



Foto – Dreamstime

Wykorzystanie surowców mineralnych w gospodarce i życiu codziennym człowieka

Czy podczas zakupu nowego telefonu, laptopa, samochodu i innych urządzeń wykorzystywanych przez nas w życiu codziennym zastanawiamy się jak powstały i z czego są wytworzone? Większość z nas nie zdaje sobie sprawy z tego jak wiele różnorodnych surowców mineralnych niezbędnych jest do ich produkcji i jak daleką drogę musiały często przebyć zanim trafiły w nasze ręce.

Hubert Czerw, Katarzyna Guzik, Krzysztof Galos,

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN Kraków

Rozwój cywilizacji od zarania dziejów związany jest z wykorzystaniem surowców mineralnych. Nazwami kluczowych surowców określone są kolejne epoki rozwoju ludzkości: kamienia łupanego, kamienia gładzonego, brązu, żelaza, a w dwóch ostatnich stuleciach – węgla, ropy, a obecnie krzemu.

Na przestrzeni stuleci kierunki wykorzystania surowców zmieniały się od bardzo prostych zastosowań (takie jak używanie krzemieni do wytwarzania narzędzi), po bardzo zaawansowane i nowoczesne technologie (elektronika, lotnictwo, kosmonautyka). Obecnie w każdym obszarze działalności gospodarczej, a także w naszym życiu codziennym, użytkowanych jest kilkaset surowców o zróżnicowanym znaczeniu gospodarczym.

Infrastruktura techniczna, produkcja przemysłowa, wytwarzanie i dystrybucja energii elektrycznej i ciepłej, budownictwo, transport i komunikacja, elektronika, rolnictwo, medycyna, a nawet rozrywka – wszystko jest ściśle związane z użytkowaniem różnego rodzaju surowców mineralnych. Spotkamy je praktycznie na każdym kroku, począwszy od artykułów gospodarstwa domowego, z których korzystamy, takich jak talerze, szklanki i sztućce, po bardziej skomplikowany sprzęt i urządzenia. Bez surowców mineralnych nie tylko nie byłoby materiałów budowlanych, z których możemy zbudować

nasze domy, ale również samochodów, którymi jedziemy do szkoły i pracy, a także laptopów, smartfonów i samochodów, bez których nie wyobrażamy sobie dziś codziennego funkcjonowania. Nawet idąc na specjalistyczne badania do lekarza, będziemy im poddawani przy użyciu sprzętu, który powstał z wielu różnych surowców.

Korzystamy z surowców mineralnych każdego dnia często nie zdając sobie z tego sprawy. Statystyczny Polak w trakcie swojego życia w sposób bezpośredni lub pośredni zużywa ponad 700 ton surowców mineralnych, wśród których pod względem ilości większość stanowią surowce budowlane i energetyczne. Pochylmy się zatem nad tym, jakie są najważniejsze zastosowania poszczególnych grup surowców mineralnych: energetycznych, metalicznych, chemicznych oraz skalnych.

Surowce energetyczne

Surowce energetyczne to grupa surowców wykorzystywanych tradycyjnie do produkcji energii elektrycznej (w elektrowniach), energii ciepłej (w ciepłowniach i elektrociepłowniach) oraz paliw płynnych. Do grupy tej należą tzw. paliwa kopalne, wśród których największe znaczenie mają ropa naftowa i gaz ziemny, węgiel kamienny i brunatny, a w ostatnim półwieczu także uran.

Od niemal wieku najważniejszym surowcem energetycznym i w ogóle najważniejszym surowcem mineralnym jest ropa naftowa. Znana od starożytności, właściwe znaczenie

gospodarcze uzyskała w połowie XIX wieku wraz z wynalezieniem przez Ignacego Łukasiewicza lampy naftowej oraz – równolegle – metody destylacji ropy naftowej. Właściwy przełom nastąpił wraz z wynalezieniem i wdrożeniem do stosowania silników spalinowych wykorzystywanych w różnych środkach transportu drogowego oraz powietrznego.

Od wielu dziesięcioleci produkty destylacji ropy naftowej – m.in. benzyna, nafta, olej napędowy – są podstawą współczesnego transportu. Pomimo wzrostu znaczenia samochodów z silnikami elektrycznymi czy wodorowymi, paliwa ropopochodne jeszcze przez długi czas będą mieć kluczowe znaczenie w transporcie. Pamiętać należy też, że ropa naftowa jest podstawą przemysłu petrochemicznego, dzięki któremu mamy do dyspozycji m.in. rosnącą liczbę różnego rodzaju tworzyw sztucznych (Bolewski 1991-1994).

Gaz ziemny jest niejako młodszym bratem ropy naftowej. Długo traktowany jako odpad przy pozyskiwaniu ropy, nabrał dużego znaczenia dzięki rozwojowi metod jego zorganizowanego transportu sieciami rurociągów (gazociągów). Dzięki temu w ostatnich kilkudziesięciu latach stał się on również bardzo ważnym surowcem energetycznym i chemicznym. Jako surowiec energetyczny jest zużywany bezpośrednio do ogrzewania naszych domów i innych budynków, a ostatnimi czasy w rosnącej ilości – także w elektrowniach i elektrociepłowniach do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Z kolei w przemyśle chemicznym gaz ziemny jest nieodzownym składnikiem do produkcji np. nawozów azotowych.

Węgiel kamienny to ten surowiec energetyczny, którego historia użytkowania gospodarczego jest najdłuższa. Już co najmniej od kilku stuleci był w niektórych miejscach używany do ogrzewania pomieszczeń. Na skalę dużą, przemysłową, zaczął być użytkowany wraz z wynalezieniem silnika parowego w drugiej połowie XVIII wieku. Wiek XIX to bez wątpienia epoka węgla. I choć w obszarze transportu musiał później ustąpić polu ropie naftowej i produktom ropopochodnym, to wraz z rozwojem elektryczności to właśnie węgiel – najpierw kamienny, potem także brunatny – stał się podstawowym paliwem najważniejszych przez całe dziesięciolecia miejsc produkcji energii elektrycznej (częściowo też energii ciepłej), a więc elektrowni i elektrociepłowni węglowych (Bolewski 1991-1994).

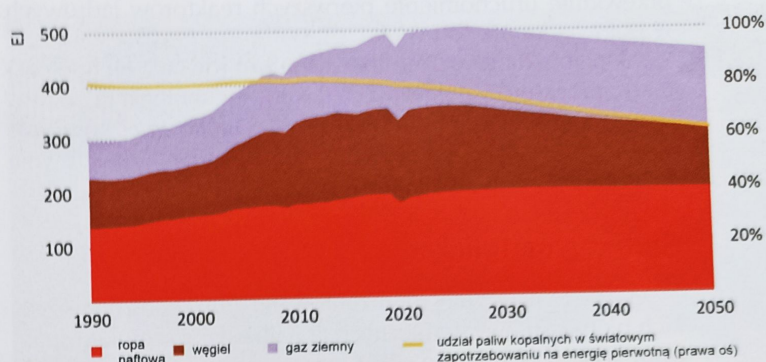


Fig. 1. Światowe zapotrzebowanie na paliwa kopalne z prognozą do 2050 r. (IEA World Energy Outlook 2022).

Wielu twierdzi, iż węgiel jako surowiec energetyczny będzie odchodził do historii, a to ze względu na znaczną emisję CO₂ przyczyniającą się do efektu cieplarnianego. Nie stanie się to jednak szybko ani gwałtownie, a w wielu miejscach na świecie jeszcze przez długie lata węgiel pozostanie najważniejszym surowcem do produkcji energii elektrycznej (fig. 1). Nie można też zapomnieć o znaczeniu najlepszych odmian węgla kamiennego (tzw. węgla koksowego) w produkcji koksu, a pośrednio – w procesie produkcji stali.

W związku z odchodzeniem od tradycyjnych paliw kopalnych, wzrasta zapotrzebowanie na produkcję energii z tzw. czystych źródeł. Odnawialne źródła energii (OZE), mimo że coraz bardziej obecne w naszym życiu, nie są w stanie zastąpić produkcji energii pochodzącej z węgla. Z pomocą przyść może energetyka jądrowa bazująca na takim surowcu jak uran. Tradycje stosowania uranu do celów energetycznych znane są od lat 50. XX wieku, przy czym najbardziej intensywny rozwój energetyki jądrowej bazującej na uranie, miał miejsce w trzech kolejnych dekadach. Ostatnie dekady – zwłaszcza po katastrofie w Czarnobylu – przyniosły istotne dyskusje na temat zagrożeń związanych z energetyką jądrową, tym niemniej rozwijała się ona nadal, zwłaszcza w krajach azjatyckich. W Polsce wciąż ten segment energetyki nie rozwinął się, choć obecny program polskiej energetyki jądrowej



Fot. 1. Najważniejszym surowcem mineralnym jest ropa naftowa. Foto – Dreamstime



Fot. 2. Gaz w ostatnich kilkudziesięciu latach stał się bardzo ważnym surowcem energetycznym i chemicznym. Foto – Dreamstime

przewiduje uruchomienie pierwszych reaktorów jądrowych w połowie lat 30. XXI wieku.

Aktualnie dynamicznie rozwijana jest również technologia małych reaktorów nuklearnych (SMR). Technologia ta pozwala na produkcję czystej, odnawialnej i efektywnej kosztowo energii praktycznie w każdym miejscu. Pierwsza elektrownia SMR ma być uruchomiona w Polsce do 2029 roku.

Surowce metaliczne

Metale to najliczniej reprezentowana grupa spośród wszystkich pierwiastków chemicznych, z najbardziej szerokim spektrum wykorzystania (fig. 2). Grupę surowców metalicznych można generalnie podzielić na metale żelazne i nieżelazne, metale lekkie oraz metale szlachetne. Ostatnio wyłania się także nieformalna grupa metali związanych z nowoczesnymi technologiami oraz z transformacją energetyczną.

Poza samymi metalami istnieje szereg stopów metali, wśród których najbardziej znane to stal, czyli stop żelaza z węglem oraz brąz i mosiądz, czyli stopy miedzi i cyny oraz miedzi i cynku. Biorąc pod uwagę ilość surowców metalicznych oraz wręcz niezliczoną ilość ich zastosowań nie sposób, choćby pokrótce, opisać każdy z nich, dlatego skupimy się na tych najpowszechniejszych, najważniejszych czy też najciekawszych.

Najbardziej powszechnym i znanym surowcem metalicznym jest żelazo. Surowiec ten należy do grupy metali żelaznych, do których tradycyjnie zaliczamy również mangan, chrom, nikiel, kobalt, wolfram, wanad, molibden. Z żelaza z domieszką węgla wytwarzany jest najpopularniejszy i najczęściej wykorzystywany materiał metaliczny na świecie, czyli stal. W zależności od stosowanych domieszek i technologii wytwarzania, wyróżnia się ponad 3 500 gatunków stali. Stal swoje zastosowanie znajduje w przemyśle, budownictwie, motoryzacji, gastronomii i wielu innych sektorach gospodarki. Właściwie łatwiej byłoby wymienić w jakiej dziedzinie naszego życia nie mamy do czynienia ze stalą.

Ze względu na swoje właściwości inne rodzaje stali wykorzystuje się do ciężkich i wytrzymałych konstrukcji, inne na potrzeby wojska, inne do użytku w kuchni czy też do produkcji sprzętu medycznego. Bardzo ważną rolę przy produkcji stali odgrywają domieszki innych pierwiastków, w szczególności wspomnianych wcześniej pozostałych metali żelaznych. Dodanie do stali manganu zwiększa jej sprężystość i odporność na ścieranie oraz poprawia jej wytrzymałość, z kolei

chrom wpływa na wzrost zarówno wytrzymałości jak też twardości. Stal chromowa wykorzystywana jest do produkcji wytrzymałych części maszyn, takich jak śruby, wały czy formy do odlewów. Wykonuje się z niej narzędzia do obróbki innych metali. Stal chromowo-niklowa, zwana nierdzewną, ze względu na swoje właściwości kwasoodporne znajduje swoje zastosowanie głównie w przemyśle chemicznym, petrochemicznym i spożywczym przy produkcji rurociągów, zbiorników, cystern, pomp, armatury, naczyń. Stal niklowa jest dedykowana ponadto do zastosowań w przemyśle high-tech.

Metalami o wysokiej wytrzymałości są molibden i wolfram. Molibden stosowany jest przede wszystkim w metalurgii, głównie w produkcji stali, a także innych stopów. Wykorzystywany jest w warunkach, w których występują bardzo wysokie temperatury, stąd też znajduje zastosowanie np. w częściach samolotów, silników, czy do produkcji elementów ochronnych. Z czystego molibdenu wykonuje się elementy reaktorów jądrowych i żarówek, a z jego stopów (na przykład z wolframem) – dysze rakiet. Podobne właściwości jak molibden posiada wolfram. Dodaje się go między innymi do stali pancernych. Niemal połowa zużywanego na świecie wolframu wykorzystywana jest do produkcji węgliku wolframu, który służy do produkcji niezwykle wytrzymałych maszyn i narzędzi, takich jak ostrza, piły, wiertła itp.

Rozpatrując surowce z grupy metali żelaznych wypada wspomnieć o najbardziej pierwotnym z tych surowców, czyli po prostu o żelazie. Żelazo kute, pomimo tego, że czasy jego świetności przeminęły, do dziś używa się do wytwarzania np. pieców oraz podstaw i ram ciężkich maszyn.

W grupie metali nieżelaznych najbardziej znanym surowcem jest miedź. Chociaż ten czerwony metal towarzyszy ludzkości od tysięcy lat, to jednak wciąż odkrywane są jego nowe zastosowania. Miedź ze względu na to, iż jest doskonałym przewodnikiem elektrycznym, jest chyba najważniejszym z surowców w obecnym procesie powszechnej elektryfikacji świata. Pod względem wielkości zużycia jest to drugi najważniejszy metal po żelazie.

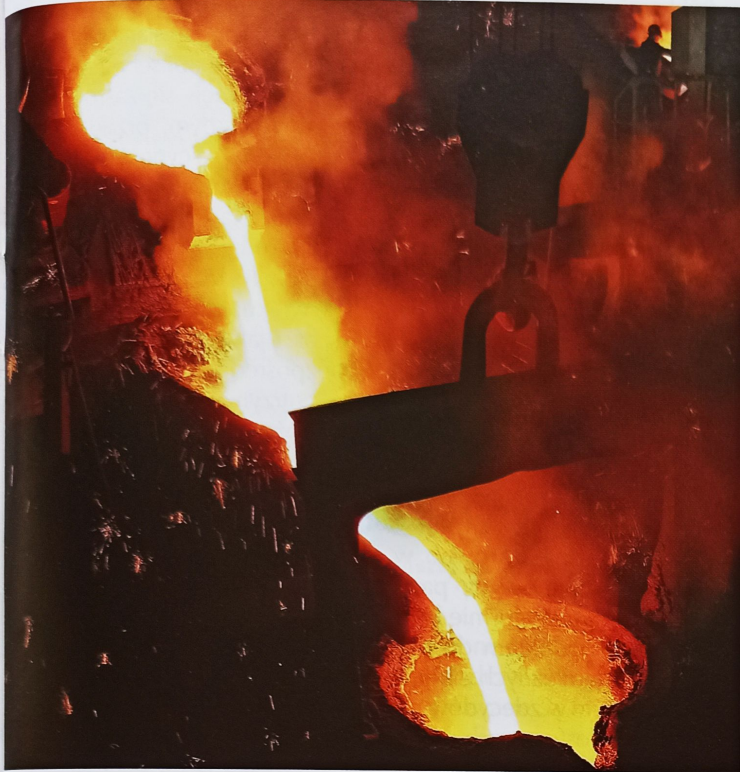
Znakomita przewodność cieplna i elektryczna sprawia, że miedź wykorzystywana jest w sektorze elektrycznym i energetycznym. Bez miedzi nie powstanie żaden transformator czy generator elektryczny. Cała klasyczna telekomunikacja bazuje na miedzi, z której wykonuje się różnego rodzaju przewody i złącza, w tym także komputerowe. W samochodzie osobowym może znajdować się łącznie nawet kilometr przewodów miedzianych. Metal ten wykorzystywany jest również w niemal w każdym sprzęcie elektronicznym.

Do grupy metali nieżelaznych, zwanych także metalami kolorowymi, poza miedzią zalicza się również cynk, ołów, cynę, arsen i rtęć. Z pierwszym z nich stykamy się każdego dnia na drogach. Cynk to podstawowy materiał do ochrony blach przed korozją, w tym oczywiście karoserii samochodów, ale również wielkich otwartych konstrukcji, np. mostów. Mijamy go przechodząc koło latarni, bariery są pokryte powłoką cynkową. To właśnie ich produkcja odpowiada za ponad 60% zużycia cynku (Galos, Lewicka, red. 2022). Ponadto duże ilości cynku wykorzystywane są do produkcji odlewów ciśnieniowych dla przemysłu motoryzacyjnego, elektrycznego i metalowego.

Ołów, którego rudy bardzo często występują w złożach wraz z rudami cynku, jest wykorzystywany od starożytności. Niektóre jego zastosowania straciły na znaczeniu, a głównym kierunkiem zastosowań jest produkcja akumulatorów kwaso-



Fig. 2. Przykłady wykorzystania surowców metalicznych.



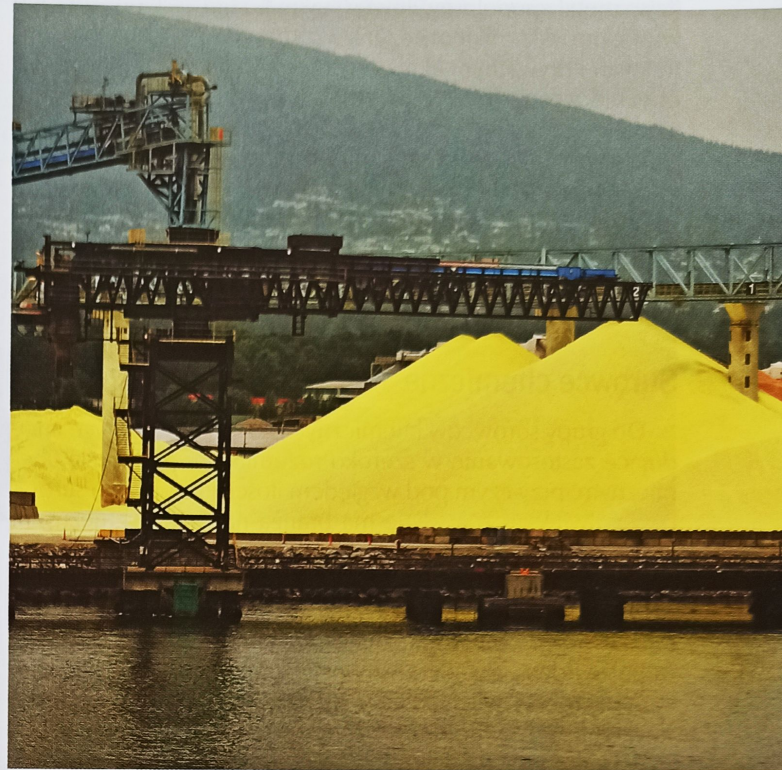
Fot. 3. W zależności od stosowanych domieszek i technologii wytwarzania, wyróżnia się ponad 3 500 gatunków stali.
Foto – Dreamstime

wo-olowiowych. W związku z rozwojem produkcji baterii litowo-jonowych rozwój stosowania tego metalu został wyraźnie zahamowany w ostatnich latach. Do tradycyjnych kierunków zastosowania ołowiu zaliczyć należy produkcję pigmentów do farb i amunicji, oraz jako środka ochronnego przed promieniowaniem radioaktywnym.

Wartym wzmianki metalem nieżelaznym jest również cyna. Niemal połowa produkowanej na świecie cyny wykorzystywana jest do produkcji lutów spawalniczych, zatem prawie żadna konstrukcja stalowa nie powstanie bez jej udziału (USGS 2023). Metal ten stosowany jest również do produkcji stopów z miedzią i ołowiem, do cynowania innych metali, do produkcji szkła typu float oraz w medycynie.

Kolejnymi szeroko stosowanymi surowcami z grupy metali są metale lekkie, do których zalicza się m.in. aluminium i tytan. Pierwszy z nich charakteryzuje się lekkością i dużą plastycznością, co powoduje, że jest łatwy w obróbce. Dzięki swym właściwościom aluminium jest powszechnie stosowane w wielu branżach i sektorach przemysłu, w tym w budownictwie (m.in. profile dla konstrukcji nośnych pod płyty kartonowo-gipsowe, profile okienne) oraz w branży opakowaniowej (produkcja puszek, kapsli, folii spożywczych). Prawdopodobnie każdy kiedyś jechał na rowerze, którego rama wykonana jest z aluminium lub stopów aluminium, bądź samochodem z aluminium felgami. Metal ten spotkać można również w elementach konstrukcji i korpusach łodzi, a nawet elementach samolotów (dla przykładu stopy aluminium dominują w strukturze samolotu Airbus A380).

Tytan, który swoją nazwę zaczerpnął z mitologii greckiej, przez analogię do mitycznych tytanów jest metalem o dużej wytrzymałości. Ze względu na swoje właściwości jego stopy wykorzystywane są w przemyśle lotniczym do produkcji sil-



Fot. 4. Tradycje stosowania siarki w różnych formach sięgają co najmniej czasów antycznych. Foto – Dreamstime

ników odrzutowych, wojskowości i przemyśle kosmicznym, branży motoryzacyjnej, medycynie (protezy dentystyczne, klamry ortopedyczne), jak również przy produkcji sprzętu dla sportów ekstremalnych. Stosuje się go wszędzie tam, gdzie konieczne jest uzyskanie dużej wytrzymałości przy jak najniższej masie wyrobu.

„Last but not least” na liście metali to metale szlachetne, wśród których od zarania dziejów prym wiodą złoto i srebro. Znaczenie złota wynika z jego właściwości w powiązaniu z ograniczoną dostępnością. Złoto jest współcześnie jedynym znaczącym metalem traktowanym jako ważny nośnik wartości



Fig. 3. Sole potasowe na większą skalę zaczęły być wykorzystywane gospodarczo w połowie XIX wieku. Znajdują one zastosowanie w zdecydowanej większości jako nośnik potasu w nawozach rolniczych. Foto – Dreamstime

(tzw. metal monetarny, inwestycyjny), stąd jest ono przede wszystkim składnikiem rezerw walutowych w bankach centralnych i prywatnym aktywem inwestycyjnym. Srebro z kolei obecnie stosowane jest w zastosowaniach przemysłowych, głównie elementach elektronicznych oraz elektrycznych. Ze srebra tworzy się różnego rodzaju przełączniki, pozwalające uruchamiać określone mechanizmy w urządzeniach elektrycznych, a także w samochodach, samolotach, czy nawet w promach kosmicznych. Bardzo szybko rozwijająca się branża fotowoltaiczna szeroko wykorzystuje srebro i aktualnie to ona odpowiada za około połowę zużycia tego metalu.

Surowce chemiczne

Do grupy surowców chemicznych zalicza się surowce znajdujące zastosowanie w szeroko rozumianym przemyśle chemicznym, przy czym pod względem ilości zużywanych surowców największe znaczenie ma branża nawozów sztucznych. Podstawowymi surowcami chemicznymi są: sól kamienna, sole potasowe, siarka, fosforyty i soda kalcynowana. Wobec istotnego znaczenia dla przemysłu chemicznego, do grupy tej częściowo zaliczyć można wiodące surowce energetyczne (ropa naftowa, gaz ziemny, węgiel kamienny), wysokiej czystości surowce węglanowe (wapień, dolomity, magnezyty) i wiele innych o mniejszym znaczeniu gospodarczym.

Sól kamienna – podstawowy surowiec chemiczny – wykorzystywana jest od czasów prehistorycznych. Przez tysiąclecia stosowana była głównie do celów spożywczych i konserwacji żywności. Od drugiej połowy XIX wieku rozwinęły się zastosowania soli kamiennej w przemyśle chemicznym, przede wszystkim do produkcji związków sodu – sody kalcynowanej (węglanu sodu), sody kaustycznej (wodorotlenku sodu) – oraz chloru. Te obszary zastosowań soli obecnie stanowią ponad 50% jej łącznego zużycia (Galos, Lewicka red. 2022).

Sole potasowe na większą skalę zaczęły być wykorzystywane gospodarczo w połowie XIX wieku. Znajdują one zastosowanie w zdecydowanej większości jako nośnik potasu w nawozach rolniczych – czy to bezpośrednio czy też po odpowiednim przetwarzaniu, np. celem otrzymania nawozów wieloskładnikowych (fig. 3). Niewielkie ilości tych soli są zużywane do produkcji związków chemicznych potasu.

Tradycje stosowania siarki w różnych formach sięgają co najmniej czasów antycznych. W chwili obecnej siarka znajduje zastosowanie zarówno w formie pierwiastkowej (np. w przemyśle gumowym, papierniczym, spożywczym), ale przede wszystkim w formie kwasu siarkowego. Ten ostatni jest ważnym półproduktem do otrzymywania wielu rozmaitych związków chemicznych siarki, jest też stosowany w chemii organicznej, ale w zdecydowanej większości służy do produkcji nawozów fosforowych (Bolewski 1991-1994).



Fig. 4. Najważniejsze materiały budowlane i wielkość ich zużycia do budowy typowego domu o powierzchni 150 m².

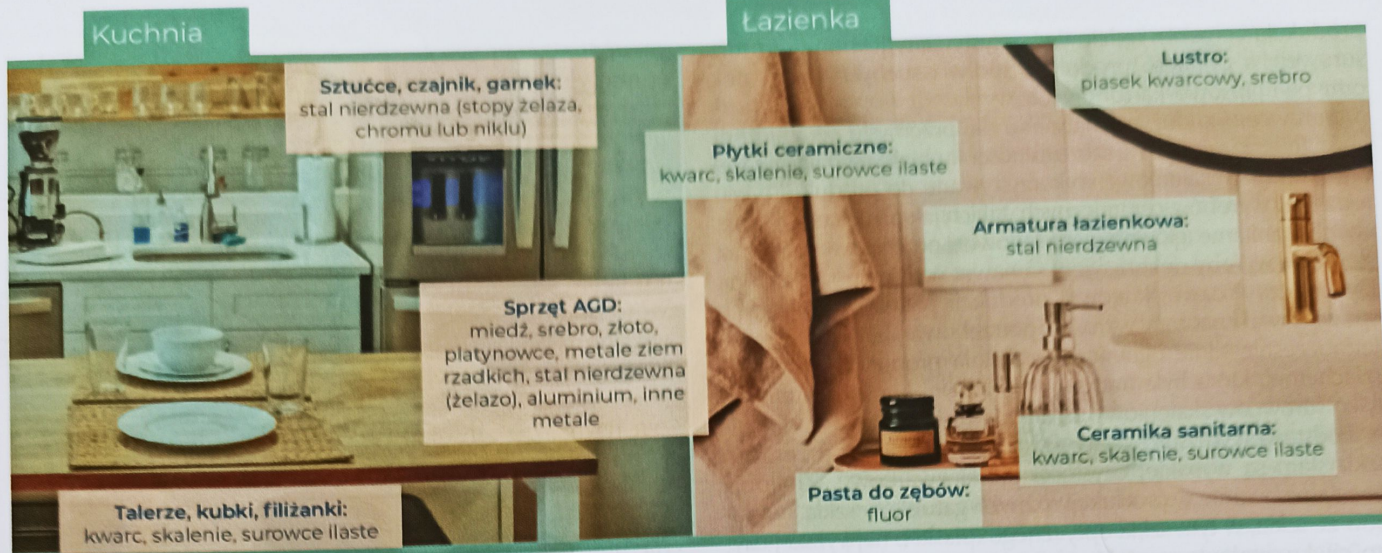


Fig. 5. Surowce mineralne w naszej kuchni i łazience.

Fosforyty (a więc surowce zasobne w fosforany wapnia) to podstawowe nośniki fosforu. Podczas ich przetwarzania z użyciem kwasu siarkowego uzyskiwane są kwas fosforowy i różne fosforany (głównie sodu), w zdecydowanej większości (ponad 90%) zużywane do produkcji jakże ważnych nawozów fosforowych i wieloskładnikowych (fig. 3). Wytwarzane są z nich też liczne inne związki fosforu wykorzystywane w wielu technologiach chemicznych.

Soda kalcynowana (węglan sodu) to najważniejszy używany w przemyśle chemicznym związek sodu. Otrzymywany niemal wyłącznie z soli kamiennnej, wapieni i amoniaku metodą Solvaya, znajduje zastosowanie do produkcji szkła, detergentów do proszków do prania, a także do produkcji innych związków sodu, papieru, jako środek spożywczy itp.

Surowce skalne

Surowce skalne to grupa surowców wykorzystywanych przede wszystkim w budownictwie i drogownictwie, a także w przemyśle szklarskim i ceramicznym. Zaliczanych jest do niej szereg surowców wytwarzanych ze skał magmowych, metamorficznych i osadowych (luźnych i zwięzłych). Największe znaczenie gospodarcze mają wśród nich: kruszywa naturalne żwirowo-piaskowe, kruszywa łamane, wapień przemysłowy, kamień budowlany, dolomity przemysłowe, gipsy, iły ceramiczne, piaski szklarskie i surowce skaleniowe. Są to przede wszystkim surowce wykorzystywane na potrzeby lokalne i regionalne (rzadziej o znaczeniu krajowym lub stanowiące przedmiot obrotów międzynarodowych).

Podstawowym budulcem naszych domów jest piasek i żwir oraz cement (fig. 4). Do produkcji tego ostatniego wykorzystuje się takie surowce skalne jak wapień, margle i surowce ilaste. Do budowy typowego domu o powierzchni 150 m² zużywa się średnio niemal 130 ton piasku, ponad 120 ton innych kruszyw oraz około 28 ton cementu. W mniejszych ilościach wykorzystywane są natomiast takie materiały budowlane jak cegły i dachówki (wytwarzane na bazie surowców ilastych; 16 ton) oraz gips (5 ton). Szyby okienne (szkło płaskie) otrzymywane są z piasków szklarskich z dodatkiem m.in. mączek wapiennych i dolomitowych. Niezbędne na etapie wykańczania domu płytki ceramiczne i wyroby ceramiki sanitarnej powstają natomiast głównie z surowców skaleniowo-

-kwarcowych i surowców ilastych (fig. 5). Farby zawierają w swoim składzie m.in. mączki kwarcowe, mączki wapienne i dolomitowe oraz talk, a kleje i silikony – mączki kwarcowe.

Pośród omawianych surowców skalnych w największych ilościach zużywane są kruszywa naturalne żwirowo-piaskowe oraz kruszywa łamane. Pierwsze z nich znajdują zastosowanie głównie do produkcji betonu i wyrobów betonowych dla potrzeb budownictwa mieszkaniowego, a w mniejszym zakresie budownictwa przemysłowego i drogowego. Kruszywa mineralne łamane, produkowane ze skał zwięzłych, wykorzystywane są natomiast głównie na potrzeby drogownictwa, a w mniejszym zakresie kolejnictwa. W związku z realizacją licznych inwestycji infrastrukturalnych zapotrzebowanie na te dwie grupy surowców systematycznie rośnie. Jego rekordowy skok zanotowano w Polsce w roku 2011, poprzedzającym mistrzostwa Europy w piłce nożnej EURO 2012, których byliśmy współorganizatorami.

Wapień przemysłowy w zależności od udziału węgla wapnia wykazują przydatność m.in. w przemyśle wapienniczym, nawozowym, paszowym, spożywczym, szklarskim, hutniczym, chemii budowlanej i jako sorbent do odsiarczania spalin w elektrowniach węglowych. Wapień marglisty i margle, charakteryzujące się niższą zawartością CaCO₃ i występowaniem substancji ilastej, stanowią natomiast cenny, podstawowy surowiec do produkcji cementu.

Zróżnicowane odmiany skał magmowych, metamorficznych i osadowych znajdują wykorzystanie jako kamień budowlany (w postaci płyt elewacyjnych i posadzkowych, stopni schodów, parapetów, kominków itp.), kamień drogowy (płyty chodnikowe, kostka, krawężniki itp.) oraz kamień nagrobkowy. Z uwagi na ograniczone możliwości pozyskiwania regularnych, prostopadłościennych bloków skalnych w Polsce dla tych celów stosowane są przede wszystkim granity, piaskowce, a tylko w niewielkim zakresie skały węglanowe (marmury, wapień, dolomity) oraz sjenity.

Dolomity przemysłowe to przede wszystkim surowce dla hutnictwa (topnik wykorzystywany do produkcji stali) oraz przemysłu materiałów ogniotrwałych. Wysokiej czystości mączki dolomitowe wykorzystywane są w przemyśle szklarskim (do produkcji szkła płaskiego) oraz ceramicznym (do produkcji szklów, mas porcelanowych i fajansowych). Najważniejszymi kierunkami zastosowania gipsu jest

produkcja cementu (gdzie wykorzystywany jest on w formie surowej), a ponadto produkcja spoiw i suchych mieszanek oraz płyt gipsowo-kartonowych.

Surowcami o dużym znaczeniu dla przemysłu ceramicznego są ropy ceramiczne (w szczególności ropy białe wypalające się) oraz surowce skaleniowe wykorzystywane do produkcji wielu rodzajów wyrobów ceramicznych, takich jak płytki ceramiczne, wyroby sanitarne (głównie porcelanowe) i porcelitowe (naczynia stołowe i wyroby dekoracyjne), a nawet wyroby porcelanowe. Dynamiczny rozwój krajowej produkcji płytek ceramicznych spowodował znaczący wzrost zapotrzebowania na te surowce. Jednocześnie silnie ograniczona została produkcja porcelany szlachetnej, która była tradycyjnie ważnym konsumentem nie tylko surowców skaleniowych, ale również kaolinu.

Podstawowym surowcem wykorzystywanym w przemyśle szklarskim są wysokiej czystości piaski kwarcowe. Znajdują one zastosowanie w produkcji różnych gatunków szkła i wyrobów ze szkła, w tym szkła optycznego (piaski o najwyższej czystości), kryształowego, stołowego, okiennego i innego budowlanego. Najniższe gatunki piasków szklarskich wykorzystywane są do produkcji szkła opakowaniowego i izolatorów szklanych (Galos, Burkowicz 2009). W zależności od technologii produkcji szkła dodawane są również takie surowce jak mączki wapienne i/lub dolomitowe, soda kalcynowana, skalenie sodowo-wapniowe lub sjenit nefelinowy (Burkowicz 2013).

Surowce w nowoczesnych technologiach

Wspomniane wcześniej surowce metaliczne odgrywają aktualnie kluczową rolę dla rozwoju większości nowoczesnych technologii. Przyjrzyjmy się chociażby urządzeniom elektronicznym takim jak smartfony, telewizory, laptopy, sprzęt medyczny, czy technologie kosmiczne. W każdym z tych sprzętów znajdziemy szereg różnych surowców, w tym przede wszystkim metali. Pomimo, iż wykorzystywane są one często w niewielkich ilościach, rozwój wspomnianych technologii nie byłby bez nich możliwy.

Typowy smartfon zawiera m.in. około 16 g miedzi, 0,4 g srebra, 0,05 g złota i 0,02 g palladu (fig. 6). Z kolei w laptopie znajduje się przeciętnie 160 g miedzi, 130 g aluminium, 60 g kobaltu, 2,5 g metali ziem rzadkich, 1,7 g tantalu i około 0,6 g metali szlachetnych. Do produkcji ekranów niezbędny jest ind, pierwiastki ziem rzadkich i cyna. Zasilanie zapewnia bateria zbudowana zwykle z litu i grafitu.

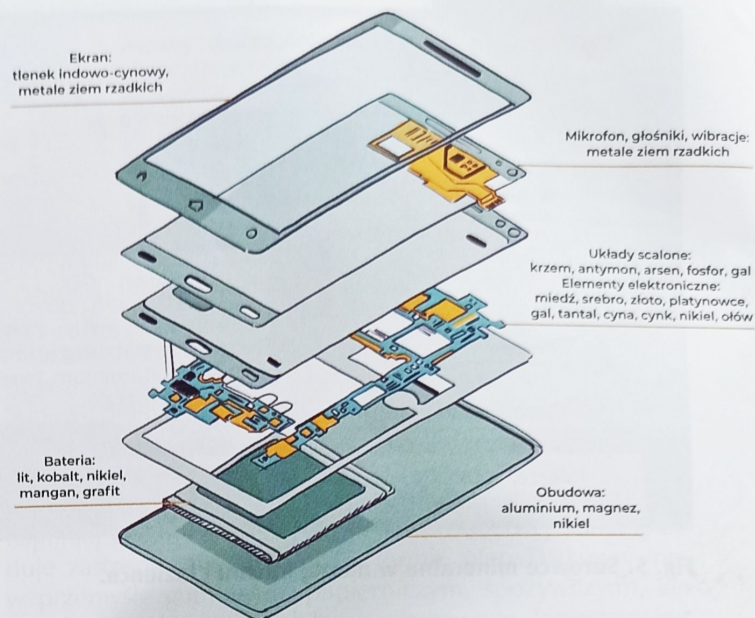


Fig. 6. Najważniejsze surowce mineralne wykorzystywane do produkcji smartfonu.

Analizując kolejne zdobycze techniki ciągle widoczne jest wykorzystanie surowców. W robotyce stosowane są metale ziem rzadkich i bor, niob i tytan, a także beryl, gal i ind. Do budowy dronów coraz częściej używa się stopów metali lekkich, w szczególności aluminium, magnezu i tytanu. Wynika to z faktu, iż muszą one cechować się wytrzymałą i stabilną konstrukcją pozwalającą na przenoszenie dużych obciążeń. Do produkcji silników do dronów potrzebne są ponadto metale ziem rzadkich, a do systemów sterowania i elektroniki – beryl, gal, german i ind.

Wiele spośród wspomnianych surowców znajduje się na liście surowców krytycznych dla Unii Europejskiej. Obejmuje ona aktualnie 34 surowce o dużym znaczeniu gospodarczym, których dostawy do UE są zagrożone. Często surowce te produkowane są tylko w kilku krajach na świecie (przykładowo najważniejszym dostawcą kobaltu jest Demokratyczna Republika Konga, platynowców – Rosja i Republika Południowej Afryki, a metali ziem rzadkich – Chiny).

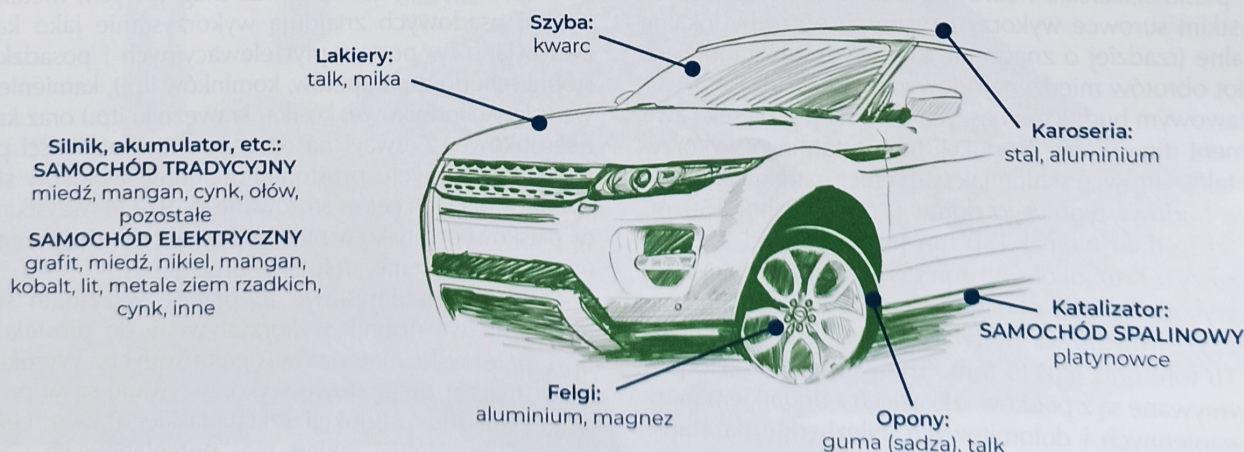


Fig. 7. Najważniejsze surowce mineralne wykorzystywane do produkcji samochodu tradycyjnego i elektrycznego.

Jeden z najtrudniejszych do pozyskania pierwiastków to gal, który używany jest w elektronice jako półprzewodnik. Związki galu znajdziemy w kuchenkach mikrofalowych, w żarówkach LED, w diodach, telefonach, procesorach, odtwarzaczach Blue-ray czy satelitach. Innym surowcem krytycznym jest kobalt, wykorzystywany w przeszłości głównie do produkcji farb, a aktualnie odgrywający ważną rolę jako składnik elektrod akumulatorów litowo-jonowych, niklowo-metalowo-wodorkowych i niklowo-kadmowych. Metal ten wykorzystywany jest najczęściej do produkcji akumulatorów, bez których nie działa żaden przenośny sprzęt elektroniczny. Kobalt jest także niezastąpionym katalizatorem wielu reakcji chemicznych, np. przy produkcji polietylenu (PET).

Wiele spośród omawianych surowców krytycznych niezbędnych jest również w procesie transformacji energetycznej, której celem jest zastąpienie paliw kopalnych przez źródła odnawialne, w tym energię słoneczną i wiatrową. Proces ten obejmował będzie również transport i zastąpienie tradycyjnych samochodów wyposażonych w silniki spalinowe samochodami elektrycznymi wyposażonymi w baterię i zasilanymi energią elektryczną.

Dla rozwoju energetyki wiatrowej niezbędne są takie surowce krytyczne jak metale ziem rzadkich i bor, wykorzystywane do produkcji magnesów trwałych w turbinach wiatrowych, a także niob stanowiących składnik wysokowytrzymałych stopów budujących wieżę turbiny wiatrowej. W technologiach fotowoltaicznych kluczowy jest krzem metaliczny, gal, german, ind, srebro i bor. Szczególnie wiele różnorodnych surowców potrzebnych jest do produkcji samochodu elektrycznego. Jego najważniejszym elementem jest bateria, do wytwarzania której wykorzystywane są takie surowce jak: grafit, lit, kobalt, nikiel i mangan. Niewielu z nas zdaje sobie sprawę z faktu, że do wyprodukowania samochodu elektrycznego potrzeba kilkukrotnie większą liczbę i ilość surowców niż w przypadku klasycznego samochodu spalinowego (fig. 7).

Podsumowanie

Przedstawione przykłady zastosowania różnorodnych surowców mineralnych pokazują, że są one niezbędne niemal w każdym obszarze naszego życia. Od dostępu do surowców uzależniony jest zarówno nasz dalszy rozwój cywilizacyjny, jak też technologiczny. Od zarania dziejów ludzie korzysta-

li z surowców, a wraz z rozwojem technologicznym jedne surowce zastępowane były innymi. Obecnie wkraczamy w „erę surowców metalicznych”, które z jednej strony zastępują paliwa kopalne, takie jak węgiel, ropa naftowa czy gaz, a z drugiej strony są niezbędne do produkcji sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Zanim staniemy się szczęśliwymi posiadaczami nowego laptopa, smartfonu, czy samochodu, warto przez chwilę zastanowić się: skąd biorą się surowce do jego produkcji? Musimy mieć świadomość, że aby cieszyć się zdobyczami techniki i funkcjonować w nowoczesnym świecie, konieczny jest dostęp do złóż kopalin dla potrzeb ich eksploatacji, a następnie produkcji surowców mineralnych. Ważnym elementem gospodarki surowcami powinien być również rosnący recykling, czyli odzysk surowców ze źródeł wtórnych (np. złomów) i odpadów. Pozwala on nie tylko na zmniejszenie ilości powstających odpadów, ale przede wszystkim na ograniczenie zużycia surowców pochodzących z działalności górniczej, przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia energii potrzebnej do ich wytworzenia. Natomiast, trzeba mieć na uwadze, że nie wszystkie surowce poddają się recyklingowi w tej samej skali, a wciąż rosnące zapotrzebowanie na surowce do transformacji energetycznej będzie bardzo trudne do pokrycia tylko z recyklingu. Zatem, ciągle niezbędna jest owiana w ostatnim czasie złą sławą działalność górnicza, choć jej ciężar przesuwają się mocno w stronę górnictwa surowców metalicznych.

Literatura

- Bolewski A. (red.), 1991-1994 – Encyklopedia Surowców Mineralnych (4 tomy). Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- Burkowicz A., 2013 – Trendy rozwoju zapotrzebowania na surowce dla przemysłu szklarskiego w Polsce z oceną możliwości jego zaspokojenia z obecnych i perspektywicznych źródeł krajowych. *Górnictwo Odkrywkowe*, t. 54, nr 5-6, s. 59-65.
- Galos K., Burkowicz A., 2009 – Możliwości dalszego rozwoju polskiego przemysłu szklarskiego w świetle udokumentowanej i perspektywicznej bazy zasobowej piasków szklarskich. *Zeszyty Naukowe Instytutu GSM PAN*, nr 76, s. 17-19.
- Gospodarka surowcami mineralnymi w Polsce w latach 2012-2021. Praca zbiorowa pod red. K. Galosa i E. Lewickiej. Wyd. IGSMiE PAN Kraków 2022; <https://min-pan.krakow.pl/wydawnictwo/ksiazki/gospodarka-surowcami-mineralnymi-w-polsce-w-latach-2012-2021>
- World Energy Outlook 2022 – International Energy Agency; <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- USGS 2023 – Mineral Commodity Summaries. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>

Publikacja powstała w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Nauka dla społeczeństwa”, nr projektu NdS/539771/2021/2022.

W następnych numerach:

- Dowcipy w dydaktyce geografii
- Szkoła jako **pozytywna organizacja**
- Góry **Betyckie**
- **Logograf** świąteczny
- Bretania – **kraniec Ziemi**

