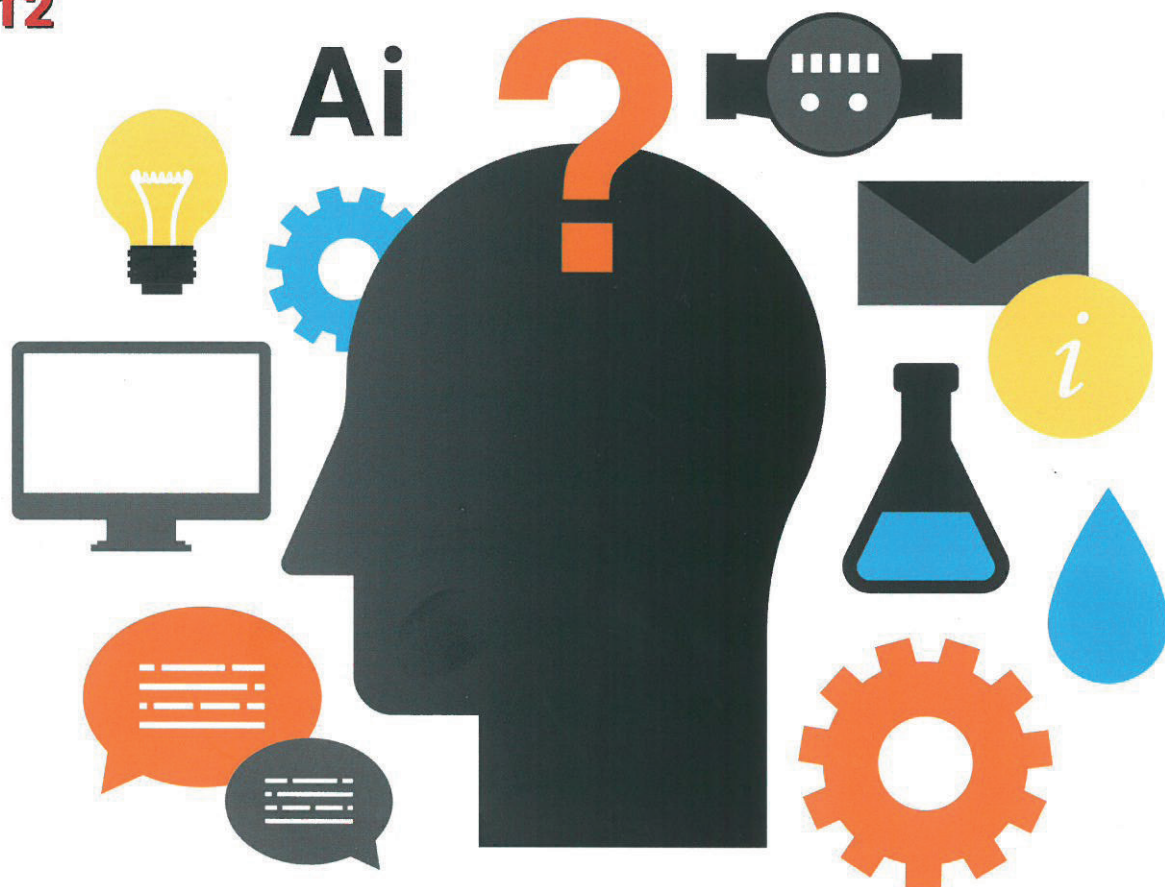




Innowacyjne rozwiązania dla branży

strona
12



str. 10

Więcej hektarów i nowe technologie. Szczecin szykuje się na dyrektywę ściekową – rozmowa z Jackiem Jasiulewiczem, kierownikiem Wydziału Oczyszczalni Ścieków ZWiK w Szczecinie

str. 18

Nowa generacja w inżynierii cieczy – nanotechnologia w gospodarce ściekowej

str. 39

Sztuczna inteligencja w służbie cyberbezpieczeństwa branży wod.-kan.: obowiązek, wyzwanie, konieczność?

str. 75

Tarcza prawdy w wodociągach – jak przeciwdziałać dezinformacji i chronić wiarygodność przedsiębiorstwa?

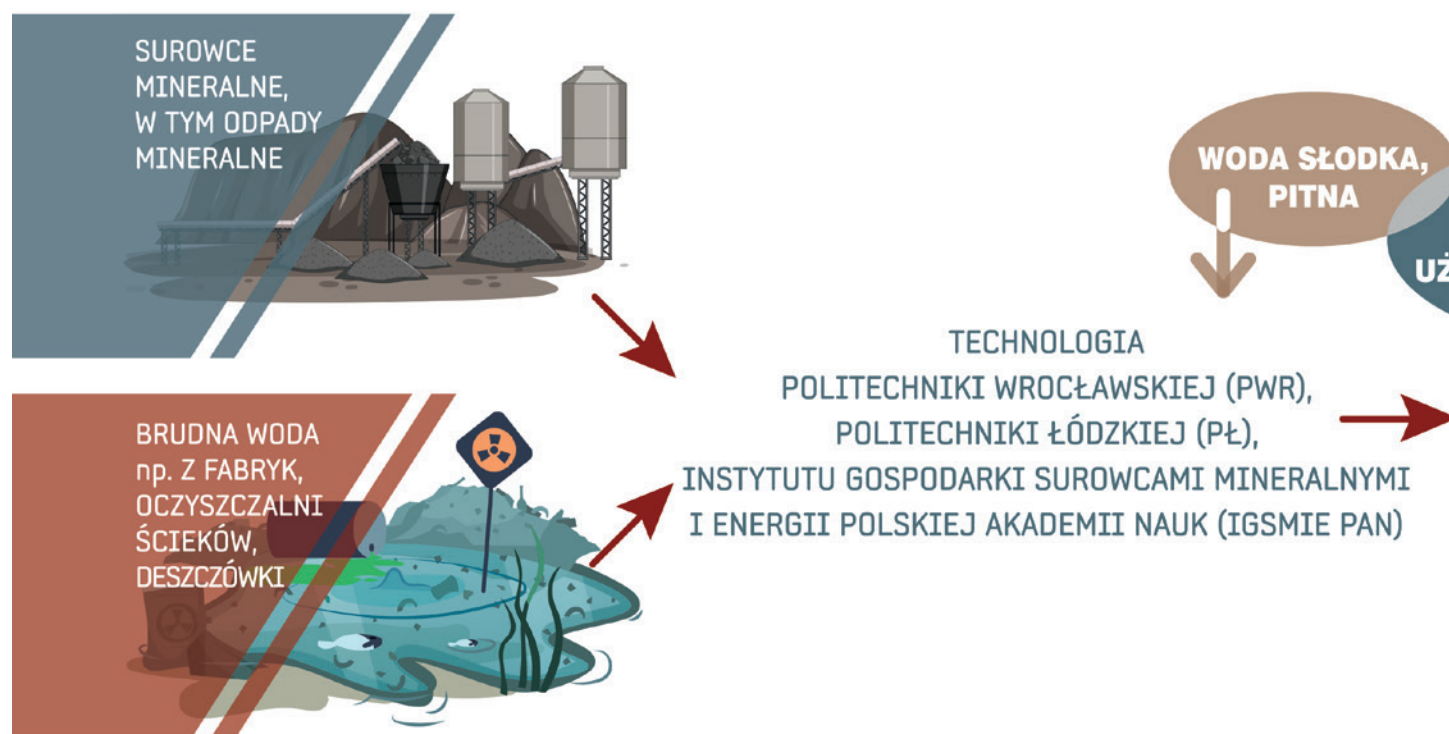
str. 92

Wodociągi Warszawskie wspólnie z mieszkańcami świętowały Światowy Dzień Wody



Wykorzystanie wody odzyskanej w kompozytach cementowych. Innowacyjne technologie na rzecz środowiska

W niniejszym artykule przedstawiamy interdyscyplinarny Projekt opracowania metod oczyszczania i wykorzystania wody odzyskanej (z tzw. brudnej wody) i odpadów uzyskanych z jej oczyszczania, a także odpadów mineralnych (np. mączek skalnych) do produkcji pełnowartościowych kompozytów cementowych. Schematycznie ideę Projektu i wdrożenia zestawiono na rysunku.



Rys. Schematyczna idea Projektu i jego wdrożenia (opracowanie własne)

Projekt realizowany jest przez trzy jednostki naukowe: Politechnikę Wrocławską, Politechnikę Łódzką oraz Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energia Polskiej Akademii Nauk. Jego celem jest opracowanie kompleksowej technologii, która umożliwi wykorzystanie wody odzyskanej z oczyszczalni ścieków komunalnych, wody deszczowej oraz ścieków przemysłowych, np. z przemysłu włókienniczego, do produkcji kompozytów cementowych.

Zagospodarowanie wody brudnej jest problematyczne, uciążliwe i kosztowne. Z drugiej strony wykorzystanie wody pitnej do produkcji betonu, w dzisiejszych czasach jej niedoboru, wydaje się rozwiązaniem błędnym. Zatem projekt ten łączy w swej istocie zgoła odmienne branże, zapewniając jednocześnie obopólne korzyści.

Projekt wpisuje się w proekologiczne prawodawstwo, szereg inicjatyw Polski i Unii Europejskiej (UE),

w tym np. Europejski Zielony Ład (COM nr 640, 2019), Nowy Plan Działania Gospodarki o obiegu zamkniętym – GOZ (COM nr 98, 2020), jak i Plan ochrony zasobów wodnych UE (COM nr 673, 2012) czy też zasadę 6R z FENG. Ponadto wpisuje się w trzy misje badawcze określone w programie Horyzont Europa: Adaptacja do zmian klimatu, Zdrowe wody przybrzeżne i śródlądowe, Neutralne klimatycznie i inteligentne miasta.

Rynek betonu i wody

Projekt jest odpowiedzią na potrzebę gospodarki, środowiska oraz wychodzi naprzeciw coraz to większym potrzebom oszczędzania wody pitnej na świecie.

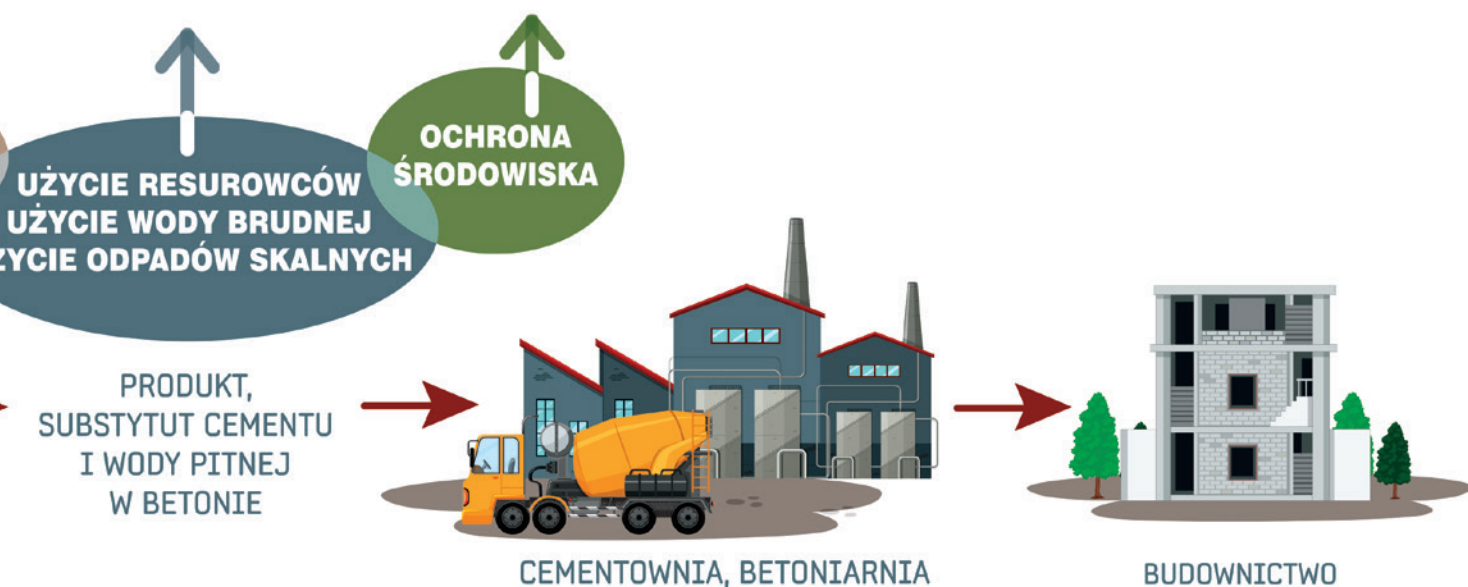
Beton, wg Global Cement and Concrete Association, jest najczęściej pozyskiwanym materiałem na świecie, zaraz po wodzie. Światowy rynek budownictwa ma rosnąć z CAGR 7,4% w latach 2022–2031. Branża budowlana odpowiada za 50% całkowitego wydobycia materiałów w UE, generując

świecie. W niemal połowie krajów UE zasoby wody słodkiej są niepokojąco niskie (poniżej 3 tys. m³ na osobę), w tym w Polsce, na Malcie, Cyprze, jak i w Czechach, gdzie poziom kształtuje się poniżej poziomu bezpieczeństwa wodnego – wg ONZ limit, poniżej którego kraj uznawany jest za zagrożony takim niedoborem wody, wynosi 1,7 tys. m³ na mieszkańca. W Polsce na jednego mieszkańca przypada tyle wody, ile na mieszkańca Egiptu. Według Meticulous Research wartość europejskiego rynku oczyszczania wody i ścieków będzie rosła średnio o 4%

dziej uniwersalne niż przeprowadzane w głównej mierze obecnie próby wykorzystujące wodę morską. Z oczywistych względów (dostępność) wykorzystanie akurat wody morskiej nie jest przydatne w każdym przypadku. Dlatego też w Projekcie zdecydowano się na wykorzystanie wód, których występowanie jest niezależne geograficznie.

Stan obecny rozwoju Projektu

Projekt znajduje się obecnie na etapie testów w skali laboratoryjnej (Technology Readiness Level 3). Zespoły z Poli-



30% całkowitej ilości odpadów i 35% całkowitej emisji gazów cieplarnianych. Oprócz tych problematycznych aspektów branży budowlanej należy odnotować problem wody w betonie (kompozytach cementowych). W skład betonu wchodzi cement, woda oraz kruszywo mineralne, które po połączeniu tworzą trwały materiał. Zakładając średni poziom zużycia wody 180 kg na m³ stwardniałego betonu, szacuje się, że rocznie do produkcji samej mieszanki betonowej zużywa się około 2,5 miliarda m³ wody pitnej.

Według danych World Resources Institute (WRI) na niedobory wody narażonych jest 36 krajów na całym

rocznie aż do 2030 r., kiedy to przekroczy 170 mld USD.

Projekt wpisuje się w dynamicznie rosnący rynek budownictwa, który wykazuje zapotrzebowanie na innowacyjne i zrównoważone rozwiązania. W obliczu problemów środowiskowych, takich jak niedobory zasobów wody, koncentruje się on w końcowej fazie na wdrażaniu rozwiązań dot. zwiększenia efektywności wodnej w betonie. Rynek oczyszczania wody odpadowej/brudnej wydaje się być jednym z tych, który będzie mógł dostarczyć rozwiązań dedykowanych dla branży budowlanej. Podejście zaprezentowane w tym interdyscyplinarnym projekcie jest bar-

techniki Łódzkiej i Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energia PAN opracowały metody oczyszczania wód (w części chronione patentami), które można wykorzystać do oczyszczania wody brudnej na potrzeby branży budowlanej. Metody te, takie jak katalityczne ozonowanie, fotokatalityczne procesy oksydacyjne oraz kombinacje tych metod, są testowane pod kątem ich efektywności w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych i mikrobiologicznych. Celem jest uzyskanie wody o jakości umożliwiającej jej ponowne wykorzystanie w produkcji kompozytów cementowych. Podczas kolejnych etapów projektu zostaną przeprowa-



dzzone prace nad integracją oczyszczonej wody odzyskanej do produkcji kompozytów cementowych. Badania będą obejmować analizę wpływu różnych parametrów wody, takich jak zawartość zanieczyszczeń i mineralizacja, na właściwości mechaniczne i trwałość kompozytów cementowych. Dodatkowo zostaną opracowane metody modyfikacji wody odzyskanej, aby maksymalnie zoptymalizować proces produkcji kompozytów.

Ponadto odpady powstające w procesach oczyszczania wody brudnej zostaną przekształcone w wartościowy składnik kompozytów cementowych, zastępując część tradycyjnego cementu. To innowacyjne podejście wspiera ideę gospodarki obiegu zamkniętego, minimalizując ilość odpadów i jednocześnie redukując ślad węglowy betonu. To krok w stronę bardziej zrównoważonego budownictwa – łączącego nowoczesne technologie z troską o środowisko.

Wstępne testy na Politechnice Wrocławskiej próbek betonowych z dodatkiem mączki skaleniowo-kwarcowej i wodą odpadową z procesu cięcia kamienia potwierdziły, że mieszanka zachowuje kluczowe właściwości mechaniczne, pomimo modyfikacji składu. Przeprowadzone analizy wykazały, że próbki ulegały kontrolowanemu zniszczeniu, co świadczy o poprawności testów i stabilności struktury kompozytu. Równomierny układ pęknięć podczas badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu oraz symetryczne stożki ścinania podczas badania wytrzymałości na ściskanie wskazują na prawidłowy rozkład naprężeń wewnątrz materiału.

Analiza wyników wytrzymałości wykazała, że optymalna zawartość dodatków mineralnych wynosi od 10% do 35% zawartości masowej wody. W tym zakresie odnotowano najwyższe wartości wytrzymałości na zginanie i ściskanie, co wskazuje na korzystny wpływ umiarkowanej ilości wtrąceń na mikrostrukturę betonu. Przekroczenie tej wartości prowadzi do zaburzenia jednorodności mieszanki, osłabienia struktury i spadku wytrzymałości.

W związku z tym należy stwierdzić, że umiarkowana ilość dodatków mineralnych (10–35%) poprawia mikrostrukturę betonu, co zwiększa jego

odporność na zginanie i ściskanie. Zbyt duża ilość dodatków (>35%) prowadzi do pogorszenia właściwości mechanicznych betonu z powodu osłabienia wiązań cementowych i zaburzenia jednorodności mieszanki. Woda odpadowa z cięcia kamienia nie wpływa negatywnie na mechanikę betonu, co otwiera perspektywy dla jej szerszego zastosowania w produkcji „betonów ekologicznych”. Wyniki tych badań pokazują, że możliwe jest wykorzystanie wody odzyskanej do produkcji kompozytów cementowych. Uzyskane dotychczas wyniki mają istotne znaczenie dla praktyki inżynierskiej i mogą stanowić punkt wyjścia do wdrożenia nowej generacji betonów o obniżonym śladzie węglowym i wodnym.

Plany rozwoju Projektu

Obecnie na Politechnice Wrocławskiej prowadzone są testy z wykorzystaniem selektywnie dobranych, innych niż pochodzące z przemysłu kamiennego, wód brudnych/odzyskanych. Celem badań jest określenie dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń po procesie oczyszczania, które pozwolą na uzyskanie kompozytu cementowego spełniającego wymagania wytrzymałościowe. Jest to krok niezbędny do określenia odpowiednich parametrów oczyszczania w późniejszym etapie, mający na celu uzyskanie wód brudnych o ściśle kontrolowanych właściwościach – ze szczególnym naciskiem na ich skład chemiczny i zawartość wtrąceń biologicznych.

W późniejszym etapie planowane jest opracowanie potopowej, mobilnej instalacji oczyszczania wody, aby zapewnić pełną niezależność geograficzną założonego rozwiązania bez konieczności modyfikowania całych linii oczyszczania wody w przedsiębiorstwach dysponujących takimi odpadowymi wodami. Na tym etapie planowane jest pozyskanie finansowania oraz podmiotów gospodarczych do współpracy. Całość zapewni możliwość prowadzenia szerokich testów, w tym podłączenia instalacji do źródła wody brudnej w okolicach betoniarni. Takie podejście umożliwi przeprowadzenie testów w skali ćwierćprzemysłowej, które pozwolą na ocenę skuteczności i efektywności opracowanej technologii

w skali umożliwiającej wykonanie pełnego studium wykonalności. To z kolei otworzy drogę do docelowego przemysłowego wdrożenia rozwiązania.

Korzyści z wdrożenia Projektu

Wdrożenie Projektu przyniesie wiele korzyści dla środowiska, gospodarki oraz społeczeństwa. Poprawi bezpieczeństwo dostępu do wody pitnej poprzez zmniejszenie jej zużycia w branży produkcji kompozytów cementowych. Wykorzystanie wody odzyskanej do produkcji kompozytów cementowych pozwoli na znaczące ograniczenie zapotrzebowania na wodę pitną w tej branży, pozostawiając ją do dyspozycji środowiska. Ponadto projekt ten przyczyni się do rozwoju nowych technologii oczyszczania wody, co jest niezwykle istotne w kontekście niedoboru zasobów wodnych, szczególnie na terenie Unii Europejskiej.

Działania zmierzające do zawarcia współpracy z podmiotami gospodarczymi w zakresie Projektu są prowadzone przez Wrocławskie Centrum Transferu Technologii Politechniki Wrocławskiej. Centrum to zaprasza podmioty gospodarcze zainteresowane współpracą i wdrożeniem wyników projektu. W celu uzyskania dodatkowych informacji prosimy o kontakt pod adresem e-mail: tomasz.marciniszyn@pwr.edu.pl.

Autorzy:

dr inż. Sławomir Czarnecki
(Katedra Inżynierii Materiałowej i Procesów Budowlanych,
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego,
Politechnika Wrocławska)

dr hab. Marzena Smol
(Instytut Gospodarki Surowcami
Mineralnymi i Energią PAN)

prof. dr hab. inż. Marta Gmurek
(Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej,
Wydział Chemii, Politechnika Łódzka)

dr inż. Adrian Chajec
(Katedra Inżynierii Materiałowej i Procesów Budowlanych,
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego,
Politechnika Wrocławska)

dr inż. Tomasz Marcinişzyn
(Centrum Innowacji Miejskich
Politechniki Wrocławskiej,
Wrocławskie Centrum Transferu Technologii
Politechniki Wrocławskiej,
tomasz.marciniszyn@pwr.edu.pl)