i o mniejszym stopniu lepkości tym łatwiej i taniej uzyskać z niej lżejsze frakcje, takie jak benzyna czy olej napędowy.

Crude oil and natural gas belong, apart from hard coal, brown coal and peat, for fossil fuels. They were created from organic compounds - hydrocarbons, and they are used for energy production.

Crude oil, also called the "black gold" – and the blue fuel (natural gas) are today the key energy carriers in the world. Oil and gas exploration and extraction are associated with the largest sector of international economy, petroleum industry.

Crude oil is a liquid mixture of hydrocarbons with a small admixture of other compounds. In terms of elemental composition, particular elements account for various percentage shares. Typically, crude oil contains 84–87% of carbon, 11–14% of hydrogen, 0–6% of sulphur and less than 1% of nitrogen, oxygen, metals and salts. It occurs jointly with natural gas.

Petroleum is formed as a result of biochemical and thermal transformation of organic matter derived from plant and animal debris. Petroleum occurs in underground reservoirs from which it is extracted through wells. Oil so that it can be used for processing into petroleum and petrochemical products undergoes refining.

Oil properties may vary to a high degree depending on its composition in terms of viscosity, density (depending on the volume and size of hydrocarbon particles, oil is classified as light or heavy, according to the API index*) and sulphur content (sour, if more than 0.5% or sweet, if less than 0.5% of sulphur). Generally, oil densities range from 10 to 70 API. Higher API values denote a lighter, more desirable crude oil. The lighter, sweeter and less viscous oil, the easier and cheaper it is to obtain lighter fractions, such as petrol or diesel.

* Indeks API - wskaźnik miary gęstości ropy naftowej w stosunku do wody (ciężkości) mierzony w stopniach, opracowany przez Amerykański Instytut Naftowy i używany do porównywania relatywnej gęstości ropy.

* API Index – the index of petroleum density versus water density (gravity), expressed in degrees. The index, developed by the American Petroleum Institute, is used for comparing relative densities of petroleum.



FOT. / PHOTO BY: THINKSTOCK

Gaz ziemny jest bezwonny, bezbarwny i łatwopalny gazem, składającym się głównie z metanu (CH_4). Oprócz niego mogą występować niewielkie ilości etanu, propanu, butanu i innych związków organicznych i mineralnych. Pokłady gazu ziemnego występują samodzielnie lub towarzyszą złożom ropy naftowej lub węgla kamiennego. Ze względu na skład chemiczny i właściwości fizyczne rozróżnia się m.in. gaz wysokometanowy, zawierający powyżej 85% metanu, oraz gaz zaazotowany, który zawiera od 30% do ponad 80% metanu.

Ze względu na skład wyróżnia się również gaz suchy, zawierający łącznie 95% metanu i etanu oraz gaz mokry, w którym występują także cięższe węglowodory do 30% (głównie mieszanina propanu i butanu) wykraplający się w złożu w formie kondensatu gazowego przy zmianie ciśnienia w złożu (*Natural Gas Liquids - NGL*).

Natural gas is an odourless, colourless and flammable gas composed mainly of methane (CH_4). It may also contain small amounts of ethane, propane, butane and other organic or mineral compounds. Natural gas reservoirs occur separately or in association with oil reservoirs or coal deposits. Considering chemical compositions and physical properties, natural gas falls into high methane gas, that contains over 85% of methane, and nitrogen rich gas that contains from 30% to over 80% of methane gas.

In terms of composition, natural gas is also subdivided into dry gas with a total methane and ethane content of 95%, and wet natural gas, in which heavier hydrocarbons (mostly a mixture of propane and butane) account for up to 30%. The latter tend to form liquid gas condensates at reservoir pressure changes (*Natural Gas Liquids - NGL*).

ZŁOŻA KONWENCJONALNE I NIEKONWENCJONALNE

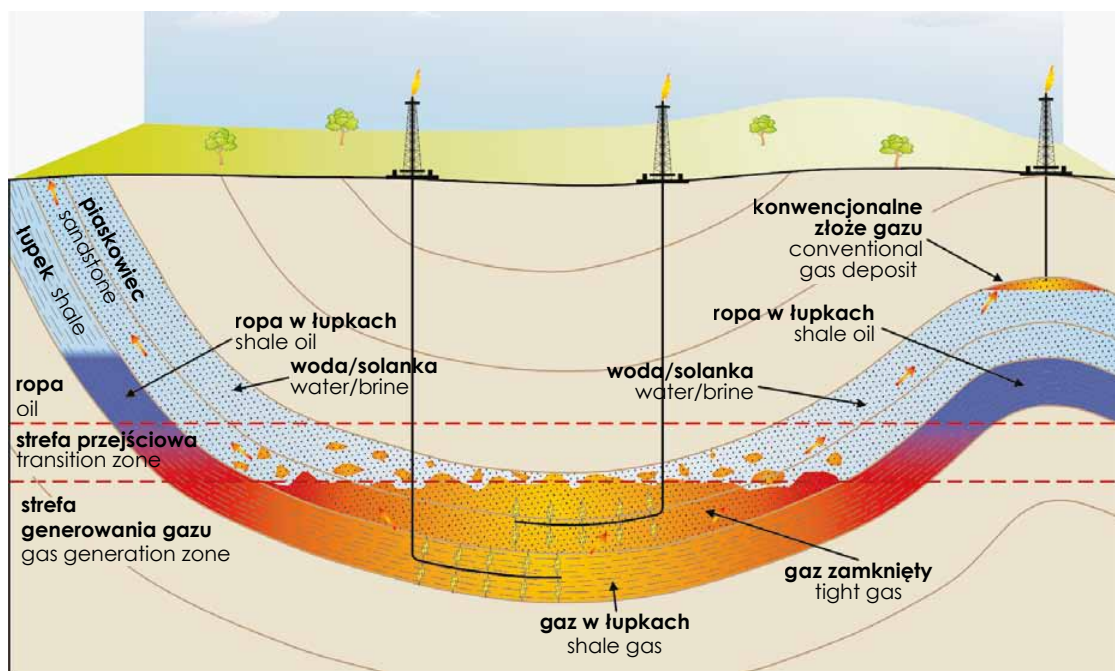
CONVENTIONAL AND UNCONVENTIONAL DEPOSITS

Podział na ropę naftową i gaz ziemny pochodzące ze złóż konwencjonalnych i niekonwencjonalnych odnosi się do typu skały, z której pochodzą węglowodory oraz do metody ich wydobycia.

Złożami konwencjonalnymi są formacje geologiczne, w których właściwości złoża oraz płynów złożowych pozwalają węglowodom łatwo przedostawać się do otworów wiertniczych. Złoża o takiej charakterystyce występują w skałach osadowych, których współczynnik przepuszczalności zależy od wielkości porów i ich konfiguracji między sobą, wzajemnego ułożenia ziaren budujących skałę, wysortowania i cementacji ziaren oraz szczelinowatości skały. Wydobycie następuje z wykorzystaniem konwencjonalnej technologii tj. zazwyczaj poprzez wykonanie pionowych odwiertów. Szacuje się, że globalnie około 55% gazu i 45% ropy znajduje się w złożach konwencjonalnych.

The subdivision into conventional and unconventional oil and gas reservoirs is based on reservoir rock properties and the method of oil/gas extraction.

Conventional reservoirs are rock formations wherein the reservoir and reservoir fluid properties allow for unrestrained flow of hydrocarbons into drilling wells. The reservoirs with such characteristics occur in sedimentary rocks, whose permeability coefficient depends on the size of the pores and their configuration among themselves, the mutual arrangement of grains building the rock, gradation of grains and their sorting, cementation of grains, as well as depends on the degree of rock fissures. Oil/gas is produced using conventional technologies, i.e. primarily by drilling vertical wells. According to estimates, conventional reservoirs account for approx. 55% and 45% of the total global resources of gas and oil, respectively.



SCHEMAT ILUSTRUJĄCY GŁÓWNE RÓŻNICE POMIĘDZY KONWENCJONALNYMI I NIEKONWENCJONALNYMI SYSTEMAMI WĘGLOWODOROWYMI

DIAGRAM EXPLAINING THE KEY DIFFERENCES BETWEEN CONVENTIONAL AND UNCONVENTIONAL OIL/GAS SYSTEMS
ŹRÓDŁO/SOURCE: PAŃSTWOWA SŁUŻBA GEOLOGICZNA O GAZIE W ŁUPKACH / SHALE GAS AS SEEN BY POLISH GEOLOGICAL SURVEY, 2013

ZŁOŻA KONWENCJONALNE I NIEKONWENCJONALNE

Złożami niekonwencjonalnymi określa się formacje skalne o stosunkowo niskiej przepuszczalności i porowatości, co powoduje, że ropa lub gaz ziemny nie mogą swobodnie przepływać przez pory skalne do otworu wiertniczego. Do wydobywania węglowodorów z takich źródeł np. z formacji łupkowych lub z pokładów węgla kamiennego, wymagane jest zastosowanie specjalnych technik inżynierskich, takich jak np. szczelinowanie hydrauliczne*.

Konwencjonalne złoża gazu w strukturalnej pułapce antyklinalnej zilustrowane jest po prawej stronie. Złoża gazu ziemnego w łupkach oraz gazu ziemnego zamkniętego wykształcone w centralnej części naftowego basenu sedimentacyjnego. Złoża te nie występują w pułapkach złożowych, ani też nie są podścielane przez wody złożowe, jak ma to miejsce w przypadku konwencjonalnych złóż węglowodorów. Produkcja gazu ziemnego z tego typu złóż wymaga wierceń poziomych i szczelinowania hydraulicznego.

CONVENTIONAL AND UNCONVENTIONAL DEPOSITS

Unconventional deposits are defined as rock formations with relatively low permeability and porosity, which means that oil or natural gas cannot flow freely through the rock pores to the borehole. Special engineering procedures, such as hydraulic fracture stimulation*, must be applied in order to produce hydrocarbons from shale formations or hard coal seams.

At right, a conventional gas reservoir in anticlinal trap. Shale gas and tight gas reservoirs have been formed in the central part of sedimentary basin. Unlike conventional oil/gas reservoirs, they do not occur in reservoir traps nor are underlain by the water. Horizontal drilling and hydraulic fracture stimulation are required in order to produce natural gas from such reservoirs.

* Szczelinowanie hydrauliczne jest to proces technologiczny mający na celu zwiększenie wydajności odwiertu, przeprowadzany poprzez wypompowywanie pod wysokim ciśnieniem do odwiertu mieszanki wody z dodatkami chemicznymi i piaskiem w celu wytworzenia, utrzymania lub powiększenia szczelin w skałach.

* Hydraulic fracture stimulation is a process whereby the output of a well is enhanced by injecting pressurised water with chemical additives and sand in order to generate, maintain or increase rock fractures.



HISTORIA ODKRYCIA W POLSCE

Polska posiada sięgające średniowiecza tradycje naftowe, kiedy to w rejonie Karpat eksploatowano wycieki ropy przesączającej się ze skał fliszu karpackiego. Impulsem do poszukiwań bardziej wydajnych źródeł surowca było odkrycie procesu destylacji nafty z ropy naftowej oraz opracowanie konstrukcji lampy naftowej w 1853 r. przez polskiego aptekarza i przedsiębiorcę Ignacego Łukasiewicza. Ten pionier przemysłu naftowego w Europie był również jednym z założycieli powstałej w 1854 r., pierwszej na świecie kopalni ropy naftowej w Bóbrce koło Jasła w południowo-wschodniej Polsce oraz konstruktorem pierwszej na świecie rafinerii. Rozpoczęcie wydobywania w Bóbrce (5 lat przed dokonaniem odwiertu ropy naftowej w Pensylwanii w Stanach Zjednoczonych) oraz odkrycie znacznych złóż ropy naftowej we wschodniej części Karpat (w tym największego pola naftowego we fliszu* karpackim w okolicach Borystawia) rozpoczęło na przełomie XIX i XX wieku rozkwit przemysłu naftowego w tym rejonie. Złóża podkarpackie do dzisiaj są eksploatowane, jednak większość wydobywania pochodzi z pól odkrytych po II wojnie światowej w centralnej części kraju.

Ciekawostka: Kopalnia w Bóbrce nadal działa i wydobywa ropę – obecnie w formie Muzeum Przemysłu Naftowego i Gazowniczego im. Ignacego Łukasiewicza.

- XVI w.** Praktyczne wykorzystanie ropy naftowej na fliszu karpackim
- 1853 r.** Opracowanie metody rafinacji ropy dla potrzeb produkcji i wykorzystania lamp naftowych
- 1854 r.** Założenie przez Ignacego Łukasiewicza i Tytusa Trzecieckiego pierwszej na świecie spółki naftowej, która zaczęła wydobywać ropę naftową w Bóbrce k. Krosna
- 1856 r.** Otwarcie pierwszej rafinerii ropy naftowej zaprojektowanej przez Ignacego Łukasiewicza w Ulaszowicach
- 1896 r.** Odkrycie największych trzeciorzędowych złóż ropy w Borystawiu
- 1909 r.** Produkcja ropy w Polsce osiąga ponad 2 mln t/rok, co stawia Polskę na 3 miejscu największych światowych producentów ropy za Stanami Zjednoczonymi i Rosją
- 1954 r.** Otwarcie pierwszego w Europie podziemnego magazynu gazu w Rozłokach k/Jasła
- 1958 r.** Odkrycie pola *Przemyśl* – największego złoża gazu w Polsce
- 1981 r.** Odkrycie przez firmę Petrobaltic pierwszego złoża ropy pod dnem Morza Bałtyckiego w Polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku
- 1990 r.** Pierwsze wydobywanie metanu z pokładów węgla i wiercenia za surowcem w zagłębiu węglowym Górnego Śląska w Polsce
- 1993 r.** Odkrycie złoża *Barnówko-Mostno-Buszewo* – największego polskiego złoża ropy naftowej w Polsce
- 2007 r.** Odkrycie pierwszego złoża gazu zamkniętego w strukturze *Siekierki-Trzek*

HISTORY OF DISCOVERIES IN POLAND

Poland's petroleum traditions date back to the Middle Ages when crude oil seepages from the Carpathian flysch have been exploited. The discovery of kerosene distillation from petroleum and the invention of kerosene lamp in 1853 by Ignacy Łukasiewicz, a Polish pharmacist and entrepreneur, prompted exploration for more productive sources of petroleum. Łukasiewicz, the pioneer of petroleum industry in Europe, was the co-founder of the first oil mine worldwide (at Bóbrka near Jasło, SE Poland) and designed the first petroleum refinery in the world. The beginning of petroleum extraction at Bóbrka (5 years before the first oil well drilling in Pennsylvania) and the discovery of a large oil plays in Eastern Carpathians at the turn of the 19th century (including the largest oilfield in the Carpathian flysch* near Borystaw) marked the beginning petroleum industry development in that region. The Sub-Carpathian reservoirs are still being produced today, although a majority of crude oil comes from reservoirs that have been discovered in Central Poland after The Second World War .

Interesting fact: the Bóbrka Mine is still active and produces oil – as Ignacy Łukasiewicz Oil and Gas Industry Museum.

- 16th Century** Petroleum from the Carpathian flysch is used commercially
- 1853** The method of petroleum distillation developed for the purposes of production and application of kerosene lamps
- 1854** The first oil company in the world established by Ignacy Łukasiewicz and Tytus Trzeciecki starts to produce crude oil at Bóbrka near Krosno
- 1856** The first oil refinery, designed by Ignacy Łukasiewicz is opened at Ulaszowice
- 1896** Discovery of the largest Tertiary oil reservoirs at Borystaw
- 1909** With an output of over 2 million tonnes of oil per year Poland is the third producer of petroleum in the world, behind USA and Russia
- 1954** The first underground gas storage facility in Europe is commissioned at Rozłoki near Jasło
- 1958** *Przemyśl* – the largest gas field in Poland - discovered
- 1981** The first offshore oil reservoir discovered by Petrobaltic Company in the Polish economic zone of the Baltic Sea
- 1990** Coal bed methane (CBM) is first produced in the Upper Silesian Coal Basin where an exploratory drilling programme is underway
- 1993** *Barnówko-Mostno-Buszewo* – the largest oilfield in Poland – is discovered
- 2007** The first tight gas reservoir is discovered in the *Siekierki-Trzek* structure

* Flisz - seria naprzemianległe ułożonych warstw skał osadowych morskiego pochodzenia, składająca się głównie ze zlepieńców, piaskowców, mułowców i ilowców.

* Flysch – a series of alternating marine sediments, mainly composed of conglomerates, sandstones, mudstones and claystones.

ZASTOSOWANIE ROPY NAFTOWEJ

Ropa naftowa ma podstawowe znaczenie dla gospodarki światowej jako surowiec przemysłu chemicznego, a przede wszystkim jako jeden z najważniejszych surowców energetycznych. Jest fundamentem współczesnej gospodarki. Wydobyty i nieprzerobiony surowiec posiada jednak ograniczone zastosowanie, w związku z czym wymaga dalszego przetworzenia. W tym celu ropa zostaje przestana do rafinerii i poddana m.in. destylacji frakcyjnej, która pozwala na wydzielenie frakcji, czyli grup składników o podobnej temperaturze wrzenia, a następnie poddawane są dalszej obróbce w zależności od celu ich wykorzystania.

Większość produktów rafinerii to paliwa, smary, woski oraz surowce dla potrzeb petrochemii. W Polsce najczęściej wykorzystywanym produktem rafinacji ropy naftowej jest olej napędowy, który stanowi 53% całkowitej konsumpcji, w dalszej kolejności znajduje się benzyna (15%) oraz płynny gaz LPG (10%).

Półprodukty pochodzące z przetwórstwa ropy naftowej możemy spotkać w wielu przedmiotach codziennego użytku m.in. w lekach (np. aspiryna), tworzywach sztucznych, oponach, zabawkach czy produktach elektronicznych.

PETROLEUM APPLICATION AREAS

Petroleum is of a key importance to the world economy as a resource for the chemical industry and one of the most important sources of energy. It is the foundation of the economy of today. Crude oil is of a limited usefulness and must be processed before use. To this end, crude oil is transferred to a refinery for fractional distillation to obtain fractions, i.e. groups of components that share similar boiling point characteristics which are then further processed depending on their intended use.

Distillation products are mostly fuels, lubricants, waxes and raw materials for the petrochemical industry. In Poland, gas oil is the primary petroleum refining product, accounting for 53% of the total crude oil consumption, followed by petrol (15%) and liquefied petroleum gas (LPG - 10%).

Semi-finished products of petroleum processing are found in many daily-use products, including medicaments (e.g. aspirin), plastics, tyres, toys or electronics.

GŁÓWNE FRAKCJE ROPY NAFTOWEJ MAIN PETROLEUM FRACTIONS	PRZYKŁADOWE ZASTOSOWANIE ILLUSTRATIVE USE
Gazy rafineryjne Distillation gases	Gaz płynny (LPG – Liquefied Petroleum Gas) stosowany w butlach gazowych jako paliwo do zasilania urządzeń grzewczych oraz paliwo silnikowe, tworzywa sztuczne Liquefied Petroleum Gas (LPG), marketed in gas bottles for feeding heating devices or as engine fuel; plastics
Benzyna lekka Light petrol	Paliwo lotnicze Aviation fuel
Benzyna ciężka Heavy petrol	Paliwo samochodowe Vehicle fuel
Nafta Kerosene	Paliwo do silników odrzutowych Jet fuel
Oleje naftowe Petroleum oils	Olej napędowy (paliwo do silników Diesla), oleje smarowe, oleje parafinowe Gas (Diesel) oil, lube oils, paraffin oil
Oleje opałowe Fuel oils	Paliwo okrętowe oraz do pieców przemysłowych Marine fuel oil, furnace oil
Bitumy (pozostałość podestylacyjna) Bitumen (distillation residue)	Asfalt Asphalt

ZESTAWIENIE GŁÓWNYCH FRAKCJI ROPY NAFTOWEJ
MAIN PETROLEUM FRACTIONS

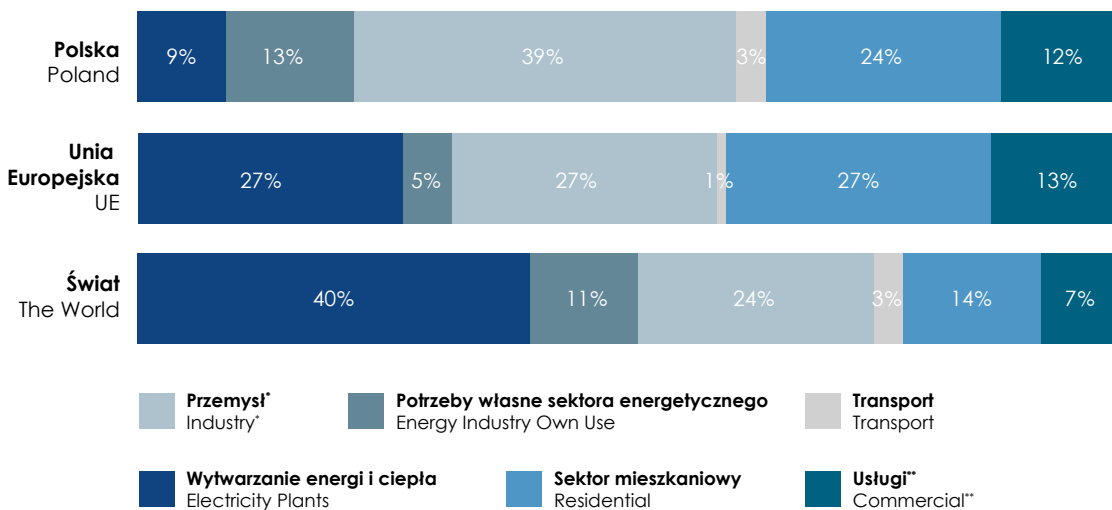


ZASTOSOWANIE GAZU ZIEMNEGO

NATURAL GAS APPLICATION AREAS

Gaz ziemny jest najczystszy paliwem kopalnym, znajdującym zastosowanie w różnych sektorach gospodarki. Stopień jego wykorzystania różni się w zależności od kraju lub regionu. W Polsce na masową skalę wykorzystuje się go np. w przemyśle chemicznym, gdzie jest niezbędny do produkcji tworzyw sztucznych oraz w zakładach azotowych do produkcji nawozów sztucznych. Przemysł w Polsce zużywa prawie 40% całkowitego zapotrzebowania na gaz. Ważnym konsumentem gazu są również odbiorcy indywidualni, którzy wykorzystują go do zasilania kuchenek gazowych oraz ogrzewania domów.

As the purest fossil fuel, natural gas is used in many sectors of the economy. The level of natural gas penetration may vary from one country or region to another. In Poland, chemical industry is a large natural gas consumer for the production of plastics or artificial fertilizers. Polish industry accounts for almost 40% of the total demand for gas. Also the residential sector is a major consumer of natural gas for gas cookers and heating.



- * Przemysł zawiera zużycie nieenergetyczne / Industry includes consumption other than for energy generation
- ** Usługi zawierają usługi prywatne i publiczne, rolnictwo, leśnictwo oraz rybołówstwo / Commercial sector includes privately-owned and public utilities, agriculture, forestry and fisheries

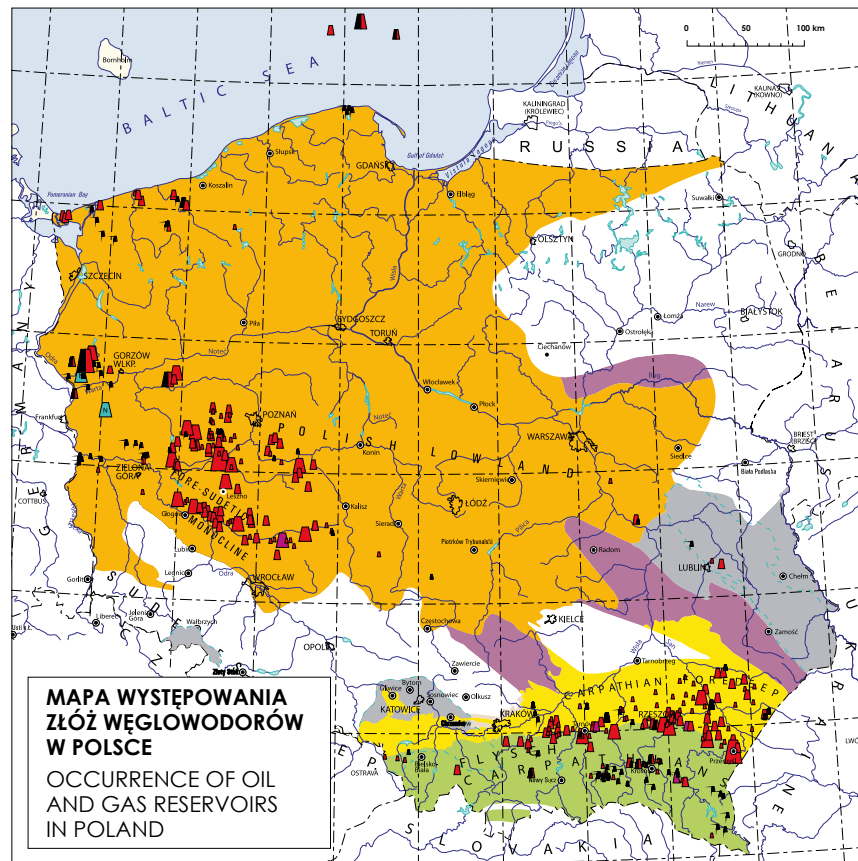
STRUKTURA ZUŻYCIA GAZU ZIEMNEGO W POLSCE, W UE I NA ŚWIECIE

NATURAL GAS CONSUMPTION BY SECTOR IN POLAND, THE EU AND IN THE WORLD

ŹRÓDŁO/SOURCE: Międzynarodowa Agencja Energetyczna, Bilans energetyczny krajów OECD 2016 / International Energy Agency, Energy Balance of OECD Countries 2016

WYSTĘPOWANIE WĘGLOWODORÓW W POLSCE

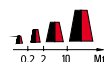
OCCURRENCE OF HYDROCARBONS IN POLAND



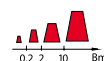
ZASOBY: RESOURCES:



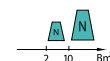
Złoża ropy naftowej
Oil reservoirs



Złoża ropy i gazu
Oil and gas reservoirs



Złoża gazu
Gas reservoirs



**Złoża gazu ziemnego
zaazotowanego**
High-nitrogen natural gas
reservoirs



Podziemne magazyny gazu
Underground gas storage



**Perspektywiczne obszary
występowania metanu
z pokładów węgla**
Coal Bed Methane
prospective areas



**Miasta
wojewódzkie**
Voivodeship
towns



Inne miasta
Other towns



**Granice
państwowe**
State
boundaries



Rzeki
Rivers



**Zbiorniki wodne
(naturalne i sztuczne)**
Water reservoirs
(natural and artificial)



**Skały ropo- i gazonośne
na Przedgórzu Karpackim**
Oil- and gas-bearing rocks
of the Carpathian Foredeep



**Skały ropo- i gazonośne
w Karpatach Fliszowych**
Oil- and gas-bearing rocks
of the Flysch Carpathians



**Skały ropo- i gazonośne w utworach
permickich (cechsztyń i czerwony
spągowiec)**
Permian (Zechstein & Rotliegend)
oil and gas-bearing formations



**Karbońskie formacje ropo-
i gazonośne**
Carboniferous oil- and gas-
bearing formations



**Przedkarbońskie formacje ropo-
i gazonośne**
Pre-Carboniferous oil-
and gas-bearing formations



**Obszary nieperspektywiczne
pod względem ropy i gazu**
Areas without prospective
oil and gas occurrence

WYSTĘPOWANIE WĘGŁOWODORÓW W POLSCE

W Polsce złoża węglowodorów występują zarówno na obszarze lądowym, jak i w polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku.

Występowanie ropy naftowej na obszarze lądowym:

- Ropa w Polsce występuje głównie na Niziu Polskim oraz w Karpatach na głębokości od 3,5 km do 6 km.
- Na Niziu Polskim ropa występuje w skałach permu, karbonu i kambriu.
- W przedgórzu Karpat złoża ropy naftowej występują w skałach miocénskich oraz w osadowych utworach mezozoicznych typu platformowego.
- Złoża występujące w Karpatach i na ich przedgórzu mają długą historię, jest to rejon najstarszego światowego górnictwa ropy naftowej, jednakże obecnie zasoby ropy naftowej ulegają zmniejszeniu.

Występowanie gazu ziemnego na obszarze lądowym:

- Głównym regionem występowania gazu w kraju jest Niz Polski. Gaz udokumentowano również na przedgórzu Karpat, a niewielkie jego zasoby występują również w małych złożach obszaru Karpat.
- Około 75% zasobów gazu znajduje się w skałach miocenu i czerwonego spągowca, a pozostałe w osadach kambriu, dewonu, karbonu, cechsztynu, jury i kredy.
- Na Niziu Polskim złoża gazu ziemnego występują w regionie przedsudeckim i wielkopolskim w skałach permu, a na Pomorzu Zachodnim w skałach karbonu i permu. W tym obszarze dominuje gaz ziemny zaazotowany.
- Na przedgórzu Karpat złoża gazu ziemnego występują w skałach jurajskich, kredowych i miocénskich. Obecnie następuje renesans wydobywania i wzrostu zasobów wysokometanowego gazu ziemnego z utworów miocenu.
- W Karpatach gaz ziemny występuje w skałach kredowych i paleogeńskich, zarówno w złożach samodzielnych, jak i towarzysząc złożom ropy naftowej lub kondensatu. Gaz ten jest wysokometanowy (przeważnie zawiera powyżej 85% metanu).
- Złoża gazu łupkowego mogą występować w łupkach górnego ordowiku i dolnego syluru, w polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku, na Pomorzu, wschodnim i północnym Mazowszu, Podlasiu i Lubelszczyźnie tworząc tzw. pas łupkowy. Mogą również występować w łupkach dolnego karbonu na przedgórzu Sudeckim.
- Złoża gazu zaciśniętego (zamkniętego) spodziewane są w centralnej Polsce (głównie w strefie poznańsko-kaliskiej) w skałach czerwonego spągowca (perm dolny) i karbonu oraz w północnej Polsce w skałach kambriu środkowego.

OCCURRENCE OF HYDROCARBONS IN POLAND

In Poland, oil and gas reservoirs are found both onshore and offshore in the Polish economic zone of the Baltic Sea.

Onshore oil occurs in the following regions:

- Crude oil is found mainly in the Polish Lowlands and the Carpathians at depths ranging from 3.5 km to 6 km.
- In the Polish Lowlands, crude oil occurs in Permian, Carboniferous and Cambrian rocks.
- In the Carpathian Foredeep oil reservoirs are present in Miocene rocks and Mesozoic platform sediments.
- The reservoirs of the Carpathians and of the Carpathian Foredeep have a long history of oil production as the birthplace of the petroleum industry; today, however, oil reserves are much depleted there.

Onshore natural gas occurs in the following regions:

- Polish Lowlands are the key area of natural gas occurrence in Poland. Gas reservoirs have been proven in the Carpathian Foredeep, too, alongside small reservoirs in the Carpathians.
- Miocene and Rotliegend rocks account for approx. 75% of the gas resources, the balance occurs in Cambrian, Devonian, Carboniferous, Jurassic and Cretaceous sediments.
- In the Polish Lowlands, natural gas reservoirs have been found in Permian rocks in the Fore-Sudetic and Wielkopolska regions, and in Carboniferous and Permian rocks in West Pomerania. These are primarily high-nitrogen natural gas reservoirs.
- In the Carpathian Foredeep, natural gas reservoirs occur in Jurassic, Cretaceous and Miocene rocks. Currently, a revival of high methane natural production from Miocene formations is observed with resources on the rise.
- In the Carpathians natural gas, both non-associated and associated with oil or condensate, occurs in Cretaceous and Miocene rocks. It is a high methane gas (methane gas contents over 85%).
- Shale gas may occur in Upper Ordovician and Lower Silurian shales in the Polish economic zone of the Baltic Sea, in Pomerania, East and North Mazowsze, Podlasie and in the Lublin region (the so-called 'shale belt'). It may also be present in Lower Carboniferous shales of the Fore-Sudetic region.
- Tight gas reservoirs are expected to occur in Central Poland (mainly in the Poznań-Kalisz zone) in Rotliegend (Lower Permian) and Carboniferous rocks, as well as in North Poland in Middle Cambrian rocks.

WYSTĘPOWANIE WĘGLOWODORÓW NA OBSZARZE BAŁTYKU

Ropa naftowa i gaz ziemny występują w Polsce także w rejonie północnego Bałtyku, jak i pod jego dnem w strefie ekonomicznej należącej do RP.

- Pod dnem południowej części Morza Bałtyckiego konwencjonalne złoża węglowodorów zazwyczaj znajdują się w piaskowcach na głębokości od 1,5 km do 3,5 km. Głębokość morza wynosi od 60 do 100 m.
- W Polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku gaz ziemny występuje samodzielnie w złożach B4 i B6 oraz wraz z ropą naftową w złożach B3 i B8.
- Obecnie eksploatacja złóż węglowodorów obejmuje tylko dwa złoża: B3 i B8, dla których łączne zasoby wydobywalne ropy naftowej wynoszą około 5 mln ton i 540 mln m³ gazu ziemnego. W 2013 r. łączne wydobycie ropy naftowej ze złóż bałtyckich wyniosło 145,6 tys. ton (1 128,2 tys. bbl). Wydobycie towarzyszącego gazu ziemnego wyniosło 16 mln m³.
- Stwierdzono wiele struktur, które potencjalnie mogą stanowić pułapki dla ropy naftowej i gazu ziemnego. Zostały one dosyć dobrze rozpoznane geofizycznie, lecz nie zostały jeszcze rozwiercone. Występują też koncentracje złożowe których zagospodarowanie jest obecnie ekonomicznie nieopłacalne.
- Basen bałtycki, jest uważany za najbardziej perspektywiczny z trzech basenów złożowych wyróżnianych w polskim pasie łupkowym. Zasoby gazu ziemnego w łupkach morskiej części basenu bałtyckiego szacowane są w ilości od 15 mld m³ do 370 mld m³. Za najbardziej prawdopodobną przyjmuje się wartość 150 mld m³. Zasoby ropy naftowej w łupkach wynoszą pomiędzy 100 mln ton i 333 mln ton, a jako najbardziej prawdopodobne przyjmuje się ok. 170 mln ton.

LOTOS Petrobaltic S.A. jest jedyną polską firmą prowadzącą obecnie działalność wydobywczą w obrębie polskiej strefy ekonomicznej Morza Bałtyckiego, która posiada trzy koncesje na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego na obszarach morskich RP, o łącznej powierzchni 3177 km².

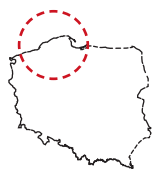
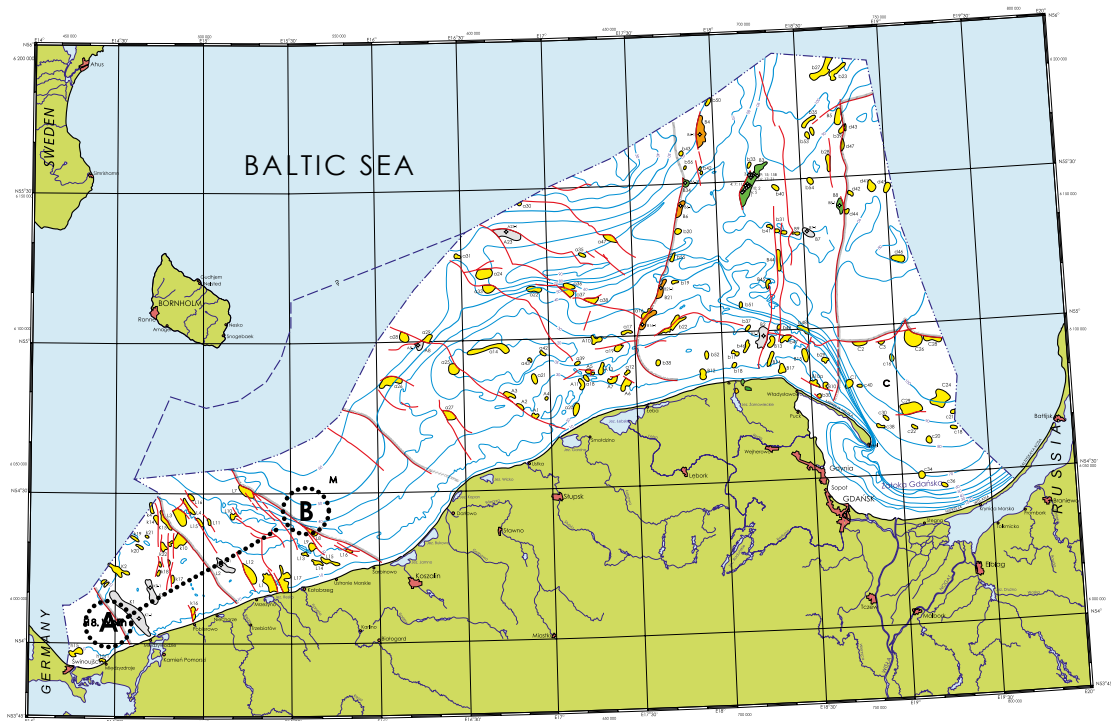
OIL AND GAS RESOURCES OF THE BALTIC SEA

Crude oil and natural gas resources are also present on the Polish coast of the Baltic Sea and under the bottom of the sea within the Polish economic zone.

- Conventional oil and gas reservoirs under the bottom of the South Baltic have been normally occurred at depths ranging from 1.5 km to 3.5 km. The sea is 60-100 m deep there.
- Non-associated natural gas is present in B4 and B6 reservoirs, whereas B3 and B8 reservoirs contain natural gas associated with oil.
- Currently, only two reservoirs – B4 and B8 – are exploited with total recoverable reserves of approx. 5 million tonnes of oil and 540 million m³ of natural gas. In total, 16 million m³ of associated natural gas were produced.
- Several potential oil and gas traps have been identified. They have been investigated geophysically in detail, but exploratory wells are still to be drilled. There are also concentrations of reservoirs of which development would not be presently economically justified.
- The Baltic Basin is considered as the most prospective one of the three basins of the Shale Belt. Estimates of shale gas resources of the offshore part of the Baltic Basin range from 15 billion m³ to 370 billion m³, with 150 billion m³ considered as the most probable volume. Shale oil resources have been estimated at 100 to 333 million tonnes; approx. 170 million tonnes is believed to be the most likely figure.

LOTOS Petrobaltic S.A. is the sole Polish company to produce oil and gas from the Polish economic zone of the Baltic Sea. The company holds three offshore concessions for oil and gas prospection and exploration in Polish maritime zones with a total surface area of 3177 km².

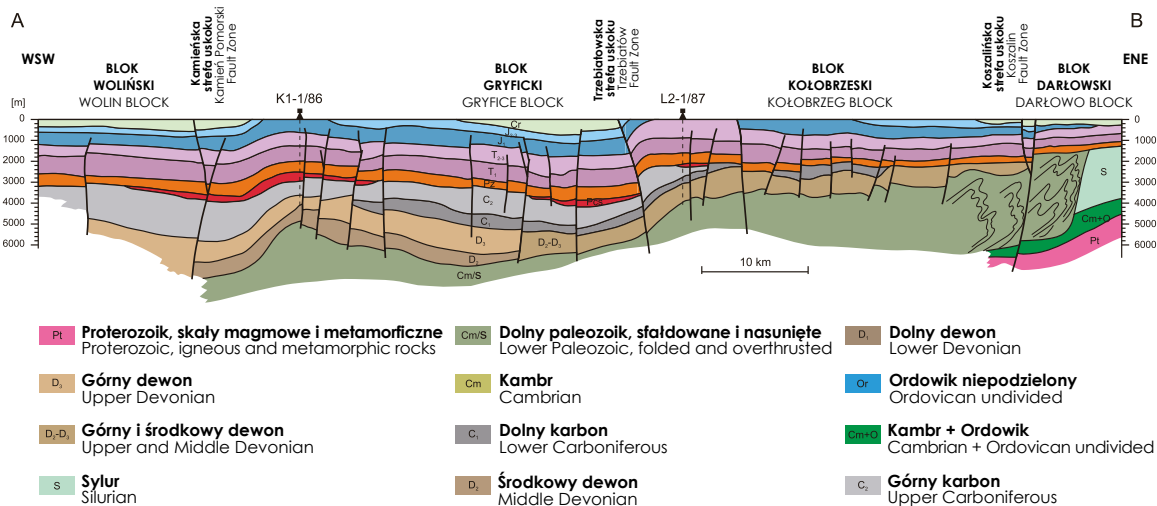




- Granica ustalona traktatami międzynarodowymi
Boundary under international agreements
- Granica nieustalona
Undefined boundary
- 100
Izobaty (m n.p.m.)
Isobaths (in metres above sea level)
- Struktury wykryte przez badania geofizyczne
Structures discovered by seismic surveys
- Strefy głównych uskoków
Major fault zones

STRUKTURY WYKRYTE W WYNIKU PRAC GEOLOGICZNYCH/WIERCEŃ STRUCTURES DETECTED AS A RESULT OF GEOLOGICAL WORK /DRILLINGS:

- Struktury bez nagromadzeń węglowodorów
Structures without hydrocarbon accumulations
- Złoża ropy naftowej
Oil fields
- Złoża kondensatu
Gas condensate fields

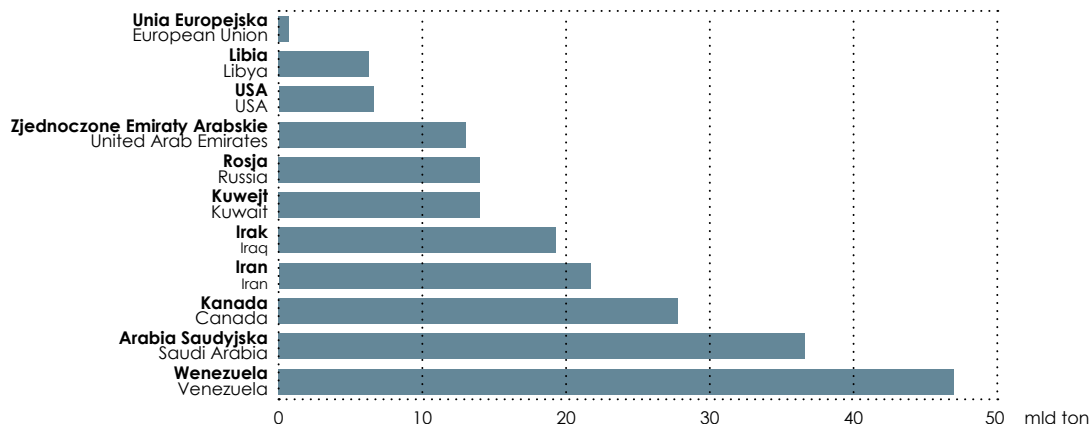


ZASOBY WĘGLOWODORÓW NA ŚWIECIE

Światowe zasoby ropy naftowej wynoszą ok. 835 mld ton, z czego ponad połowa pochodzi ze źródeł niekonwencjonalnych, na które składa się głównie ciężka ropa oraz łupki bitumiczne stanowiące prawie 90%. Potwierdzone rezerwy są szacowane natomiast na 239 mld ton.

OIL AND GAS RESOURCES IN THE WORLD

Global petroleum resources are approx. 835 billion tonnes. Over a half of that volume comes from unconventional resources, mainly heavy oil and bituminous shales that account for almost 90% of them. Proven reserves are estimated at 239 billion tonnes.



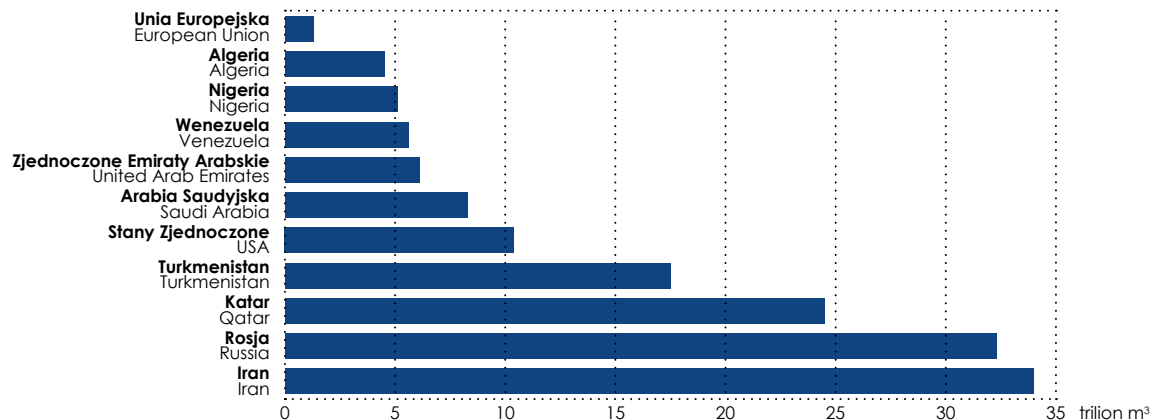
ZESTAWIENIE KRAJÓW Z NAJWIĘKSZYMI REZERWAMI ROPY NAFTOWEJ W PORÓWNIANIU Z UNIĄ EUROPEJSKĄ

COUNTRIES HOLDING THE BIGGEST OIL RESOURCES COMPARED WITH THE EUROPEAN UNION

ŹRÓDŁO / SOURCE: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, 2016

Globalne zasoby gazu ziemnego są bardzo duże i szeroko rozpowszechnione geograficznie. Technicznie wydobywalne zasoby gazu są określone na 784 bln m³, co odpowiada 224 latom konsumpcji na poziomie z końca 2014 roku (ok. 3,5 bln m³ na rok). Zasoby gazu ze źródeł niekonwencjonalnych są szacowane na ok. 45% całkowitych zasobów gazu ziemnego.

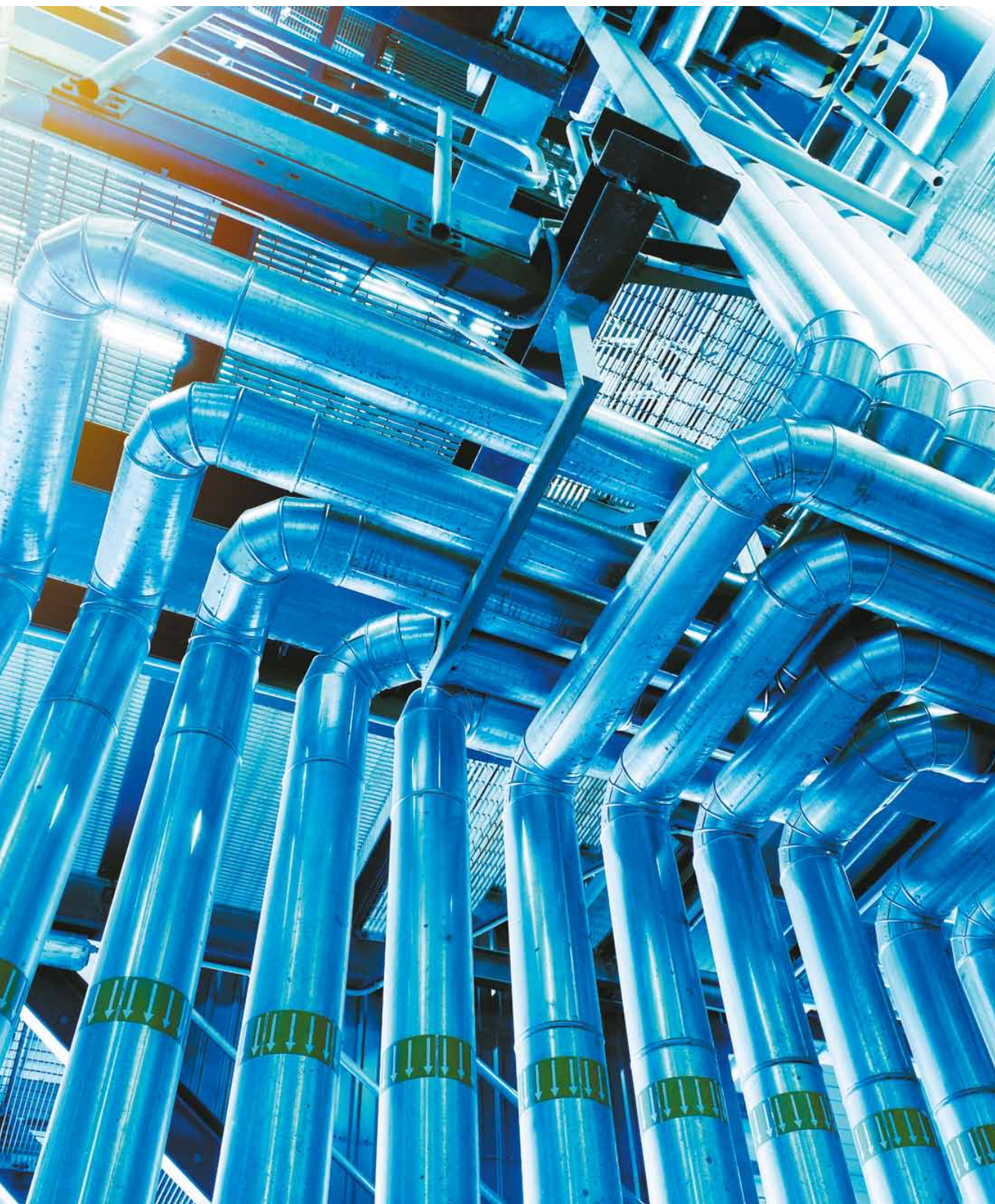
Global natural gas resources are very substantial and widely distributed. Technically recoverable resources have been estimated at 784 trillion m³. This volume would satisfy the global demand for the next 224 years, assuming the demand in gas at the end of 2015 (approx. 3.5 trillion m³ per year). According to estimates, unconventional gas resources account for roughly 46% of the total natural gas resources.



ZESTAWIENIE KRAJÓW Z NAJWIĘKSZYMI REZERWAMI GAZU ZIEMNEGO W PORÓWNIANIU Z UNIĄ EUROPEJSKĄ

COUNTRIES HOLDING THE BIGGEST NATURAL GAS RESERVES COMPARED WITH THE EUROPEAN UNION

ŹRÓDŁO / SOURCE: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, 2016



ZASOBY WĘGLOWODORÓW W POLSCE

POLAND'S OIL AND GAS RESOURCES

Polskie zasoby ropy naftowej i gazu ziemnego, zarówno w złożach konwencjonalnych, jak i niekonwencjonalnych, są ściśle związane z czterema regionami kraju: Karpatami, przedgórzem Karpat, Niżem Polskim, oraz rejonem Morza Bałtyckiego. Największe zasoby i złoża węglowodorów w kraju występują na Niżu Polskim.

Polish reserves of both conventional and unconventional oil and gas concentrate in four regions: the Carpathians, Carpathian Foredeep, Polish Lowlands and the Baltic Sea. The largest resources and reservoirs of hydrocarbons occur in the Polish Lowlands.

REGION REGION	LICZBA ZŁÓŻ RESERVOIRS	ZASOBY BILANSOWE PROVEN RESOURCES	ZASOBY PRZEMYSŁOWE ECONOMIC RESERVES	WYDOBYCIE (2017) PRODUCTION (2017)
ROPA NAFTOWA (TYS. TON) CRUDE OIL (THOUSANDS OF TONNES)				
Bałtyk (off shore) Baltic (offshore)	2	6 765	6 030	209
Karpaty Carpathians	29	681	144	22
Niż Polski Polish Lowlands	43	15 676	8 247	692
Przedgórze Carpathian Foredeep	12	476	61	16
Ogółem Total	86	23 598	14 482	939
GAZ ZIEMNY (MLD M³) NATURAL GAS (BILLIONS OF M³)				
Bałtyk (off shore) Baltic (offshore)	4	4,6	4,4	0,02
Karpaty Carpathians	36	1,4	0,3	0,03
Niż Polski Polish Lowlands	152	77,7	37,3	3,64
Przedgórze Carpathian Foredeep	103	33,2	8,6	1,31
Ogółem Total	295	116,9	50,6	5,00

ZESTAWIENIE LICZBY ZŁÓŻ, ZASOBÓW ORAZ WYDOBYCIA GAZU I ROPY NAFTOWEJ (ZASOBY ROPY NAFTOWEJ SĄ PODAWANE RAZEM Z KONDENSATEM ROPNYM) ZE ZŁÓŻ KONWENCJONALNYCH I NIEKONWENCJONALNYCH W POLSCE. ZESTAWIENIE STANOWI SUMĘ ZASOBÓW ZŁÓŻ ZAGOSPODAROWANYCH I NIEZAGOSPODAROWANYCH ORAZ ZŁÓŻ, KTÓRYCH EKSPLOATACJI ZANIECHANO.

RESERVOIRS, RESOURCES AND PRODUCTION OF CONVENTIONAL AND UNCONVENTIONAL GAS AND OIL (INCLUDING OIL CONDENSATE) IN POLAND. A TOTAL OF DEVELOPED, UNDEVELOPED AND ABANDONED RESERVOIRS.

ŹRÓDŁO / SOURCE: PIG-PIB; BILANS ZASOBÓW ZŁÓŻ KOPALIN W POLSCE WG STANU NA 31 XII 2017 R., 2018

ZASOBY WĘGLOWODORÓW W POLSCE

Zasoby węgłowodorów ze źródeł niekonwencjonalnych

Łączne zasoby wydobywalne gazu i ropy w formacjach łupkowych mogą mieścić się w przedziale 346–768 mld m³ dla gazu ziemnego oraz 215–268 mln ton dla ropy naftowej.

Prognostyczne zasoby gazu zamkniętego mogą wynosić od 1 528 do 1 995 mld m³, z czego zasoby technicznie wydobywalne mogą stanowić od 5 do 15%*.

Udokumentowane zasoby bilansowe metanu pokładów węgla wynoszą na koniec 2017 roku 96 948 mln m³. Wydobywanie metanu w 2017 r. wyniosło 332.14 mln m³. Ilość metanu, wyemitowanego do atmosfery wraz z powietrzem kopalnianym systemem wentylacji ze źródeł udokumentowanych wyniosła 543.04 mln m³.

POLAND'S OIL AND GAS RESOURCES

Unconventional hydrocarbons resources

Total recoverable shale gas and oil resources may range from 346 to 768 billion m³ for natural gas and 215–268 million tonnes for crude oil.

Probable tight gas resources may range from 1 528 to 1 995 billion m³, of which technically recoverable resources may represent 5 to 15%*.

Proven coalbed methane resources amounted to 96 948 million m³ at the end of 2017. The methane production in 2017 amounted to 332.14 million m³. The methane production in 2017 amounted to 332.14 million m³. The emissions of methane gas vented from coal mines were estimated at 543.04 million m³.

* Zgodnie z wstępnym raportem zasobów geologicznych gazu zamkniętego w wybranych rejonach Polski. Wójcicki A., Kiersnowski H., Dyrka I., Adamczak-Biały T., Becker A., Głuszyński A., Janas M., Kozłowska A., Krzemiński L., Kuberska M., Paczeńska J., Podhalańska T., Roman M., Skowroński L., Waksmundzka M.I., 2014 – *Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych zwięzłych skałach zbiornikowych Polski*. PIG-PIB, Warszawa.

* According to the preliminary report on tight gas in selected Polish regions. Wójcicki A., Kiersnowski H., Dyrka I., Adamczak-Biały T., Becker A., Głuszyński A., Janas M., Kozłowska A., Krzemiński L., Kuberska M., Paczeńska J., Podhalańska T., Roman M., Skowroński L., Waksmundzka M.I., 2014 – *Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych zwięzłych skałach zbiornikowych Polski*. PIG-PIB, Warszawa.



ZŁOŻA ROPY
NAFTOWEJ W POLSCE

OIL FIELDS
IN POLAND

Obecnie w Polsce udokumentowanych jest **86 złóż ropy naftowej**, z czego eksploatowane są 64 złoża. Największe znaczenie gospodarcze mają złoża ropy występujące na Niżu Polskim. W 2017 r. wydobywalne zasoby złóż na Niżu stanowiły blisko 65%, a zasoby złóż polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku 28% krajowych zasobów.

Obecnie najbardziej wydajnym złożem ropy naftowej jest Lubiatów na Niżu Polskim, z którego w 2017 roku pochodziło ponad 34% całkowitego wydobycia tego surowca.

As of today, there are **86 oil fields** in Poland, of which 64 are in production. Those located in the Polish Lowlands are of highest importance to the economy. In 2017, recoverable resources of reservoirs in the Polish Lowlands accounted for 65% of the total recoverable resources, while offshore Baltic reservoirs for 28% of them.

Lubiatów in Polish Lowlands is the most productive field that has provided over 34% of the total oil output in Poland in 2017.

L.P. ITEM	NAZWA ZŁOŻA FIELD	ZASOBY (MLN m³) RESOURCES (MILLION M³)		WYDOBYCIE ROCZNE W TYS. T. (KONIEC 2017) ANNUAL OUTPUT, IN THOUSAND TONNES (END OF 2017)	% CAŁKOWITEGO WYDOBYCIA % OF TOTAL OUTPUT	REGION REGION
		WYDOBYWALNE BILANSOWE PROVEN RECOVERABLE	PRZEMYSŁOWE ECONOMIC			
1	BMB (Barnówko- Mostno- Buszewo)	6 191	3 727	303	32%	Niż Lowlands
2	B8	4 620	4 335	118	13%	Bałtyk (offshore)
3	Lubiatów	3 854	1 776	322	34%	Niż Lowlands
4	B3	2 145	1 695	91	10%	Bałtyk (offshore)
5	Grotów	1 717	1 293	15	2%	Niż Lowlands

5 NAJWIĘKSZYCH EKSPLOATOWANYCH ZŁOŻ ROPY NAFTOWEJ. ZASOBY ROPY NAFTOWEJ SĄ PODAWANE RAZEM Z KONDENSATEM ROPNYM.

5 LARGEST ACTIVE OIL FIELDS. CRUDE OIL RESERVES INCLUDING OIL CONDENSATE.

ŹRÓDŁO / SOURCE: PIG-PIB; BILANS ZASOBÓW ZŁOŻ KOPALIN W POLSCE WG STANU NA 31 XII 2017 R., 2018 R.

ZŁOŻA GAZU
ZIEMNEGO W POLSCE

GAS FIELDS
IN POLAND

Cechą charakterystyczną złóż gazu ziemnego położonych na terenie Polski jest ich duża liczba przy równoczesnej niedużej zasobności. Na koniec 2017 roku istniało **295 złóż gazu ziemnego**, które występują podobnie jak ropa głównie na Niżu Polskim, gdzie znajduje się ponad 65% jego wydobywanych zasobów. Złoża gazu udokumentowano również na przedgórzu Karpat, a niewielkie zasoby występują także w małych złożach obszaru Karpat oraz w polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku.

A great number of small reservoirs is a typical feature of Polish gas fields. As of end 2017, there were **295 natural gas reservoirs**, mostly – like in the case of oil – in the Polish Lowlands that account for 65% of the total recoverable resources. Moreover, small gas reservoirs have been proven in the Carpathians and Polish economic zone of the Baltic Sea.

L.P. ITEM	NAZWA ZŁOŻA FIELD	ZASOBY (MLN m³) RESOURCES (MILLION M³)		WYDOBYCIE ROCZNE W TYS. T. (KONIEC 2017) ANNUAL OUTPUT, IN THOUSAND TONNES (END OF 2017)	% CAŁKOWITEGO WYDOBYCIA % OF TOTAL OUTPUT	REGION REGION
		WYDOBYWALNE BILANSOWE PROVEN RECOVERABLE	PRZEMYSŁOWE ECONOMIC			
1	Brońsko	14 150	12 750	866	17%	Niż Lowlands
2	Przemyśl	7 817	621	440	9%	Przedgórze Foothills
3	Międzychód	4 210	2 086	51	1%	Niż Lowlands
4	Bogdaj- Uciechów	3 368	2 143	81	2%	Niż Lowlands
5	Kościan S	3 081	1 504	339	7%	Niż Lowlands

5 NAJWIĘKSZYCH EKSPLOATOWANYCH ZŁOŻ GAZU ZIEMNEGO

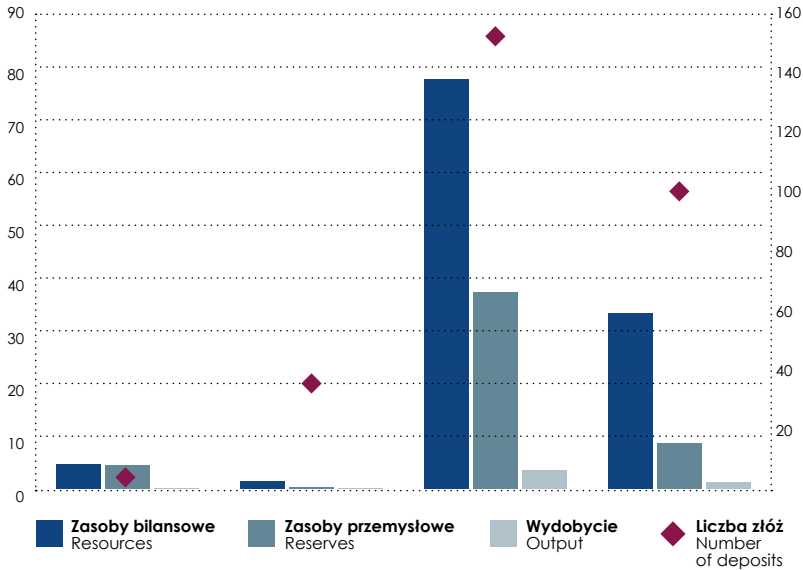
5 LARGEST ACTIVE NATURAL GAS FIELDS

ŹRÓDŁO/SOURCE: BILANS ZASOBÓW ZŁOŻ KOPALIN W POLSCE WG STANU NA 31 XII 2017 R., 2018 R.

ZESTAWIENIE ZŁOŻ,
ZASOBÓW I WYDOBYCIA
GAZU ZIEMNEGO (2017)
W POLSCE W REGIONACH
EKSPLOATACYJNYCH

NATURAL GAS
RESERVOIRS, RESOURCES
AND OUTPUT (2017) IN
POLAND'S AREAS OF
PRODUCTION

ŹRÓDŁO/SOURCE:
PIG-PIB; BILANS
ZASOBÓW ZŁOŻ KOPALIN
W POLSCE WG STANU
NA 31 XII 2017 R., 2018



ZŁOŻA METANU POKŁADÓW WĘGLA W POLSCE

COALBED METHANE RESOURCES IN POLAND

Udokumentowane zasoby bilansowe wydobywalne metanu pokładów węgla występują w 62 złożach w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Ich lokalizacja i eksploracja jest zatem ściśle związana głównie ze złożami węgla kamiennego w Polsce.

Proven recoverable coalbed methane resources are located in 62 deposits of the Upper Silesian Coal Basin. Accordingly, the coalbed methane presence and exploration are closely associated with hard coal deposits in Poland.

L.P. ITEM	NAZWA ZŁOŻA FIELD	ZASOBY (MLN m³) RESOURCES (MILLION M³)		WYDOBYCIE ROCZNE W MLN M³ (ODMETANOWANIE ANNUAL OUTPUT, IN MILLION M³ (DEMETHANIZATION)	WYSTĘPOWANIE OCCURRENCE
		WYDOBYWALNE BILANSOWE PROVEN RECOVERABLE	PRZEMYSŁOWE ECONOMIC		
1	Lędziny	12 445	–	–	Kopalina główna* Main mineable*
2	Murcki (głębokie)	6 568	–	–	Kopalina główna* Main mineable*
3	Szczygłowie	5 822	106	20	OEZWK**
4	Dębieńsko 1	5 794	604	–	OEZWK**
5	Bzie-Dębina	5 371	–	–	POEZWK***

* Złoża metanu jako kopaliny głównej / Methane gas as the main mineable

** Obszar eksploatacji złóż węgla kamiennego / Hard coal mining area

*** Poza obszarami eksploatacji złóż węgla kamiennego / Off hard coal mining areas

5 NAJWIĘKSZYCH ZŁOŻ METANU W POKŁADACH WĘGLA

5 LARGEST COALBED METHANE DEPOSITS

ŹRÓDŁO/SOURCE: PIG-PIB; BILANS ZASOBÓW ZŁOŻ KOPALIN W POLSCE WG STANU NA 31 XII 2017 R., 2018

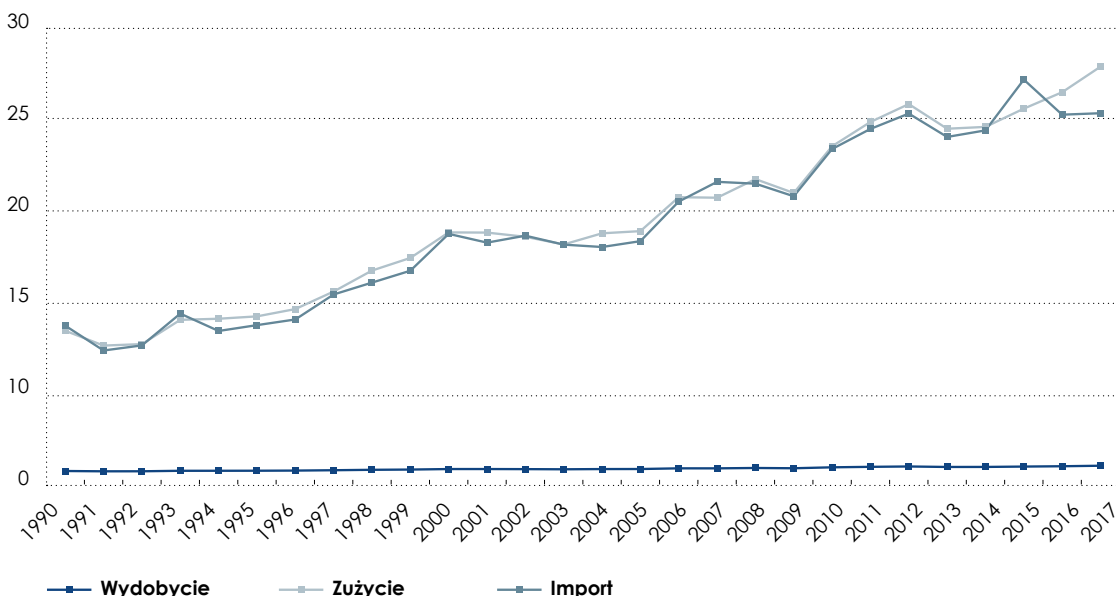


WYDOBYCIE I ZAPOTRZEBOWANIE W POLSCE

Wydobycie ropy naftowej i kondensatu ropnego w Polsce w 2017 r. wynosiło 939 tys. ton, co pokrywało 4% całkowitego zapotrzebowania. Reszta potrzebnego surowca jest importowana. Ropa naftowa jest drugim po węglu największym źródłem pierwotnej energii*, pokrywając ok. 25% zapotrzebowania oraz najważniejszym paliwem używanym przez konsumenta końcowego głównie w sektorze transportowym.

PRODUCTION AND DEMAND IN POLAND

In 2017, Poland produced 939 000 tonnes of crude oil and condensate, or 4% of the total domestic demand. The balance of that much needed commodity was imported. Petroleum is the second largest source of primary energy* (after coal) and satisfies approx. 25% of the total demand as the key fuel used by final consumers (mainly in the transport sector).



WYDOBYCIE, ZUŻYCIE ORAZ IMPORT ROPY NAFTOWEJ W POLSCE (1990 – 2017). BEZ KONDENSATU GAZOWEGO (NGL)

CRUDE OIL PRODUCTION, CONSUMPTION AND IMPORTS IN POLAND (1990 – 2017). EXCLUDING GAS CONDENSATE (NGL)

ŹRÓDŁO/SOURCE: EUROSTAT, 2016; BILANS ZASOBÓW ZŁOŻ KOPALIN W POLSCE – EDYCJE ZA LATA 1990-2018;

MINISTERSTWO ENERGII; PGNIG; ORLEN; BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY; GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY 2017.

* Energia pierwotna to suma energii zawartej w pierwotnych nośnikach energii pozyskiwanych z zasobów odnawialnych i nieodnawialnych.

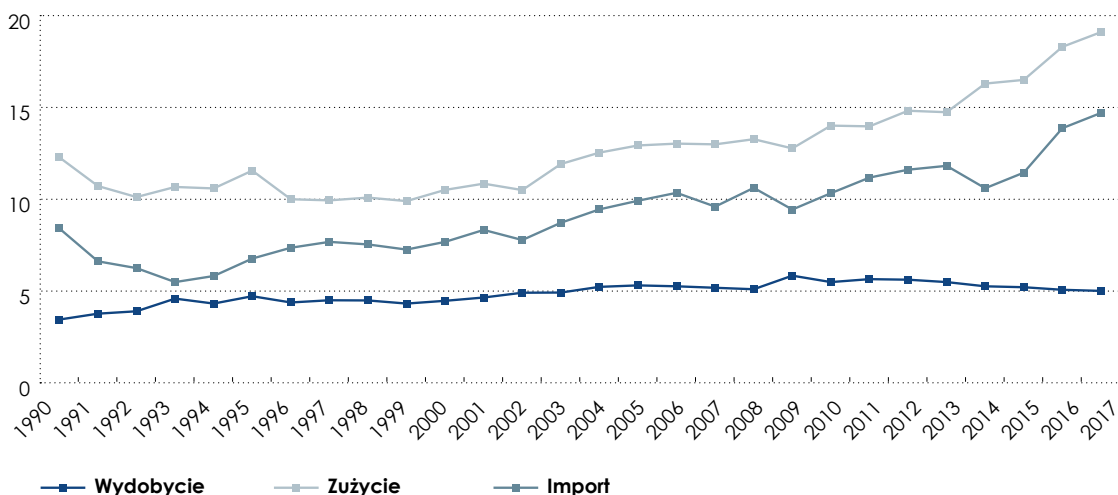
* Primary Energy is the total Energy contained in primary energy carriers that are obtained from renewable and non-renewable resources.

WYDOBYCIE I ZAPOTRZEBOWANIE W POLSCE

Na koniec 2017 roku wydobycie gazu ziemnego w Polsce wynosiło 5 mld m³ zaspokajając ok. jedną trzecią krajowego rosnącego od początku lat 90. XX w. zapotrzebowania, które kształtuje się na poziomie 17,3 mld. m³ w 2016 roku i stopniowo wzrasta.

PRODUCTION AND DEMAND IN POLAND

As of end 2017, Poland produced 5 billion m³ of natural gas. This satisfied one third of the domestic demand that has been growing since early 1970s to reach 17.3 billion m³ in 2016 and rises steadily.



WYDOBYCIE, ZUŻYCIE ORAZ IMPORT GAZU ZIEMNEGO W POLSCE (1990 - 2017)

NATURAL GAS PRODUCTION, CONSUMPTION AND IMPORTS IN POLAND (1990 - 2017)

ŹRÓDŁO/SOURCE: EUROSTAT, 2016; BILANS ZASOBÓW ZŁÓŻ KOPALIN W POLSCE – EDYCJE ZA LATA 1990-2018; MINISTERSTWO ENERGI; PGNiG; ORLEN; BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 2016; GŁÓWNY URZĄD STATYSTYCZNY 2017.

IMPORT

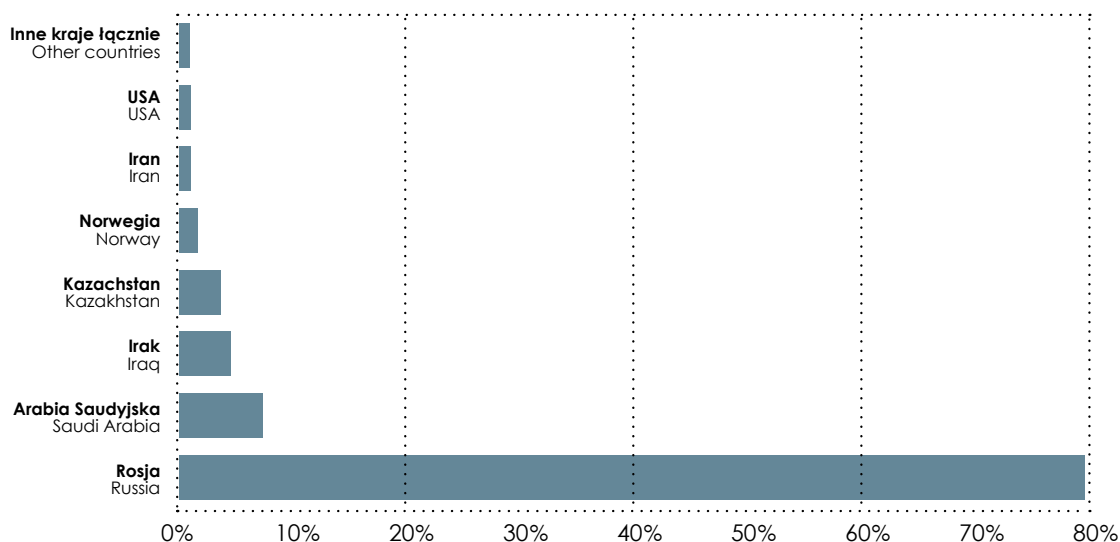
W 2017 r. prawie **80% importu ropy naftowej** do Polski pochodziła z Rosji i była sprowadzana rurociągiem Przyjaźń (spadek z prawie 90% w 2015 roku). Coraz większe znaczenie ma import ropy z krajów arabskich: Arabii Saudyjskiej (7%), Iraku (4,5%) i Iranu, oraz Kazachstanu, Norwegii i USA.

Polska ma techniczne możliwości zwiększenia importu ropy z innych źródeł niż Rosja m.in. dzięki posiadaniu baz przeładunkowych paliw płynnych nad Morzem Bałtyckim o łącznej zdolności przeładunkowej 45 mln ton rocznie. Największą bazą jest Naftoport w Gdańsku (44 mln ton rocznie).

IMPORT

As of 2017, almost **80% of crude oil imports** came from Russia through the Przyjaźń Oil Pipeline (comparing to almost 90% in 2015). Oil imports from Middle East countries (Saudi Arabia – 7%, Iraq and Iran, as well as from Kazakhstan, Norway and the USA is gaining importance).

Poland is technically prepared for increasing imports from countries other than Russia thanks to, among other, liquid fuel transshipment terminals on the Baltic Sea with a total capacity of 45 million tonnes per year. Gdańsk Naftport is the largest them (44 million tonnes per year).



UDZIAŁ W DOSTAWACH ROPY NAFTOWEJ DO RAFINERII KRAJOWYCH (2017).

SHARES IN DELIVERIES TO DOMESTIC REFINERIES (2017).

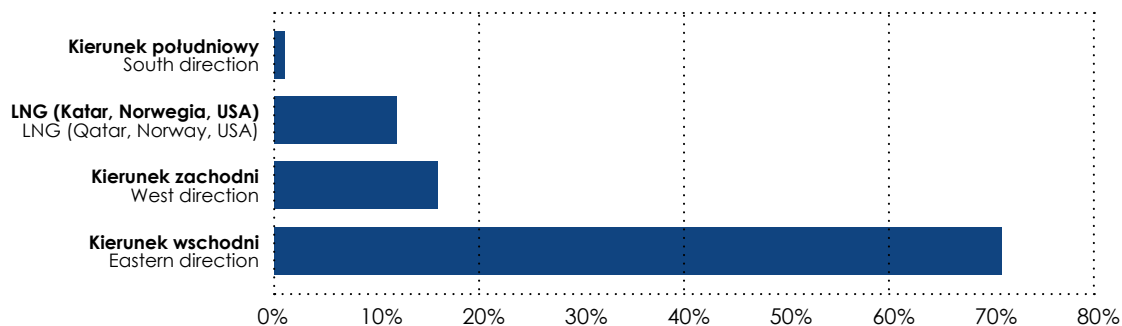
ŹRÓDŁO/SOURCE: STRATEGIE ENERGETYCZNE KRAJÓW CZŁONKOWSKICH MAE, POLSKA 2016.

Import gazu ziemnego w 2017 roku wyniósł 14.7 mld. m³ i pokrył ponad 76% całkowitego zużycia. Większość z sprowadzonego w 2017 roku surowca (71%) pochodziło z kierunku wschodniego. Drugim ważnym źródłem importu jest kierunek zachodni, skąd pochodziło 16% gazu. Polska aktywnie działa na rzecz dywersyfikacji dostaw w tym m.in. poprzez import gazu LNG do gazoportu LNG w Świnoujściu, rozbudowę połączeń gazowych z sąsiednimi państwami (tzw. interkonektorów tj. gazociągów rewersyjnych umożliwiających tłoczenie gazu w obu kierunkach) oraz planowane połączenie z Danią (projekt Baltic Pipe), które umożliwi dostęp do gazu pochodzącego ze złóż norweskich.

Natural gas imports amounted to 14.7 billion m³ in 2017 and satisfied over 76% of the total domestic consumption. The East direction (mostly Russia) supplied the most of natural gas imported in 2017. The west direction was the other significant source of imported gas that supplied 16% of gas. Poland actively makes efforts to diversify gas supply, including LNG imports to the Świnoujście LNG Terminal, extension of gas connections with neighbouring countries (the so-called interconnectors or reversible gas pipelines that allow for the flow of gas in both directions) and the planned connection with Denmark (Baltic Pipe project) that would enable access to the gas from Norwegian fields.

IMPORT

IMPORT



STRUKTURA ZAOPATRZENIA POLSKI W GAZ ZIEMNY (2017)

THE STRUCTURE OF POLAND'S SUPPLY OF NATURAL GAS (2017)

ŹRÓDŁO/SOURCE: PGNIG

FOT./PHOTO BY: THINKSTOCK



PRZESYŁ

Transport gazu ziemnego odbywa się siecią gazociągów przesyłowych oraz siecią gazociągów dystrybucyjnych, która łącznie liczy 190 tys. km, w tym prawie 11 000 km gazociągów przesyłowych. W systemie przesyłowym znajduje się 65 punktów wejścia, czyli miejsc umożliwiających dostarczenie gazu do systemu pochodzącego z importu, podziemnych magazynów gazu, kopalń lub krajowego wydobycia. Wielkość przesyłanego paliwa gazowego to ponad 14 mld m³ rocznie. Ponadto przez Polskę przechodzi tranzytowy gazociąg Jamalski o długości 684 km, który jest częścią liczącego ok. 4 000 km Systemu Gazociągów Tranzytowych, łączącego złoża gazu ziemnego w północnej Rosji z Europą Zachodnią.

Od 2016 r. działa w Świnoujściu terminal LNG (*Liquid Natural Gas*). Technologia LNG polega na transporcie gazu ziemnego w postaci skroplonej w temperaturze ok. – 162°C, drogą morską specjalnymi tankowcami tzw. metanowcami do terminali, gdzie surowiec poddawany jest procesowi regazyfikacji tj. przywróceniu do postaci gazowej. Dzięki skropleniu objętość surowca zostaje zmniejszona ok. 600 razy. W takiej postaci gaz jest przesyłany siecią gazociągów do odbiorców. Terminal w Świnoujściu pozwala na odbiór 5 mld m³ gazu rocznie, z możliwością zwiększenia zdolności regazyfikacyjnych do 7,5 mld m³ gazu, co stanowi prawie połowę obecnego rocznego zapotrzebowania Polski. LNG stanowi coraz bardziej istotną formę transportu gazu ziemnego. Obecnie ok. 42% gazu sprzedawanego pomiędzy regionami jest transportowane jako LNG.

Przesył ropy naftowej odbywa się rurociągami i jest efektywną formą transportu ze względu na dużą przepustowość. Równocześnie ten sposób transportu ropy jest korzystny dla środowiska naturalnego. Głównymi rurociągami do transportu ropy są:

- Rurociąg „Przyjaźń” – mający na terenie Polski dwie nitki biegnące od granicy z Białorusią w Adamowie do Schwedt w Niemczech. Odcinek Adamowo-Płock ma długość 234 km (przepustowość ok. 43 mln ton rocznie), a odcinek Płock-Schwedt 416 km (przepustowość 27 mln ton rocznie)
- Rewersyjny Rurociąg Pomorski o długości 237 km i przepustowości do 16 mln ton rocznie w kierunku Gdańska oraz 28 mln ton w kierunku Płocka. Łączy on rurociąg „Przyjaźń” z terminalem Naftoport w Gdańsku.

TRANSMISSION

Natural gas is transported through a grid of transmission and distribution pipelines that in total is 190 000 km long, including almost 11 000 km of gas transmission pipelines. There are 65 points of entry in the transmission system that enable delivery of gas from imports, underground gas storage facilities, mines or domestic production sites to the grid. The volume of transmitted gas is in excess of 14 billion m³ per year. Moreover, a 684 km-long transit section of the Yamal Gas Pipeline, connecting gas fields in the north of Russia with West Europe, crosses the Polish territory.

A LNG (*Liquid Natural Gas*) terminal, commissioned in 2016, is in operation at Świnoujście. The LNG technology involves transportation of liquefied natural gas by special tanker ships (methane carriers) in a temperature of approx. – 162°C to gas terminals for regasification, i.e. converting back to natural gas at atmospheric pressure. Liquefied gas takes up about 1/600th the volume of natural gas in the gaseous state. Once regasified, the gas is transported by pipelines to the users. The capacity of Świnoujście Terminal is 5 billion m³ of gas per year, and may be increased to 7.5 billion m³, or about 50% of the total gas requirements of Poland. LNG is increasingly used for transportation of natural gas. Currently, some 42% of the internationally traded natural gas is transported in the form of LNG.

Crude oil is transmitted by pipelines. This is an environmentally friendly and effective way of transportation due to high throughput capacities of oil pipelines. The main oil pipelines are:

- The "Przyjaźń" ("Friendship") Pipeline – a double pipeline running from the Adamowo border crossing with Belarus to Schwedt in Germany. The Adamowo-Płock section is 234 km long (transmission capacity: approx. 43 million tonnes per year). The Płock-Schwedt section is 416 km long with a transmission capacity of 27 million tonnes per year)
- The reversible 237 km-long Pomeranian Pipeline with transmission capacities of up to 1 million tonnes in the direction of Gdańsk and 28 million tonnes in the direction of Płock. The pipeline connects the "Przyjaźń" Pipeline with Naftoport Terminal in Gdańsk.

MAGAZYNOWANIE GAZU ZIEMNEGO I ROPY NAFTOWEJ

Głównym celem magazynowania gazu jest zwiększenie jego dostępności w okresach zwiększonego zapotrzebowania, ponieważ ze względów technologicznych dostawy gazu pozostają niezmiennie w ciągu całego roku.

Ropa naftowa jest magazynowana albo poprzez gromadzenie surowca w zbiornikach i magazynach naziemnych lub w podziemnych. Ropa podobnie jak gaz jest magazynowana również w kawernach solnych.

W Polsce istnieje 9 Podziemnych Magazynów Gazu (PMG), w tym siedem do magazynowania gazu wysokometanowego i dwa do gazu zaazotowanego, o łącznej pojemności 2,9 mld. m³ (dane na koniec 2015 r.), co odpowiada ok. 18,3% rocznej konsumpcji. PMG spełniają rolę strategicznej rezerwy przejmując nadwyżki gazu w okresie letnim i uzupełniając braki w okresie zimowym. Wszystkie magazyny należą do spółki PGNiG. Najczęściej wykorzystywane są do tego:

- wyeksploatowane złoża gazu ziemnego lub ropy naftowej – jest to najczęściej spotykany rodzaj magazynów gazu ziemnego. Jedną z zalet tego typu zbiorników jest bardzo dobrze poznana struktura geologiczna danego złoża oraz istniejące już oprzyrządowanie, odwierty oraz infrastruktura na powierzchni, w tym połączenia gazociągami z systemem przesyłowym. W ciągu roku możliwe jest wykonanie tylko jednego cyklu napełnienia – opróżnienie.
- kawerny solne – Zbiorniki tego typu powstają po wyłukaniu soli, a ich zaletą jest m.in. możliwość długotrwałego magazynowania oraz kilkukrotnego napełnienia i opróżniania w ciągu roku.
- warstwy wodonośne – w Polsce nie ma takich zbiorników.

UNDERGROUND NATURAL GAS AND CRUDE OIL STORAGE

Gas storage is primarily intended to enhance gas availability in the periods of a higher demand for gas, insofar as gas supply must remain stable throughout the year due to technology requirements.

Crude oil is stored in either surface or underground tanks. Like natural gas, crude oil may be stored in salt caverns, too.

There are nine Underground Natural Gas Storage (NUGS) facilities in Poland, of which seven for high-methane gas and two for nitrogen-rich gas, with a total capacity of 2.9 billion m³ (as of end 2015), which represents approx. 18.3% of the annual consumption. UNGS facilities act as strategic reserve by absorbing any surplus of supply in the summer and offsetting a higher demand in the winter. All storage facilities are owned and operated by PGNiG (Polish Oil and Gas) Company. The storage facilities are commonly established in:

- depleted natural gas or oil reservoirs – the most common type of underground natural gas storage facilities. They have the advantage of an excellent knowledge of the local geological structure, pre-existing equipment, drilling wells and surface infrastructure, including piped connections to the transmission system. They are capable of only one gas injection/withdrawal annual cycle.
- salt caverns – the caverns are created by leaching the salt out and their advantages include long-term gas storage and several injection/withdrawal annual cycles capability.
- aquifer storage – there are no facilities of this kind in Poland.

Type Type	Lokalizacja Location	Pojemność operacyjna (mln m ³) Working capacity (million m ³)	Maksymalna zdolność odbioru (mln m ³ /dzień) Max. withdrawal rate (million m ³ /day)	Maksymalna moc załłączania (mln m ³ /dzień) Max. injection rate (million m ³ /day)
depleted gas reservoir	Brzeźnica	100	0,93	1,1
	Husów	500	5,76	1,15
	Strachocina	360	3,36	2,64
	Swarzędów	90	1,0	1,0
	Wierzchowice	1 200	9,6	6,0
salt cavern	Kosakowo	145	9,6	2,4
	Mogilno	590	18	9,6

PODZIEMNE MAGAZYNY GAZU WYSOKOMETANOWEGO W POLSCE

UNDERGROUND HIGH-METHANE GAS STORAGE FACILITIES IN POLAND

ŹRÓDŁO/SOURCE: PGNiG

MAGAZYNOWANIE GAZU ZIEMNEGO I ROPY NAFTOWEJ

Pierwsze polskie próby magazynowania gazu w wyeksploatowanym złożu gazu ziemnego były równocześnie pierwszym PMG w Europie i rozpoczęły się w 1954 roku w Karpatach w złożu Rostoki (w okolicach Jasła).

Ponad dwie-trzecie pojemności magazynowej gazu w Unii Europejskiej znajduje się w pięciu krajach członkowskich: Austrii, Francji, Niemczech, Włoszech i Holandii, które posiadają 70% całkowitych zasobów operacyjnych gazu ziemnego w UE.

Polska jako członek Unii Europejskiej oraz Międzynarodowej Agencji Energetycznej zobowiązana jest do posiadania stałych strategicznych zapasów ropy i paliw w ilości odpowiadającej co najmniej 90-dniowemu zapotrzebowaniu na te produkty w roku poprzednim oraz 30-dniowemu zapotrzebowaniu na gaz.

UNDERGROUND NATURAL GAS AND CRUDE OIL STORAGE

The first Polish attempts to store gas in a depleted gas reservoir started in the Rostoki reservoir (near Jasło) in 1954, which was also the first underground gas storage facility in Europe.

Over two thirds of the total EU working gas capacity are located in five member countries: Austria, France, Germany, Italy and the Netherlands. These countries hold 70% of the total working natural gas capacity of the EU.

As a member country of the European Union and of International Energy Agency, Poland is obliged to hold strategic crude oil and fuel reserves that are, as a minimum, equal to 90-day demand for these products in the preceding year or 30-day demand for gas.

LITERATURA

BILANSE energetyczne krajów OECD 2016, OECD/MAE, www.iea.org/statistics

BP Statistical Review of World Energy, London, 2016

DOWNEY M., Oil 101, Wooden Table Press LLC, 2009

ENERGY Information Agency, <https://www.eia.gov>

ENERGY Policies of IEA Countries, Poland 2016 Review, 2017, <https://www.iea.org>

EUROSTAT 2017, <http://ec.europa.eu/eurostat>

GLOBAL Gas Security Review, International Energy Agency, 2016, <https://www.iea.org>

JAWOROWSKI K., Wagner R., Modliński Z., Pokorski J., Sokołowski A., Sokołowski J. Marine ecogeology in semi-closed basin: case study on a threat of geogenic pollution of the southern Baltic Sea (Polish Exclusive Economic Zone). Geological Quarterly, 2010, 54(2) Warszawa, 2010

REFERENCES

KOWALCZYK M. Rodzima energia. Nafta i Gaz na polskich ziemiach, 1852-2012. Wyd. KARTA, PGNiG, Warszawa, 2012

NAFTA Polska, <http://www.nafta-polska.pl/>

OLKUSKI T., Sikora A., Sikora M.P., Szurlej A. Prognozy wydobywania, konsumpcji i salda wymiany surowców energetycznych w Polsce. Polityka energetyczna – Energy Policy Journal, 20 (2), 2017

PAŃSTWOWA Służba Geologiczna o gazie w łupkach/ Shale Gas as seen by Polish Geological Survey, Warszawa, 2013

PGNiG, <http://pnig.pl>

PRZEMYSŁ Naftowy w Polsce, Niekonwencjonalne złoża ropy naftowej w Polsce, 2011, http://www.aknet.biz.pl/pn/04_11_pl.pdf

SZUFLICKI M., Malon A., Tymiński M. (red.), Bilans zasobów i złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2017. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa, 2018

USGS Energy glossary, <https://energy.usgs.gov>

WORLD Energy Outlook , France 2016, <https://www.iea.org>

ROPA NAFTOWA
GAZ ZIEMNY
CRUDE OIL
NATURAL GAS



FOT./ PHOTO BY: THINKSTOCK



O NAS

Państwowy Instytut Geologiczny (PIG) jest najstarszym instytutem naukowym w kraju. Został powołany 7 maja 1919 r. na mocy uchwały Sejmu Ustawodawczego RP. W uznaniu zasług Instytutu dla rozwoju polskiej nauki i gospodarki, Rada Ministrów w lutym 2009 r. przyznała mu status Państwowego Instytutu Badawczego. Nadzór nad PIG-PIB pełni minister środowiska.

Dzięki badaniom prowadzonym przez pracowników Instytutu odkryto najważniejsze polskie złoża surowców mineralnych – miedzi, srebra, siarki rodzimej, węgla kamiennego, węgla brunatnego, soli kamiennej, soli potasowych, rud żelaza, tytanu, wanadu, cynku i ołowiu. Kilka tysięcy otworów wiertniczych wykonanych przez Instytut umożliwiło dokładne rozpoznanie budowy geologicznej kraju.

W Państwowym Instytucie Geologicznym znajdują się specjalistyczne laboratoria – chemiczne, analiz w mikroobszarze, geofizyczne i geologiczno-inżynierskie, które są wyposażone w najnowocześniejszą aparaturę badawczą.

Instytut gromadzi dane geologiczne z całego kraju. Są one udostępniane przez Narodowe Archiwum Geologiczne.

PIG-PIB pełni funkcję państwowej służby geologicznej (PSG) i państwowej służby hydrogeologicznej (PSH). PSG dba o bezpieczeństwo państwa w zakresie gospodarki zasobami surowców mineralnych, monitoruje stan środowiska geologicznego i ostrzega o zagrożeniach naturalnych.

PSH zajmuje się przede wszystkim rozpoznawaniem, bilansowaniem i ochroną wód podziemnych. Hydrogeolodzy prowadzą systematyczne obserwacje ilości i jakości wód podziemnych, zbierają informacje o ich zasobach i poborze.

Państwowy Instytut Geologiczny jest członkiem EuroGeoSurveys, organizacji zrzeszającej europejskie służby geologiczne. Uczestniczy w pracach grup eksperckich, których zadaniem jest doradzanie strukturom Komisji Europejskiej. Współpracuje też z ośrodkami geologicznymi w kilkudziesięciu krajach świata.

W głównej siedzibie PIG-PIB w Warszawie oraz w siedmiu jednostkach regionalnych (Gdańsk, Kielce, Kraków, Lublin, Sosnowiec, Szczecin i Wrocław) zatrudnionych jest niemal 850 osób. Większość pracowników to geolodzy z wyższym wykształceniem, w tym kilkudziesięciu profesorów zwyczajnych i nadzwyczajnych oraz blisko 130 doktorów. Kadra naukowa Instytutu co roku realizuje kilkadziesiąt projektów badawczych krajowych i międzynarodowych.

ABOUT US

Polish Geological Institute (PGI) is the oldest scientific research institute in Poland: it was established on 7 May 1919 by the Legislative Diet. In recognition of the Institute's contributions to the development of Polish science and economy, the Council of Ministers awarded it the status of National Research Institute in February 2009. The Institute is supervised by the Minister of the Environment.

Research projects delivered by PGI staff led to the discovery of Poland's key deposits of mineral resources: copper, silver, native sulphur, coal, lignite, rock salt, potassium salt, iron, titanium, vanadium, zinc and lead ores. Several thousands of wells drilled by the Institute enabled a detailed investigation of Poland's geology.

Polish Geological Institute operates specialised chemical, microanalytical, geophysical and engineering geological laboratories that are outfitted with latest analytical equipment.

The Institute is collecting geological data from all over the country which are made accessible by National Geological Archives.

PGI-NRI is acting as Polish Geological Survey (PGS) and Polish Hydrogeological Survey (PHS). PGS responsibilities are to ensure national security in the area of mineral resource management, to monitor the status of the geological environment and warn about natural hazards.

Key PHS responsibilities include investigation, estimation and protection of groundwater resources. Hydrogeologists regularly collect data on groundwater quantity, quality, resources and production.

Polish Geological Institute is a member of EuroGeoSurveys – the association of European geological surveys. PGI-NRI contributes to the efforts of expert groups that provide advice to the EU structures and cooperates with geological centres from several tens of countries across the world.

Almost 850 people are employed at Warsaw PGI-NRI headquarters and seven regional branches (Gdańsk, Kielce, Kraków, Lublin, Sosnowiec, Szczecin and Wrocław). Most staff members hold academic degrees in geology, including several tens of full or associate professor and 130 PhD degree holders. Each year scientific staff members of the Institute deliver several tens of national and international research projects.

PROJEKT:

Działalność informacyjna państwowej służby geologicznej w zakresie udostępniania danych nt. występowania i dostępności surowców mineralnych o podstawowym znaczeniu dla gospodarki narodowej i bezpieczeństwa energetycznego Polski

PROJECT:

Polish Geological Survey information activities in the area of access to data on the occurrence and availability of mineral resources that are of key importance to the national economy and energy security of Poland

AUTORZY/AUTHORS: Bartosz Jurga, Hubert Kiersnowski, Magdalena Sidorczuk

REDAKTOR/EDITOR: Maja Kowalska

PROJEKT GRAFICZNY I SKŁAD/LAYOUT, GRAPHIC DESIGN: Monika Cyrklewicz, Łukasz Borkowski

WSPÓŁPRACA/COOPERATION: Marta Hodbod, Agata Kozłowska-Roman, Andrzej Rudnicki

KONCEPCJA SERII I KOORDYNACJA PRAC/CONCEPT OF PUBLISHING SERIES & COORDINATION: Magdalena Sidorczuk

W folderze zawarto informacje oparte na danych aktualnych na dzień na 31.12.2017 r.

Information contained in the folder is based on data as of 31.12.2017

ZDJĘCIE NA OKŁADCE/PHOTO ON THE COVER: Zcool.com



Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

tel. (+48) 22 45 92 000, fax (+48) 22 45 92 001

biuro@pgi.gov.pl, www.pgi.gov.pl



scan code smartphone
and learn more...

Polish Geological Institute – National Research Institute

4, Rakowiecka Street, 00-975 Warsaw, Poland

Phone +48 22 45 92 000, Fax +48 22 45 92 001

biuro@pgi.gov.pl, www.pgi.gov.pl/en

Zatwierdziła do druku / Print accepted by: dr Agnieszka Wójcik

Zastępca dyrektora Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego ds. służby geologicznej
Deputy Director of the PGI-NRI, Director of the Polish Geological Survey

ISBN 978-83-7863-989-3



Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej



Financed by National Fund
for Environmental Protection
and Water Management