

# Remine Water

Polski

Solar powered water reuse  
and resource recovery in mining

[reminewater.eu](http://reminewater.eu)  
#RemineWater



LIFE17  
ENV/ES/000315

# INDEKS

01 Cele \_\_\_\_\_ 3

02 Dane projektu \_\_\_\_\_ 4

03 Przekształcenie przemysłu  
wydobywczego z liniowego  
na cyrkularny \_\_\_\_\_ 5

04 Studium przypadku \_\_\_\_\_ 6

Instalacja odzysku wody 7

Instalacja odzysku surowców 8

05 Osiągnięte wyniki \_\_\_\_\_ 9

# 01. CELE

**Głównym celem projektu REMINE WATER była ochrona środowiska przed zrzutami ścieków przemysłowych (np. wysokiej zawartości metali lub zasoleniu) poprzez odzysk wody, metali, soli i mocnych kwasów oraz waloryzacja potencjału ich ponownego wykorzystania w miejscu wytworzenia zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym.**

Głównymi zadaniami projektu było:

- Walidacja innowacyjnego układu uzdatniania solanek pochodzących z przemysłu wydobywczego i metalurgicznego.
- Zmniejszenie zużycia energii i śladu węglowego procesu poprzez integrację energii słonecznej z ciągiem uzdatniającym.
- Opracowanie technologii odzysku z wód kopalnianych silnych kwasów mineralnych i wartościowych metali, przed jej odprowadzeniem do wód powierzchniowych.
- Ocena odtwarzalności i możliwości przeniesienia zademonstrowanego rozwiązania do innych europejskich zakładów górniczych i hutniczych, z uwzględnieniem kwestii technicznych, ekonomicznych, środowiskowych, a także regulacji prawnych.

Aby zagwarantować osiągnięcie głównych zadań projektu, określono zestaw wymiernych celów szczegółowych, i obejmujących:

- Redukcja o 50% stężenia siarczanów i zasolenia w strumieniach odprowadzanych z przemysłu wydobywczego i hutniczego do wód powierzchniowych.
- Ograniczenie o 15% zużycia wody w przemyśle górniczym i hutniczym poprzez promowanie ponownego wykorzystania wody na miejscu.
- Odzysk 90% wody ze strumieni zatężonych technologią odwróconej osmozy.
- Redukcja o 95% zasolenia strumieni zatężonych technologią odwróconej osmozy.

- Redukcja kosztów eksploatacyjnych o 50% w porównaniu do konwencjonalnego zatężania solanek metodami wyparnymi.
- Odzysk 90% kwasu siarkowego, 70% miedzi i 40% cynku ze strumieni odpadowych, co stanowiłoby wzrost całkowitej zdolności produkcyjnej zakładu o 1%.
- Redukcja emisji CO<sub>2</sub> o 70% w porównaniu z konwencjonalnymi procesami wyparnymi stosowanymi w uzdatnianiu ścieków, poprzez wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.



# 02. DANE PROJEKTU

LIFE REMINE WATER był projektem finansowanym w ramach programu LIFE (unijny instrument finansowania działań na rzecz środowiska i klimatu). Całkowity przyznany budżet wyniósł 1 812 708 EUR (1 087 623 EUR

dofinansowano z programu LIFE). Projekt trwał 60 miesięcy, od października 2018 r. do października 2023 r. W skład konsorcjum wchodziło czterech partnerów: Cetaqua, Sandfire Matsa, IMN i NewHeat.

## Partnerów

### **CETAQUA** WATER TECHNOLOGY CENTRE

Koordynatorem projektu było Centrum Technologii Wody Cetaqua. Firma ta uosabia model współpracy sektora publicznego i prywatnego, powstały w celu zapewnienia trwałości i efektywności obiegu wody przy jednoczesnym uwzględnieniu potrzeb regionalnych.

W trakcie realizacji projektu firma Cetaqua była odpowiedzialna za projekt i rozwój instalacji doświadczalnej. Cetaqua nadzorowała realizację badań pilotowych oraz monitorowanie, analizę i integrację wyników. Dodatkowo przeprowadzili analizę techniczną, środowiskową i ekonomiczną procesu, z uwzględnieniem oceny cyklu życia (LCA) i kosztów (LCC) proponowanej technologii.

### **Sandfire matsa**

Sandfire Matsa to wiodąca hiszpańska firma wydobywcza, która jest właścicielem i operatorem trzech kopalni w prowincji Huelva: Aguas Teñidas i Magdalena zlokalizowanych w gminie Almonaster la Real, oraz zlokalizowanej w gminie Calañas kopalni Sotiel.

Ich rola w REMINE WATER polegała na ocenie przydatności miejsca demonstracyjnego i realizacji prac montażowych na terenie kopalni. Dodatkowo prowadzili projekty pilotażowe i oceniali wymagania techniczne dotyczące wdrożenia na skalę przemysłową, biorąc pod uwagę zasady schematów obiegu zamkniętego.

### **Łukasiewicz** Instytut Metali Nieżelaznych

Instytut Metali Nieżelaznych (Ł-IMN) jest ośrodkiem badawczym polskiego przemysłu metali nieżelaznych. Kompleksowa działalność instytutu obejmuje wszystkie etapy produkcji materiałów metalicznych: od przeróbki rud po technologie wytwarzania nowoczesnych produktów przy jednoczesnym spełnieniu wszelkich norm środowiskowych.

Zadaniem Ł-IMN była ocena planu powielenia proponowanej technologii w innych obszarach przetwórstwa metali nieżelaznych, oraz możliwości jego przeniesienia do innych sektorów gospodarki.

### **newheat** renewable heat supplier

Newheat opracowuje, buduje i obsługuje zakłady wytwarzające ciepło dla procesów przemysłowych wyłącznie w oparciu o bezemisyjne technologie energii odnawialnej.

Rolą Newheat w projekcie było zaprojektowanie i nadzorowanie pilotażowej instalacji ciepłowniczej zasilanej ze źródeł odnawialnych. Ponadto opracowali model biznesowy wykorzystania energii fototermicznej w sektorze wydobywczym.

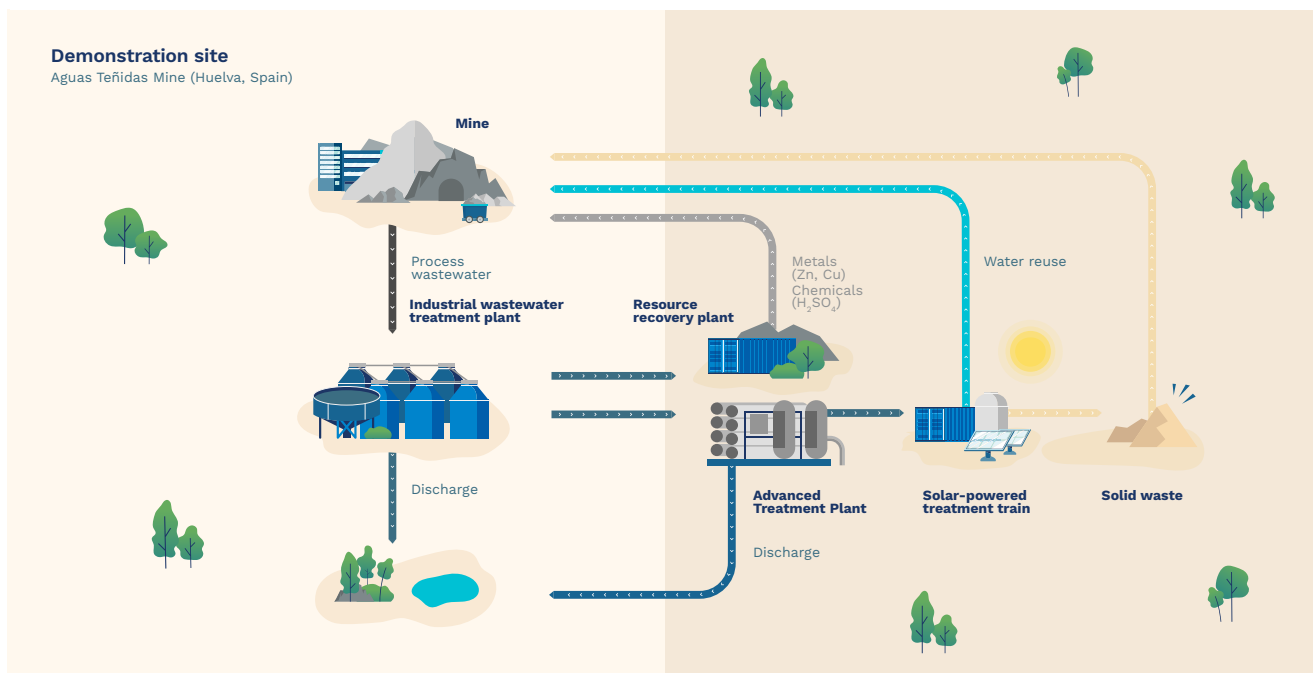
# 03. PRZEKSZTAŁCENIE PRZEMYSŁU WYDOBYWCZEGO Z LINIOWEGO NA CYRKULARNY

Niedobór wody to jedno z głównych globalnych wyzwań naszych czasów, stanowiące zagrożenie nie tylko dla ekosystemów, ale mające bezpośredni wpływ na wzrost gospodarczy. Zmiany klimatyczne i ciągłe susze, na które cierpią kraje południa Europy, wymuszają poprawę w zakresie efektywności gospodarowania wodą i zrównoważonego rozwoju.

Ponieważ woda jest kluczowym składnikiem funkcjonowania kopalni, sektor wydobywczy jest głównym konsumentem wody w Europie. Pomimo usprawnienia procesów oczyszczania ścieków i częściowego wdrożenia ponownego wykorzystania wewnętrznych strumieni wody w celu zmniejszenia śladu wodnego, woda, po zapewnieniu jej jakości w dalszym ciągu jest odprowadzana. W tym kontekście istnieje potrzeba wdrożenia programów pełnego ponownego wykorzystania wody, zminimalizowania zrzutów solanki i zmniejszenia zależności od zewnętrznych źródeł wody.

Ponadto przyspieszające cykle innowacji technologicznych i szybki rozwój rynków wschodzących spowodowały rosnący popyt na metale i minerały. W szczególności scenariusze neutralności klimatycznej i cyfryzacji określone na lata 2030 i 2050 w Zielonym Ładzie UE wymagają intensywnego wykorzystania surowców krytycznych i strategicznych. W procesie wydobywczym, wartościowe metale są wiązane przez opady atmosferyczne w postaci osadu, i kierowane do dalszej utylizacji jako odpady. Wdrożenie schematu obiegu zamkniętego, stanowi potencjalną szansę na wykorzystanie ścieków wydobywczych jako wtórnego źródła cennych zasobów.

Głównym celem Remine Water było przekształcenie obecnego procesu wydobycia w proces cyrkularny (Rysunek 1). Firma Remine Water wdrożyła ten cel, opracowując system umożliwiający ponowne wykorzystanie wody i odzysk produktów ubocznych zawartych w ściekach kopalnianych, takich jak kwasy, metale i minerały.



**Rysunek 1.** Transformacja liniowego schematu wydobycia w proces cyrkularny REMINE WATER.

# 04. STUDIUM PRZYPADKU

Miejscem demonstracyjnym projektu była kopalnia Aguas Teñidas, należąca do Sandfire Matsa, zlokalizowana w miejscowości Almonaster la real, w prowincji Huelva (południowo-zachodnia Hiszpania). Kopalnia ta wydobywa koncentraty miedzi, cynku i ołowiu.

Ścieki uzdatniane są w znajdującej się na jej terenie zakładu instalacji (Rysunek 2). Ich konwencjonalne oczyszczanie składa się z dwóch etapów. W celu usunięcia tiosiarczanów i uśrednienia składu, wszystkie ścieki (wody poprocesowe i drenażowe, odcieki zawierające metale itp.) gromadzone są w stawie osadczym. W drugim etapie oczyszczania, obecne w roztworze siarczany strącane są w postaci gipsu i etryngitu. Obecne rozwiązanie jest jednak niewystarczające, aby spełnić przyszłe wymagania dotyczące zrzutów.

W odpowiedzi na wyzwanie, w ramach projektu REMINE WATER opracowano dwa innowacyjne układy uzdatniania (Rysunek 3). Celem pierwszego było zminimalizowanie objętości solanki i poprawa jakości wody uzdatnionej, w stopniu umożliwiającym jej ponowne wykorzystanie. Celem drugiego układu był odzysk ze ścieków wartościowych surowców.



**Rysunek 2.** Zdjęcie poglądowe instalacji pilotowej REMINE WATER na tle konwencjonalnej oczyszczalni ścieków

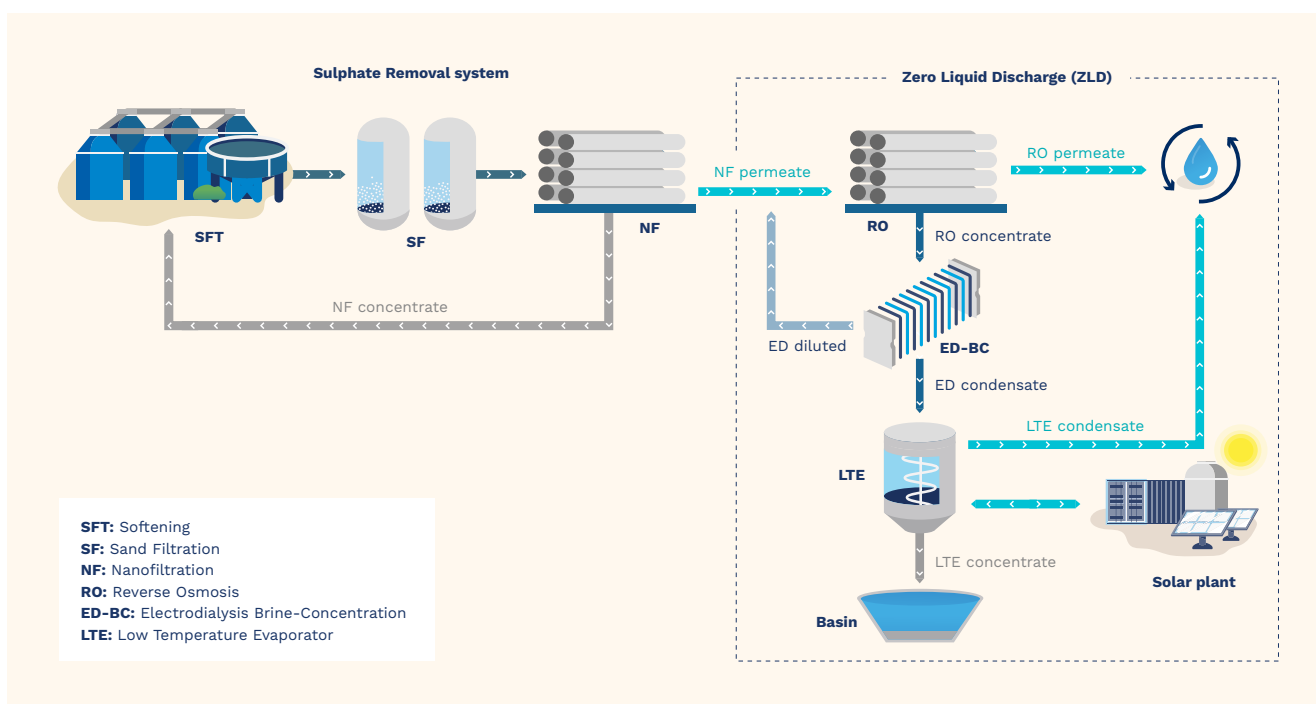


**Rysunek 3.** Pilotażowe instalacje uzdatniania ścieków REMINE WATER

## INSTALACJA ODZYSKU WODY

Instalacja ta składała się z dwóch stopni (Rysunek 4). Pierwszy, służący do usuwania siarczanów, składał się ze stacji zmiękczonej (SFT, od jego angielskiego skrótu *Softening*) usuwającej twardość wapniową i magnezową, jednostki regulującej pH, filtracji piaskowej (SF, od akronimu w języku angielskim *Sand Filtration*) i membran nanofiltrycyjnych (NF, od jego angielskiego skrótu *Nanofiltration*). Wydajność układu wynosiła od 4 do 6 m<sup>3</sup>/h. Drugi stopień umożliwiał całkowite zagospodarowanie ścieków (ZLD, od akronimu w języku angielskim *Zero Liquid Discharge*) poprzez jednoczesne zateżenie solanki i odzysk wody przy użyciu pracujących szeregowo aparatów. W celu uzyskania wody wysokiej jakości, która mogła być ponownie

wykorzystana, permeat z nanofiltrycji poddawany był najpierw odwróconej osmozie. Retentat z odwróconej osmozy (RO, od akronimu w języku angielskim *Reverse Osmosis*) kierowano do dalszego zateżenia metodą elektrodializy (ED-BC, od akronimu w języku angielskim *Electrodialysis-Brine Concentrator*). Strumień wyjściowy koncentratu ED-BC kierowano do wyparki niskotemperaturowej (LTE, od akronimu w języku angielskim *Low Temperature Evaporator*) do której energię cieplną dostarczał z kolei, zasilany solarnie, węzeł ciepłowniczy (Rysunek 5). Produktami uzyskanymi w ostatnim etapie były kondensat (stanowiący drugi strumień wysokiej jakości wody) oraz stężona solanka (w trakcie projektu gromadzona w osobnym zbiorniku).



**Rysunek 4.** SEQ Rysunek \\* ARABIC 2 System usuwania siarczanów i plan instalacji ZLD

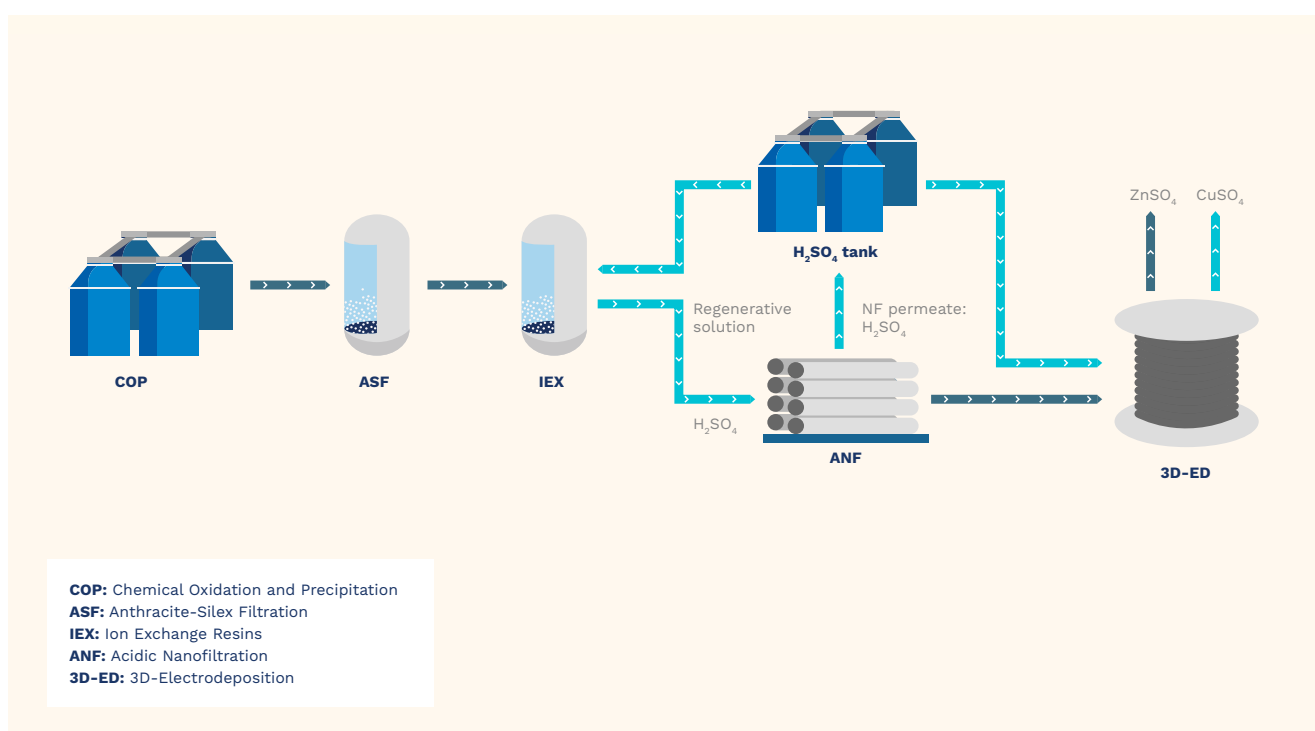


**Rysunek 5.** Zdjęcie poglądowe węzła ciepłowniczego zasilanego energią słoneczną

## INSTALACJA ODZYSKU SUROWCÓW

Zadaniem instalacji odzysku surowców (Rysunek 6) było odzyskanie obecnych w odciekach ze składu metali, głównie miedzi (Cu) i cynku (Zn), celem ich ponownego wykorzystania i promocji gospodarki o obiegu zamkniętym. Zdolność przerobowa instalacji wynosiła 0,1 m<sup>3</sup>/h. W pierwszym etapie, roztwór poddano utlenianiu chemicznemu w celu wytrącania (COP, od akronimu w języku angielskim *Chemical Oxidation and Precipitation*) żelaza i glinu. Następnie zawarte w roztworze Cu i Zn selektywnie usuwano przy użyciu żywic jonowymiennych (IEX, od akronimu w języku angielskim *Ion Exchange Resins*) regenerowanych kwasem siarkowym. Kwaśny roztwór poregenera-

cyjny przetwarzano przy użyciu nanofiltracji (ANF, od akronimu w języku angielskim *Acidic Nanofiltration*) w celu wydzielenia strumieni permeatu, którym był odzyskany kwas siarkowy (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), i koncentratu, którym był stężony roztwór Cu i Zn. Na koniec Cu oddzielono od Zn za pomocą elektrodopozycji w elektrodzie 3D (3D-ED, od jego angielskiego skrótu *3D-Electrodeposition*), natomiast cynk pozostał w roztworze i został odzyskany w postaci siarczanu cynku (ZnSO<sub>4</sub>). W celu ponownego rozpuszczenia osadzonego Cu i otrzymania koncentratu siarczanu miedzi (CuSO<sub>4</sub>) zastosowano odzyskany kwas siarkowy.



Rysunek 6. Schemat wężła odzysku zasobów



# 05. OSIĄGNIĘTE WYNIKI

Projekt REMINE WATER potwierdził skuteczność uzdatniania ścieków przy użyciu zaproponowanego układu instalacji odzyskiwania wody i zasobów, łączących innowacyjne technologie.

Główne uzyskane wyniki to:

- **Redukcja o 60% stężenia siarczanów i zasolenia w strumieniach odprowadzanych do wód powierzchniowych** przy realizacji instalacji na pełną skalę. Zgodnie z wynikami badania dotyczącego wdrożenia gospodarki o obiegu zamkniętym w firmie Matsa, zmieszanie części permeatu z odwróconej osmozy z częścią produktu konwencjonalnej stacji uzdatniania wody zapewni wodę wysokiej jakości, którą można ponownie wykorzystać w zakładzie wzbogacania rud.
- **Redukcja zużycia słodkiej wody o 50%** przy realizacji pełnowymiarowej instalacji i ponownego wykorzystania wysokiej jakości wody wytwarzanej w procesie odwróconej osmozy.
- **Odzysk 95% wody ze strumieni zatężonych technologią odwróconej osmozy** poprzez wdrożenie gospodarki bezściekowej. W trakcie projektu wykazano, że stężenie soli w strumieniu koncentratu z odwróconej osmozy, wynoszące od  $\sim 5 \text{ g/dm}^3$  całkowitej zawartości rozpuszczonych substancji stałych (TDS), można zatężyć w produkowanej solance do  $\sim 100 \text{ g/dm}^3$ .
- **Redukcja o 99% zasolenia strumieni zatężonych technologią odwróconej osmozy.** Woda odzyskana w instalacji ZLD, w szczególności kondensat z układu wyparnego, stanowi dostępne dla kopalni wtórne źródło wysokiej jakości wody, o stężeniu TDS niższym niż  $0,01 \text{ g/dm}^3$ .
- **Odzysk produktów ubocznych do ponownego wykorzystania wewnątrz zakładu, co oznacza oszczędności ekonomiczne.** Produkt otrzymany na etapie zmiękczenia z węglanu wapnia i wodorotlenku magnezu można zastosować do podniesienia pH na niektórych etapach konwencjonalnej oczyszczalni, częściowo ograniczając w ten sposób stosowanie wapna.

- **Redukcja zużycia energii elektrycznej i emisji CO<sub>2</sub> o 64%**, w porównaniu z konwencjonalnymi procesami wyparnymi, poprzez integrację odnawialnych źródeł energii. Ponadto zmiana ta skutkuje 50% redukcją kosztów operacyjnych tego aparatu.

Ponadto, zastosowanie instalacji odzyskiwania surowców umożliwiło osiągnięcie następujących wyników:

- **Odzysk 50% kwasu siarkowego w procesie nanofiltracji.** W warunkach badań otrzymany kwas siarkowy można było ponownie wykorzystać do regeneracji żywicy w procesie wymiany jonowej lub rozpuszczania miedzi w procesie elektrodepozycji.
- **Odzysk 95% miedzi i 50% cynku w żywicach jonowymiennych.** Obydwa pierwiastki ulegają czterokrotnemu zatężeniu w procesie nanofiltracji. Na koniec cynk oddziela się od miedzi w aparacie do elektrodepozycji. W rezultacie stężone produkty osiągają stężenie  $\sim 28 \text{ g/dm}^3$  Zn i  $\sim 80 \text{ g/dm}^3$  Cu, w postaci siarczanów. Oba produkty można stosować jako odczynniki na etapie flotacji w zakładzie wzbogacania rud. Dotychczas zasoby te marnowały się i były wyprawdane wraz z osadami wytwarzanymi w konwencjonalnej oczyszczalni ścieków.

Przeprowadzona ocena możliwości powielenia obu ciągów technologicznych w innych europejskich zakładach górniczych i hutniczych, uwzględniająca kwestie techniczne, ekonomiczne a także ramy prawne i regulacje środowiskowe, pozwoliła zidentyfikować potencjalne lokalizacje, zarówno w Hiszpanii jak i w Polsce, w których istnieje realna możliwość wdrożenia zaproponowanego rozwiązania bezodpadowego. Ponadto zidentyfikowano również inne gałęzie przemysłu, takie jak przemysł nawozowy do oczyszczania solanki lub hydrometalurgia do odzyskiwania metalu, dla których możliwa jest adaptacja proponowanego rozwiązania. Opracowane zostały również wstępne wymagania instalacji oczyszczania ścieków oraz kosztorys ekonomiczny.



Więcej informacji  
[reminewater.eu](http://reminewater.eu)