NUMER 01

COPPERNICUS

MATERIA

O cyfrowym świecie zbudowanym na metalach

1348 M

odpowiedzialności

BIENVENIDO, CHILE!

Odważni są nagradzani



KGHM
POLSKA MIEDŹ



Świat potrzebuje dziś miedzi bardziej niż kiedykolwiek. Jest niezbędna do budowy sieci energetycznych, centrów danych i rozwoju nowych technologii. Popyt rośnie, ale niewiele firm potrafi zrobić z miedzią coś więcej niż tylko ją wydobyć. Większość globalnych gigantów górniczych działa według prostego modelu: wydobyć rudę, przygotować koncentrat i sprzedać go dalej. Kolejne etapy produkcji realizuje już ktoś inny. KGHM wybrał trudniejszą drogę.

Spółka kontroluje cały proces: od złoża głęboko pod ziemią, przez wydobycie i wzbogacanie rudy, aż po produkcję gotowej miedzi i odzysk innych cennych metali. Takich firm na świecie jest zaledwie kilka. I właśnie tu kryje się nasza przewaga.

Rudy wydobywane przez KGHM zawierają nie tylko miedź. Są też źródłem srebra, złota i wielu innych metali wykorzystywanych we współczesnym przemyśle. Dzięki własnym hutom i rafineriom spółka potrafi odzyskać ich pełną wartość. Gdyby sprzedawała jedynie koncentrat, część tych korzyści trafiałaby do innych. To dlatego KGHM jest czymś więcej niż producentem miedzi. W praktyce to firma, która z jednej tony rudy potrafi wydobyć znacznie więcej niż większość konkurentów. Ma to szczególne znaczenie w czasach niepewności. Kiedy ceny jednego metalu spadają, pomagają inne. Kiedy rosną problemy w globalnych łańcuchach dostaw, własne surowce i własne zakłady dają większą niezależność. Dziś wiele firm na świecie próbuje budować taki model. KGHM posiada go od dziesięcioleci.

Dlatego o sile spółki nie decyduje wyłącznie to, co znajduje się pod ziemią. Równie ważne jest doświadczenie, technologie i umiejętność wykorzystania każdej części wydobywanej rudy. I to właśnie sprawia, że KGHM jest firmą, którą znacznie łatwiej podziwiać niż skopiować.

Miłej lektury.



Remigiusz Paszkiewicz
Prezes Zarządu
KGHM Polska Miedź S.A.

COPPERNICUS
NR 1/2026

WYDAWCA:
KGHM Polska Miedź S.A.
ul. M. Skłodowskiej-Curie 48
59-301 Lubin

OPRACOWANIE: Pion Komunikacji
KGHM Polska Miedź S.A.

KONTAKT DO REDAKCJI:
marketing@kghm.com

Opracowanie graficzne i produkcja:
GOODFEATHER

6

Każdy głęboki szyb jest czymś więcej niż konstrukcją. Jest sprawdzianem granic ludzkiej wiedzy, inżynierii i technologii.

1348 M ODPO-WIEDZIAL-NOŚCI

14

Dlaczego AI, elektromobilność i transformacja energetyczna walczą o te same zasoby?

CYFROWY ŚWIAT STOI NA MIEDZI

32

Od brzmienia do emocji.

MIEDŹ MA GŁOS

42

Podróż
do źródeł.

MIEDŹ MA DŁUGĄ PAMIĘĆ

48

Piotr Zieliński bez wątpienia miał talent. Ale miał coś jeszcze – środowisko, które pomogło mu go rozwinąć.

MOC PIERW-SZEGO PODANIA

56

Eksploracja kosmosu kończy się tam, gdzie ziemskie materiały zawodzą.

POZA GRANICE

70

Do odważnych świat należy, a chilijska pustynia Atakama jest tego surowym dowodem.

BIEN-VENIDO, CHILE!

134

ODPOWIEDZIALNOŚCI

TEKST – RAFAŁ STEPNOWSKI

-8m

W górnictwie każdy dodatkowy metr w dół to nowe wyzwania i podróż w nieznane. Jak dostarczyć powietrze? Jak utrzymać właściwą temperaturę? Jak monitorować warunki pracy? Jak bezpiecznie przetransportować ludzi i materiały? Jak reagować, kiedy pod ziemią wydarzy się coś nieprzewidzianego? Im głębiej znajduje się złoże, tym mniej można pozostawić przypadkowi. W poszukiwaniu miedzi i innych cennych metali sięgamy do miejsc, w których margines błędu staje się coraz mniejszy. W tym sensie każdy głęboki szyb jest czymś więcej niż konstrukcją. Jest sprawdzianem granic ludzkiej wiedzy, inżynierii i technologii.

Szyb GG-1 ma 1348 m głębokości. To część realizowanego przez KGHM ambitnego Programu Udostępniania Złoża, którego celem jest eksploatacja złoża znajdującego się na głębokości 1385 m w obszarze Głogów Głęboki-Przemysłowy. W czerwcu 2023 roku szyb został połączony z Zakładami Górniczymi Rudna. Docelowo będzie pełnił funkcję materiałowo-zjazdową, ale jego znaczenie wykracza daleko poza samą konstrukcję szybu. To element systemu, który pozwoli na bezpieczne funkcjonowanie kopalni na większych głębokościach.



PRZYZIEMNE PROBLEMY PODZIEMNEJ EKSPLOATACJI

Na powierzchni ziemi temperatura, wilgotność i jakość powietrza przez większość czasu pozostają jedynie tłem codziennego życia. W kopalni te parametry mają określone znaczenie. Wraz z głębokością wzrasta temperatura górotworu, zmienia się mikroklimat, wydłużają się szlaki transportowe i ratownicze.

W przypadku złoża Głogów Głęboki-Przemysłowy szczególnym wyzwaniem są wysoka pierwotna temperatura skał i ryzyko wyrzutu gazów. W takich warunkach nie da się pracować bez wentylacji i chłodzenia, a także bez odpowiednio zaprojektowanej logistyki i monitoringu. Dlatego przy szybie GG-1 powstaje Powierzchniowa Stacja Klimatyzacyjna, której docelowa moc będzie wynosić 40 MW. To odpowiedź na bardzo konkretne pytanie: jak stworzyć warunki, w których człowiek może bezpiecznie pracować w środowisku o zupełnie innych parametrach niż na powierzchni?

Współczesne górnictwo wymaga współpracy i niezawodności wielu elementów. Szyb dostarcza świeżego powietrza, a systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne pomagają utrzymać warunki umożliwiające pracę. Monitoring pozwala obserwować parametry środowiskowe. Infrastruktura transportowa służy przemieszczaniu ludzi i materiałów. Rozwiązania ratownicze muszą być przygotowane na sytuacje, w których czas i odległość stanowią czynniki o zupełnie innej wadze. Im dalej od powierzchni, tym bardziej złożona staje się logistyka i tym większego znaczenia nabiera niezawodność całego systemu.

Zdjęcie — KGHM

BEZPIECZEŃSTWO MA NAJGŁĘBSZY SENS

Technologia nie jest jednak celem samym w sobie. Jej najważniejsze zadanie to ograniczanie ryzyka i tworzenie warunków, w których ludzie mogą bezpiecznie wykonywać swoją pracę. Dlatego im głębiej schodzimy, tym ważniejsze staje się projektowanie środowiska pracy wokół człowieka. Technologia ma nie tylko umożliwić dotarcie do złoża, ale także sprawić, by droga w dół, pobyt pod ziemią i powrót na powierzchnię były bezpieczne i przewidywalne.

W ekstremalnym środowisku komfort łatwo uznać za coś drugorzędnego – najpierw bezpieczeństwo, potem cała reszta. Ale być może właśnie głębokość zmusza nas do zmiany tego sposobu myślenia. Ktoś, kto pracuje wiele godzin w wysokiej temperaturze, wilgotności i wymagającym środowisku, potrzebuje nie tylko ochrony przed zagrożeniem. Potrzebuje warunków, które pozwolą mu zachować koncentrację, sprawność i poczucie bezpieczeństwa. Kilometr pod ziemią komfort oddechowy i termiczny nie jest luksusem, lecz obowiązkowym elementem codzienności.

Dlatego już na etapie projektowania trzeba szukać odpowiedzi na wiele pytań. Jak skutecznie chłodzić powietrze? Jak monitorować zmieniające się warunki? Jak ograniczać czas przebywania człowieka w najbardziej wymagających miejscach? Jak planować transport i organizację pracy, by niepotrzebnie nie zwiększać obciążenia pracowników? I wreszcie: czy istnieje granica, poniżej której wydobycie przestaje być możliwe – albo raczej granica, poniżej której nie jesteśmy już w stanie zapewnić ludziom warunków pracy, które uznajemy za bezpieczne i godne?

JUTRO ZACZYNA SIĘ DZIŚ

Rozwój technologii pozwala realizować projekty, które jeszcze niedawno były nierealne. Lepsze systemy wentylacji i klimatyzacji to jedno, ale po drugiej stronie równania mamy automatyzację, robotyzację, analizę danych i sztuczną inteligencję. Czy przyszłością górnictwa będzie człowiek pracujący coraz głębiej, czy raczej człowiek nadzorujący coraz bardziej autonomiczne systemy? To fundamentalna zmiana spojrzenia. Maszyny mogą przejmować część najbardziej wymagających prac. Systemy monitoringu mogą obserwować środowisko w czasie rzeczywistym. Automatyzacja może ograniczać liczbę osób przebywających w najbardziej wymagających strefach. Rozwiązania klimatyzacyjne mogą coraz precyzyjniej zarządzać warunkami pracy. KGHM już wdraża tego typu rozwiązania wraz z automatyzacją i ze stopniową wymianą parku maszynowego na pojazdy z napędem elektrycznym czy akumulatorowym.

Głębokie kopalnie stają się czymś więcej niż tylko miejscem wydobycia rudy. To tutaj można sprawdzić, czy nowe rozwiązania rzeczywiście są gotowe do pracy poza laboratorium. Czy system potrafi działać w wysokiej temperaturze, wilgotności, zapyleniu i ograniczonej przestrzeni? Czy czujniki i systemy komunikacji pozostają niezawodne? Czy maszyna może wykonywać zadania autonomicznie i bezpiecznie? Czy technologia potrafi nie tylko działać, ale także reagować na zmieniające się warunki?

To perspektywa, a nie gotowy scenariusz. Ale kierunek jest czytelny: człowiek powinien być coraz mniej wystawiony na działanie ekstremalnego środowiska, a coraz bardziej wspierany przez technologię. Być może przyszłość będzie polegała nie na tym, że będzie schodził coraz głębiej, lecz na tym, że coraz więcej technologii będzie schodziło tam razem z nim – albo zamiast niego.

Na pierwszy rzut oka 1348 m dla każdego oznacza coś innego. Dla inżyniera – skalę wyzwania. Dla logistyka – odległość. Dla ratownika – czas. Dla górnika – miejsce pracy.

Zdjęcie — KGHM

Być może przyszłość będzie polegała nie na tym, że człowiek będzie schodził coraz głębiej, lecz na tym, że coraz więcej technologii będzie schodziło tam razem z nim – albo zamiast niego.



SIĘGAMY GŁĘBIEJ, WIDZIMY WIĘCEJ

Szyb GG-1 jest częścią bardziej złożonej historii. Udostępnienie głębiej położonych złóż ma umożliwić dalsze wykorzystywanie zasobów obszaru Głogów Głęboki-Przemysłowy i utrzymanie krajowej bazy zasobowej KGHM przez kolejne dekady. Według planów spółki w latach 2028-2035, czyli w okresie największego nasilenia robót eksploatacyjnych, produkcja z tego obszaru ma wynosić 10-11 mln t rudy rocznie, z czego będzie można uzyskać 200-220 tys. t miedzi elektrolitycznej rocznie. To także perspektywa rozwoju kompetencji, miejsc pracy i regionu. Dlatego inwestycji w ten szyb nie sposób zmierzyć jedynie objętością betonu i stali. To miejsce, z którego spoglądamy dalej. Na kolejne dekady górnictwa, nowe technologie, zmieniające się kompetencje pracowników, coraz większą rolę automatyzacji, danych i autonomicznych systemów czy wreszcie – możliwość sprawdzania ich w środowisku, które nie wybacza niedopracowanych rozwiązań.

Na pierwszy rzut oka 1348 m dla każdego oznacza coś innego. Dla inżyniera – skalę wyzwania. Dla logistyka – odległość. Dla ratownika – czas. Dla górnika – miejsce pracy. Dla projektanta systemów klimatyzacji – warunki, które trzeba stale kontrolować. Dla technologów – środowisko, w którym można sprawdzać, czy rozwiązania zaprojektowane dla przyszłości rzeczywiście działają wtedy, gdy nie ma miejsca na kompromisy. Ale na końcu ta liczba sprowadza się do jednego: odpowiedzialności. Bo im głębiej schodzimy, tym więcej trzeba zrobić, by człowiek mógł bezpiecznie wykonać swoją pracę, zachować sprawność i komfort, a następnie wrócić na powierzchnię. Jeżeli technologia pozwala nam przesuwać granice, warto ją rozwijać. Jeśli pozwala przejąć od ludzi najbardziej wymagające zadania, warto z niej korzystać. Trzeba jedynie pamiętać, że 1348 m to nie tylko głębokość, ale przede wszystkim zobowiązanie, by każdy kolejny metr był dla człowieka bezpieczny.

10–11

mln ton

tyle ma wynieść rocznie produkcja rudy w KGHM z obszaru Głogów Głęboki-Przemysłowy w latach 2028-2035.

1348
metrów odpowiedzialności

Im głębiej sięgamy po miedź,
tym więcej zależy od technologii,
które chronią człowieka.
Bezpieczeństwo. Zdrowie. Komfort pracy.
Dziś i w przyszłości.



ŚWIEŻE POWIETRZE
Wentylacja i klimatyzacja

MONITORING
Stała kontrola parametrów środowiska pracy

TRANSPORT
Bezpieczne przemieszczanie ludzi i materiałów

BEZPIECZEŃSTWO
Infrastruktura ratownicza i gotowość na każdą sytuację

LUDZIE
Doświadczenie, wiedza i odpowiedzialność

KGHM. TECHNOLOGIA W SŁUŻBIE CZŁOWIEKOWI

GŁĘBOKOŚĆ ZMIENIA PERSPEKTYWĘ.

NASZE PODEJŚCIE POZOSTAJE TAKIE SAMO: CZŁOWIEK NA PIERWSZYM MIEJSCU.

KGHM POLSKA MIEDŹ

Cyfrowy świat stoi na miedzi



Dlaczego AI, elektromobilność i transformacja energetyczna walczą o te same zasoby?

ERIA

TEKST — AGATA RZĘDOWSKA





Chmury danych nie wypatrzymy na niebie. Sztuczna inteligencja nie działa bez centrów danych, a te nie mogą funkcjonować bez energii, sieci, przewodów, transformatorów i wszystkiego, co niezbędne, by dostarczać prąd tam, gdzie potrzebna jest moc obliczeniowa. Im bardziej cyfrowy staje się świat, tym większe znaczenie zyskuje to, co najbardziej fizyczne: miedź, lit, grafit, nikiel, aluminium, metale ziem rzadkich, a także infrastruktura potrzebna do ich wydobycia i przetworzenia.

Jedno pytanie zadane AI prowadzi do całego materialnego świata.

Człowiek wpisuje pytanie do modelu AI – może zapytać o samochód, który chce kupić, poprosić o przepis na kolację albo o poradę dotyczącą relacji. Kilka sekund później na ekranie pojawia się odpowiedź. Z perspektywy użytkownika wydarzyło się coś niemal abstrakcyjnego: krótkie pytanie zostało zamienione w potok słów. W rzeczywistości uruchamiają się procesory, energia płynie przez sieć i zamienia się w pracę obliczeniową, a wytworzone ciepło trzeba odprowadzić. Serwery zostały wcześniej wyprodukowane z półprzewodników, metali i komponentów pochodzących ze skomplikowanych łańcuchów dostaw. Jedno pytanie zadane AI prowadzi więc do całego materialnego świata.

Można spojrzeć na transformację jak na pracę na zbiorach. Energetyka, transport, przemysł i cyfryzacja tworzą odrębne zbiory potrzeb, technologii i odbiorców, ale coraz częściej mają wspólne elementy – choćby zapotrzebowanie na miedź, energię czy infrastrukturę sieciową. Właśnie te części wspólne trzeba dziś umieć identyfikować, nie tracąc przy tym z pola widzenia mniejszych, bardziej peryferyjnych uczestników rynku.

Według Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) globalne zużycie energii elektrycznej przez centra danych ma wzrosnąć z około 485 TWh w 2025 roku do około 950 TWh w 2030 roku. Dla skali: 485 TWh to niemal trzykrotność całego rocznego zużycia energii w Polsce, które w 2024 roku wyniosło około 169 TWh. Przy czym centra danych można zbudować w kilka lat, ale infrastruktura energetyczna potrzebna do ich obsługi wymaga znacznie dłuższego planowania i inwestycji. I tu zaczyna się opowieść łącząca trzy pozornie odległe światy: AI, elektromobilność i transformację energetyczną.

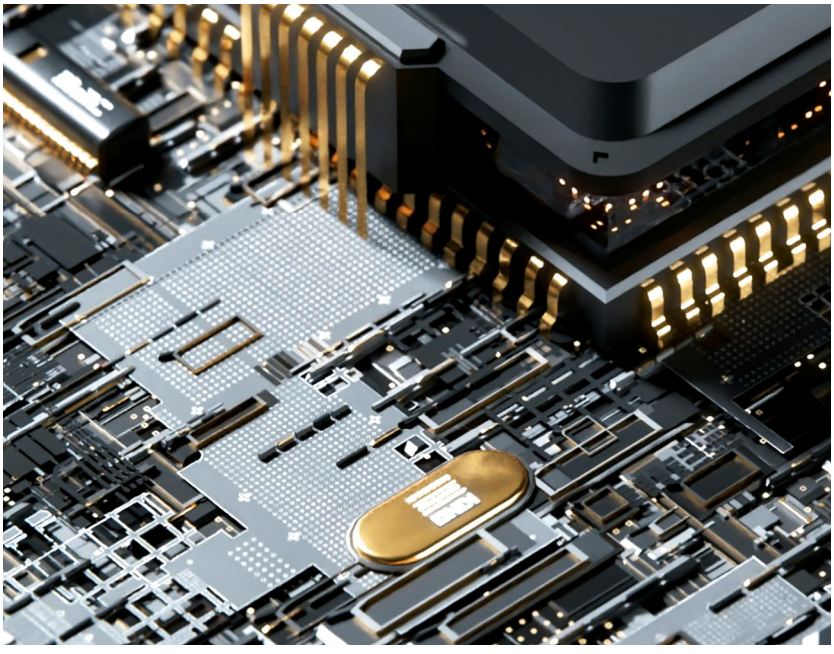
Zdjęcie — Nastya Dulhiier



950 TWh energii mogą zużyć centra danych w 2030 roku.

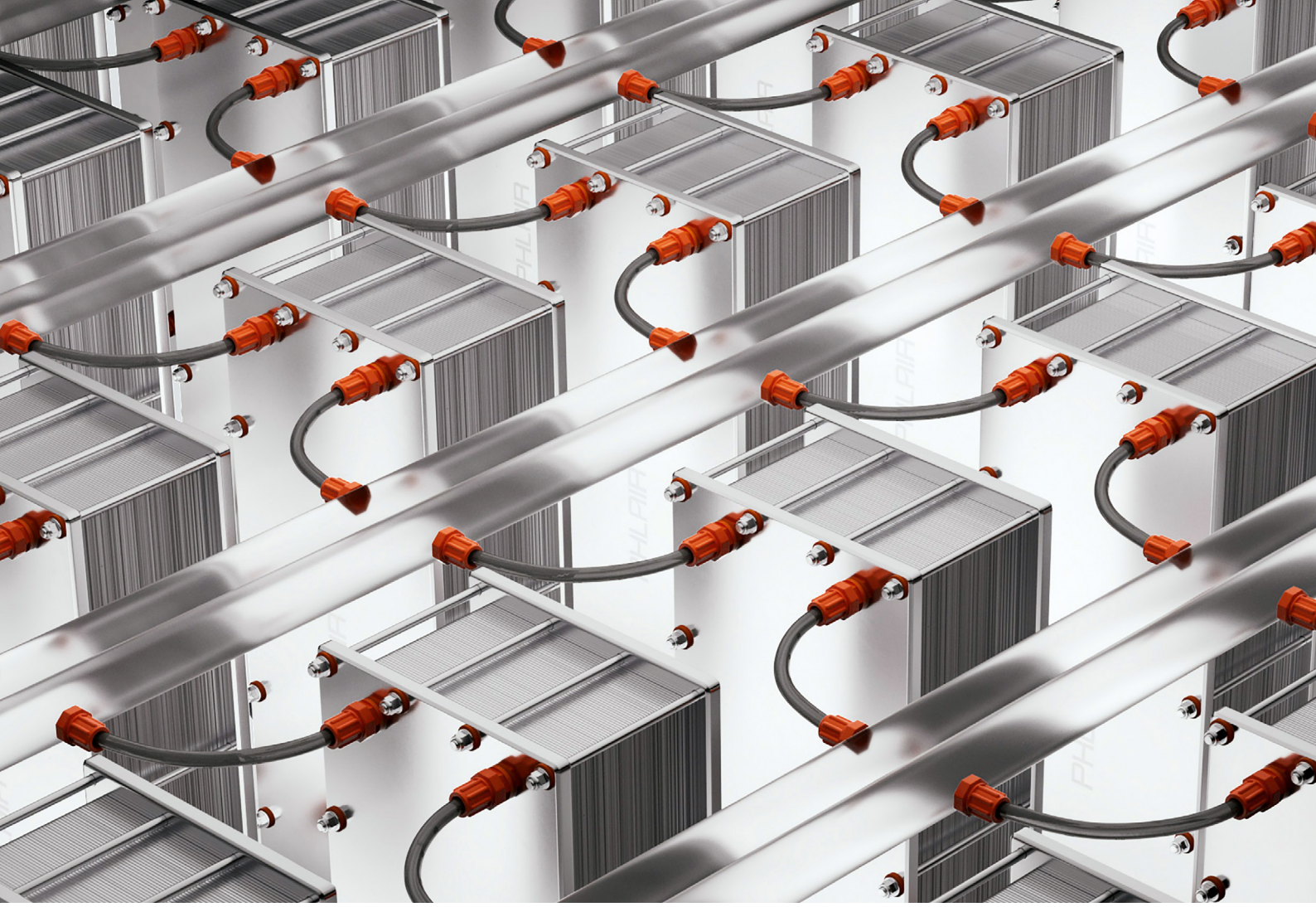
TRZY REWOLUCJE, JEDEN RACHUNEK

AI potrzebuje energii. Elektromobilność potrzebuje energii. Transformacja energetyczna ma tę energię produkować, przesyłać i dostarczać. Pozornie są to trzy osobne procesy, ale wszystkie korzystają z tych samych zasobów: centrum danych wymaga przyłącza i transformatora, fabryka baterii – energii i surowców, samochód elektryczny (BEV, battery electric vehicle) – baterii, silnika i infrastruktury ładowania, a sieć – ogromnych ilości przewodów. Wspólnym mianownikiem jest elektryfikacja – nie tyle wymiana jednego urządzenia na drugie, ile przebudowa całego sposobu, w jaki energia jest produkowana, przesyłana i konsumowana. Ma to również wymiar związany z bezpieczeństwem. Polska wciąż importuje około 98 proc. ropy i 82 proc. gazu. Elektryfikacja to nie ideologia, a ekonomia – silnik elektryczny wykorzystuje około 90 proc. energii z baterii wobec 20-30 proc. w przypadku napędu spalinowego. Jednym z najważniejszych materiałowych symboli tej przebudowy jest miedź.



6 mln t miedzi może zabraknąć do 2035 roku.

Zdjęcie — Igor Omilaev



Zdjęcie — Phlair

MIEDŹ – METAL ELEKTRYFIKACJI

Świat wydobywa dziś około 23 mln t miedzi rocznie. BloombergNEF ostrzega, że do 2035 roku luka między podażą a popytem może sięgnąć 6 mln t – to ponad jedna czwarta dzisiejszego globalnego wydobycia. Nie chodzi o to, że centra danych, samochody i sieci dosłownie walczą o tę samą tonę miedzi. Wszystkie trzy procesy zwiększają zapotrzebowanie na urządzenia, które przewodzą, przetwarzają i magazynują energię. Miedź trafia do kabli, transformatorów, silników i elektroniki, a zatem im więcej budujemy urządzeń i systemów energetycznych, tym więcej jej potrzebujemy. Dlatego zapotrzebowanie na nią można traktować jak barometr elektryfikacji.

Rodzime złoża rud miedzi i srebra na Dolnym Śląsku – w rejonie Lubina, Polkowic i Głogowa – zawierały na koniec 2025 roku, według Państwowego Instytutu Geologicznego, około 55,35 mln t miedzi i 163,58 tys. t srebra w 3,49 mld t rudy. W 2025 roku wydobyto ponad 30 mln t rudy, z której odzyskano 449 tys. t miedzi metalicznej. Z tej samej rudy KGHM odzyskuje też srebro, złoto, ołów, nikiel, selen i ren. Złoże nie jest więc synonimem jednego surowca, a nowoczesna gospodarka surowcowa polega na wyciąganiu z jednego strumienia materiału jak największej wartości. Polska ma tu realną możliwość, by nie być jedynie odbiorcą surowców potrzebnych do transformacji energetycznej i cyfrowej – takich jak miedź, srebro czy nikiel – lecz uczestniczyć w całym łańcuchu ich wartości: od wydobycia, przez przetwarzanie, po odzysk.

KRYTYCZNE TO NIE TO SAMO CO RZADKIE

W dyskusji o transformacji energetycznej bardzo często pojawiają się określenia „surowce krytyczne" i „metale ziem rzadkich". Są używane niemal zamiennie, choć oznaczają coś innego.

Surowiec krytyczny to przede wszystkim pojęcie gospodarcze i strategiczne. Unia Europejska uznaje za krytyczne materiały, które mają istotne znaczenie gospodarcze i jednocześnie charakteryzują się wysokim ryzykiem związanym z dostawami. W unijnym Critical Raw Materials Act znajdują się obecnie 34 surowce krytyczne, z których 17 uznano za strategiczne. W tej grupie są m.in. lit, kobalt, grafit, nikiel, mangan, miedź, gal, german, wolfram czy platynowce.

Metale ziem rzadkich natomiast to konkretna grupa pierwiastków chemicznych. W kontekście transformacji szczególnie ważne są te stosowane w magnesach trwałych, m.in. neodym, prazeodym, dysproz i terb. Łącznie grupa ta obejmuje 17 pierwiastków – skand, itr i 15 lantanowców. Nazwa może być myląca. Nie wszystkie występują w skorupie ziemskiej wyjątkowo rzadko. Problem polega głównie na tym, że ich złoża są zwykle rozproszone, a wydobycie, separacja i rafinacja – skomplikowane. Europa również posiada takie zasoby i analizuje możliwości ich wykorzystania; przykładem są złoża w Szwecji i Norwegii.

Nie istnieje więc jedna lista „metali transformacji". Bateria ma inne potrzeby niż turbina wiatrowa, silnik z magnesami trwałymi inne niż silnik indukcyjny, a sieć elektroenergetyczna inne niż półprzewodnik. Istnieje za to cały system zależności.



Zdjęcie — Juice



SAMOCHÓD, BATERIA I MIT KOBALTU

Samochód elektryczny ma prostszy układ napędowy niż pojazd spalinowy, ale jako produkt wcale nie jest prostszy – coraz więcej jego funkcji przenosi się do oprogramowania (software-defined vehicle), które steruje hamowaniem, energią i reakcją na otoczenie. Jednak to oprogramowanie działa tylko tak dobrze, jak fizyczne komponenty, na których się opiera: czujniki, procesory i bateria. Brak półprzewodnika zatrzymuje produkcję auta, brak miedzi może ograniczyć rozbudowę infrastruktury ładowania.

Sama bateria przestała być wyłącznie elementem samochodu. Dziś jest również elementem infrastruktury energetycznej – w domu, przy farmie OZE czy jako zasilanie awaryjne centrum danych – pozwala bowiem przesuwać energię w czasie, gdy wiatr i słońce nie produkują jej dokładnie wtedy, kiedy jest potrzebna. Według IEA w 2024 roku globalne przyrosty wielkoskalowych magazynów bateryjnych sięgnęły około 63 GW, a łączna moc wzrosła do 124 GW. W 2025 roku około 80 proc. nowych mocy stanowiły instalacje sektora wielkoskalowego (utility-scale).

Tu warto dodać, że łączna moc zainstalowana magazynów energii w Europie (uwzględniająca m.in. elektrownie szczytowo-pompowe i baterie) przekroczyła próg 102 GW i w pierwszej połowie 2026 roku zrównała się lub nieznacznie wyprzedziła moc europejskich zasobów jądrowych.

Należy także pamiętać, że nie każda bateria potrzebuje kobaltu. Kilka lat temu wydawał się niezastąpiony, tymczasem w 2025 roku za blisko 90 proc. nowych instalacji magazynów bateryjnych odpowiadała chemia LFP (litowo-żelazowo-fosforanowa) – bez kobaltu i niklu. To dobry przykład na to, że na problem surowcowy można odpowiedzieć nie tylko nowym złożem, ale również zmianą technologii. Zależność się jednak nie kończy – LFP nadal potrzebuje litu, żelaza, fosforu i miedzi.

SUROWIEC TO DOPIERO POCZĄTEK

Transformacja energetyczna nie polega na prostym przeniesieniu produkcji z miejsca na miejsce. Surowiec wydobyty z ziemi trzeba wzbogacić, przetworzyć i oczyścić, zanim powstanie z niego komponent – przewód, magnes czy ogniwo – a dopiero z komponentów buduje się samochód, magazyn energii lub centrum danych.

Dlatego geopolityka surowców nie kończy się na pytaniu, kto ma kopalnię, lecz obejmuje również to, kto kontroluje przetwarzanie. Przewaga Chin wynika nie tyle z dostępu do złóż, ile z wieloletnich inwestycji w rafinację i produkcję komponentów. IEA wskazuje, że w przypadku 19 z 20 analizowanych strategicznych minerałów jeden kraj – w praktyce niemal zawsze Chiny – jest największym rafinerem, ze średnim udziałem około 70 proc. Problemem jest też czas. Model AI może powstać w miesiące, ale kopalnia, huta czy linia wysokiego napięcia wymagają lat badań geologicznych, decyzji środowiskowych i finansowania. IEA szacuje, że do 2040 roku zaspokojenie popytu na surowce będzie wymagało setek miliardów dolarów nowych inwestycji w wydobycie, a do 2030 roczne inwestycje w sieci musiałyby wzrosnąć o mniej więcej 50 proc.

Ograniczeniem transformacji może więc być nie brak technologii czy kapitału, lecz czas potrzebny na zbudowanie fizycznego świata. To sprawia, że bezpieczeństwo energetyczne, które kiedyś kojarzyło się przede wszystkim z ropą i gazem, dziś coraz częściej oznacza również kopalnie litu, fabryki magnesów, zakłady separacji metali ziem rzadkich i zdolności do rafinacji.

Najbogatsze złoża kobaltu znajdują się w Demokratycznej Republice Konga, ale to Chiny odpowiadają za większość jego rafinacji. Podobny wzorzec powtarza się w przypadku litu. Mapa bezpieczeństwa energetycznego wygląda więc dziś inaczej niż jeszcze dekadę temu. Zamiast na rurociągi i terminale LNG coraz częściej trzeba patrzeć na kopalnie, rafinerie, zakłady przetwórcze, fabryki komponentów i porty, przez które przebiegają łańcuchy dostaw.

Zdjęcie — Patric Robert Doyle

Ograniczeniem transformacji może więc być nie brak technologii czy kapitału, lecz czas potrzebny na zbudowanie fizycznego świata.

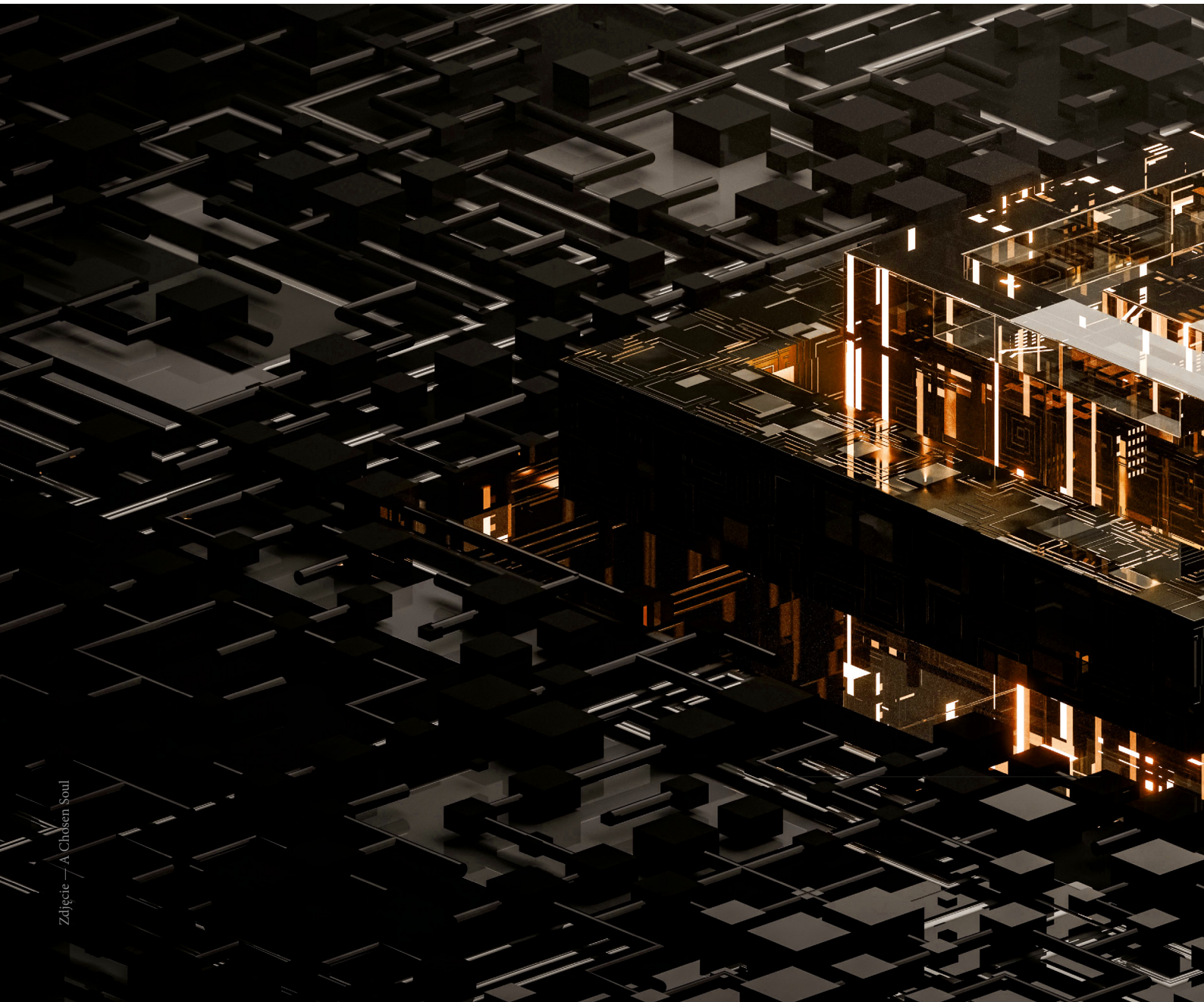


OD SILOSÓW DO SECTOR COUPLING

Wszystkie opisane wyżej zależności prowadzą do jeszcze jednego wniosku: coraz trudniej prowadzić politykę w sektorowych silosach. Wracam tu do pracy na zbiorach. Energetyka nie może być analizowana bez transportu. Transport nie może być analizowany bez energetyki. Energetyka nie może być analizowana bez przemysłu. Przemysł nie może być analizowany bez surowców. A surowce coraz częściej muszą być analizowane razem z polityką handlową, obronnością, cyfryzacją i bezpieczeństwem.

To właśnie jest istotą sector coupling – łączenia sektorów, które przez dekady rozwijały się niezależnie od siebie: z osobnymi regulatorami, osobnymi rynkami, osobnym językiem i osobnymi inwestycjami. Energetyk projektował sieć, inżynier motoryzacyjny projektował samochód, a informatyk projektował oprogramowanie – i rzadko kiedy siadali przy jednym stole.

Dziś te granice się zacierają. Samochód elektryczny może być odbiornikiem energii, ale dzięki odpowiedniej komunikacji z siecią może się również stać jej elastycznym zasobem – oddawać energię wtedy, gdy jest ona potrzebna systemowi, i pobierać ją, kiedy występuje jej nadmiar. Magazyn energii może współpracować jednocześnie z fotowoltaiką, siecią przesyłową i zakładem przemysłowym, zamiast obsługiwać tylko jedno z tych zadań. Centrum danych, tradycyjnie postrzegane wyłącznie jako



Zdjęcie — A Chosen Soul

odbiorca, może być dużym, sterowalnym elementem systemu – ograniczającym pobór mocy w godzinach szczytu i zwiększającym go w innych porach doby. AI z kolei może pomagać prognozować produkcję z OZE, zarządzać siecią w czasie zbliżonym do rzeczywistego i optymalizować zużycie energii tam, gdzie człowiek nie nadąża już z analizą napływających danych.

By to wszystko było możliwe, nie wystarczy jednak sama technologia. Potrzebne są wspólne standardy komunikacji, interoperacyjność między urządzeniami różnych producentów, odpowiednie modele rynku energii i regulacje, które dziś wciąż w wielu miejscach traktują transport, energetykę i przemysł jako osobne, niepowiązane ze sobą światy. Aby dopełnić obraz łączenia sektorów, trzeba uwzględnić także ciepło – ciepłownictwo i ogrzewnictwo. Pierwsze dotyczy przede wszystkim wytwarzania, przesyłu, dystrybucji i dostarczania ciepła. Ogrzewnictwo wiąże się głównie z wykorzystaniem ciepła do ogrzewania budynków i przygotowania ciepłej wody, czyli instalacji i źródeł ciepła po stronie odbiorcy. To kolejny element, który powinien być uwzględniany przy planowaniu systemowych inwestycji łączących różne sektory zamiast traktowania ich jako odrębnych obszarów. Przecież centra danych czy systemy ładowania pojazdów generują ciepło – pytanie, jak je spożytkować.

Ma to również wymiar materiałowy. Im więcej urządzeń ze sobą „rozmawia" i wymienia się energią, tym więcej potrzeba układów pomiarowych, przekształtników mocy, kabli i punktów przyłączeniowych – czyli znowu miedzi, elektroniki i infrastruktury. Sector coupling nie jest więc wyłącznie kwestią oprogramowania i regulacji. To kolejna warstwa popytu na te same, ograniczone zasoby.

Nie tylko elektryfikujemy następne sektory. Zaczynamy je ze sobą łączyć – i właśnie to połączenie, a nie sama elektryfikacja, zdecyduje ostatecznie o tym, czy nowy system zadziała.



WIĘCEJ KOPALŃ TO ZA MAŁO

Skoro potrzeby rosną, naturalną odpowiedzią wydaje się „wydobywać więcej". I rzeczywiście, nowe wydobycie będzie potrzebne, bo materiału z recyklingu przez najbliższe dekady po prostu nie starczy. Nie można być jednak naiwnym – nie da się zbudować gospodarki elektrycznej wyłącznie z materiałów, które pochodzą z recyklingu. W pierwszych dekadach rosnącego popytu zwyczajnie nie będzie wystarczającej ilości materiału wtórnego. Jeśli jedyną odpowiedzią na każdą technologiczną innowację ma być zwiększanie wydobycia, szybko natrafimy na kolejne granice.

Potrzebne są cztery strategie jednocześnie: wydobycie – nowych i lepiej używanych złóż; efektywność materiałowa – czyli mniej surowca na tę samą pracę; innowacje – jak LFP zamiast chemii wykorzystującej kobalt; recykling.

Gospodarka obiegu zamkniętego potrzebuje czasu. Najpierw trzeba zbudować flotę, potem eksploatować ją przez wiele lat, a dopiero później baterie trafią do zakładów recyklingu. IEA zwraca uwagę, że rozwój rynku samochodów używanych dodatkowo opóźnia dostępność baterii do recyklingu, ponieważ pojazdy dłużej pozostają w eksploatacji. Okazuje się też, że są trwałe.

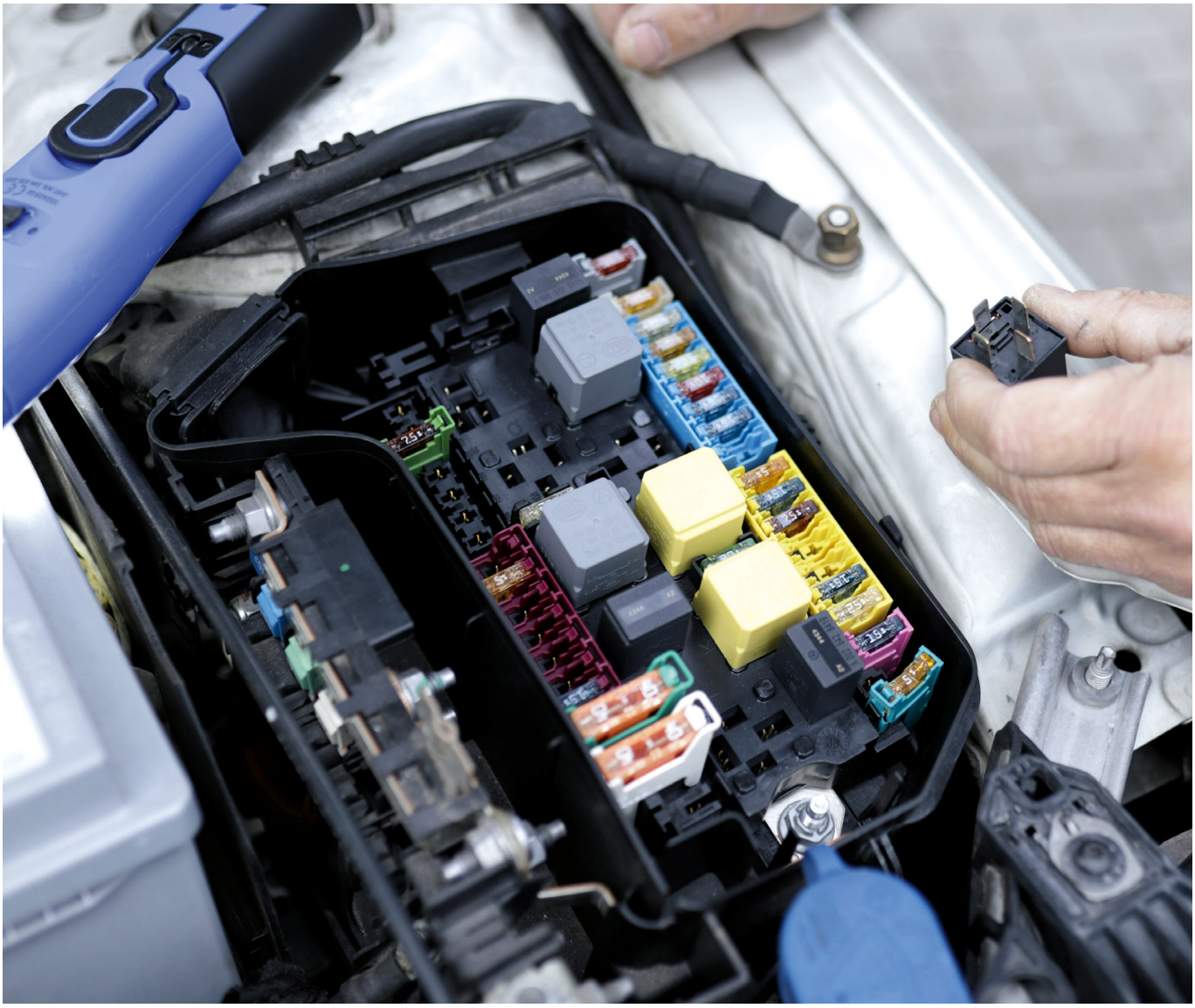
Bateria samochodu elektrycznego jest więc swego rodzaju magazynem surowców – lit, nikiel, kobalt czy miedź nie znikają po jej pierwszym życiu. Mogą wrócić do obiegu, choć wymaga to czasu i odpowiedniej infrastruktury. Unia Europejska wpisała ten kierunek w Critical Raw Materials Act, zakładając, że do 2030 roku 25 proc. rocznego zużycia strategicznych surowców w UE będzie pochodzić z recyklingu.

Nie jest to wybór między kopalnią a recyklingiem, lecz konieczność stosowania obu rozwiązań – w różnych proporcjach i w różnym czasie. Recykling nie zastąpi więc górnictwa jutro, ale może się stać jednym z filarów bezpieczeństwa surowcowego w następnych dekadach. Każdy kolejny cykl życia produktu zwiększa zasób materiałów znajdujących się już „nad ziemią". Ważnym elementem gospodarki stanie się zatem tzw. urban mining.

Projekty zakładów recyklingu baterii rosną dziś na całym świecie, a Polska ma tu istotne punkty na mapie inwestycji. Nieprzypadkowo – skoro jest jednym z najważniejszych europejskich centrów produkcji baterii litowo-jonowych, może budować również kompetencje związane z ich drugim życiem i odzyskiem zawartych w nich materiałów.



Zdjęcie — Blend Archive



Zdjęcie — Maxim Hopman

POLSKA NIE POWINNA BYĆ TYLKO ODBIORCĄ

Mamy własne zasoby miedzi i srebra, doświadczenie w górnictwie i metalurgii, fabryki baterii i sektor motoryzacyjny. Pojedynczo to jeszcze nie przewaga – staje się nią dopiero jako element jednego łańcucha wartości. Dlatego nie powinniśmy pytać wyłącznie o to, ile miedzi możemy wydobyć, lecz ile wartości możemy zbudować wokół miedzi. To samo dotyczy baterii. Liczy się nie tylko produkcja ogniw, ale cały ekosystem – od materiałów, przez zarządzanie energią, po diagnostykę i odzysk surowców po zakończeniu życia produktu.





Zdjęcie – Marek Piwnicki

PRZYSZŁOŚĆ JEST SYSTEMEM

Przyszłość technologii nie będzie ani wyłącznie cyfrowa, ani wyłącznie materialna. Będzie połączeniem obu tych światów.

Cyfrowy świat nie uwolnił gospodarki od fizycznej obecności infrastruktury. Przeciwnie, będzie jej w związku z rozwojem AI przybywać. Sztuczna inteligencja, elektryfikacja transportu i transformacja energetyczna sprawiają, że musimy lepiej rozumieć zależności między energią, materiałami i infrastrukturą.

Miedź jest tylko jednym z symboli tej zależności. Nie projektujemy już osobno samochodu, sieci, magazynu energii, centrum danych czy kopalni – coraz częściej projektujemy jeden system, w którym wszystkie te elementy muszą ze sobą współpracować.

I dlatego przyszłość technologii nie będzie ani wyłącznie cyfrowa, ani wyłącznie materialna. Będzie połączeniem obu tych światów.

Od brzmienia do emocji

DŹW

Muzyka wydaje się niematerialna. Zaczyna się od drgnięcia struny, uderzenia pałeczki w membranę, oddechu muzyka albo ruchu igły po rowku płyty, a potem przez chwilę zatrzymuje się w powietrzu, zanim ucichnie i pozostawi po sobie tylko wspomnienie. Trudno więc pomyśleć, że jednym z jej cichych bohaterów może być metal – ciężki, przewodzący prąd, wydobywany głęboko pod ziemią. A jednak bez miedzi wiele dźwięków, które znamy i których słuchamy na co dzień, prawdopodobnie nigdy nie miałoby szansy wybrzmieć.

MIĘK

TEKST – TOMASZ ILLG

MIEDŹ MA GŁOS

Miedź jest obecna w muzyce od wieków i na wiele sposobów. Można ją znaleźć m.in. w instrumentach dętych czy strunach, ale również w przewodach, przetwornikach, wzmacniaczach, mikrofonach i urządzeniach, które pozwalają muzyce przemierzać drogę od źródła do głośnika. Jest materiałem łączącym świat akustyczny ze światem elektrycznym, a więc dwa sposoby istnienia muzyki, które przez ostatnie dekady coraz bardziej się do siebie zbliżały.

Zdjęcie — Will





Zdjęcie — Janosh Jost



DŹWIĘK MA SWOJE TWORZYWO

Wystarczy przyjrzeć się orkiestrze, by dostrzec symbiozę muzyki z metalem (i nie chodzi tu bynajmniej o heavy metal). Mosiądz, będący stopem miedzi i cynku, od wieków jest jednym z podstawowych materiałów wykorzystywanych do budowy instrumentów dętych blaszanych. Trąbka, puzon, waltornia czy tuba zawdzięczają swoje charakterystyczne brzmienie nie tylko kształtowi, długości i konstrukcji, lecz także materiałowi, z którego powstaje ich korpus.

Nie oznacza to oczywiście, że można sprowadzić brzmienie instrumentu wyłącznie do jednego surowca. Na charakter dźwięku wpływa cały układ: geometria instrumentu, grubość materiału, sposób wykonania, ustnik, technika muzyka, a przede wszystkim drgania powietrza zamkniętego we wnętrzu instrumentu. Materiał jest jednak częścią tej układanki – fizycznym środowiskiem, w którym powstaje dźwięk.

W przypadku instrumentów strunowych miedź pojawia się m.in. jako materiał wykorzystywany do owijania strun. W strunach basowych czy gitarowych cienki drut miedziany lub wykonany ze stopu miedzi może otaczać rdzeń, zwiększając masę struny bez konieczności nadmiernego zwiększania jej średnicy. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie niskich dźwięków przy zachowaniu odpowiedniej podatności struny na drgania.

To ciekawy paradoks: żeby uzyskać dźwięk, który wydaje się niski, głęboki i niemal pozbawiony materialnego ciężaru, potrzebujemy właśnie odpowiednio dobranej masy.





MIĘDZY STRUNĄ A KABLEM

Prawdziwa kariera miedzi w świecie muzyki zaczyna się jednak w momencie, gdy dźwięk opuszcza świat czystej akustyki i zostaje zamieniony w sygnał elektryczny. Mikrofon przekształca drgania powietrza w sygnał elektryczny. Gitara elektryczna robi coś podobnego za pomocą przetworników, które zamieniają drgania strun na sygnał mogący zostać wzmocniony, zapisany lub przesłany dalej. Od tego momentu muzyka potrzebuje już przewodnika – czegoś, co pozwoli sygnałowi pokonać drogę między kolejnymi urządzeniami.

I tutaj pojawia się miedź. Jej wyjątkowo wysoka przewodność elektryczna sprawia, że jest jednym z najważniejszych materiałów stosowanych w przewodach i kablach. W studiu nagraniowym sygnał może przebyć dziesiątki metrów okablowania, przez konsolety i urządzenia rejestrujące, zanim zostanie zapisany. Podczas koncertu analogiczna podróż wiedzie przez mikrofony, miksery, procesory, wzmacniacze i wreszcie głośniki.

Za każdym razem mamy do czynienia z bardzo konkretnym sygnałem elektrycznym, który musi zostać przesłany z możliwie małą stratą i bez niepożądanych zakłóceń.

To właśnie w takich momentach muzyka pokazuje swoje drugie oblicze. Jest emocją, ale również fizyką.

PRZEWODZIĆ EMOCJE

W świecie audio często mówi się o „brzmieniu" kabla, materiału czy urządzenia. W tym obszarze łatwo przekroczyć granicę między fizyką a subiektywnym doświadczeniem słuchacza, na które wpływ mają także odpowiednie techniki sprzedażowe (często nazywane przez złośliwych sceptyków „audio voodoo"), dlatego warto zachować ostrożność. Sam fakt zastosowania miedzi w przewodzie nie oznacza przecież automatycznie określonego charakteru dźwięku. Na jakość transmisji wpływa znacznie więcej: konstrukcja przewodu, jego długość, przekrój, ekranowanie, jakość połączeń i warunki, w jakich pracuje cały system.

Jedno pozostaje bezdyskusyjne: miedź należy do podstawowych materiałów, dzięki którym sygnał audio może zostać przesłany z jednego miejsca do drugiego. I ta jej właściwość wydaje się najbardziej fascynująca.

MATERIAŁ I PAMIĘĆ

Historia nagrywania muzyki jest w pewnym sensie historią kolejnych sposobów ujarzmiania dźwięku. Najpierw trzeba było go uchwycić, później zapisać, powielić, przesłać i odtworzyć. Każda z tych zmian wymagała nowych materiałów i technologii.

Od pierwszych mikrofonów po współczesne interfejsy audio zasada pozostaje niezmienna: dźwięk musi zostać zamieniony w informację, a ta musi znaleźć właściwą drogę. Dlatego miedź jest obecna również w miejscach, o których słuchacz zazwyczaj nie myśli. W uzwojeniach transformatorów i silników, w elementach urządzeń elektronicznych, w przewodach wewnątrz wzmacniaczy i kolumn, w instalacjach zasilających. Nie jest gwiazdą sceny, nie ma własnego brzmienia ani partii do zagrania. Jest raczej jednym z tych elementów infrastruktury, bez których cały spektakl nie mógłby się odbyć. Być może właśnie dlatego dobrze pasuje do muzyki. Najważniejsze rzeczy nie zawsze znajdują się na pierwszym planie.

Zdjęcie — Kevin Yeh / Evelina Siuksteryte

Muzyka, która dla odbiorcy jest czymś niemal całkowicie abstrakcyjnym – głosem wokalistki, niskim tonem kontrabasu, gitarowym riffem czy orkiestrą w finale filmu – w pewnym momencie musi zostać sprowadzona do ruchu elektronów w przewodniku.



Zdjęcie — Kedibone Isaac



Zdjęcie — Paweł Czerwiński



Miedź jest materią, która sama nie potrzebuje być słyszana, by pomóc innym wybrzmieć.

MUZYKA BEZ GRANIC

Dzisiaj muzyka może w ciągu kilku sekund przemierzyć cały świat. Nagranie powstające w jednym mieście może być odsłuchane chwilę później na drugim końcu globu, a koncert transmitowany na żywo dociera do odbiorców, którzy znajdują się tysiące kilometrów od sceny. Cyfrowa rewolucja sprawiła, że sam dźwięk stał się praktycznie nieważki.

Cała infrastruktura, która pozwala mu być tak lekkim, jest jednak zaskakująco materialna.

Potrzebujemy serwerów, centrów danych, urządzeń sieciowych, zasilania, kabli i całej infrastruktury telekomunikacyjnej. Potrzebujemy także sprzętu, który pozwala dźwięk rejestrować i odtwarzać – od profesjonalnego studia po niewielkie słuchawki douszne. Im bardziej muzyka staje się cyfrowa, tym bardziej potrzebuje więc fizycznego świata.

A w tym świecie miedź nadal spełnia swoją rolę.

OSTATNIE OGNIWO

Kiedy słuchamy ulubionej płyty albo koncertu, zwykle nie zastanawiamy się nad drogą, którą przebył dźwięk. Słyszymy głos, melodię, rytm i emocje. O ile nie jesteśmy zapalonymi audiofilami, nie słyszymy mikrofonu, kabla, przetwornika ani wzmacniacza, które pośredniczą między muzykiem a uchem. I może właśnie o to chodzi.

Nawet najlepsza technologia powinna czasem zniknąć z pierwszego planu. Pozwolić muzyce wybrzmieć bez przypominania o własnej obecności. Miedź jest w tej opowieści jednym z takich niewidocznych bohaterów – materiałem, który od instrumentu może prowadzić aż do głośnika, łącząc drganie ze słyszalnym dźwiękiem, akustykę z elektrycznością, ręce muzyka z uchem słuchacza.

Pod ziemią jest surowcem. W pracowni staje się elementem instrumentu. W studiu – częścią infrastruktury nagraniowej. W kablu – drogą dla sygnału. A na końcu tej drogi zostaje już tylko – albo aż – muzyka.

Być może właśnie dlatego miedź tak dobrze pasuje do opowieści o dźwięku. Jest materią, która sama nie potrzebuje być słyszana, by pomóc innym wybrzmieć.

Tutaj wydobywano surowiec, który trafiał do Egiptu, Lewantu, Anatolii i świata egejskiego, by napędzać rozwój metalurgii, rzemiosła i handlu. Aes Cyprium – cypryjski metal – pomógł stworzyć pierwsze wielkie sieci gospodarcze świata. Dziś miedź znów znajduje się w centrum cywilizacyjnej zmiany.

Zdjęcie — Robert Harding Video

TEKST — RAFAŁ STEPNOWSKI

CYPR



MIEDŹ MA DŁUGĄ PAMIĘĆ

Góry Troodos to oblicze Cypru, którego większość turystów nigdy nie pozna. Położone z dala od plaż i nadmorskich kurortów, tysiące lat temu stanowiły centrum jednej z najważniejszych sieci handlowych epoki brązu.

Z DNA OCEANU NA POWIERZCHNIĘ



Zdjęcie — Roman Kravtsov

Historia tego miejsca zaczyna się znacznie wcześniej niż historia człowieka. Troodos jest wyjątkowym w skali świata kompleksem geologicznym zwanym ofiolitem. Stanowi fragment dna oceanicznego, utworzonego około 90 mln lat temu ze skał wulkanicznych i wyniesionego ponad powierzchnię morza w wyniku ruchów tektonicznych związanych ze zderzaniem się płyt afrykańskiej i euroazjatyckiej. Proces ten nie tylko doprowadził do powstania wyspy Cypr, ale także wydobył na powierzchnię złoża siarczkowych rud miedzi, żelaza i innych cennych metali.

Skouriotissa to typowa współczesna kopalnia odkrywkowa. Maszyny pracują na otwartej przestrzeni, a niemal pionowe ściany wyrobiska tworzą surowy krajobraz skalnych tarasów wijących się pomiędzy resztkami karłowatej roślinności. Prowadzona od lat 30. XX wieku eksploatacja zmieniła wygląd tego miejsca, ale jednocześnie pomogła odkryć pozostałości znacznie starszego świata, którego korzenie sięgają epoki brązu. Był to świat ludzi pracujących pod ziemią, przy piecach hutniczych i transporcie surowca, który uczynił wyspę ważnym punktem na mapie starożytnego świata.



KOPALNIA ZALĄŻKIEM CYWILIZACJI

W pobliżu kopalni szybko powstały niewielkie osady, których mieszkańcy trudnili się górnictwem i metalurgią. Jedną z najważniejszych była Apliki Karamallos. Jej pozostałości odkryto przypadkowo w 1938 roku podczas współczesnych prac wydobywczych. Znaleziono tam nie tylko ślady zabudowy mieszkalnej, ale także liczne i dobrze zachowane narzędzia – kamienne młoty i kilofy, drewniane łopaty, szczątki kołowrotów, a nawet liny i kosze, za pomocą których wynoszono urobek na powierzchnię. W wyrobiskach odkryto również miski, talerze i inne naczynia, stanowiące dowód na to, że górnicy spędzali pod ziemią długie okresy i spożywali tam posiłki. Do oświetlania korytarzy używano ceramicznych lamp oliwnych, ustawianych w specjalnych niszach wykutych w ścianach chodników.

W kolejnych stuleciach – w miarę rozwoju technik wydobycia, a przede wszystkim przeróbki miedzi – na Cyprze powstawały coraz bardziej zaawansowane i wyspecjalizowane ośrodki przemysłowe. Jednym z najważniejszych było Enkomi, miasto portowe na wschodnim wybrzeżu wyspy. W jego ruinach, położonych w pobliżu Famagusty, archeolodzy odkryli jeden z największych znanych kompleksów metalurgicznych późnej epoki brązu.

W warsztatach Enkomi znajdowały się piece, tygle, systemy doprowadzania powietrza i duże ilości żużla świadczące o intensywnej produkcji. Miedź nabierała tu wartości. Stawała się produktem handlowym o określonej wartości gospodarczej – na tyle istotnym dla całej gospodarki regionu Morza Śródziemnego, że opracowano specjalną metodę jej transportu.

Charakterystyczne sztaby przypominające kształtem rozpostartą skórę wołu okazały się tak trwałe, że współcześni archeolodzy mogli na ich podstawie odtworzyć zasięg handlowych kontaktów Cypru.

Miedziane serce Cypru przypomina, że niektóre surowce na przestrzeni dziejów nie tracą swojego znaczenia. Zmieniają się jedynie cywilizacje, które od nich zależą.

Zdjęcie — DaLiu

DZIESIĘĆ TON MIEDZI NA JEDNYM STATKU

Najbardziej spektakularnym dowodem znaczenia cypryjskiej miedzi są odkrycia wraków statków. Jeden z nich, znaleziony w pobliżu przylądka Gelidonya, przewoził około tony miedzi w sztabach i we fragmentach metalu. Jeszcze bardziej imponującym znaleziskiem jest statek z Uluburun, na którego pokładzie znajdowało się około 10 t miedzi, a także blisko tona cyny. Odkrycie to jest uznawane za jeden z najważniejszych dowodów istnienia rozbudowanych sieci handlowych pod koniec II tysiąclecia p.n.e.

Te liczby pozwalają spojrzeć na starożytne górnictwo z zupełnie innej perspektywy. Nie była to lokalna działalność służąca jedynie potrzebom mieszkańców wyspy, lecz rozbudowany system obejmujący górnictwo, przetwórstwo, rzemiosło, transport i sprzedaż. Cypryjska miedź trafiała do Egiptu, na Kretę, do miast Lewantu i Mezopotamii, a nawet do bardziej odległych regionów Europy. W pewnym sensie wyspa uczestniczyła w jednym z najwcześniejszych znanych globalnych łańcuchów dostaw.

Wszystko zaczynało się od skały wydobytej w górach Troodos, a kończyło setki, czasem tysiące kilometrów dalej, gdzie metal trafiał do warsztatów rzemieślniczych.

PIERWSZY GLOBALNY ŁAŃCUCH DOSTAW

Dlatego patrząc dziś na góry Troodos, warto pamiętać, że nie są one jedynie malowniczym tłem wakacyjnych fotografii. To krajobraz, który przez tysiące lat współtworzył historię całego regionu Morza Śródziemnego. Krajobraz, w którym każda hałda, każde zagłębienie terenu i każda odsłonięta warstwa skały przypominają o czasach, gdy Cypr był jednym z najważniejszych producentów strategicznego surowca starożytnego świata.

Historia ta niesie również ważną lekcję dla współczesności. Trzy tysiące lat temu miedź umożliwiła rozwój metalurgii, powstanie wyspecjalizowanego rzemiosła, rozkwit handlu i budowę pierwszych złożonych systemów państwowych. Bez niej nie byłoby wielu osiągnięć cywilizacji epoki brązu ani gospodarczych podstaw pierwszych śródziemnomorskich imperiów.

Dziś sytuacja w pewnym sensie się powtarza. Miedź pozostaje jednym z kluczowych surowców światowej gospodarki. Jest niezbędna do budowy sieci energetycznych, elektromobilności, odnawialnych źródeł energii, centrów danych i infrastruktury cyfrowej. Tak jak przed tysiącami lat decydowała o szansach rozwoju państw i społeczeństw, tak obecnie staje się jednym z fundamentów transformacji technologicznej, która na setki lat określi mapę świata.

Miedziane serce Cypru przypomina, że niektóre surowce na przestrzeni dziejów nie tracą swojego znaczenia. Zmieniają się jedynie cywilizacje, które od nich zależą.



10 t miedzi znajdowało się na pokładzie statku z Uluburun – odkrycie jego wraku jest jednym z najważniejszych dowodów istnienia rozbudowanych sieci handlowych pod koniec II tysiąclecia p.n.e. Cypryjska miedź trafiała do Egiptu, na Kretę, do miast Lewantu i Mezopotamii, a nawet do bardziej odległych regionów Europy.

7

TEKST – ENZO MARGHERITI

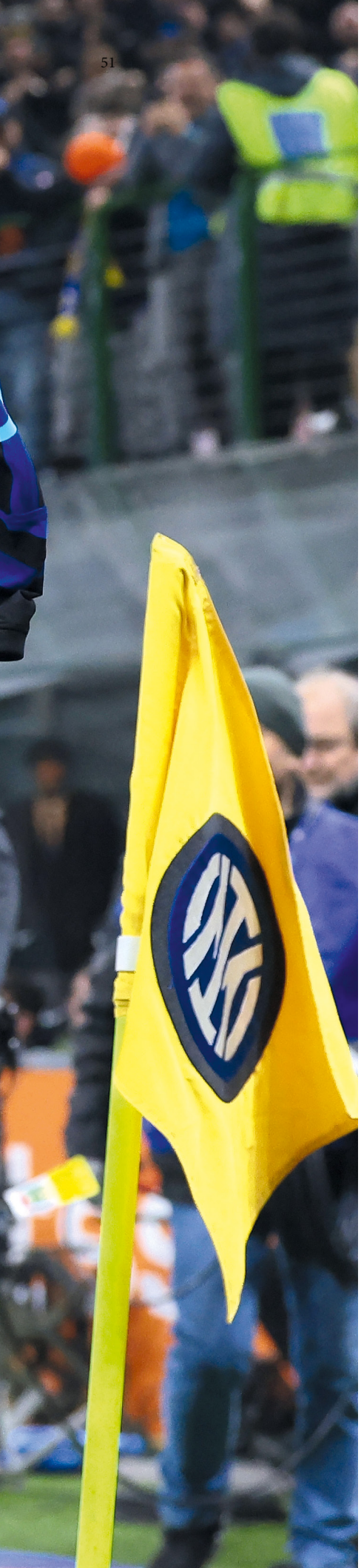
MOC PIERWSZEGO PODANIA

Zdjęcie — Tomasz Folta

Piotr Zieliński, Robert Lewandowski, Iga Świątek. Talent, sukces, światowa kariera – to prawdopodobnie pierwsze słowa, jakie przychodzą do głowy na widok tych nazwisk. Jedno z drugiego jednak nie wynika bezpośrednio, a talent – nawet największy – rzadko sam jest gwarancją sukcesu. By się rozwinąć, potrzebuje odpowiednich warunków. Środowiska, które wspiera dorastanie. „Pierwszego podania", które zainicjuje udaną, zwieńczoną sukcesem akcję.




ZIELIŃSKI



Zdjęcie — Cerberus Sport

Piotr Zieliński bez wątpienia miał talent. Ale miał coś jeszcze: środowisko, które pomogło mu go rozwinąć.

Lato 2011 roku, 17-letni Piotr Zieliński, grający dotąd w rezerwach Zagłębia Lubin, trafia do młodzieżowej drużyny Udinese. Kwota transferu szacowana jest na 100 tys. euro. Rok 2024, również lato i ten sam Zieliński, 13 lat starszy, z doświadczeniem gry w kilku uznanych klubach i reprezentacji Polski, podpisuje kontrakt z Interem Mediolan. Trafia tam z Napoli, z którym wywalczył mistrzostwo i Puchar Włoch. W sezonie 2025/2026, już z Interem, jedną z piłkarskich potęg, podwaja te zdobycze. Jego wartość rynkową Transfermarkt wycenia na 22 mln euro.

Informację o pierwszym transferze Zielińskiego na zaplecze klubu z Udine można było znaleźć w lokalnych mediach i kilku piłkarskich serwisach, na ogół w formie krótkich notek o „kolejnym Polaku, który trafia do wielkiej ligi". Wtedy, w 2011 roku, wciąż było to wydarzenie. Ten przypadek jednak był o tyle nietypowy, że młody piłkarz nie rozegrał wcześniej ani jednego meczu w ekstraklasie. W tych okolicznościach nie powinno dziwić, że do opisu przeprowadzki 17-latka z Dolnego Śląska do Friuli używano odmienianego przez wszystkie przypadki słowa „talent".

A Zieliński bez wątpienia miał talent. Ale miał coś jeszcze: środowisko, które pomogło mu go rozwinąć. To dzięki niemu trafił do Mediolanu, miasta żyjącego futbolem, tętniącego dopingiem fanów na legendarnym San Siro i nieustannym, niemal wyczuwalnym w powietrzu napięciem między kibicami dwóch wielkich klubów.

CZYM SKORUPKA ZA MŁODU...

Pierwsze piłkarskie kroki młody Zieliński stawiał w rodzinnych Ząbkowicach Śląskich pod okiem ojca. Bogusław – nauczyciel wychowania fizycznego i języka niemieckiego – sam miał piłkarską przeszłość, m.in. w amatorskich zespołach za Odrą i w Orle Ząbkowice Śląskie, który później był też pierwszą drużyną Piotra. A ten wyróżniał się w niej na tyle, że już jako 11-latek wzbudzał zainteresowanie trenerów i skautów młodzieżowych drużyn, również zagranicznych. Sprawdzano go i w Sparcie Praga, i w Bayerze Leverkusen, i w Heerenveen, i w Feyenoordzie Rotterdam. O utalentowanego chłopca miał pytać nawet Liverpool.

Od całkiem realnej perspektywy wyjazdu za granicę, co wiązałoby się z koniecznością przeprowadzki całej rodziny, odwiodły Zielińskich władze Zagłębia. Rodzice dali się przekonać, że młodzieżowe zaplecze mistrza Polski (w sezonie 2006/2007 Lubinianie zdobyli drugi tytuł w historii) będzie najlepszym miejscem do rozwoju talentu chłopca. Nie pomylili się. Wprawdzie formalnie Akademia Piłkarska KGHM Zagłębie powstała dopiero w 2013 roku, już po debiucie Zielińskiego w Serie A, ale w klubie dużo wcześniej wiedziano, jak ważne dla wspierania utalentowanej młodzieży jest stwarzanie jej szansy rywalizacji na możliwie najwyższym poziomie i uczenie odpowiedzialności za trening i wyniki – przy zachowaniu odpowiedniej ilości czasu na naukę, a także kontakty z rówieśnikami i rodziną.

Z czasów gry w Zagłębiu Zieliński najlepiej wspomina poranne treningi. – Uwielbiałem te zajęcia przed szkołą, dopiero po nich normalnie funkcjonowałem. A w samej szkole już myślałem o następnych zajęciach na boisku – mówił już po przeprowadzce do Udine, zapewniając, że to klubowi z Lubina zawdzięcza to, że do Włoch pojechał dobrze wyszkolony. – Przez te cztery lata zrobiłem duże postępy, grałem w kadrze, w międzynarodowych turniejach, na których wypatrzyli mnie skauci Udinese – opowiadał piłkarz, cytowany na stronie Akademii KGHM Zagłębie. – Bardzo dużo zawdzięczam trenerom, z którymi pracowałem w Lubinie. Zagłębiu zawdzięczam to, gdzie dziś jestem – mówił w maju 2013 roku.

PIERWSZE PODANIE

Zieliński był już wówczas po debiucie w pierwszej drużynie Udinese Calcio, miał na koncie kilka występów w Serie A, a w ręku pierwsze w karierze powołanie na zgrupowanie reprezentacji Polski. Tym razem nie skończyło się na kilku lakonicznych wzmiankach w lokalnej prasie – 19-latkiem interesowały się już niemal wszystkie krajowe media. Od „podbijającego Włochy" piłkarza oczekiwano, że odmieni oblicze Biało-Czerwonych. A on cierpliwie tłumaczył, że rozegrał na razie tylko kilka spotkań, koszulkę z orzełkiem na piersi w seniorskiej kadrze włoży pierwszy raz i sam raczej „z miejsca nie zbawi polskiej piłki". I – w rzeczy samej – nie zbawił. Szybko jednak stał się jednym z filarów reprezentacji, a także wszystkich innych drużyn, w których występował: Udinese, Empoli i Napoli, a na koniec Interu. Początkowo był wyróżniany przede wszystkim za wysokie umiejętności techniczne, w tym szybki, podobający się kibicom drybling. Z czasem na pierwszy plan zaczęły się wybijać jego doskonały przegląd pola i wyjątkowa kreatywność w konstruowaniu akcji, które jego koledzy z ataku, a nierzadko i on sam, wykańczali celnym strzałem.

W roli ofensywnego pomocnika osiągnął wyjątkowo wysoki poziom, a pierwsze podanie, którym często otwierał drużynie drogę do bramki, stało się jednym ze znaków rozpoznawczych piłkarza. Do tego stopnia, że bywał nazywany „architektem zwycięstwa", a w analizach gry Zielińskiego niejednokrotnie podkreślano, że jego postawa na boisku to esencja futbolu – gry, która z jednej strony promuje wybitne jednostki, z drugiej jest skuteczna tylko wtedy, gdy cała drużyna działa jak sprawny mechanizm. Zieliński zaś jest doceniany właśnie za to, że kreuje grę całego zespołu. A tę umiejętność wyniósł z młodzieżowych drużyn Zagłębia. To tam otrzymał celne „pierwsze podanie", które ukształtowało go jako niemal doskonałego pomocnika.

SOLIDNY FUNDAMENT

Rozwijany w Zagłębiu w pierwszej dekadzie XXI wieku system szkolenia młodzieży ma solidne fundamenty naukowe. Pod koniec poprzedniego stulecia analitycy sportowi zaczęli stopniowo rozszerzać pole widzenia z samych utalentowanych jednostek na środowisko, w którym funkcjonują. Potem zastanawiano się, w jaki sposób wykreować idealne warunki do rozwoju obiecujących zawodników. Nauka dostarczyła dowodów na to, co wcześniej opierano jedynie na intuicji, podpowiadającej, że talent nie rozwinie się w pełni sam. Potrzebuje odpowiednich warunków, nie tylko finansowych, ale i kulturowych.

Dowiedziono, że najlepsze wyniki osiąga się tam, gdzie spełnionych jest jednocześnie kilka kryteriów: funkcjonowanie w społeczności zbudowanej na wspólnocie zainteresowań i wartości, identyfikacja (w tym jednolity ubiór), równe traktowanie wszystkich uczestników szkolenia, jasna komunikacja wartości i celów, rywalizacja z najlepszymi. Nie same wyniki, ale także sprzyjająca ich osiąganiu atmosfera miały być kluczem do sukcesu i drużyny, i poszczególnych zawodników. Chodziło nie tylko o wytrenowanie ciał, lecz również o spokojne, skoncentrowane na realizacji zadań i wolne od niepotrzebnych zmartwień głowy.

Ten holistyczny system szkolenia młodzieży w 2013 roku wyewoluował w Lubinie pod postacią Akademii Piłkarskiej KGHM Zagłębie. Jej pierwszym dyrektorem technicznym był Holender Richard Grootscholten, doświadczony szkoleniowiec, który wcześniej pracował z juniorskimi drużynami Sparty Rotterdam. Kierowana przez niego tamtejsza akademia została uznana za najlepszą w Holandii. W Lubinie wprowadził zasady opracowane w stworzonym przez siebie podręczniku „The Academy Handbook". Opisał w nim reguły tre-



Zdjęcie — Tomasz Folta

W Zagłębiu Lubin wiedziano, jak ważne dla wspierania utalentowanej młodzieży jest stwarzanie jej szansy rywalizacji na możliwie najwyższym poziomie i uczenie odpowiedzialności za trening i wyniki – przy zachowaniu odpowiedniej ilości czasu na naukę, a także kontakty z rówieśnikami i rodziną.

ningowe, zasady kreowania stylu gry, sposób oceny postępu zawodników, obszary kształcenia trenerów i reguły skautingu. Kluczowym pojęciem używanym w pracy Holendra była współpraca, rozumiana możliwie szeroko. – Pamiętajmy, że akademia ma kompleksowo rozwijać, a trenerzy muszą współpracować nie tylko z zawodnikami, ale też z pozostałymi członkami zespołu szkoleniowego i rodzicami – mówił Grootscholten, cytowany na stronie Akademii Piłkarskiej KGHM Zagłębie. Pilnował również, by trenerzy regularnie odwiedzali inne europejskie akademie i pełnymi garściami czerpali z wymiany wiedzy i doświadczeń.

Zieliński, w tym czasie już regularnie występujący we włoskiej ekstraklasie, był pod wrażeniem postępów klubu, który go ukształtował. – Wszystko się tu rozwija. Kiedy ja trenowałem, nie można było na nic narzekać, ale teraz widzę, że szkolenie znowu poszło do przodu. W ostatnich dniach byłem na treningach drużyn młodzieżowych Zagłębia i przyznam, że szkoleniowcy wprowadzili kolejne nowinki, które stosuje się choćby we Włoszech. Co ważne, grupy w Lubinie mają gdzie trenować, nawet w Udine nie ma takiego placu, na którym zmieści się tyle grup. Z tego, co słyszałem, Zagłębie będzie miało nowe boiska, w tym sztuczne, których tak potrzebowało. Zmierza to wszystko w dobrym kierunku. Baza treningowa w Lubinie będzie więc na miarę zachodniej Europy – mówił piłkarz dwa lata po wyjeździe z Lubina.

Dziś Zieliński, obok Krzysztofa Piątka, Bartosza Slisza, Mariusza Lewandowskiego i kilku innych wychowanków Zagłębia, jest przedstawiany młodym adeptom futbolu nie tylko jako przykład piłkarza, który osiągnął zawodowy sukces w dyscyplinie, ale również jako wzór zawodnika, którego postawa na boisku, odpowiedzialność za całą drużynę, współpraca z innymi zawodnikami i trenerami owocuje kolejnymi zwycięstwami i trofeami.

DOJRZEWANIE W ODPOWIEDNIM ŚRODOWISKU

Podobnych do Zielińskiego przykładów sportowców, których w rozwoju indywidualnego talentu wsparło środowisko, w jakim dorastali, jest w polskim sporcie bez liku. Od tych najbardziej oczywistych, jak choćby stawiający pierwsze kroki w Varsovii Robert Lewandowski czy pochodzący z podzakopiańskiego Zębu Kamil Stoch, który dzięki wsparciu lokalnej społeczności (sama budowała małe skocznie) rozwinął swój talent do poziomu mistrzowskiego, potwierdzony medalami igrzysk olimpijskich, trzema złotymi i jednym brązowym, przez Igę Świątek, wokół której kolejne kluby i organizacje wręcz przebudowywały swoje struktury, by stworzyć jej możliwie najlepsze warunki do rozwoju, aż po przykłady całkowicie wymykające się schematom.

Jednym z najciekawszych jest bez wątpienia postać kolarki Katarzyny Niewiadomej-Phinney, triumfatorki kobiecego Tour de France i zawodniczki, która od wprowadzenia w 2022 roku nowego formatu najważniejszego kolarskiego wyścigu nie schodzi z jego podium. Przypadek Niewiadomej-Phinney jest o tyle nietypowy, że jej niewątpliwy talent rozkwitał początkowo w środowisku, które trudno określić mianem przyjaznego. Jako 13-latka była w swojej okolicy jedyną dziewczynką gotową do bezpośredniej konfrontacji z chłopcami i mężczyznami. Dopiero gdy trafiła pod opiekę trenera Zbigniewa Klęka z WLKS Krakus Swoszowice, mogła pod jego okiem rozwijać swój pierwotny talent. Potem kontynuowała rozwój w zagranicznych klubach, ale to właśnie Klęk, w ścisłej współpracy z rodzicami zawodniczki, stworzył dla niej odpowiednie warunki, w których mogła spokojnie dorastać i wzmacniać wyjątkowe umiejętności. Zbudowano dla niej odpowiednie środowisko. Bo talent nigdy nie rozwija się sam.

Zdjęcie — Fabrizio Andrea Bertani

W analizach gry Zielińskiego niejednokrotnie podkreślano, że jego postawa na boisku to esencja futbolu – gry, która z jednej strony promuje wybitne jednostki, z drugiej jest skuteczna tylko wtedy, gdy cała drużyna działa jak sprawny mechanizm.



Poza granice

TEKST – PIOTR STANISŁAWSKI (CRAZY NAUKA)

KOSI

Niezwykle zaawansowane materiały służą tylko jednemu – by ochronić to, co najważniejsze. To może być ludzkie życie, ale też wrażliwe układy elektroniczne oparte na miedzi i krzemie. Eksploracja kosmosu to sztuka chronienia tego, co dla nas najważniejsze.

MOS



Zdjęcie — SLS_MAF

Eksploracja kosmosu kończy się tam, gdzie ziemskie materiały zawodzą.






NASA

Zdjęcie — NASA

Zdjęcie — NASA

AVCOAT

między życiem a śmiercią

Misja Artemis I została ogłoszona wielkim sukcesem. Efektowny powrót NASA do badań Księżyca polegał na wysłaniu w bezzałogowy lot statku Orion, który miał okrążyć Księżyc (to ta łatwa część) i wrócić bezpiecznie na Ziemię (to ta trudna). Jednak odtrąbienie sukcesu to jedno. Drugie to realna ocena tego, jak cienka granica dzieliła misję od dramatycznej porażki.

Wiemy dokładnie, jaka była grubość tej granicy: od 2,5 cm do 7,6 cm. Tyle mierzyła pokrywająca osłonę czołowej kapsuły Orion warstwa materiału o nazwie Avcoat. Jego zadaniem jest ulegać stopniowemu, ale ściśle kontrolowanemu zniszczeniu, co służy ochronie samej kapsuły i jej elektroniki, a szczególnie – załogi. Avcoat to materiał ablacyjny, czyli taki, który sukcesywnie się rozpada i odparowuje podczas przechodzenia przez ziemską atmosferę. To ona jest tu największym problemem – sam lot ku Księżycowi i z powrotem odbywa się w niemal całkowitej próżni, a pokrycie statku musi wytrzymać ciśnienie zgromadzonego wewnątrz powietrza i stosunkowo niewielkie zmiany temperatury wynikające z działania Słońca.

Powrót z tej podróży to kilka minut istnego piekła. W odróżnieniu od powrotu z niskiej orbity okołoziemskiej statki wracające z podróży księżycowej wchodzą w atmosferę ze znacznie większą prędkością. Różnica sięga tu 40 proc. – może nie brzmi to groźnie, ale przekłada się na prawie dwukrotnie wyższą energię, z którą musi poradzić sobie statek.

Chodzi o przebicie się przez gęstą atmosferę Ziemi, ale problemem nie jest tu tylko tarcie. Temperatura rośnie również w wyniku sprężania powietrza i jego przepływu wokół kapsuły. Szybko powstaje tam plazma, której temperatura sięga kilkunastu tysięcy stopni Celsjusza. Stykająca się z nią osłona termiczna osiąga ponad 2700 °C.

Oczywiście można zrobić kapsułę z materiału, który nie ulegnie stopieniu. Ale nie w tym sztuka. Bo cóż z tego, że na Ziemię doleciałaby w całości kapsuła nagrzana do 2700 °C, skoro nic nie przetrwałoby w jej wnętrzu? Prawdziwą rolą osłony jest więc wzięcie na siebie ogromnej temperatury i niedopuszczenie ciepła głębiej. Trzeba przyznać, że robi to niezwykle skutecznie – gdy po jednej stronie warstwy ochronnej świeci gorąca plazma, kilka centymetrów dalej temperatura nie przekracza 100 °C. Dzieje się tak dzięki ściśle zaplanowanemu rozpadowi osłony ablacyjnej zrobionej z Avcoatu. Gdy gorąco wnika do jej wnętrza, rozpoczyna się chemiczny rozpad żywicy, z której wykonana jest osłona. Reakcję zaplanowano tak, by pochłaniała jak najwięcej energii. Każda porcja ciepła zużyta na ten proces oznacza, że głębiej temperatura będzie niższa.

Podczas przechodzenia przez atmosferę osłona składa się z trzech warstw. Na wierzchu znajduje się zwęglina, czyli czarna, porowata pozostałość już rozłożonej żywicy. Pod nią jest cienki, przemieszczający się w głąb pasek, w którym zachodzi reakcja. A poniżej – wciąż nietknięty materiał, dokładnie taki, jaki wystartował z Ziemi. W trakcie rozkładu Avcoat wydziela gazy, które uciekają przez pory zwęgliny, przy okazji „odpychając" nieco gorącą plazmę i dodatkowo izolując warstwę ochronną. Sama zwęglina również odgrywa ważną rolę. Węgiel bardzo słabo przewodzi ciepło, a jego porowata struktura jest wypełniona gazem, co tworzy skuteczną izolację. Dopóki ta skorupa trzyma się osłony, spowalnia przenikanie ciepła.

Wszystko to działa, dopóki rozpad następuje w ściśle zaplanowany sposób. Odpowiednie tempo rozkładu Avcoatu gwarantuje bezpieczeństwo kapsuły i załogi. Inżynierowie oglądający w styczniu 2023 roku kapsułę Orion, która miesiąc wcześniej wróciła na Ziemię, odkryli jednak, że nie wszystko poszło zgodnie z planem. Zamiast równomiernego rozpadu w ponad 100 miejscach widać było wyrwy i pęknięcia. Najwyraźniej rozpad nie następował równomiernie. Oczywiście osłona wykonała swoje zadanie. Czujniki wewnątrz kapsuły pokazały, że gdyby siedzieli tam ludzie, ich powrót odbywałby się bezpiecznie w temperaturze zbliżonej do pokojowej. Czyli wszystko zadziałało, a jednak w NASA zdawali sobie sprawę, że problem jest bardzo poważny.

2,5–7,6 CM

wynosiła grubość osłony ablacyjnej Avcoat, która dzieliła misję Artemis I od katastrofalnej porażki.

2700 °C

do takiej temperatury nagrzewa się osłona termiczna podczas wchodzenia w atmosferę, gdy stykająca się z nią plazma osiąga kilkanaście tysięcy stopni.

BŁĄD, KTÓRY MOŻE SŁONO KOSZTOWAĆ

Skoro osłona ulegała ablacji w sposób niezaplanowany, znaczyło to, że nawet minimalna zmiana warunków panujących podczas wejścia w atmosferę może doprowadzić do nieprzewidywalnych efektów. A nieprzewidywalne mogą oznaczać katastrofalne. Tymczasem stawka następnej misji Artemis była już zupełnie inna. Artemis II to pierwsza od 1972 roku misja, podczas której ludzie mieli polecieć w kierunku Księżyca. Czworo astronautów, brak możliwości przerwania misji czy ewakuacji. Od osłony ablacyjnej zależało powodzenie najtrudniejszego etapu misji – przejścia przez ziemską atmosferę. Mieliśmy więc do czynienia z poważną anomalią, której nie można było zignorować. NASA wiedziała o tym bardzo dobrze. Przed laty, gdy zlekceważono coś podobnego, konsekwencje były tragiczne.

Wówczas, około 15 minut przed lądowaniem, prom kosmiczny Columbia rozpadł się nad Teksasem. Zginęła cała załoga, siedmioro ludzi. Bezpośrednią przyczyną katastrofy był kawałek izolacji piankowej, który 81,7 sekundy po starcie promu oderwał się od zewnętrznego zbiornika paliwa, uderzył w krawędź natarcia lewego skrzydła i uszkodził kompozytową osłonę termiczną. Szesnaście dni później, podczas powrotu na Ziemię i przechodzenia przez atmosferę, gorąca plazma wdarła się do wnętrza statku, błyskawicznie zamieniając go w chmurę odłamków. Komisja badająca zdarzenie ustaliła, że takie odpadanie pianki zdarzało się wielokrotnie. Jednak za każdym razem wszystko kończyło się dobrze, więc z czasem zaczęto traktować to nie jako usterkę, lecz jako cechę konstrukcyjną. Można było z tym latać, prawda? I faktycznie latano. Aż do 1 lutego 2003 roku.

Choć w obu przypadkach – Artemis i Columbii – problem dotyczył osłony termicznej, to źródło problemów było inne. Jednak najważniejsza była wiedza, że materiał ma swoje ograniczenia, a rolą ludzi jest ich odpowiednie rozpoznanie i prawidłowa reakcja. Dokładna analiza problemu pozwoliła odtworzyć przebieg zjawiska, które doprowadziło do uszkodzeń warstwy izolacyjnej. Okazało się, że kluczowa jest… zbyt niska temperatura. Brzmi to dziwnie, ale testy przeprowadzone przed startem, jeszcze na Ziemi, odbywały się w jednolicie wysokiej temperaturze. Tymczasem Artemis I wracała, korzystając z trajektorii, w której pojawiało się odbicie od ziemskiej atmosfery. Kapsuła zanurzała się w powietrzu, a następnie wyskakiwała wyżej niczym puszczona po wodzie kaczka. Podczas fazy wynurzania się temperatura na zewnątrz kapsuły spadała. Rozgrzany Avcoat dalej produkował w środku gazy, ale słabsze ogrzewanie spowalniało tworzenie się zwęgliny, przez której pory miały one uciekać. Ciśnienie wewnątrz rosło i doprowadziło do rozsadzenia warstwy zewnętrznej.



Zdjęcie — NASA


JAPAN



Zdjęcie — NASA



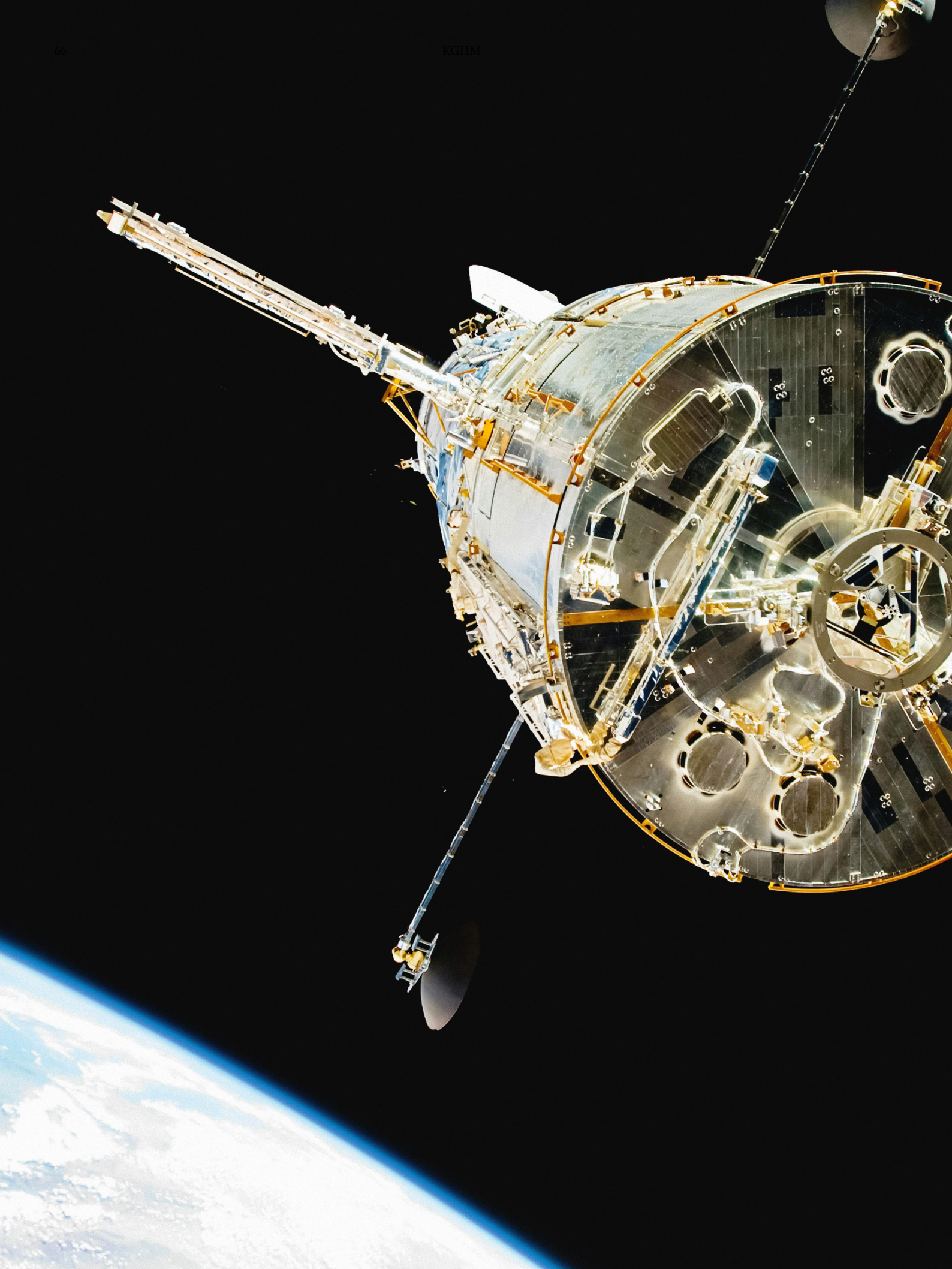
NIEZNISZCZALNE NIE ISTNIEJE

Jak temu zaradzić? Najlepiej zaprojektować nową osłonę z materiału o jednorodnej przepuszczalności. I tak właśnie zrobiono, lecz dopiero na potrzeby późniejszych misji. Osłona Artemis II bowiem była gotowa i przymocowana do kapsuły. Jej wymiana oznaczała opóźnienie lotu o co najmniej 18 miesięcy. Ale był też drugi powód – wprowadzenie nowego procesu produkcji powoduje pojawienie się nowych niewiadomych. Tu problem był już znany, materiał miał swoje ograniczenia, które ujawniały się w określonych warunkach. Może by więc zmienić te warunki?

Skoro Avcoat pęka wtedy, gdy temperatura spada, można ograniczyć ten spadek. Trajektorię powrotu przeprojektowano więc tak, by osłona przez cały czas była ogrzewana do poziomu, który sprawia, że zewnętrzna warstwa, zwęglina, pozostaje przepuszczalna. Podejście się sprawdziło – 10 kwietnia 2026 roku Artemis II z czteroosobową załogą bezpiecznie wodowała na Oceanie Spokojnym. Osłona zachowała się zgodnie z przewidywaniami.

Decyzja NASA była mocno krytykowana. Wskazywano, że zastosowane rozwiązanie jest kolejnym przesuwaniem granicy akceptowalnego ryzyka – podobnym do tego, jakie doprowadziło do katastrofy promu Challenger w 1986 i Columbii w 2003 roku. Pozostaje pytanie, czy w ekstremalnych warunkach misji kosmicznych powinno się dążyć do stworzenia idealnego materiału, czy może lepiej projektować misje z uwzględnieniem tego, czym tu i teraz dysponujemy?

Materiałów niezniszczalnych nie ma. Są takie, których granice użyteczności i bezpieczeństwa dobrze znamy.



Zdjęcie — NASA

OSTRE HAMOWANIE

Do takich granic zbliżyliśmy się 7 grudnia 1995 roku. Próbnik wypuszczony przez sondę Galileo wszedł w atmosferę Jowisza z prędkością 47,4 km/s, czyli ponad czterokrotnie szybciej niż Orion wracający zza Księżyca. Gęstniejąca atmosfera Jowisza wyhamowała statek do prędkości poddźwiękowej w ciągu niecałych 2 minut, w tym czasie przeciążenie sięgnęło oszałamiającej wartości 228 g. Gazy sprężone przed pędzącą sondą rozgrzały się do ponad 16 tys. °C. Warunki, jakim poddana została sonda, porównywano potem do tego, co musiałaby przetrwać głowica balistyczna lecąca przez kulę ognia wybuchu termojądrowego. Inżynierowie, którzy projektowali konstrukcję, zdawali sobie sprawę, że warunki będą ekstremalne. Osłona próbnika ważyła 152 kg, czyli blisko połowę masy całej sondy. W mniej niż 2 minuty z osłony ubyło około 80 kg.

Pojazd od początku był skazany na zniszczenie – Jowisz, jako gazowy gigant, praktycznie w całości składa się z atmosfery, która gęstnieje wraz ze zbliżaniem się do jądra planety. Olbrzymie ciśnienie i temperatury musiały zniszczyć próbnik. Jednak zaprojektowano go tak, by możliwie długo przekazywał dane o swoim stanie. Czujniki umieszczone w warstwie ochronnej dostarczały szczegółowe informacje o ubywającym materiale. Okazało się, że w punkcie centralnym, gdzie osłona miała 14,6 cm grubości, zostało jej aż 10 cm, czyli znacznie więcej, niż zakładano przy planowaniu konstrukcji. Za to na jej obrzeżu, gdzie od początku było zaledwie 5,4 cm, zostało mniej niż 1 cm. Próbnik przetrwał więc wystarczająco długo nie dlatego, że trafnie policzono zużycie materiału, ale dlatego, że projektanci założyli duży margines bezpieczeństwa.

Ta misja była wyjątkowa z jeszcze jednego powodu – nie dało się jej powtórzyć w tym samym kształcie. Kompozytu węglowo-fenolowego, z którego zrobiono osłonę Galileo i wcześniej osłony sond wenusjańskich, po prostu już się nie produkuje. Opierał się on bowiem na specjalnej wiskozie, którą wytwarzał zakład Avtex Fibers we Front Royal w Wirginii. Zamknięto go w 1989 roku ze względu na ogromną skalę zatrucia środowiska polichlorowanymi bifenylami, przez co obszary nad rzeką Shenandoah należą obecnie do najbardziej skażonych w USA. Ta linia produkcyjna i ten materiał nie istnieją, ale NASA opracowała osłony nowej generacji.

W przypadku osłon termicznych grubsza warstwa oznacza zwykle większy zapas bezpieczeństwa. Okazuje się jednak, że kosmos potrafi sprawiać niespodzianki, przy których takie zdroworozsądkowe podejście zawodzi.

PRZEKROCZYĆ NIEPRZEKRACZALNE

Jednym z najpoważniejszych wyzwań w lotach jest promieniowanie kosmiczne. Wysokoenergetyczne cząstki stanowią zagrożenie dla elektroniki, materiałów konstrukcyjnych i oczywiście organizmów żywych. Dotyczy to szczególnie lotów długoterminowych, a takim na pewno będzie pozostająca na razie w sferze odległych planów wyprawa załogowa na Marsa.

Czyli dokładamy grubszą osłonę i jest lepiej? Niekoniecznie. O ile zabezpieczymy się w ten sposób przed cząstkami emitowanymi przez Słońce, o tyle te docierające spoza Układu Słonecznego zachowują się inaczej. To niosące ogromną energię, rozpędzone niemal do prędkości światła jądra atomowe, które w zderzeniu z warstwą aluminium rozbijają jego atomy, co generuje istny deszcz wtórnych cząstek, w tym neutronów przechodzących przez materię z wyjątkową łatwością.

Modele NASA pokazują, że aluminium sprawdza się tylko do momentu, gdy jego warstwa ma około 7 cm grubości. Każdy dodatkowy centymetr powyżej tej wartości staje się problemem, bo zamiast chronić załogę, naraża ją na dodatkowe ryzyko. Tu z pomocą przychodzi niespodziewany sojusznik – wodór. Jego jądra nie ulegają takiemu rozpadowi, więc warstwę ochronną można bezpiecznie zwiększać. Tylko jak zrobić z wodoru taką powłokę? Zamykając jego atomy w polietylenie – tym samym, z którego robimy na Ziemi torby czy butelki na mleko. Czyli zamiast pogrubiać „mur ochronny", trzeba zmienić materiał, z którego jest zrobiony.

228 G

takiego przeciążenia w czasie niespełna 2 minut doświadczył próbnik Galileo wchodzący w atmosferę Jowisza z prędkością 47,4 km/s.

Zdjęcie — NASA

DOBRZE MIEĆ MIEDŹ

Wszystkie opisane dotąd materiały mają jedno zadanie – przetrwać i ochronić. Ścianka komory spalania silnika rakietowego musi w tym czasie jeszcze pracować. W jej wnętrzu płoną gazy o temperaturze przekraczającej 3 tys. °C, a sama ścianka zrobiona jest z miedzi, która topi się już w 1085 °C.

Czemu nie np. z wolframu? Bo ścianka wykonana z materiału, który zatrzymywałby ciepło, sama szybko osiągnęłaby temperaturę płonących gazów. Wolfram topi się w 3422 °C, ale przy 3 tys. °C i w obecności tlenu ze spalin zacząłby się palić, a znacznie wcześniej straciłby wytrzymałość. Ciepło trzeba więc bez przerwy odprowadzać. Do tego służą kanały biegnące w ściance osłony. To nimi dostarczane jest do komory spalania zimne paliwo, przy okazji chłodzące materiał, przez który płynie. Tyle że musi on oddawać to ciepło szybciej, niż przyjmuje je od płonących gazów. I dlatego używa się miedzi, która spośród metali najlepiej przewodzi ciepło. Może poza srebrem, ale to już kwestia kosztów. Wolfram robi to ponad dwa razy gorzej, a w dodatku tam, gdzie chłodzi go paliwo, staje się kruchy.

Dzięki takiemu systemowi ścianka komory spalania nie przekracza zwykle 700 °C. Jednak czysta miedź nawet w takich warunkach ma bardzo niską wytrzymałość. Gdyby nie chodziło o misje kosmiczne, wzmocnilibyśmy ją, dodając do stopu inne pierwiastki, ale w tym przypadku psułoby to najważniejszą dla nas cechę miedzi – przewodnictwo cieplne. Rozwiązaniem okazało się dodanie chromu i niobu. Te pierwiastki nie rozpraszają się w miedzi, lecz tworzą skupiska, które wzmacniają strukturę, praktycznie nie pogarszając transportu ciepła.

Są jednak sytuacje, w których to rozwiązanie się nie sprawdzi. To małe silniczki – manewrowe lub korekcyjne. Płynie przez nie kilka gramów paliwa na sekundę i taka strużka zagotowałaby się w kanałach, zamiast odebrać ciepło. Takie silniki oddają więc ciepło, rozgrzewając się do czerwoności i świecąc. Aby konstrukcja to wytrzymała, ścianki robiono z niobu pokrytego krzemkami. Granicą wytrzymałości było 1400 °C.

REN NA WAGĘ ZŁOTA

By przekroczyć tę granicę, trzeba było zmienić materiał. Wyborem okazał się ren, który topi się w 3186 °C. Ma jedną wadę: gwałtownie się utlenia w kontakcie z tlenem, a tego w dyszach nie brakuje. Rozwiązaniem problemu jest cienka warstwa irydu, którą ren powleka się od wewnątrz. Iryd radzi sobie z tlenem znacznie lepiej, a przy tym jego rozszerzalność cieplna jest niemal taka sama jak renu, więc powłoka nie pęka przy nagrzewaniu. W testach komora o takiej konstrukcji przepracowała ponad 15 godzin przy temperaturze ścianki sięgającej 2000-2300 °C.

Problem w tym, że renu nigdzie nie pozyskuje się ze złóż, jak to się robi z większością metali. Należy do najrzadszych pierwiastków skorupy ziemskiej i jego zasoby pochodzą wyłącznie z ubocznych procesów podczas produkcji miedzi i molibdenu. Polska jest jedynym krajem w Europie, w którym ren uzyskujemy z własnych zasobów – kwaśnych ścieków hutniczych. Jego odbiorcami są głównie producenci silników lotniczych.

Wciąż poszerzamy zasięg, w jakim możemy badać kosmos. Niedawno pierwsze statki zbudowane przez ludzi opuściły Układ Słoneczny. Jednak w tej eksploracji granicą nie są tylko odległość i czas, który trzeba pokonać. Musimy poznać ograniczenia materiałów, na których opieramy nasze wyprawy. Bo to one chronią to, co w misji najważniejsze. Ale też trzeba pamiętać, że granice możliwości są po to, by je przesuwać – na tym polega postęp.



W eksploracji kosmosu granicą nie są tylko odległość i czas, który trzeba pokonać. Musimy poznać ograniczenia materiałów, na których opieramy nasze wyprawy.



TEKST — TOMASZ ILLG

BIENVENIDO, CHILE!

Do odważnych świat należy, a chilijska pustynia Atakama jest tego surowym dowodem. Przekraczając jej granice, od razu czujemy, że jesteśmy tu tylko gośćmi. Trzeba być twardym, nieustępliwym, trzeba być wizjonerem. Jeśli decydujemy się sięgnąć po jej największe bogactwo, sporo ryzykujemy – ale nagroda jest warta największych wysiłków!



Zdjęcie — Benjamin Gremier





Im bardziej cyfrowy staje się świat, tym wyraźniej widać, że jego fundament pozostaje fizyczny.

Najpierw uderza światło – rano miękkie i niemal chłodne, kiedy góry dopiero wyłaniają się z cienia, a kilka godzin później ostre i bezlitosne, sprawiające, że skały, piasek i wyschnięte zbocza przybierają niemal nierealne barwy. Niebo ma tu wyjątkowo głęboki odcień błękitu, a powietrze jest tak suche, że każdy szczegół krajobrazu wydaje się wyraźniejszy niż gdziekolwiek indziej. Droga przez dziesiątki kilometrów wiedzie przez tereny, na których nie widać żadnego domu, drzewa ani człowieka, a jednak trudno nazwać ten krajobraz zupełnie pustym.

Pod powierzchnią tej ziemi bowiem kryje się miedź – metal, który jest obecny w naszym codziennym życiu bardziej, niż to sobie uświadamiamy. Przewodzi energię, pozwala budować sieci, znajduje zastosowanie w urządzeniach i infrastrukturze, jest niezbędna w energetyce, elektromobilności i technologiach, które coraz szybciej zmieniają sposób, w jaki funkcjonujemy. W świecie, który z każdym rokiem staje się coraz bardziej cyfrowy, paradoksalnie rośnie znaczenie tego, co fizyczne: materiałów, z których ten cyfrowy świat musi zostać zbudowany.

Jednym z najważniejszych jest właśnie miedź.

TAM, GDZIE KOŃCZY SIĘ MAPA

Chile wygląda na mapie jak długi, bardzo wąski pas lądu przyklejony do zachodniego wybrzeża Ameryki Południowej. W rzeczywistości jest niezwykle różnorodnym krajem, którego północną część zalicza się do najsurowszych obszarów świata. Atakama rozciąga się pomiędzy Pacyfikiem a Andami i od wieków stawia człowiekowi warunki, których nie da się negocjować ani zmienić za pomocą zwykłej technologii.

Jest tu niezwykle sucho, wysoko i daleko. W dzień słońce potrafi zamienić pustynię w niemal białą przestrzeń, nocą temperatura gwałtownie spada, a ogromne odległości sprawiają, że każda decyzja związana z transportem, energią czy infrastrukturą nabiera dodatkowego znaczenia. Górnictwo, wymagające przecież precyzji, niezawodności i dostępu do ogromnych zasobów, musi tutaj funkcjonować w środowisku, które samo w sobie jest wyzwaniem. A jednak to właśnie północ Chile od dziesięcioleci stanowi jeden z najważniejszych na świecie regionów wydobycia miedzi. To miejsce, gdzie surowiec będący fundamentem wielu współczesnych technologii jest wydobywany w warunkach, które trudno byłoby nazwać komfortowymi.

Pewnie dlatego Chile nie jest krajem dla przypadkowych inwestorów. Aby wejść na ten rynek, trzeba dysponować nie tylko sporym kapitałem i zaawansowaną technologią, lecz także ogromnym doświadczeniem, cierpliwością i gotowością do działania w warunkach, w których natura nieustannie przypomina człowiekowi o własnych ograniczeniach. Na Atakamie człowiek szybko odkrywa, że nie wszystko zależy od niego i niewiele da się przyspieszyć.

Zdjęcie — Pexels Anais Ginguene

ODWAGA NIE ZACZYNA SIĘ NA PUSTYNI



Zdjęcie — Martin Mayono

Kiedy patrzy się dzisiaj na działającą kopalnię, łatwo zapomnieć, że najważniejsza część jej historii wydarzyła się, zanim jeszcze pojawiły się tu maszyny, drogi dojazdowe i cała infrastruktura. Zanim Sierra Gorda stała się strategicznym elementem międzynarodowej działalności KGHM, była przede wszystkim projektem w głowach kilku wizjonerów, wymagającym spojrzenia znacznie dalej niż poza własne podwórko.

W 2012 roku KGHM przejął większościowy udział w projekcie Sierra Gorda, którego właścicielem była wówczas spółka Quadra FNX. Transakcja opiewała na 3 mld USD i była w tym czasie największą w historii transakcją zrealizowaną przez polską firmę. Dwa lata później rozpoczęła się produkcja, a w 2015 roku kopalnia pracowała już pełną parą, osiągając komercyjny sukces. Dzisiaj KGHM posiada 55 proc. udziałów w Sierra Gorda SCM, a pozostałe 45 proc. należy do australijskiego koncernu South32.

Te daty i liczby można z łatwością znaleźć w raportach firmy. Nie pokazują jednak tego, co w tej historii wydaje się najciekawsze: momentu, kiedy zarządzający spółką KGHM spojrzeli na mapę i uznali, że warto przejechać kilka tysięcy kilometrów, by wejść na rynek, który miał własną tradycję, własnych ekspertów i własnych globalnych graczy.

Chile nie było oczywistym wyborem tylko dlatego, że znajduje się tam dużo miedzi. Samo bogactwo złóż nie wystarcza przecież do stworzenia działającego przedsiębiorstwa. Potrzebne są jeszcze wiedza, technologia, infrastruktura, ludzie i zdolność do podejmowania decyzji w sytuacji, w której nie wszystkie zmienne można przewidzieć.

Odwaga nie polega więc na tym, że ryzyka nie ma, lecz na tym, że potrafimy ocenić jego skalę i zdecydować, że warto je podjąć.

W przypadku KGHM oznaczało to wejście do kraju, który dla polskiej firmy znajdował się niemal po drugiej stronie świata, i zmierzenie się z warunkami, jakich nie dało się porównać jeden do jednego z doświadczeniem zdobywanym przez dekady na Dolnym Śląsku.



DWA ŚWIATY

Sierra Gorda leży około 60 km od Calamy, na wysokości mniej więcej 1700 m n.p.m. Już sama nazwa brzmi jak scenografia z klasycznego westernu, którego akcja rozgrywa się w miejscu, gdzie człowiek krok po kroku uczy się funkcjonować na nowych zasadach. Wokół rozciągają się góry i pustynia, z lotu ptaka widać sieć dróg przecinających ogromne przestrzenie, a także krajobraz, który nie pozostawia wiele miejsca na złudzenie, że natura zamierza tu ułatwiać człowiekowi pracę.

To dobry punkt wyjścia do zastanowienia się nad specyfiką międzynarodowego biznesu. Nie wystarczy bowiem sięgnąć po własne procedury, technologie i doświadczenie, a następnie przenieść je w inne miejsce na świecie, jak gdyby geografia nie miała znaczenia. Każdy nowy rynek wymaga poznania jego specyfiki: ludzi, prawa, kultury pracy, warunków środowiskowych i technologicznych, a także tego wszystkiego, czego nie da się zapisać w tabeli w Excelu ani firmowej prezentacji.

Sierra Gorda jest pod tym względem spotkaniem dwóch światów: polskiego doświadczenia górniczego i chilijskiej tradycji wydobycia miedzi; europejskich kompetencji i południowoamerykańskich realiów. Nie chodzi przy tym o to, aby jeden z tych światów zastąpił drugi. Największa wartość pojawia się wtedy, kiedy doświadczenia obu stron tworzą nową jakość. Międzynarodowa inwestycja bowiem jest zawsze procesem uczenia się.

NAJPIERW JEST CZŁOWIEK

Na fotografiach kopalnia wygląda jak gigantyczna maszyna. Potężne ciężarówki, szerokie drogi prowadzące między ścianami odkrywki, instalacje i urządzenia, które z dużej odległości tworzą niemal abstrakcyjny krajobraz. Wszystko jest ogromne, podporządkowane określonemu rytmowi i precyzji, jakiej wymaga przemysł wydobywczy.

A co najważniejsze – każda z tych maszyn ma jednak swojego człowieka, który ją zaprojektował, obsługuje, odpowiada za jej stan techniczny i pilnuje, aby praca przebiegała bezpiecznie. Są geolodzy analizujący skałę, inżynierowie szukający rozwiązań dla warunków, których nie da się odtworzyć w laboratorium, specjaliści od środowiska, logistyki, utrzymania ruchu i bezpieczeństwa.

Wszyscy ci ludzie mogą się wydawać mniej widoczną, ale fundamentalną częścią każdego dużego projektu górniczego. Technologię można kupić, a maszynę dostarczyć z drugiego końca świata. Kompetencji nie da się jednak po prostu zamówić, odebrać od kuriera i rozpakować na miejscu jak paczkę. Trzeba je najpierw zbudować, potem połączyć ze sobą, a następnie przekazać dalej. W przypadku tak ambitnego międzynarodowego przedsięwzięcia na wielką skalę dochodzi jeszcze jedna umiejętność: praca z ludźmi, którzy mają różne doświadczenia i często patrzą na ten sam problem z nieco innej perspektywy. Transfer pieniędzy czy wiadomość wysłana mailem mogą przekroczyć ocean w kilka sekund. Kompetencje potrzebują znacznie więcej czasu, żeby pokonać tę samą odległość.

SIĘGAJ, GDZIE WZROK NIE SIĘGA

Atakama uczy jeszcze jednej rzeczy: odległość bywa mirażem. Kiedy patrzymy przed siebie, horyzont wydaje się być niemal na wyciągnięcie ręki. Wystarczy jednak przejechać kilka czy kilkadziesiąt kilometrów, aby się przekonać, że cały czas pozostaje dokładnie tak samo daleko. Nie jest granicą, lecz punktem odniesienia, który przesuwa się razem z nami.

Trudno nie dostrzec w tym metafory międzynarodowego biznesu.

Chile było kiedyś odległym punktem na mapie, miejscem, z którym polskie górnictwo nie miało bezpośredniego związku. Później zrodził się projekt, następnie była inwestycja, a z czasem pojawiły się działająca kopalnia i zespół ludzi, dla których Sierra Gorda stała się częścią codzienności.

Horyzont organizacji nie przesuwa się jednym spektakularnym ruchem, ale poprzez tysiące decyzji podejmowanych przez lata, czasem dekady. Jedne dotyczą wielkich inwestycji, inne bezpieczeństwa pracy, technologii, logistyki czy organizacji zespołu. Większość z nich nigdy nie ujrzy światła dziennego w rocznym raporcie, choć to właśnie ich suma decyduje o tym, czy wielki projekt rzeczywiście działa.

Atakama wygląda jak koniec drogi. Dla miedzi jest jej początkiem.



Zdjęcie — KGHM





Zdjęcie – KGHM



CZY ODWAGA WYSTARCZY?

Sama odwaga to za mało. Potrzebne są pieniądze, technologia, wiedza, organizacja, doświadczenie. Potrzebni są też ludzie, którzy potrafią zamienić założenia zapisane w projekcie w działającą rzeczywistość. Do tego czas, bo w górnictwie wiele rzeczy mierzy się latami.

Jest jeszcze coś, czego nie da się kupić ani zaplanować w stu procentach: gotowość do podjęcia ryzyka. Podkreślają to wszyscy wielcy wizjonerzy tego świata, którzy odnieśli sukces. Ziemia nie jest tabelą w Excelu. Można ją oczywiście badać i analizować, ale zawsze pozostaje w niej coś, czego nie sposób przewidzieć z absolutną pewnością. To sprawia, że wielkie przedsięwzięcia przemysłowe mają w sobie coś z wyprawy. Trzeba wiedzieć, dokąd się zmierza, ale zachować świadomość, że droga może wyglądać inaczej, niż zakładano.

MATERIAŁ, KTÓRY ŁĄCZY ŚWIAT

Miedź wydobywana na pustyni w Chile trafia dalej, na kolejne etapy łańcucha przemysłowego, by zmienić swoją formę i przeznaczenie. W końcu może się stać częścią przewodu, elementem urządzenia, infrastruktury energetycznej czy technologii, z której korzystamy tysiące kilometrów od miejsca, gdzie metal został wydobyty. Miedź nie zna granic – są one wyłącznie umownymi punktami na drodze od kopalni do odbiorcy. Dla firmy przekroczenie granicy oznacza jednak znacznie więcej: konieczność zbudowania relacji, poznania nowego rynku, znalezienia wspólnego języka i dopasowania własnego doświadczenia do nowych warunków. Wymaga jednocześnie zachowania standardów i gotowości do uczenia się.

Dlatego obecność KGHM w Chile można postrzegać nie tylko jako element globalnego portfela aktywów, lecz także jako dowód, że kompetencje zdobywane przez lata w Polsce mogą znaleźć zastosowanie w jednym z najważniejszych regionów światowego górnictwa.

KONIEC ŚWIATA CZY POCZĄTEK?



Zdjęcie — Vinicius Henrique

Wieczorem Atakama zmienia się po raz kolejny. Światło już tak nie oślepia, góry nabierają barw czerwieni i fioletu, a długie cienie powoli kładą się w dolinie. Po zachodzie słońca temperatura spada, nad pustynią zapada ciemność przetykana jedynie konstelacjami niezliczonych gwiazd. Człowiek uświadamia sobie skalę świata, w którym żyje, i odległości między miejscami, które na co dzień łączy cel gospodarczy.

A jednak to właśnie tutaj, na tej wypalonej słońcem ziemi nastąpiło spotkanie decyzji podejmowanych w Polsce, doświadczenia górniczego zdobywanego przez dekady, chilijskiej geologii, ludzkiej pracy i potrzeb świata, który coraz szybciej się elektryfikuje i digitalizuje. Globalna gospodarka nie istnieje w abstrakcyjnej przestrzeni. Wiąże się z konkretnymi miejscami, drogami, kopalniami, fabrykami, portami i elektrowniami. A także ludźmi, którzy każdego dnia sprawiają, że ten system działa. Jednym z takich miejsc jest Sierra Gorda.

Może więc Atakama, która wygląda niemal jak obca planeta i skrywa pod swoją powierzchnią miedź, wcale nie jest końcem świata, tylko jednym z jego początków? Ten odległy horyzont, migoczący czasem mirażem, przypomina, że nie został stworzony po to, by wyznaczać granicę – tylko po to, by pokazać, dokąd jeszcze można dojść.

Zdjęcie — Danilo Alvesd



”

Wielkie projekty przestają być
marzeniem dopiero wtedy,
gdy zaczynają działać.



Zdjęcie — Danilo Alvesd

SIERRA GORDA

W LICZBACH

Rozpoczęcie
produkcji
w 2014 roku.

2014



Kopalnia Sierra Gorda znajduje się około 1700 m n.p.m.

1700

KGHM posiada 55 proc. udziałów w Sierra Gorda SCM.

55%

W 2025 roku w Sierra Gorda wyprodukowano 157,9 tys. t miedzi w koncentracie.

157 900

”

Nie oglądamy się na innych. Nie dlatego, że nie interesuje nas świat – wręcz przeciwnie, znamy go bardzo dobrze.

Od dziesięcioleci działamy tam, gdzie liczą się wiedza, doświadczenie i odwaga. Wydobywamy i przetwarzamy surowce niezbędne dla współczesnej gospodarki. Surowce, które określają przyszłość całego świata.

Nie czekamy, aż inni wyznaczą kierunek – to my chcemy pokazywać trendy. Sięgamy po nowe złoża, rozwijamy technologie i budujemy kompetencje najlepszych specjalistów w branży. Wiemy, co potrafimy i jaki potencjał w nas drzemie.

Jesteśmy dumni z naszego pochodzenia. Siłą KGHM są ludzie i doświadczenie budowane przez pokolenia. Stworzyliśmy fundamenty firmy w Polsce, ale nasze ambicje sięgają znacznie dalej. Dziś umiejętności, etos pracy i know-how spod znaku KGHM stanowią silną konkurencję na wszystkich kontynentach.

W świecie wielkich koncernów i globalnych zależności jesteśmy jedną z tych polskich firm, które mogą powiedzieć o sobie – należymy do najlepszych. Nadajemy tempo. Stawiamy wyzwania. Mamy śmiałość i determinację.

KGHM / Globalna skala. Polska duma.
Światowe ambicje.

”


KGHM