



IDEA 3W.

PERSPEKTYWY

ROZWOJU



3W

Opracowanie:
Zespół 3W / Bank Gospodarstwa Krajowego

Warszawa 2021





Beata Daszyńska-Muzyczka

Prezes Banku Gospodarstwa Krajowego

Zmiany klimatyczne i transformacja energetyczna to wyzwania przed którymi stoi cały świat. Decyzje, jakie podejmujemy każdego dnia, wpływają na środowisko, a także na kondycję polskich firm i całej naszej gospodarki.

Misją Banku Gospodarstwa Krajowego jest wspieranie zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego naszego kraju. Dziś stoimy u progu kolejnego, cywilizacyjnego przełomu na miarę rewolucji, jaką przyniosło powstanie światowej sieci WWW. Będzie to zmiana sposobu, w jaki korzystamy z danych nam zasobów naturalnych, a zwłaszcza trzech z nich – „następnych 3 W”, w oparciu, o które zbudujemy naszą przyszłość: wody, wodoru i nowoczesnych technologii węglowych.

Dlatego powołujemy do życia inicjatywę 3W. Jej celem jest zwrócenie uwagi na wodę, wodór i węgiel jako strategiczne zasoby przyszłości; kształtowanie postaw konsumenckich wspierających rozwój zrównoważonej gospodarki oraz zbudowanie społeczno-gospodarczego ekosystemu, w którym działać będą polscy naukowcy, przedsiębiorcy, samorządowcy i decydenci aktywni w sektorze 3W.

Dzięki inicjatywie 3W świat nauki, w którym powstają nowatorskie rozwiązania oraz technologie, zbliży się do świata biznesu. Stworzymy narzędzia ułatwiające współpracę pomiędzy wynalazcami, a firmami zainteresowanymi komercjalizacją tych innowacji oraz instytucjami finansowymi, które pomogą znaleźć środki na odważne projekty rozwojowe.

Chociaż dziś 3W zaczyna swoje życie jako idea, to w perspektywie kilku najbliższych lat będzie to realny i szybko rosnący sektor gospodarki. Podejmujemy się roli inicjatora tego projektu, łącznika między wieloma różnymi środowiskami, by działać na rzecz zrównoważonego rozwoju i zwiększania konkurencyjności polskiej gospodarki.



WSTĘP

Świat stoi u progu ogromnych przemian. Zmiany klimatu postępują i realnie zagrażają ludzkiej egzystencji, co wymusza transformację wszystkich sektorów gospodarki w kierunku zeroemisyjności. Przełoży się ona na zmianę w życiu każdego mieszkańca planety – pewne przedmioty, branże oraz działania, które wypełniają współczesną codzienność, znikną, a ich miejsce zajmą zupełnie nowe produkty, sektory i procesy.

Mimo tak kompleksowych przemian niektóre elementy naszej rzeczywistości mogą służyć dążeniu do zeroemisyjności. Na nich koncentruje – my się w projekcie 3W.

Woda, wodór, węgiel – to trzy kluczowe substancje, które są fundamentem życia na Ziemi.

Dlaczego są tak niezbędne dla funkcjonowania naszego świata?

Jakie znaczenie ma 3W w budowaniu nowych technologii i rozwiązań?

WODA

Paradoks związany z wodą polega na tym, że chociaż pokrywa ona ok. 70% powierzchni Ziemi, to tylko mniej niż 1% to woda pitna, bez której ludzie i zwierzęta przeżyć mogą zaledwie kilka dni. Świat pracuje nad technologiami odsalania wody oraz jej retencjonowania.

Pomimo tego, że światowe zasoby wody pitnej maleją i staje się ona surowcem zarządzanym geopolitycznie, wciąż marnujemy potężne jej ilości. Globalne ocieplenie oznacza dla wielu regionów problemy z gospodarką wodną. Grozi to przyszłością pełną dramatycznych wojen o wodę, znanych z filmów postapokaliptycznych pokroju „Mad Max: Na drodze gniewu”. Walka o wodę może stać się rzeczywistością za życia współczesnych pokoleń.

Jednym z państw, które już teraz mają problemy hydrologiczne, jest Polska. Przykładem tego są częste i długie susze rolnicze – będą one bardziej dotkliwe w miarę postępowania zmian klimatu. Są one wynikiem niepraidłowej melioracji wodnej, spadkiem liczby dni z pokrywą śnieżną, regionalnych zmian w rocznej wielkości opadów oraz wzrostem parowania wskutek rosnących temperatur. Dlatego też ważne są szeroko zakrojone strategie dotyczące retencji i ponownego wykorzystania wody oraz jej oczyszczania.



WODÓR

Zmiana w kierunku zeroemisyjności odcisnie szczególne piętno na energetyce, transporcie i przemyśle. Dla sektorów tych, obciążonych wysoką intensywnością emisji gazów cieplarnianych, ogromną nadzieją jest wodór.

Pierwiastek ten może być źródłem energii, który zastąpi elektrownie węglowe czy opalane koksem piece hutnicze. Dzięki możliwości produkcji wodoru z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii w ramach procesu elektrolizy przemysł wodorowy jawi się jako potencjalny magazyn, przechwytyjący nadwyżki elektryczności wygenerowane przez fotowoltaikę czy energetykę wiatrową. Inną możliwością jest produkcja wodoru dzięki energii z elektrowni jądrowych.

Zalety wykorzystania wodoru są już teraz dostrzegane przez przedsiębiorców – coraz więcej firm rozpoczyna własne projekty wodorowe i angażuje się w działania związane z tym pierwiastkiem, tworzy klastry, doliny wodorowe czy prowadzi eksperymenty infrastrukturalne. Rozwój przemysłu wodorowego to szansa dla podmiotów, które chcą zbudować swoją przewagę w innowacyjnym przemyśle. Skorzystać mogą na tym np. kraje Trójmorza, dla których transformacja energetyki to jeden ze wspólnych celów. Polska jest jednym z największych producentów wodoru w Europie – możemy więc podjąć to wyzwanie, wykorzystując w nim plany budowy źródeł odnawialnych i jądrowych oraz sieci dolin wodorowych.



WĘGIEL

Węgiel jest pierwiastkiem, który występuje we wszystkich żywych organizmach. Powszechnie kojarzony jest jednak z energetyką, ponieważ przez dekady był podstawowym paliwem rozwoju gospodarczego ludzkości.

Teraz – ze względu na swoją emisyjność – ustępuje on miejsca nowym źródłom energii. Jednak jego rola nie kończy się na energetyce.

Jako pierwiastek węgiel występuje pod wieloma postaciami, które mają odmienne i bardzo cenne właściwości. Dzięki nowym wynalazkom powraca on w zupełnie innych zastosowaniach. Grafen, fulereny, nanorurki węglowe czy węgiel aktywny niosą ze sobą ogromny potencjał. Pozwalają tworzyć lżejsze i trwalsze materiały inżynierskie, co umożliwia ich stosowanie w wielu branżach: elektronice, medycynie, budownictwie, przemyśle kosmicznym, lotnictwie i motoryzacji.

Nowe materiały z nanocząstek węgla mogą także pomóc w rozwiązaniu problemów emisyjnych powodowanych przez energetyczne wykorzystanie węgla kamiennego i brunatnego.



Idea 3W

Idea 3W wychodzi naprzeciw wyzwaniom związanym z transformacją gospodarki w kierunku zeroemisyjności. Tworzy unikalny ekosystem sprzyjający rozwojowi technologii z obszaru wody, wodoru i nowoczesnych technologii węglowych. Jej potencjał oparty jest także na sile kapitału społecznego.

3W – w ramach swojego formatu – buduje społeczność utalentowanych naukowców i studentów, odważnych przedsiębiorców, wizjonerskich organizacji pozarządowych oraz odpowiedzialnych przedstawicieli sektora publicznego i instytucji finansowych.

Idea 3W ma ambicję łączyć ze sobą innowacyjne rozwiązania naukowe, gospodarcze i legislacyjne. Może więc być niepowtarzalną szansą na budowanie rzeczywistej siły i wzmacnianie rozwoju Polski. Sprawy związane z transformacją

gospodarki oraz dążeniem do zrównoważonego rozwoju już teraz budzą ogromne zainteresowanie opinii publicznej. Dlatego też rozpoczynamy projekt od informowania środowiska naukowego, przedsiębiorców i przedstawicieli sektora publicznego o możliwym nowym spojrzeniu na zagadnienia związane z wodą, wodorem i węglem.



Jednocześnie trwają poszukiwania inicjatyw z kręgu 3W, które mogą zostać włączone w formułę przedsięwzięcia. Integracja wszystkich podmiotów w jeden spójny ekosystem organizacyjny - komunikacyjny daje ogromne możliwości przygotowania Polski na nadchodzącą erę przemian.



3W • WODA • WODŃR • WĘGIEL



A large, stylized blue water drop shape is the central focus. Inside the drop, an underwater scene is visible: a person is seen from behind, floating and holding a hula hoop. Bubbles are rising around them, and light rays penetrate the water from above. The word "WODA" is written in large, white, bold, sans-serif capital letters across the middle of the drop. Three other blue water drop shapes are partially visible around the main drop: one on the left, one at the top right, and one at the bottom left.

WODA



3W

Polska na tle innych państw Europy nie posiada bogatych zasobów wody pitnej. Na mieszkańca przypada rocznie około 1,6 tys. m³ wody, ale w okresach suszy liczba ta spada nawet do 1,1 tys. m³. Dla porównania średnia w Europie jest prawie trzykrotnie wyższa i wynosi ok. 5 tys. m³.

Tymczasem według danych ONZ, już próg 1,7 tys. m³ na osobę jest granicą, przy której występuje „stres wodny”, czyli zagrożenie deficytem wody.

W Polsce około 80% wody pobieranej na potrzeby gospodarki i ludzi pochodzi z zasobów wód powierzchniowych. Pozostałe 20% to wody podziemne. Mimo, że suma opadów w kraju nie zmienia się mocno na przestrzeni lat, to zmienia się ich charakter. Gwałtowne nawałnice dostarczają wody w ilościach, których jeszcze nie mamy możliwości zmagazynować.

obejmuje również katalog działań, których celem jest obniżenie wielkości strat spowodowanych przez suszę i zapewnienie skutecznego monitorowania zasobów wodnych oraz gospodarowania wodą. Innymi działaniami wspomagany przez Polskę są inwestycje w retencję korytową, małą retencję leśną czy programy takie jak Moja Woda.

W działania te włączają się:

- Ministerstwo Infrastruktury,
- Ministerstwo Klimatu i Środowiska,
- Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie,
- Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.



Współczesne problemy z gospodarką wodną biorą się z decyzji podejmowanych w kraju w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat. Na dużą skalę regulowano rzeki, nie prowadzono bieżących prac przy rowach melioracyjnych, co doprowadziło do ich zaniedbania. Skutki widoczne są dopiero w perspektywie czasu i właśnie ich doświadczamy. Regiony bez wprowadzonych rozwiązań retencji wody, wysychają.

Obecnie w Polsce retencjonujemy zaledwie 6% wody (około 4 mld m³). Potrzeba przynajmniej dwa razy więcej, aby skutecznie przeciwdziałać zarówno skutkom suszy, jak i powodzi. Zgodnie z założeniami rządowego „Programu rozwoju retencji” jej poziom ma wzrosnąć do 15% do 2027 roku. W 2020 roku Wody Polskie zakończyły pracę nad pierwszym w Polsce Planem przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS). Dokument stanowi studium zjawiska suszy w Polsce,

Problem okresowych deficytów wody szczególnie widoczny jest w miastach. Stało się tak m.in. z powodu wcześniejszego regulowania rzek, osuszania bagien i mokradeł czy też kanalizowania małych cieków wodnych w betonowych korytach. W Polsce niestety coraz częściej przeprowadza się błędnie rozumianą rewitalizację, która sprowadza się do usuwania z przestrzeni miejskiej zieleni i zastępowania jej betonowymi, nieprzepuszczającymi wody, powierzchniami.

Ziemia w miastach jest „przesuszone” i nie jest w stanie przyjmować i magazynować wody opadowej. W efekcie dochodzi do paradoksalnych sytuacji – nawet w okresach suszy, w miastach występują podtopienia wywołane krótkotrwałymi, nawałnymi opadami. Nadmiar wody spływa błyskawicznie do rzek lub kanalizacji, a powinien być retencjonowany. Staje się to

coraz większym problemem, ponieważ w ciągu ostatniej dekady mocno zmienia się w Polsce charakter opadów. W okresie wiosenno-letnim przybierają one coraz bardziej gwałtowny i intensywny charakter. Dlatego poszukiwane są, wchodzące w zakres rozwiązań smart city, sposoby zatrzymania wody na terenach zurbanizowanych. Według opublikowanego przez GUS raportu „Polska na drodze zrównoważonego rozwoju. Raport 2020”, problemem naszego kraju jest nie tylko to, że zasoby wodne są relatywnie niewielkie, ale dodatkowo cechuje je zmienność sezonowa i różnicowanie na obszarze kraju. Wraz z ociepleniem klimatu problemy suszy, wysychania rzek, obniżania się poziomu wód gruntowych i nawracające niedobory wody będą coraz większym wyzwaniem.

Lokalizacja geograficzna Polski powoduje, że zimą zwykle docierają do nas wilgotne masy powietrza i opady śniegu. Jednak w ostatnich latach pokrywa śniegowa w Polsce jest coraz mniejsza. Jej brak zwiększa częstotliwość i długotrwałość epizodów suszy, szczególnie w okresie wegetacyjnym, kiedy woda jest nam najbardziej potrzebna. Zasoby wodne będą w XXI wieku najważniejsze i ich dostępność może być źródłem konfliktów – wskazuje Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w opracowaniu „Klimat Polski 2020”¹.

Jednak, mimo rosnącej świadomości tych wyzwań, statystyczny Polak bezpośrednio zużywa około 100 litrów wody dziennie, a jego ślad wodny (czyli zużycie pośrednie w konsumpcji towarów i usług), wynosi już prawie 3,9 tys. litrów. Organizacja Global Compact Network Poland oraz GUS wskazują, że w Polsce największy udział w zużyciu wody ma przemysł (ok. 72%). Na kolejnych miejscach są sektor komunalny (18%), rolnictwo oraz leśnictwo (10%)².

Innowacje i technologie w zarządzaniu zasobami wody

W przemyśle poszukujemy przede wszystkim wydajnych ekologicznie i energetycznie rozwiązań, aby wykorzystywać i uzdatniać wodę. Potrzebujemy technologii, które umożliwiają jej wykorzystywanie w obiegu zamkniętym. W rolnictwie potrzebne są rozwiązania, które przeciwdziałają będą deficytom

wody w produkcji żywności. Handel i usługi stawiają na innowacje, aby zmniejszyć ślad wodny prowadzonej działalności gospodarczej. W ekologicznych gospodarstwach domowych zainteresowaniem cieszy się mikroretencja i odzysk wody. Jednostki samorządu terytorialnego poszukują rozwiązań dotyczących uzdatniania wody, retencji oraz zarządzania stosunkami wodnymi.

Należy pamiętać, że problemy z dostępem do wody dotyczą nie tylko Polski. Na całym świecie rozwijane są technologie, które pozwalają skuteczniej retencjonować, oczyszczać i odzyskiwać wodę. Jednymi z nich są rozwiązania do wykorzystywania wody deszczowej, a rynek z nimi związany rozwija się bardzo dynamicznie. Szacuje się, że w ujęciu globalnym do 2027 roku będzie on rósł w tempie około 6% rocznie (CAGR).

Jego prognozowana wartość na koniec 2027 roku ma wynieść 1,3 mld USD (to równowartość ponad 5 mld PLN). Największe udziały mają w nim Europa oraz region Azji i Pacyfiku (łącznie około 81%). Europejskimi liderami są Niemcy oraz Wielka Brytania.

Retencja i monitorowanie

W krajach europejskich, które mogą pochwalić się wysokim poziomem wykorzystywania wody deszczowej, technologie z tego obszaru wykorzystują gospodarstwa domowe, ale także sektor handlu i usług. Rolnictwo, według prognoz, do 2027 roku osiągnie ok. 11% udziału w globalnym rynku retencji wody deszczowej.

W Polsce deszczówka, zmagazynowana w zbiornikach i systemach gromadzenia opadów, wykorzystywana jest głównie w ogrodnictwie. Zbiorniki takie mogą być naziemne lub umieszczone pod ziemią.

Ze względu na klimat i charakter opadów, retencja wody deszczowej w zbiornikach naziemnych odbywa się przede wszystkim od wiosny do jesieni. Zbiorniki umieszczać można zarówno na zewnątrz budynków, jak i w ich wnętrzach



np. w ogrzewanych piwnicach, dzięki czemu wodę deszczową można gromadzić przez cały rok. Zmagazynowana woda wykorzystywana jest głównie do podlewania roślin i prac w ogrodzie. Zbiorniki podziemne wykonuje się z bardziej wytrzymałych materiałów, a ich konstrukcja pozwala na umieszczenie nawet pod chodnikami czy ulicami. Zbiorniki takie można agregować, co umożliwia zgromadzenie większej ilości wody w czasie intensywnych opadów.

Zarządzanie zasobami wodnymi wymaga efektywnego monitorowania nie tylko ilości, także jakości wody. Chodzi przede wszystkim o bieżący pomiar jej parametrów. Popularnymi i stale rozwijanymi technologiami są Internet rzeczy (IoT), a także m.in. oprogramowanie i systemy czujników stosowanych bezpośrednio w urządzeniach – w rurach dostarczających wodę, zbiornikach wodnych, etc.

Szacuje się, że globalny rynek monitoringu jakości wody do **2025** roku będzie rósł w tempie **7,3%** rocznie (CAGR) i osiągnie wartość **3,8 mld USD** (to w przeliczeniu ponad **15 mld PLN**)³. Ciekawym przykładem działań w tym obszarze jest projekt satelitarnego monitoringu wody. Dzięki współpracy ESA (European Space Agency) z bankiem światowym (World Bank) i wykorzystaniu systemu Earth Observation w krajach rozwiniętych, w szczególności w Afryce, powstało stale działające, niezależne i aktualne źródło informacji o zasobach wody w skali basenów wodnych. Jest to istotne wsparcie dla rolnictwa i przemysłu, które monitoruje zapotrzebowanie na świeżą wodę⁴.



Oczyszczanie

Dynamicznie będzie się także rozwijał rynek oczyszczania ścieków. Prognozuje się, że w latach **2019–2025** tempo wzrostu wyniesie **6,5%** rocznie (CAGR), a wartość całego rynku w **2025** roku sięgnie **211 mld USD** (czyli ponad **800 mld PLN**). Widoczny w ostatnich latach rozwój technologii związanej z oczyszczaniem ścieków wynika z zastosowania nowych membran, które zwiększają skuteczność i wydajność oczyszczalni oraz obniżają koszty jej działalności. Liderami technologii z tego obszaru są państwa z regionu Azji i Pacyfiku, a także Ameryka Północna, Europa i Ameryka Łacińska. W Polsce również trwają badania w tym zakresie.

Uzdatnianie i odsalanie

Uzdatnianie wody pozostaje wciąż wielkim wyzwaniem, dlatego trwają intensywne prace nad technologią odsalania wody morskiej. Liderami w tej dziedzinie są USA, Izrael, Chiny, Hiszpania, Australia, a także Zjednoczone Emiraty Arabskie. W Dubaju **99%** wody pitnej pozyskuje się właśnie poprzez odsalanie wody morskiej, a w samym **2019** roku na rozwój projektów związanych z wodą i energią przeznaczono **1,6 mld USD**. Jeden z największych zakładów w Zjednoczonych Emiratach Arabskich – nowo otwarty Jebel Ali, jest w stanie przetworzyć **182 mln** litrów pitnej wody dziennie, obsługując **700 tys.** mieszkańców. Zakład wykorzystuje technologię odwróconej osmozy.

Naukowcy wciąż szukają tańszych i bardziej efektywnych sposobów odsalania wody. Jednym z nowych, bardzo obiecujących pomysłów jest wykorzystanie porowatego materiału i światła słonecznego. Rozwiązanie to zostało opracowane przez zespół naukowców z Chin i Australii⁵.

Innym interesującym przykładem tego typu może być Icemill – projekt polskiej badaczki Katarzyny Przybyły, który polega na uzdatnianiu wody słonej w oparciu o metodę odsalania przez zamrażanie.

Z kolei naukowcy z Uniwersytetu Notre Dame w USA zidentyfikowali nowy rozpuszczalnik – ciecz jonową, która w badaniach laboratoryjnych stanowi najbardziej efektywną metodę odsalania wody. Rozwiązanie to pozwala na zużycie



podobnej ilości energii co odsalanie metodą odwróconej osmozy, natomiast dużo mniej niż odsalanie termiczne. Trwają prace nad redukcją kosztów produkcji rozpuszczalnika oraz zastosowaniem go w większej skali.

Przyszłość: co jeszcze możemy zrobić?

Wśród działań mających realnie poprawić gospodarkę wodną w Polsce możemy wyróżnić: zapobieganie powstawaniu deficytów wody, zapewnienie bezpieczeństwa wodnego, usuwania ryzyka występowania suszy i powodzi. W efekcie



zapewni to stabilne warunki życia ludności i rozwoju biznesu. Chodzi zarówno o przemysł (w tym energetykę konwencjonalną), jak i np. rolnictwo i leśnictwo. Wydajność i skuteczność stosowanych technologii wpłynie na konkurencyjność przedsiębiorstw i gospodarstw rolnych, obniży koszty i zapewni ciągłość ich działalności. Efektem działań skupionych wokół wody powinno być również podniesienie bezpieczeństwa energetycznego. Sektor energetyki odpowiada za **28%** rocznego zużycia wody w Europie. W Polsce odsetek ten jest jeszcze wyższy. Wzrost temperatury wód powierzchniowych i obniżanie ich poziomu będą ograniczały możliwości wykorzystania wody do chłodzenia elektrowni. Co istotne, w lecie, kiedy wody w rzekach są najcieplejsze i jest ich najmniej, wzrasta zapotrzebowanie na energię elektryczną, które spowodowane jest coraz częstszymi upałami.

Jeśli nie będziemy retencjonować wody, czeka nas zmniejszenie się jej zasobów, a to spowodować może przerwy w dostarczaniu wody do przemysłu czy pojedynczych odbiorców. Dostawy wody mają kluczowy wpływ na stabilny rozwój gospodarczy kraju, więc rozwój technologii wspiera-

jących retencję czy oczyszczanie wody będzie miał pozytywne skutki gospodarczo-ekonomiczne.

W Polsce nie mamy jeszcze odsalarni wody. Głównym problemem pozostaje zasilanie takiej instalacji, ale duże nadzieje budzą odnawialne źródła energii oraz technologie magazynowania energii. Nad wdrożeniem technologii odsalania pracuje polska Grupa Azoty Zakłady Chemiczne Police. Wykorzystywana przez nią stacja uzdatniania wody zostanie wyposażona w membranową technologię elektrodializy odwracalnej EDR wraz z nowymi ciągami demineralizacji wody.

Równoległe do technologii retencjonowania i oczyszczania wody opracowywane są rozwiązania pozwalające powtórnie (lub wielokrotnie) ją wykorzystywać. Obszary, w których stosowane są metody optymalizujące zużycie wody, to np. systemy obiegu zamkniętego używane w przemyśle czy uprawy hydroponiczne w rolnictwie.

W gospodarstwach domowych każdy z nas może zastosować proste rozwiązania, np.:

- perlator (wodoszczędna końcówka),
- ogranicznik (ogranicza średnicę wypływu wody),
- dwufunkcyjny system splukiwania,
- rezygnacja z baterii dwuuchwytowej na rzecz jednouchwytowej.

Woda jest niezbędna do życia, a mamy jej coraz mniej. W Polsce doświadczając będziemy coraz częstszych powodzi i zalań oraz coraz dłuższych okresów suszy. Już teraz na świecie toczą się konflikty związane z wodą. Poszukiwanie technologii wykorzystania wtórnego wody, pozyskiwania wody pitnej oraz umiejętnego, oszczędnego gospodarowania jej zasobami, to główne wyzwanie, przed którym stoi dziś Polska i świat. Innowacyjnych rozwiązań tego problemu będziemy poszukiwać w ramach inicjatywy 3W.

W ramach inicjatywy 3W poszukiwać będziemy m. in. technologii wtórnego wykorzystania wody, pozyskiwania wody pitnej oraz umiejętnego, oszczędnego gospodarowania jej zasobami. To główne wyzwanie, przed którym stoi dziś Polska i świat.





Wojciech Racięcki

Dyrektor Działu Rozwoju Innowacyjnych Metod Zarządzania Programami, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Mamy w kraju trzy wyzwania: to po pierwsze konieczność ochrony wód głębinowych, których zasoby w Polsce nie są tak obfite, jak np. w innych częściach Europy. Po drugie musimy zapobiegać powodziom i podtopieniom, a po trzecie – walczyć ze skutkami suszy, która jest coraz bardziej powszechnym zjawiskiem. Dlatego wszystkie rozwiązania technologiczne, które pozwolą zatrzymać wodę w miejscu, oczyszczać ją i magazynować, są warte uwagi.

NCBR prowadzi projekt „Technologie domowej retencji”, którego celem jest właśnie opracowanie innowacyjnego systemu, będącego w stanie oczyszczać i magazynować deszczówkę. Chodzi o to, by minimalizować pobór wody z wodociągu i zastępować ją wodą deszczową, a także minimalizować ilość ścieków oddawanych do kanalizacji.

Ścieki z miasta będziemy w przyszłości zmieniać w czystą wodę i nawóz. Dlatego poszukiwane są technologie, które pozwolą się pozbyć mikrozanieczyszczeń, antybiotyków, pestycydów czy mikroplastiku. Zamiana problemów w produkt i dostarczenie surowców dla gospodarki to element Gospodarki Obiegu Zamkniętego (GOZ), o którym coraz częściej mówi się w Polsce i Europie. Odzyskaną wodę można potem wykorzystywać w rolnictwie do nawadniania upraw i pojenia zwierząt, a w miastach np. do mycia ulic.

Obecnie w dwóch krajach stosuje się bardzo zaawansowane rozwiązania: w Hiszpanii, gdzie retencjonuje się ponad 40 % wody deszczowej oraz w Australii, która nałożyła prawny obowiązek instalacji zbiornika wody deszczowej w każdym nowym domu. Myślę, że z czasem również w Polsce takie rozwiązania staną się konieczne. Woda staje się coraz cenniejszym zasobem i nie możemy dłużej używać głębinowych zasobów, które powstały miliony lat temu, do splukiwania toalet. Również w przemyśle, rolnictwie czy sadownictwie w wielu obszarach można byłoby używać tzw. wody szarej, zamiast cennych zasobów nadających się do picia przez ludzi. I takich właśnie technologii cały czas poszukujemy.





WODŎR



3W

O wodorze i jego roli w transformacji wiodącej do neutralności klimatycznej mówi się w kontekście całej gospodarki – przemysłu, energetyki, transportu. Nadzieje pokładane w tym surowcu są potężne. Można powiedzieć, że równie wielkie są wyzwania, które trzeba podjąć, aby mógł powstać prężnie działający sektor wodorowy.

Wodór trafnie nazywany jest „paliwem przyszłości”. Nie chodzi tu wyłącznie o potencjał drzemiący w tym pierwiastku, ale również o to, że jeszcze nie mamy dostępnych powszechnie oraz ekonomicznie akceptowalnych sposobów bezemisyjnej produkcji wodoru. Aż **95%** światowej podaży tego surowca to efekt przetwarzania paliw kopalnych, głównie gazu i węgla, ale także lekkich frakcji ropy naftowej. W zależności od surowca, wodór taki nazywa się „szarym”, „brązowym” lub „czarnym”.

Ubocznym efektem tych reakcji jest dwutlenek węgla, czyli gaz cieplarniany, którego emisje powinny być redukowane w ramach wyhamowania zmiany klimatu.

W przejściowej fazie transformacji energetycznej zakładano, że rozwiązaniem tego problemu mogą być technologie wychwytu i składowania CO₂ (tzw. CCS, ang. Carbon Capture and Storage), które ograniczają emisyjność produkcji wodoru. Wodór wytworzony przy ich użyciu nazywano „niebieskim”. Nie jest to jednak idealne rozwiązanie, co mogą sugerować najnowsze badania przeprowadzone przez naukowców z Uniwersytetu Cornell i Uniwersytetu Stanforda, które wskazują, że ślad węglowy „niebieskiego” wodoru jest nawet o **20%** wyższy niż w przypadku spalania gazu ziemnego czy węgla w celach grzewczych.

Z tego względu badacze na całym świecie skupili się nad metodą produkcji wodoru w ramach reakcji elektrolizy. Proces ten polega na wydzieleniu wodoru z wody przy udziale energii elektrycznej za pomocą elektrolizerów. Obecnie najpopularniejszymi urządzeniami tego typu są elektrolizery alkaiczne. Na rynku dostępne są również elektrolizery PEM – mają one w stosunku do elektrolizerów alkaicznych mniejszą moc (od **200-1150** kW) i podobną efektywność (od **65%** do **78%**). W opracowaniu są natomiast elektrolizery stałotlenkowe, wykorzystujące parę wodną o temperaturze od **700** do **900°C**, które miałyby charakteryzować się wysoką efektywnością (na poziomie **85%**).

Elektrolizery to szansa na produkcję wodoru bez emisji gazów cieplarnianych – potrzebują one jednak do tego bezemisyjnych źródeł energii elektrycznej. Takimi są źródła odnawialne (głównie energetyka wiatrowa na morzu i lądzie oraz fotowoltaika), a także energetyka jądrowa (obejmująca perspektywicznie również małe jednostki jądrowe typu SMR). Wodór produkowany dzięki energii elektrycznej z tych mocy nazywa się odpowiednio wodorem „zielonym” oraz wodorem „fioletowym”. To właśnie te „kolory” wodoru są najbardziej potrzebne w przemyśle – wpasowują się one bowiem w rygory polityk klimatycznych. Na przeszkodzie stoi jednak ekonomia – produkcja „zielonego” i „fioletowego” wodoru w ramach elektrolizy to wciąż przedsięwzięcie bardzo kosztowne, niekonkurencyjne wobec wodoru uzyskiwanego z paliw kopalnych. Producenci elektrolizerów już teraz starają się obniżyć koszty zarówno samych urządzeń jak i procesu wytwarzania wodoru. Jednak obniżenie ceny do atrakcyjnych ekonomicznie pułapów będzie wymagało odpowiedniego wsparcia legislacyjnego oraz finansowego ze strony państw i organizacji międzynarodowych takich jak Unia Europejska. Samo wytworzenie wodoru to dopiero pierwszy krok ku wykorzystaniu



tego surowca w gospodarce. Następnymi są przesył, dystrybucja oraz magazynowanie. Kwestie te rodzą wiele pytań, np. co do potencjalnego wykorzystania obecnie istniejącej infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej gazu ziemnego do transportu wodoru. Szereg państw już teraz bada własne sieci gazowe pod kątem włączania do nich wodoru – eksperymenty takie trwają w Niemczech, plany w tym zakresie mają również Rosja oraz Ukraina. Zwłaszcza ten ostatni kraj wiąże szczególnie duże nadzieje z tranzytem wodoru siecią gazową. Wypełnienie gazociągów wodorem dałoby ukraińskiemu systemowi



przesyłowemu szansę na drugie życie w przypadku zakończenia lub ograniczenia przesyłu rosyjskiego gazu przez Ukrainę. Sektor gazu ziemnego może dostarczyć rozwiązań także w kwestii przechowywania wodoru. Do tego wykorzystać można np. magazyny kawernowe.



Strategie wspierania przemysłu wodorowego w Europie

Jak zostało wspomniane powyżej, dynamiczny rozwój konkurencyjnego przemysłu wodorowego wymaga wsparcia ze strony państw oraz organizacji międzynarodowych. Takie strategie, mechanizmy i narzędzia wspierające rozwój gospodarki wodorowej tworzone są już m.in. w Europie.

W **2020** roku Komisja Europejska uchwaliła strategię wodorową pt. „Strategia wodorowa dla neutralnej klimatycznie Europy”, wyznaczającą plany działań na przestrzeni krótkoterminowej (do **2030** roku) oraz długoterminowej (do **2050** roku). Pokazuje ona daleko idące ambicje Unii Europejskiej na polu technologii wodorowych. Głównym jej celem jest osiągnięcie takich możliwości w produkcji „zielonego” wodoru, by po roku **2050** był on jedynym wykorzystywanym „kolorem” tego surowca. Przez

ten czas państwa Unii mogą wykorzystywać w pewnym zakresie „niebieski” wodór.

Strategia przewiduje, że w latach **2020–2024** przy wsparciu Unii Europejskiej powstają elektrolizery o mocy do **6 GW**, a produkcja „zielonego” wodoru wyniesie do **1 mln ton**. W pierwszej kolejności technologia ta posłuży do dekarbonizacji produkcji wodoru w przemyśle chemicznym oraz w transporcie i przemyśle ciężkim. W latach **2025–2030** moc unijnego parku elektrolizerów ma wynieść do **40 GW**, co przełoży się na roczną produkcję do **10 mln ton** „zielonego” wodoru. Rozwiązania wodorowe mają wtedy wkroczyć do sektora metalurgicznego, kolejowego oraz wodnego, a także do transportu ciężarowego. Według strategii technologia „zielonego” wodoru będzie rozwijać się w pełni i stanie się konkurencyjna w latach **2030–2050**. Wtedy też po surowiec ten sięgną pozostałe branże, które wcześniej nie będą w stanie samodzielnie przeprowadzić procesu dekarbonizacji.

Skalę ambicji Unii Europejskiej w zakresie przemysłu wodorowego pokazuje również przewidziany budżet strategii. Na inwestycje w „zielony” wodór Unia chce przeznaczyć do **2050** roku kwotę nawet **470 mld EUR**. Z kolei sektor niskoemisyjnego wodoru ma zostać wsparty sumą do **18 mld EUR**. Tylko do **2030** roku inwestycje w elektrolizery mają sięgnąć nawet **42 mld EUR**. Rozbudowa generacji energii wiatrowej i słonecznej oraz konieczne prace na sieci przesyłowej pochłoną do **340 mld EUR**. **11 mld EURO** zostanie przeznaczonych na modernizację już istniejących zakładów produkcji wodoru, a **65 mld EUR** – na rozbudowę infrastruktury transportu, dystrybucji oraz magazynowania.

Warto zaznaczyć, że własne cele w przemyśle wodorowym stawiają sobie również poszczególne państwa unijne. Jak do tej pory największe plany dotyczące produkcji wodoru mają Niemcy, którzy zakładają uruchomienie do **2040** roku elektrolizerów o mocy **10 GW** (po **5 GW** na dekadę). Koszt tej inwestycji wyniesie ma ok. **20 mld EUR**. Własną strategię wodorową opublikowała również Holandia, która planuje budowę elektrolizerów o mocy ok. **500 MW** już do **2025** roku, a kolejnych **3,5 GW** do roku **2030**. Ambitne zamiary w tym zakresie przedstawiła również Francja, która zamierza uruchomić **6,5 GW** elektrolizerów do **2030** roku, przeznaczając na ten cel **7 mld EUR**. Istotne moce w elektrolizerach zamierza postawić uruchomić



również Hiszpania, która planje 4 GW do 2030 roku oraz równoległy rozwój transportu wodorowego. Nieco skromniejsze plany ma Portugalia, która planuje budowę 2–2,5 GW w elektrolizerach do 2030 roku, co powiązane jest z inwestycją prawie 3 mld EUR w rozwój energetyki słonecznej skojarzonej z wytwarzaniem wodoru.

Nad własną strategią wodorową pracuje również Polska. Projekt tego dokumentu pt. „Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku” został zaprezentowany w styczniu 2021 roku przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska, a następnie przekazany do konsultacji społecznych. Zakłada on intensywny rozwój krajowych oraz lokalnych kompetencji w zakresie wytwarzania kluczowych komponentów z łańcucha wartości wodoru. Projekt przewiduje szereg celów, składających się na kompleksowe wdrożenie technologii wodorowych w gospodarce. Rozwiązania te mają trafić do polskiego sektora energetycznego, transportowego oraz do przemysłu.

Polska ma zainwestować w nowe instalacje produkcji wodoru oraz w sieci przesyłu. Pomóc ma w tym utworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

Technologie wodorowe w polskich firmach

Polskie spółki już teraz starają się łapać wodorowy wiatr w żagle i realizują szereg projektów w zakresie budowy kompetencji, a także przeprowadzania badań i rozwijania innowacji dotyczących wodoru. Jednym z liderów tych przedsięwzięć jest Grupa Lotos, która rozpoczęła m.in. projekt badawczo-rozwojowy dotyczący elektrolizerów i ich integracji na rynku energii. Gdański gigant naftowy chce rozwiązać jeden z istotniejszych problemów dotyczących procesu pozyskiwania „zielonego” wodoru. Chodzi o zmienność dostaw energii generowanej przez źródła odnawialne. Lotos zamierza dostroić elektrolizery do nierównej podaży elektryczności, a także rozbudować instalację o dodatkowe funkcjonalności, takie jak magazyn wodoru czy ogniwa paliwowe. Spółka pracuje również nad infrastrukturą służącą do produkcji oraz sprzedaży wodoru o wysokiej czystości, który trafiłby do ogniw paliwowych. Taka jednostka dałaby możliwość budowy stacji tankowania wodorem.

Ambitne plany w zakresie wodoru ma również PKN Orlen. Płocki koncern chce zbudować hub wodorowy we Włocławku. Instalację zasilić ma wodór pozyskiwany jako produkt odpadowy w procesie elektrolizy solanki, następnie doczyszczony metodą PSA (Pressure Swing Adsorption). Surowiec ten posłużyć ma do zasilania pojazdów w transporcie. Orlen pracuje również razem z firmą PESA nad prototypem lokomotywy manewrowej zasilanej wodorem. Został on zaprezentowany na targach kolejowych TRAKO w Gdańsku we wrześniu 2021 roku. Wodorowa lokomotywa zastąpiłaby maszyny spalinowe na trasach, na których nie można przeprowadzić elektryfikacji trakcji. Duże nadzieje z wodorem wiąże również PGNiG. Polski gigant gazowy chce m.in. postawić pilotażową stację tankowania pojazdów wodorem. Miałaby ona znajdować się na warszawskiej Woli. W tym celu PGNiG nawiązał porozumienie z koncernem Toyota, który wprowadził na polski rynek model Mirai, który jest pierwszym seryjnym autem typu sedan zasilanym wodorem. Najnowsza generacja tego samochodu ma zasięg w granicach 650-900 km, co znacząco przewyższa obecne możliwości ci samochodów elektrycznych.

Kolejny projekt PGNiG dotyczy analizowania potencjału kawern do magazynowania wodoru. Spółka prowadzi badania na Pomorzu, gdzie miałyby powstać magazyny kawernowe na wodór wygenerowany przez morskie farmy wiatrowe. PGNiG prowadzi również badania dotyczące przesyłania wodoru w celu zwiększenia wolumenu paliwa gazowego w systemie dystrybucyjnym oraz możliwości dostaw wodoru w oddalone miejsca, np. na stacje paliw. Doświadczenia przeprowadzane są na mieszaninach wodoru i metanu o różnych stężeniach, od 1 do 23%.

Gaz-System – inna polska spółka z sektora gazu ziemnego – prowadzi natomiast badania nad możliwościami przesyłu wodoru istniejącą infrastrukturą gazową. Eksperymenty dotyczą różnych mieszanin wodoru. Prowadzone są w ramach podpisanego w 2020 roku „Porozumienia Wodorowego”, którego inicjatorem było Ministerstwo Klimatu i Środowiska.

Firma Solaris produkuje bezemisyjne wodorowe autobusy miejskie, które trafiają następnie na rynek amerykański, holenderski oraz niemiecki. Natomiast nad rozwiązaniami wykorzystującymi wodór w żegludze pracuje Remontowa Holding, która opracowuje koncepcyjne projekty jednostek pływających zasilanych ogniwami wodorowymi.



Wodór cieszy się dużym zainteresowaniem także w spółkach elektroenergetycznych. Polenergia oraz Siemens opracowują elektrolizery produkujące „zielony” wodór przy użyciu elektryczności z farm wiatrowych na morzu, który następnie byłby wykorzystywany w kogeneracji przemysłowej. Miałyby to niebagatelne znaczenie dla całego sektora przemysłu. W planach tych dwóch spółek jest m.in. realizacja turbin gazowo-wodorowych i wodorowych. Zainteresowany podobnymi rozwiązaniami jest również ArcelorMittal, który inwestuje w technologię Smart Carbon wykorzystującą wodór jako reduktor i stosowaną już przez stalownie w Belgii oraz Francji. Zespół Elektrowni PAK pracuje natomiast nad generacją wodoru przy udziale energii z biomasy, by następnie zatłaczać

jednak rozwój ogniw paliwowych oraz pozyskiwanie wodoru dzięki instalacjom Grupy Azoty Polyolefins w ramach projektu Polimery Police, gdzie surowiec ten byłby ubocznym produktem reakcji odwodornienia propanu. Wodór może być wykorzystywany przez Grupę Azoty zarówno w pracach kompleksu Polimery Police, jak i przy produkcji amoniaku w pobliskich Zakładach Chemicznych Police.

Równolegle do działań podejmowanych przez spółki, odpowiednie starania o budowę kompetencji w zakresie wodoru podejmują również regiony. Warto tu wymienić inicjatywę „H2 Wielkopolska”, która polega na wsparciu doradczym dla producentów oraz usługodawców w zakresie wdrożenia do łańcucha dostaw



pozyskany surowiec do maszynów mobilnych i zasilać nim pojazdy. Z kolei PGE Energia Odnawialna chce rozwijać hybrydowe instalacje oparte o technologię power-to-gas, zintegrowane z farmami wiatrowymi. Spółka chce dzięki temu produkować wodór uzyskany z nadwyżek energii pochodzącej z elektrowni wiatrowych. Ważnym graczem na krajowym rynku wodoru jest Grupa Azoty, która obecnie produkuje wodór z gazu ziemnego. W planach nawozowego giganta jest

elementów gospodarki opartej na wodorze. Z kolei pomoc doradczą przy przygotowaniu projektów wodorowych w ramach europejskiego przedsięwzięcia PDA-Regions otrzyma Gdynia, która chce inwestować w transport publiczny napędzany wodorem. Potencjał regionów w zakresie wodoru może wzmocnić concept tzw. dolin wodorowych. Mają to być jednocześnie centra doskonałości oraz inkubatory rozwoju dla technologii wodorowych, tworzące platformę

dla integracji przedsiębiorstw z różnych sektorów, które zainteresowane są innowacjami wykorzystującymi wodór. Docelowo, zgodnie z założeniami projektu strategii wodorowej, w Polsce powstać ma pięć dolin wodorowych, przy czym cztery z nich (w województwach: podkarpackim, dolnośląskim, śląskim i wielkopolskim) zostały już utworzone.

Również rząd centralny prowadzi programy mające na celu wspieranie podmiotów zainteresowanych rozwojem przemysłu wodorowego w Polsce. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju przeznacza 32 mln PLN na projekt opracowania zbiorników wodoru do jego magazynowania. Wsparcie w tym zakresie oferuje również



Ministerstwo Rozwoju i Technologii. Warto w tym momencie zaznaczyć, że Polska już teraz jest jednym z większych producentów wodoru. Nad Wisłą pozyskuje się ok. miliona ton tego surowca rocznie, podczas gdy całość światowego rynku to ok. 70 mln ton. Największym polskim producentem wodoru jest Grupa Azoty. Na kolejnych miejscach plasują się: Grupa Lotos, PKN Orlen oraz Jastrzębska Spółka Węglowa. Wytwarzany w Polsce wodór pochodzi w całości ze źródeł kopalnych.

Przyszłość: Perspektywy rozwoju technologii wodorowych w Polsce

Polski przemysł wodorowy ma szansę trafić na bardzo korzystne warunki rozwoju. Ma to związek z możliwościami synergii między nim a rozwijaną siecią źródeł odnawialnych i budową elektrowni jądrowych małej i dużej skali. Rząd zdecydował bowiem, że w ramach transformacji energetycznej kraju w ciągu najbliższych 20 lat nad Wisłą powstanie ok. 30 GW mocy zainstalowanych w źródłach odnawialnych

oraz od 6 do 9 GW w atomie. Do tego doliczyć trzeba zapowiedzi prywatnych przedsiębiorców (Ciech, Synthos, ZE PAK) oraz spółek Skarbu Państwa (KGHM, PKN Orlen) w zakresie budowy małych elektrowni jądrowych typu SMR. Taki park jednostek wytwórczych umożliwi wytworzenie nadwyżki energetycznej, którą będzie można wykorzystać na potrzeby produkcji „zielonego” oraz „fioletowego” wodoru w procesie elektrolizy. Właściwości te są szczególnie potrzebne w segmencie źródeł odnawialnych. Podstawowe moce OZE, czyli elektrownie wiatrowe i słoneczne, pracują w sposób przewidywalny, lecz niesterowalny, zależny od warunków atmosferycznych lub pory dnia i nocy. Rodzi to zazwyczaj problemy dotyczące potencjalnego braku energii, spowodowanego niedostatecznie dużą generacją elektryczności z OZE. Również sytuacja odwrotna, tj. nadprogramowa generacja, przekraczająca możliwości konsumpcyjne danego systemu, jest bardzo kłopotliwa i wymusza np. pospieszne zagospodarowywanie nadmiarowych ilości energii wykorzystując systemy elektroenergetyczne sąsiadów. Dlatego też zagregowanie istotnych mocy elektrolizerów pomogłoby w zagospodarowaniu tych nadwyżek.

Przewiduje się, że rozwój technologii wodorowych będzie miał wpływ głównie na polski transport oraz energetykę. Zasili on samochody osobowe, autobusy, lokomotywy energią elektryczną, tworząc flotę niepodlegającą ograniczeniom, z jakimi borykają się pojazdy bateryjne (czyli np. spadkiem pojemności baterii w okresach niskich temperatur, ograniczonym zasięgiem czy długim czasem ładowania baterii). Pomoże to w dekarbonizacji sektora transportowego, co jest jednym z największych wyzwań na drodze do neutralności klimatycznej.

Z kolei w energetyce wodór może pełnić rolę magazynu energii, wykorzystując do procesu elektrolizy nadwyżki energii ze źródeł odnawialnych i konsumując je w okresach zapotrzebowania na moc.





Piotr Maksyś

Dyrektor Klastra Technologii Wodorowych,
Regionalna Izba Gospodarcza Pomorza

Już dziś wiemy, że źródła OZE faktycznie pomogą ograniczyć emisje gazów cieplarnianych. Jednak ze względu na ich niestabilność konieczne jest poszukiwanie sposobów na magazynowanie energii. I w tym kontekście świat zaczął przyglądać się wodorowi. To właśnie w procesie elektrolizy, również dzięki energii z OZE, możemy wytworzyć wodór, a następnie zgromadzoną w nim energię magazynować, aby w odpowiednim momencie wytworzyć energię elektryczną i ją dostarczyć do sieci energetycznej.

Klaster Wodorowy tworzy koncepcje ograniczania emisji CO2 w zgodzie z wytycznymi Zielonego Ładu i programu Fit for 55, stawiając na nowatorskie projekty. Jednym z nich jest projekt „NeptHyne”. Ma on na celu produkcję wodoru na morzu z wykorzystaniem energii elektrycznej z farm wiatrowych. Daje możliwość przechowywania i przetwarzania nadmiaru energii elektrycznej, która nie może być odebrana przez Krajowy System Elektroenergetyczny. Z drugiej strony, zapewnia możliwość zaopatrywania w wodór statków zapewniając planowane prace serwisowe wiatraków morskich. Ważnym elementem projektu „NeptHyne” jest konieczność stworzenia całej technologii i procesów odsalania wody morskiej oraz jej chemicznego przystosowania do procesu elektrolizy celem wytworzenia wodoru.

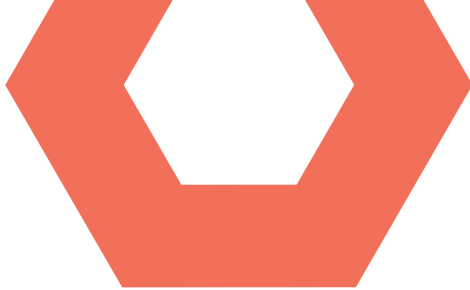
Projekt „Polskiej strategii wodorowej”, wskazuje, że do 2030 roku konieczne jest stworzenie warunków do uruchomienia instalacji do produkcji wodoru ze źródeł nisko- i zeroemisyjnych. Planuje się wprowadzenie zachęt do działań innowacyjnych, które umożliwią polskim przedsiębiorcom wykorzystanie momentu rozwojowego oraz środków finansowych, oferowanych przez Unię i międzynarodowe instytucje finansowe. Należą do nich m.in programy wodorowe FCH JU, Europejskiego Banku Inwestycyjnego i Banku Ochrony Środowiska, w tym NFOŚiGW.

Wsparcie finansowe dużych projektów dla potrzeb produkcji wodoru i paliw syntetycznych w oparciu o proces elektrolizy jest kluczowe dla zmniejszenia przez Polskę emisji szkodliwych gazów do atmosfery. A w tym momencie cały świat stawia na wodór!

W Polsce zainstalowana moc elektrolizerów sięgnie w roku 2030 2 GW. Rząd chce także zapewnić warunki do budowy instalacji do produkcji wodoru przy elektrowniach jądrowych.

Jest zatem kluczowe, aby wykorzystać wysokie kompetencje i kwalifikacje naszych regionów produkcyjnych, do tworzenia polskich wiatraków i turbin czy elektrolizerów. Nasze firmy już teraz opracowują i konstruują nowatorskie elektrolizery. Nasze stocznie produkują już jednostki CTV do obsługi farm wiatrowych, zatem mamy już większość elementów tej zeroemisyjnej układanki. Nadal tematem otwartym, przed którym stoi polska administracja oraz przedsiębiorstwa, jest kwestia finansowania tych projektów.





WĘGIEL



3W

Węgiel zostanie z nami na dłużej, ale nie w tej postaci, w jakiej znamy go dziś.

C jako węgiel, pierwiastek, to coś, bez czego nie było, nie ma i nie będzie życia, a tym bardziej gospodarki. Mówiąc o węglu musimy jednak rozróżnić pierwiastek i surowiec. Węgiel jako pierwiastek występuje pod wieloma postaciami, które mają odmienne właściwości fizyczne. W zależności od tego: może być miękki (grafit w ołówkach) lub twardy (diament w szlifierkach), dobrze przewodzi elektryczność (grafen) lub być dobrym izolatorem (diament nie przewodzi prądu elektrycznego). Jego wielopostaciowość pozwala na wiele zastosowań.

Technologie i materiały rozwijane na bazie pierwiastka węgla:

Nanorurki

Największym węglowym hitem dziś i w kolejnych latach są i mają szansę pozostać nanorurki węglowe.

Czym są?

Nanorurki węglowe to puste rurki składające się ze zwiniętego grafenu, tj. materiału o grubości jednego atomu węgla. Ta unikalna struktura i towarzyszące jej właściwości nadają nanorurkom węglowym szczególny charakter, dając im nieograniczony potencjał w zastosowaniach związanych z nanotechnologią. Nanorurki węglowe są spokrewnione z fulerenami. Chociaż pierwsze cząsteczki fulerenów odkryto w 1985 r. spopularyzował je dopiero w 1991 r. Sumio Iijima, który poinformował o swoich odkryciach dotyczących rurek węglowych w przyszłości⁶.

Nieskazitelne nanorurki węglowe są odporne na większość chemikaliów. Wykazują one doskonałą wytrzymałość mechaniczną, z najwyższą znaną wytrzymałością na rozciąganie i modulem sprężystości wśród znanych materiałów, wielokrotnie wyższą, niż np. stal. Jeśli chodzi o właściwości termiczne, nanorurki węglowe przewyższają nawet diament jako najlepszy przewodnik ciepła. Jest to prawdopodobnie technologia przyszłości, której rozwój należy wspierać i na którym należy się skupić.

Obecnie nanorurki węglowe znajdują zastosowania w wielu dziedzinach, przede wszystkim w kompozytach lekkich i wytrzymałych, dzięki czemu mogą być materiałem konstrukcyjnym

do produkcji ram rowerowych czy raket tenisowych. Wykorzystuje je się także w bateriach i akumulatorach, mechatronice czy optyce, a w warunkach laboratoryjnych w układach elektronicznych (tranzystory, pamięci, elektrody, wyświetlacze). Swojej szansy w tej technologii upatruje również lotnictwo. Nanorurki węglowe wykazują bardzo dobre właściwości hydrofobowe, dzięki czemu rozważa się je jako substytut kosztownych i obciążających konstrukcję systemów przeciwbloedzeniowych⁷.

Materiały inżynierskie wykorzystujące nanorurki węglowe jako dodatki wykazały zdolność do wytwarzania kompozytów z tworzyw sztucznych o zwiększonej przewodności elektrycznej i wytrzymałości mechanicznej. W zastosowaniach biomedycznych nanorurki węglowe są obiecujące jako nośniki ukierunkowanego dostarczania leków i regeneracji komórek nerwowych. Jednak ich przyszły sukces w zastosowaniach związanych z biologią jest w dużym stopniu uzależniony od badań toksyczności, które są wciąż na wczesnym etapie.

Ze względu na różnorodność nanorurek mogą one różnie oddziaływać na organizm. Przeprowadzono stosunkowo niewiele badań w celu ustalenia czy podczas kruszenia lub spalania produktów zawierających nanorurki na wysypisku odpadów powstaje zagrożenie dla zdrowia ludzkiego.

Niemniej jednak badania takie powinny być przeprowadzane bez wstrzymywania rozwoju tych technologii, a raczej równoległe, by można było jednoznacznie uznać, że mamy do czynienia nie tylko z wysoką jakością produktu, ale też z najwyższym stopniem jego bezpieczeństwa.

Grafen

Grafen to płaska struktura o grubości jednego atomu węgla, przypominająca plaster miodu (struktura heksagonalna).

W 2004 roku fizycy z Uniwersytetu w Manchesterze wyizolowali jednowarstwowy grafen za pomocą metody eksfoliacji z grafitu. Ich „metoda taśmy klejącej” wykorzystywała taśmę samoprzylepną do usunięcia górnych warstw z próbki grafitu, a następnie do nałożenia warstw na materiał podłoża. Po usunięciu taśmy na podłożu pozostała część grafenu w postaci jednowarstwowej⁸.

Według firmy analitycznej Markets and Markets w 2020 roku rynek grafenu osiągnął wartość



620 mln USD. Przez kolejnych 5 lat skumulowany roczny wskaźnik wzrostu (CAGR) na być równy **19%**. W roku **2025** wartość rynku grafenu ma sięgać **1,5 mld USD**⁹.



Dziś grafen ma bardzo szerokie zastosowanie – od medycyny poprzez fotowoltaikę, budownictwo do transportu, a jego znaczenie w tych i nie tylko tych dziedzinach życia, będzie jeszcze rosnąć. Kilka lat temu badania grafenowe na AGH prowadził prof. Tadeusz Knych, z którego obserwacji wynika, że grafen jest nie tylko aż dwieście razy bardziej wytrzymały niż stal o tej samej grubości, ale także okazuje się doskonałym przewodnikiem elektrycznym, w którym ładunki elektryczne poruszają się **200 tys.** razy szybciej niż w krzemie. Te niezwykle możliwości grafenu przywiodły naukowców do koncepcji dodania go do miedzi lub aluminium, co powinno pozwolić na otrzymanie

materiału o wyższej przewodności elektrycznej¹⁰. Takie zastosowanie w sieciach energetycznych pozwoliłoby na lepszy przesył energii z mniejszymi stratami w porównaniu do tych, z którymi mamy do czynienia w liniach energetycznych, co również przełożyłoby się na wskaźniki ekonomiczne sektora energetycznego borykającego się z problemem strat przesyłowych.

Dzięki dobremu przewodnictwu elektryczności i temperatury oraz wysokiej przejrzystości grafen wspiera również rozwiązania z zakresu fotowoltaiki. W **2019** r. w Feliksowie pod Sochaczewem powstała pierwsza w kraju elektrownia fotowoltaiczna złożona z modułów fotowoltaicznych z warstwą grafenową. To technologia opatentowana przez polską firmę FreeVolt. Uruchomiona elektrownia fotowoltaiczna ma moc **1,8 MW**, na co składają się dwa projekty po **0,9 MW** każdy¹¹.

Szybsza i wydajna elektronika, elastyczne wyświetlacze, wydajne panele słoneczne i wiele innych niewymienionych zastosowań grafenu, niepodważalnie stanowi dowód ogromnego potencjału technologicznego tego materiału. Niejednokrotnie problem pojawia się w kontekście wdrożenia do przemysłu. Tu na scenę wkraczają techniki elektroniki drukowanej. Wytworzenie przewodzących past na bazie nanopłatków grafenowych, dedykowanych technologiom sitodruku, fleksografii i podobnym, otworzyło drogę do szybszego wdrażania grafenu do codziennego życia. Na szczególną uwagę zasługują tu różnego rodzaju wydajne i precyzyjne sensory i elektrody. Od czujników elektrochemicznych, poprzez wykrywanie szkodliwych substancji gazowych aż do monitorowania zdrowia.

Różnorodne biosensory wytwarzane są zarówno jako części większych urządzeń jak i pojedyncze mikrouządzenia, także w postaci ubrań inteligentnych. Wyróżnić można czujniki pomiaru tętna, ciśnienia i utlenowania krwi, temperatury ciała, częstości oddechów, stężenia glukozy we krwi oraz sygnału EKG.

A jak grafen widzi medycyna? Naukowcy zajmujący się inżynierią tkankową wciąż poszukują idealnego materiału do zastosowania w medycynie. Pracują nad materiałem, który zapewniłby odpowiednią adhezję, różnicowanie i wzrost komórek. W trakcie badań wykryto, że grafen wykazuje niezbędną biokompatybilność z komórkami ssaków. Okazuje się, że rusztowania grafenowe mogą być wykorzystywane do przyspieszania różnicowania macierzystych komórek kostnych. Dzięki swojej



wysokiej wytrzymałości mechanicznej grafen może znaleźć zastosowanie w inżynierii tkankowej. W przyszłości może być stosowany podczas zabiegów chirurgicznych na tkankach twardych, w szczególności w celu wzmocnienia sztucznych implantów kostnych.

Natomiast już dziś grafen z powodzeniem wykorzystywany jest w lekarstwach, a także jako biosensor czy czynnik biologiczny. Badania wykazują, że metody wykorzystujące grafen będą mogły mieć duże znaczenie w opracowywaniu nowych środków przeciwbakteryjnych w momencie odejścia od terapii antybiotykowych¹².

Jednak największym odbiorcą grafenu jest obecnie sektor transportowy, przede wszystkim motoryzacja, gdzie materiał ten jest wykorzystywany m.in. przy produkcji kompozytowych elementów strukturalnych, baterii, opon oraz układów hamulcowych.

A gdyby ładowanie baterii w samochodach było tak szybkie jak tankowanie? Firma GAC AION pod koniec 2021 r. ma wprowadzić do seryjnej produkcji elektryczne samochody z akumulatorami opartymi na grafenie. Wyróżnia je to, że można je naładować w kilkanaście minut. Zasięg samochodu na w pełni naładowanym akumulatorze ma wynieść 1000 km. Producent twierdzi, że czas ładowania akumulatorów będzie można porównać z czasem tankowania pojazdu z silnikiem spalinowym oraz że zapewnią one pojazdowi przebieg do miliona kilometrów. Wersja podstawowa umożliwi naładowanie samochodu do 80% w 16 min, a do 30% w 10 min. Wersja wyższa skróci te czasy o połowę (80% w 8 min i 30% w 5 min). Takie szybkie ładowanie będzie jednak wymagało silniejszych ładowarek (nawet 500 kW)¹³.

Ogniwa paliwowe

W węglowych ogniwach paliwowych Polska upatrywała swej szansy podczas transformacji. Już 11 lat temu założono konsorcjum przemysłowo-naukowe, które realizować miało program „Węglowe Ogniwa Paliwowe”. Głównym założeniem jego działania była budowa prototypu węglowego ogniwa paliwowego, które np. w samochodzie zamiast silnika paliwowego - generowałoby prąd¹⁴.

Paliwa pochodzenia węglowego mogą zasilać ogniwa na dwa sposoby: pośredni i bezpośredni. W pierwszym przypadku węgiel poddawany jest

zgazowaniu, a otrzymany gaz syntezowy, zawierający głównie H² i CO, poddaje się dalszemu przetworzeniu – w wyniku reakcji pomiędzy parą wodną i CO jest on wzbogacany o dodatkowe ilości H². Takim gazem można już zasilać ogniwa paliwowe dostosowane do paliwa wodorowego. W drugim przypadku, węgiel w postaci stałej wprowadzany jest bezpośrednio do ogniwa i tam ulega reakcjom elektrodowym¹⁵.

Wciąż jednak pytaniem otwartym pozostaje, czy jest to kierunek, w jakim będzie szła produkcja ogniw paliwowych. Instytut Energetyki – Instytut Badawczy uważa, że technologia ogniw paliwowych jest jedną z najbardziej obiecujących przyszłościowych technologii generacji energii. Sprawność ogniw paliwowych w znacznym stopniu przewyższa inne rodzaje konwersji energii - w zależności od rodzaju paliwa sprawność elektryczna typowego ogniwa mieści się w granicach 40–60%, a całkowita sprawność może osiągać 80–90%.

Oczyszczanie

Węgiel może odegrać również istotną rolę w procesach przemysłowych wykorzystujących wodę. Chodzi o oczyszczanie ścieków za pomocą filtrów z węglem aktywnym. Technologie te - dostępne np. w postaci filtrów mobilnych - znajdują zastosowanie tam, gdzie zanieczyszczenie wody w ramach produkcji uniemożliwia odprowadzenie jej do kanalizacji. Co ważne, rozwiązania z tego zakresu stosuje



się również w zakładach, które muszą zagospodarowywać wodę deszczową, spadającą na tereny przemysłowe lub składowiska odpadów.

Filtry węglowe wykorzystuje się np. w przemyśle petrochemicznym. Technologie te znajdują



zastosowanie również w kompostowniach, sortowniach odpadów, zakładach przetwórstwa żywności, przemyśle tworzyw sztucznych oraz w przemyśle farmaceutycznym. Warto zwrócić uwagę zwłaszcza na tę ostatnią gałąź, dla której filtry węglowe są szczególnie istotnymi narzędziami redukcji zanieczyszczeń. Podczas produkcji farmaceutyków wydziela się bowiem ścieki, które zawierają np. adsorbowalne halogenki organiczne, szczególnie niebezpieczne dla ludzkiego życia, zdrowia oraz dla środowiska. Regulacje dotyczące stężenia tego typu substancji są bardzo restrykcyjne, właśnie ze względu na potencjalne szkody, jakie związki te mogą wyrządzić.

Tymczasem filtry węglowe są w stanie zredukować stężenie adsorbowalnych halogenków organicznych praktycznie do zera, usuwając jednocześnie zagrożenie związane z tymi substancjami. Węgiel aktywny pozyskuje się głównie z torfu, drewna, węgla brunatnych oraz węgla kamiennego. Warto zaznaczyć, że stosowanie węgla aktywnych przy procesie oczyszczania jest też korzystne z logistycznego punktu widzenia. Użycie tego rodzaju środków tworzy osady o wysokiej gęstości i niskim stopniu uwodnienia. Dzięki temu produkt filtracji jest łatwy do usunięcia, a w niektórych przypadkach może być odwodniony, wysuszony, wyprażony i wykorzystany do dalszych prac przemysłowych.

Poza filtrowaniem ścieków warto zwrócić uwagę na zastosowania węgla aktywnego do pochłaniania gazów. Tak użyty węgiel może być stosowany np. w maskach przeciwgazowych, a także w filtrach oraz klimatyzatorach. Powszechne jest stosowanie węgla aktywnego w oczyszczaczach powietrza, głównie w połączeniu z filtrem HEPA.

Przy wykorzystaniu nanorurek można również stworzyć węglową gąbkę na ścieki. Taką konstrukcję z nanorurek węglowych z dodatkiem siarki zaprezentowali włoscy naukowcy. Pozostałości i odpady przemysłowe, agrarne i komunalne w połączeniu z wodą generują ścieki, które przyczyniają się do zanieczyszczenia naturalnych źródeł wody. Coraz trudniej o wodę, która nie zawiera zwiększonej ilości węglowodorów aromatycznych, które biokumulują się w żywych organizmach w wątrobie, w mózgu, nerkach oraz sercu toksycznie działając na układ nerwowy.

Znaczącym elementem zanieczyszczenia wód są także wycieki paliw i olejów, uwalniane podczas wiercenia dna, awarii statków, rurociągów,

plukania zbiorników. Ze względu na swoją dużą powierzchnię właściwą, wysoką wytrzymałość mechaniczną i zdolności pochłaniające, nanorurki uważane są za doskonałych kandydatów do oczyszczania ścieków. Jednym z nich może być właśnie węglowa gąbka¹⁶.

Węgiel w medycynie

Węgiel aktywny ma również zastosowanie w przemyśle medycznym. Używany jest powszechnie jako środek leczniczy w przypadku biegunek, niestrawności oraz zatruc – wszystko dzięki jego właściwości usuwania bakterii oraz toksyn, dzięki absorbowaniu związków z roztworów. W ostatnich latach pojawiło się również wiele produktów do higieny jamy ustnej, które zawierają ten surowiec. Węgiel sprawdza się również jako substancja zmniejszająca skutki napromieniowania organizmu. Naukowcy cały czas pracują również nad zastosowaniem nanostrukturalnych materiałów węglowych do celów medycznych. Eksperymenty dotyczą np. umieszczenia leków przeciwnowotworowych w wyżej wspomnianych nanorurkach węglowych oraz zastosowanie nanocząstek w roli markera w testach biologicznych. Z kolei chirurgia rekonstrukcyjna używa lekkich i wytrzymałych włókien węglowych np. do wszczepów, w roli elementów zespalających oraz do odbudowy struktury kostnej oraz w endoprotezach.

Budownictwo

Dzięki swojej niskiej masie, wysokiej wytrzymałości mechanicznej oraz wyjątkowej trwałości węgiel znalazł również zastosowanie w budownictwie. W sektorze tym sprawdziły się materiały kompozytowe, złożone głównie z włókien węglowych. Cechują się one nie tylko wysoką wytrzymałością, niewielką masą, ale także znaczną plastycznością kształtowania i odpornością na korozję. Stosowane są one głównie do wzmocnienia konstrukcji i dozbierania krawędzi. Materiały te są również wykorzystywane do zabezpieczania budynków przed zdarzeniami ponadprojektowymi – np. przed trzęsieniami ziemi.

Mało kto wie, że jednym z głównych źródeł światowej emisji CO₂ jest produkcja betonu. Odpowiada ona za około 8% światowej emisji tego gazu cieplarnianego. Gdyby beton był krajem, znalazłby się na trzecim miejscu



pod względem emisji CO₂, zaraz za Chinami i USA. Wykorzystując właściwości węgla naukowcy opracowali beton grafenowy. Według szacunków jego globalne używanie pozwoliłoby na 2% redukcję światowej emisji CO₂, nie wliczając śladu węglowego wynikającego z transportu betonu. Pierwsza realizacja budynku ze wzmocnionego betonu, sali fitness, odbyła się już w Wielkiej Brytanii. W realizacji tej zużyto 30% mniej surowca i można było zrezygnować ze zbrojenia betonu. Firma Nationwide Engineering, która zbudowała budynek, ma kontrakt ramowy z National Rail (sieci pasażerskich połączeń kolejowych na terenie Anglii, Walii i Szkocji) i potencjalnie może zrealizować tzw. HS2 (high-speed railway project – brytyjski projekt szybkiej sieci kolejowej). Wymagać ona będzie ok. 20 mln ton betonu. Tylko ten jeden projekt infrastrukturalny będzie odpowiedzialny za 1,4% rocznej emisji CO₂ całej Wielkiej Brytanii. Realizacja tego tylko projektu przy wykorzystaniu betonu grafenowego zmniejszy emisję CO₂ o 1,5 mln ton¹⁷.

Pożądanymi cechami węgla jest również stabilność chemiczna, która przyczynia się do wysokiej odporności na działanie temperatur, a także nieprzepuszczalność gazów, w tym tlenu. Użycie tego pierwiastka pozwala uzyskać materiały, które będą odporne na rdzę i korozję. Znajdą one wykorzystanie w gruntach i różnego rodzaju farbach chroniących metale. Łukasiewicz - Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników z Torunia, opracował superfarby oraz supergrunty o bardzo wysokiej wytrzymałości, które będą w stanie zabezpieczać metale nawet przez ćwierć wieku i pracować w silnie

korozyjnych środowiskach, w tym w środowisku morskim. W produkcji wykorzystano m.in. tlenek grafenu i nanorurki węglowe, które pozwalają na zmniejszenie zużycia cynku, który jest typowym składnikiem gruntów (cynk jest szkodliwy dla organizmów żywych). Naukowcy odnotowują już zainteresowanie ze strony rynku, przy czym ich produkt będzie wysoko specjalistyczny¹⁸.

Przyszłość: zaawansowane technologie materiałowe

Do globalnego ocieplenia, związanego ze zmianami klimatu, znacząco przyczyniło się wieloletnie spalanie paliw kopalnych. Polska jest sygnatariuszem Porozumienia Paryskiego z 2015 r., zakładającego zatrzymanie globalnego ocieplenia oraz członkiem Unii Europejskiej, która deklaruje osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r. Perspektywa Europejskiego Zielonego Ładu oraz trwającej transformacji energetycznej Polski zmienia w sposób istotny nasze podejście do węgla.

Przyszłość węgla jest związana z jego wykorzystaniem jako budulca materiałów przyszłości, nie zaś z jego energetycznym zastosowaniem.

Ogniwa węglowe? Grafen? Produkcja paliw? Nanorurki węglowe? W ramach idei 3W pochylamy się nad przyszłością węgla, nie jako paliwa, ale jako pierwiastka.





Prof. dr hab. inż. Małgorzata Jakubowska

Wydział Mechatroniki Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii,
CEZAMAT, Politechnika Warszawska

Węgiel to nie tylko skała kopalna, to również diament, grafit, sadza techniczna, fuleren, nanorurka węglowa i wreszcie grafen. Wiązanie węgiel-węgiel jest bardzo silne i stabilne. Ta zdolność pozwala węglowi tworzyć praktycznie nieskończoną liczbę związków. Zastosowań węgla jest niezliczona liczba.

Na węglu oczywiście można zarobić i to dużo, proporcjonalnie do zaawansowania sprzedawanego produktu. To tak jak w przypadku krzemu, można sprzedawać piasek, a można i chipy, a po drodze są jeszcze monokryształy krzemu, płytki krzemowe czy tranzystory. W przypadku węgla jest podobnie. Ale żeby na tym zarobić, trzeba najlepiej sprzedawać produkty, które są jak najbardziej zaawansowane i po przekształceniu w gotowy produkt, trafiają bezpośrednio do konsumenta.

Prowadzony przeze mnie zespół opracował szereg materiałów kompozytowych zawierających grafen dla elektroniki drukowanej. Założony przez nas start-up opracował lub jest w trakcie opracowania, różnego rodzaju jednorazowe elektrody do EKG, w tym elektrody do monitorowania pracy serca w czasie otwarcia klatki piersiowej, elektrody do stymulacji pracy mózgu (razem z Instytutem Leibniza w Niemczech), czujniki nacisku do wkładek do butów, aby monitorować rozkład nacisku na stopę do leczenia ortopedycznego, czujniki pH do monitorowania stanu rany, drukowane na folii lub tkaninie (np. na obrazie) grzejniki na podczerwień, koszulki monitorujące parametry fizjologiczne człowieka, tatuaże elektroniczne, itp. Wszystko wykonane technikami drukarskimi, a więc tanie i najczęściej jednorazowe. Pamiętajmy jednak, że działania te potrzebują wsparcia inwestycyjnego, a następnie komercjalizacji.

W zaawansowaniu naszych badań jeszcze w chwili obecnej jesteśmy przed czołówką światową, ale ten dystans się zmniejsza. Takie grupy jak my potrzebują wsparcia indywidualnych managerów, którzy pomogą nam w szukaniu inwestorów, przejściu przez skomplikowany proces certyfikacji, znalezieniu miejsca na produkcję, itd. Dodatkowo jest to szansa dla przemysłu poligraficznego, przeżywającego pewną stagnację w związku z rozwojem internetu. Mógłby on produkować i sprzedawać nasze wyroby.

Droga do rozwoju sektorów gospodarczych opartych na węglu powinna koncentrować się na poszukiwaniu i tworzeniu warunków do produkcji jak najbardziej zaawansowanych form węgla (np. nanorurek węglowych czy grafenu), a następnie poszukiwaniu nisz rynkowych dla produktów opartych na formach lub związkach węgla.





prof. dr hab. inż. Krzysztof Stańczyk

Główny Instytutu Górniczego i Centrum Czystych Technologii Węglowych.

Obecnie do wytwarzania grafenu, nanorurek, fulerenów czy paliwa do ogniw węglowych nie używa się węgla kamiennego, tylko innych substratów zawierających pierwiastek C. Prowadzone są badania nad wytwarzaniem tych atrakcyjnych produktów z paku węglowego, powstałego w procesie koksowania węgla, ale nie osiągnęły one jeszcze fazy komercyjnej. Różnorodność i wciąż wzrastające zastosowanie materiałów węglowych we współczesnej technice i ochronie środowiska wynika z ogromnych możliwości w zakresie formowania układów o krańcowo odmiennych cechach od porowatych materiałów wykazujących niespotykane rozwinięcie powierzchni wewnętrznej po materiały konstrukcyjne o unikatowych właściwościach fizycznych i mechanicznych. Węgiel kamienny i brunatny tradycyjnie już stosowane są też jako surowce do produkcji węgla aktywnych, a ich udział w wytwarzaniu węgla aktywnych wynosi około 40%. W Polsce karbochemia była rozwijana już w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Uważam, że prace nad materiałami węglowymi czy różnego rodzaju kompozytami węglowo-polimerowymi są atrakcyjne i mają przed sobą przyszłość. Nie należy ich jednak mylić z wielkotonażowym wykorzystaniem węgla kamiennego czy brunatnego.

W Centrum Czystych Technologii Węglowych w GIG zajmujemy się obecnie zagadnieniami wpisującymi się w politykę Europejskiego Zielonego Ładu. Prowadzimy badania nad hydrotermalnym upłynnianiem biomasy celulozowej, osadów ściekowych, ale także węgla brunatnego. Badania te mają na celu opracowanie technologii wytwarzania biooleju i biochemikaliów. W tym zakresie realizujemy europejski projekt Bezpośrednia hydrotermalna katalityczna konwersja biomasy oraz węgla brunatnych do paliw ciekłych i chemikaliów, którego jesteśmy koordynatorem. Prowadzimy też badania nad współgazowaniem węgla i biomasy drzewnej w celu wytworzenia wodoru.

Zajmujemy się też zagadnieniami dotyczącymi wytwarzania sorbentów węglowych służących do remediacji zanieczyszczonych wód. I tu realizujemy kolejny projekt europejski Strategie oczyszczania wód powstających w procesie podziemnego zgazowania węgla i innych procesów, bazujące na sorbentach węglowych i bioremediacji. Ponadto uczestniczymy w realizacji dwóch projektów mających na celu wychwytywanie i składowanie ditlenku węgla tj: Strategiczne planowanie na poziomie regionów i obszarów Europy wspierające niskoemisyjne wytwarzanie energii i niskoemisyjny przemysł poprzez CCUS (STRATEGY CCUS- H2020) oraz Instalacje pilotowe geologicznego składowania CO2 w regionach strategicznych (ang: CO2 Geological Pilots in Strategic Territories — PilotSTRATEGY- H2020).



Idea 3W

Przestrzeń współpracy społeczeństwa, nauki, biznesu i administracji.

Dziś rozumiemy już, że rozwój nie może odbywać się kosztem przyszłych pokoleń.

Dlatego w najbliższych latach i dekadach czekają nas wielkie zmiany, związane przede wszystkim z transformacją gospodarki w kierunku zeroemisyjności.

Inicjatywa 3W, którą podejmuje Bank Gospodarstwa Krajowego, stworzy unikalny ekosystem sprzyjający rozwojowi technologii z obszaru wody, wodoru i węgla nieenergetycznego. Ułatwimy przepływ informacji pomiędzy biznesem, nauką, administracją i społeczeństwem.

Będziemy kształtować postawy konsumenckie, zgromadzimy wartościową wiedzę oraz stworzymy narzędzia, które pomogą realizować projekty z obszaru 3W.

3W zaczyna swoje życie jako idea, ale w perspektywie kilku najbliższych lat stanie się szybko rosnącą gałęzią gospodarki.

BGK podejmuje się roli inicjatora i integratora tego projektu: łącznika między różnymi środowiskami, by działać na rzecz zrównoważonego rozwoju Polski.



3W • WODA • WODŃR • WĘGIEL





¹ <https://www.imgw.pl/badania-nauka/klimat>

² <https://mojafirma.infor.pl/nieruchomosci/wiadomosci/4691916.W-Polsce-do-2025-r-zacznie-sie-kryzys-wodny-Pomoc-ma-Program-Rozwoju-Retencji.html>

³ <https://www.alliedmarketresearch.com/water-quality-monitoring-systems-market>

⁴ <https://www.inverse.com/innovation/sunlight-powered-clean-water>

⁵ <https://swiatoze.pl/naukowcy-stworzyli-wydajne-ogniwa-paliwowe-zasilane-weglem/>

⁶ <https://www.britannica.com/science/carbon-nanotube>

⁷ PRACE NAUKOWE POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ z. 126 Transport 2019 Anita Linka, Agnieszka Wróblewska Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA NANORUREK WĘGLOWYCH W OBSZARZE GENERAL AVIATION

⁸ <https://www.britannica.com/science/graphene>

⁹ <https://www.wnp.pl/tech/rynek-grafenu-podwoi-swoja-wartosc-w-5-lat,472915.html>

¹⁰ <https://www.agh.edu.pl/nauka/info/article/grafen-w-sluzbie-energetyki/>

¹¹ <https://www.gramwzielone.pl/energia-sloneczna/101620/panele-fotowoltaiczne-z-grafenem-na-pierwszej-farmie-pv-w-polsce>

¹² <https://nanonet.pl/biomedyczne-zastosowania-gafenu/>

¹³ Dziennik Gazeta Prawna, 25.06.2021, „Kilkanaście minut ładowania i 1000 km jazdy samochodem elektrycznym”

¹⁴ <https://www.rp.pl/biznes/art15150721-czysty-prad-z-wegla-dzieki-ogniwom-paliwowym>

¹⁵ POLITYKA ENERGETYCZNA – ENERGY POLICY JOURNAL 2014 G Tom 17 G Zeszyt 2, „Węglowe ogniwa paliwowe – wybrane inicjatywy krajowe”

¹⁶ <https://materiałyinżynierskie.pl/nanorurki-weglowe-oczyszczania-wody/>

¹⁷ Wprost, 25.06.2021, „Pierwsza nawierzchnia betonowa z dodatkiem grafenu. To technologiczna rewolucja!”

¹⁸ Dziennik Gazeta Prawna, 12.03.2021, „Żebyś nie musiał się już poświęcać”



Niniejsza publikacja (dalej: „Publikacja”) stanowi „publikację handlową” w rozumieniu art. 36 ust. 2 Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) 2017/565 z dnia 25 kwietnia 2016 r. uzupełniającego dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/65/UE w odniesieniu do wymogów organizacyjnych i warunków prowadzenia działalności przez firmy inwestycyjne oraz pojęć zdefiniowanych na potrzeby tej dyrektywy (dalej: „Rozporządzenie 565”).

Publikacja nie została przygotowana zgodnie z wymogami prawnymi zapewniającymi niezależność badań inwestycyjnych ani nie podlega żadnym zakazom w zakresie rozpowszechniania badań inwestycyjnych. Niniejsza Publikacja nie stanowi (a) badań inwestycyjnych w rozumieniu art. 36 ust. 1 Rozporządzenia 565; bądź (b) doradztwa inwestycyjnego w rozumieniu art. 69 ust. 2 pkt. 5 ustawy z dnia 29 lipca 2005 r. o obrocie instrumentami finansowymi; bądź (c) usługi badawczej w rozumieniu § 2 pkt 22 rozporządzenia Ministra Finansów z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie trybu i warunków postępowania firm inwestycyjnych, banków, o których mowa w art. 70 ust. 2 ustawy o obrocie instrumentami finansowymi, oraz banków powierniczych, bądź (d) zachęty do nabywania, zbywania, działania, inwestowania czy pozbywania się inwestycji; bądź (e) porady inwestycyjnej, podatkowej, prawnej, lub innego typu; bądź (f) oceny lub zapewnienia opłacalności inwestycji w instrumenty finansowe nią objęte; bądź (g) oferty w rozumieniu kodeksu cywilnego.

Publikacja jest przeznaczona do rozpowszechniania wyłącznie na terenie Rzeczypospolitej Polskiej.

Niniejsza Publikacja wyraża wiedzę oraz poglądy autorów według stanu na moment jej sporządzenia i mogą ulegać zmianie. Autorzy nie uwzględniają w Publikacji jakichkolwiek indywidualnych celów inwestycyjnych, sytuacji finansowej, ani potrzeb czy żądań potencjalnych adresatów Publikacji. Zawarte w Publikacji opinie autorów zostały sporządzone przez nich w sposób samodzielny. Publikacja została sporządzona z zachowaniem należytej staranności oraz na podstawie informacji dostępnych publicznie w momencie jej sporządzenia lub pozyskanych ze źródeł wiarygodnych dla Banku aktualnych na moment jej sporządzenia i nie będzie podlegać aktualizacji. Bank nie gwarantuje kompletności, prawdziwości lub dokładności danych źródłowych. Bank nie ponosi odpowiedzialności za ewentualne decyzje inwestycyjne podjęte na podstawie niniejszej Publikacji ani za ewentualne szkody poniesione w wyniku takich decyzji inwestycyjnych. Publikacja nie może być traktowana jako zapewnienie lub gwarancja uniknięcia strat, lub osiągnięcia potencjalnych lub spodziewanych rezultatów, w szczególności zysków lub innych korzyści z transakcji realizowanych na jej podstawie lub w związku z powstrzymaniem się od realizacji takich transakcji. Brak jest powiązań oraz okoliczności, które mogłyby mieć negatywny wpływ na obiektywność Publikacji. Polityka przeciwdziałania konfliktom interesów w ramach świadczenia Usług Inwestycyjnych lub Usług Dodatkowych przez Bank zawiera opis faktycznych wewnętrznych rozwiązań organizacyjnych i administracyjnych oraz wszelkich barier informacyjnych ustanowionych w celu zapobiegania konfliktom interesów.

Niniejsza Publikacja jest prawnie chroniona zgodnie z ustawą z 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych. Powielanie bądź publikowanie w jakiegokolwiek formie niniejszej Publikacji, w całości lub w części, lub wykorzystywanie materiału do własnych opracowań celem publikacji, bez pisemnej zgody Banku jest zabronione.

Ewentualne oceny sformułowane w Publikacji zostały dokonane po zastosowaniu kombinacji metod, w szczególności analizy fundamentalnej, porównawczej, rynkowej i technicznej. Analiza fundamentalna zmierza do określenia przyszłych parametrów rynkowych bazując na obiektywnych czynnikach. Wynikiem analizy fundamentalnej towarzyszy ryzyko, że zmiany rynkowe bywają determinowane również przez niefundamentalne czynniki. Analiza porównawcza polega na porównywaniu wycen rynkowych aktywów o podobnych charakterystykach w celu zidentyfikowania bezwzględnego i względnego przewartościowania lub niedowartościowania. Analiza porównawcza niesie ryzyko związane z wyciąganiem błędnych wniosków przy porównywaniu nietożsamyh aktywów. Analiza rynkowa jest zorientowana na przewidywaniu zmian popytu i podaży na dane aktywo. Bazuje ona jednak na częściowej wiedzy rynkowej oraz często opóźnionych danych, co przekłada się na ryzyko dla sformułowanych wniosków. Analiza techniczna polega na badaniu wykresów obrazujących historyczne kształtowanie się cen i innych parametrów rynkowych w celu określenia, w jaki sposób ukształtują się one w przyszłości. Niesie ona jednak ryzyko wynikające z tego, że zjawiska z przeszłości nie muszą się powtórzyć w przyszłości.

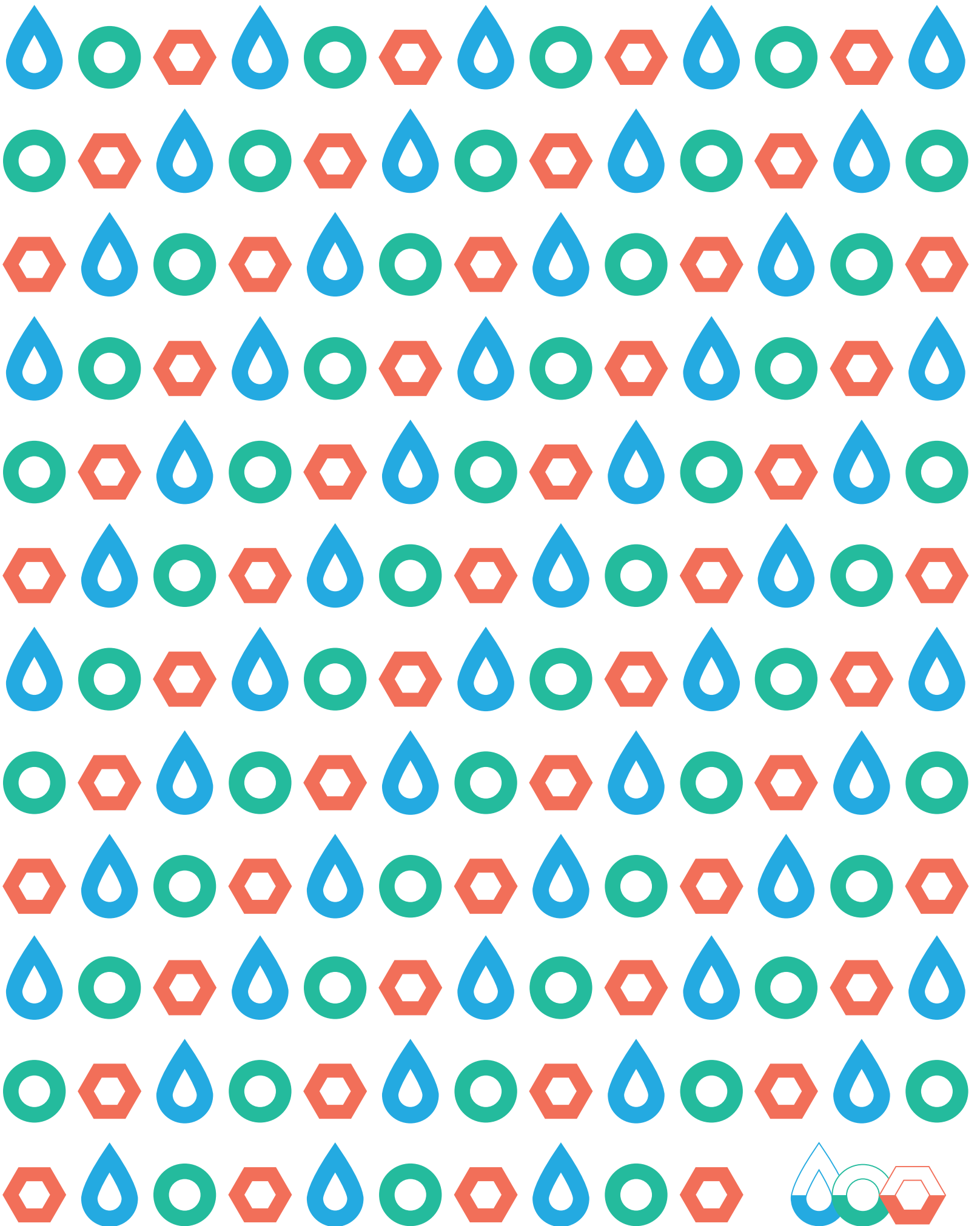
Bank Gospodarstwa Krajowego z siedzibą w Warszawie, Al. Jerozolimskie 7, 00-955 Warszawa; Infolinia: 801 598 888, +48 22 599 8888
Faks: +48 22 627 03 78 e-mail: bgk@bgk.pl

Organem sprawującym nadzór nad działalnością Banku jest Komisja Nadzoru Finansowego z siedzibą w Warszawie, przy ulicy Pięknej 20.

Raport opracowany zespół BGK: Monika Pietrzak, Anna Michalska, Magdalena Sopiela, Łukasz Beresiński, Bartosz Silczak, Maciej Utracki, Przemysław Wilkiewicz

**Bank Gospodarstwa Krajowego
dba o środowisko. Rozważ, czy musisz
drukować ten raport.**





3W