

# Ścieki

Highlight publication • Water Technology Advisory EU in Poland

## W PUBLIKACJI

Oczyszczanie ścieków miejskich i płynący z tego potencjał dla miasta

Ścieki jako źródło czystej energii

Pozyskiwanie zasobów ze ścieków

## ŚCIEKI

Highlight publication • Water Technology Advisory EU in Poland

Wersja 1  
Grudzień 2023

## ZDJĘCIE NA STRONIE TYTUŁOWEJ

Stig Larsen  
Projekt graficzny: Henrik Wedel Sivertsen

## WYDAWCA

State of Green

## PARTNER WYDAWNICZY

Water Technology Advisory EU

## Z UDZIAŁEM

### Rozdział 1

Autor Peter Underlin, Hillerød Forsyning  
Przypadek: Varga (DK)  
Przypadek: Solrødgaard (DK)

### Rozdział 2

Autor Aarhus Water Per Overgaard Pedersen  
Przypadek: NISSEN energy Inc. Thorvald Pedersen  
Przypadek: Aarhus Water Per Overgaard Pedersen

### Rozdział 3

Autor VCS Denmark Per Henrik Nielsen  
Przypadek: Herning Vand PhosporCare  
Przypadek: Billund Vand Thomas Kruse Madsen

## POBIERZ TĘ PUBLIKACJĘ

Pobierz tę publikację oraz inne podobne materiały  
Pod adresem: [www.stateofgreen.com/publications](http://www.stateofgreen.com/publications)

## W CELU UZYSKANIA DALESZYCH INFORMACJI

Aby zamówić kopię tej publikacji bądź otrzymać informacje o innych naszych publikacjach, prosimy o kontakt ze State of Green [info@stateofgreen.com](mailto:info@stateofgreen.com)

## COPYRIGHT NOTICE

© Copyright State of Green 2023



Funded by  
the European Union



# Indeks

<b>1. Oczyszczanie ścieków miejskich i płynący z tego potencjał dla miasta</b>	<b>4</b>
Przypadki: Oczyszczalnie ścieków przyczyniają się do gospodarki obiegu zamkniętego w miejskim cyklu wodnym	6
Przypadki: Solrødgård – w pełni przykryta oczyszczalnia ścieków w harmonii z przyrodą	7
<b>2. Ścieki jako źródło czystej energii</b>	<b>8</b>
Przypadki: Osięgnięcie samowystarczalności energetycznej z naddatkiem 150%	10
Przypadki: Dodatkowo energetycznie działanie oczyszczalni Downers Grove	11
<b>3. Pozyskiwanie zasobów ze ścieków</b>	<b>12</b>
Przypadki: Odzysk fosforu ze ścieków	14
Przypadki: Odzyskiwanie zasobów w przyszłości	15

## ROZDZIAŁ 1

# Oczyszczanie ścieków miejskich i płynący z tego potencjał dla miasta

80% wszystkich ścieków na całym świecie nie jest ani zbierane, ani odpowiednio oczyszczane. Prowadzi to do poważnych negatywnych skutków zarówno w odniesieniu do środowiska, jak i ludzkiego zdrowia. Wobec nowych wyzwań płynących ze zmieniającego się klimatu, gospodarowanie ściekami miejskimi musi przejść od oczyszczania ścieków ku odzyskiwaniu z nich zasobów i energii.

Rosnąca liczba mieszkańców miast oznacza, że oczyszczalnie ścieków (OS) muszą oczyszczać stale rosnącą ilość ścieków, aby chronić zarówno zdrowie mieszkańców, jak i środowisko wodne. Ważne jest, aby oczyszczalnie wielkie i małe spuszczały oczyszczone ścieki bez szkód dla zbiornika, do którego one trafiają, czy będzie to morze, czy mały strumień. Duńskie OS działają w surowym reżimie jakości oczyszczania ścieków. Sektor wodno-kan przez wiele lat opracowywał i doskonalił technologie oczyszczania ścieków w stopniu wysokim (poprzez oczyszczanie pierwotne, wtórne i trzeciorzędne) by zapewnić, że ścieki te nie zagrażają środowisku. W połączeniu z modelem podatkowym, który zachęca OS do oczyszczania ścieków w stopniu większym niż prawnie wymagany sprawiło to, że zawartość szkodliwych substancji w oczyszczonych ściekach wynosi zaledwie 20-70% prawnie dopuszczalnych norm (dane Duńskiego Stowarzyszenia Wodno-Kanalizacyjnego DANVA).

## **Miasta przyjazne dla swoich mieszkańców zależą od efektywnej gospodarki ściekowej**

Gospodarka ściekowa i ich oczyszczanie odgrywa kluczową rolę

w miastach przyjaznych ludziom. Dzięki skutecznemu oczyszczaniu ścieków mieszkańcy miast mogą relaksować się nad brzegami mórz, jezior czy rzek. W Danii nie byłoby niebiesko-zielonych miast, kąpielisk w portach czy innej infrastruktury rekreacyjnej bez dobrze zarządzanej gospodarki ściekami. Zmiany klimatyczne odciskają się coraz większym piętnem na infrastrukturze ściekowej w miastach całego świata. Przed nami wszystkimi stoi wyzwanie zapewnienia wystarczającej wydajności kanalizacji w celu zapobiegania przelewom, zwłaszcza przy intensywnych opadach deszczu. Przy przeprojektowywaniu infrastruktury ściekowej i w celu unikania zanieczyszczeń należy uwzględnić oddzielną kanalizację zbierającą wody burzowe z dróg i innych zanieczyszczonych nawierzchni.

## **Zasilanie miast poprzez odzysk energii**

Zgodnie z ogólnoduńską strategią zielonej transformacji, duński sektor wodno-kanalizacyjny chce stać się neutralny pod względem energii oraz emisji do roku 2030. Aby spełnić te ambicje, w Danii ma obecnie miejsce ekologiczna konwersja sektora ścieków. Punktem wyjścia było skupienie się na efektywności

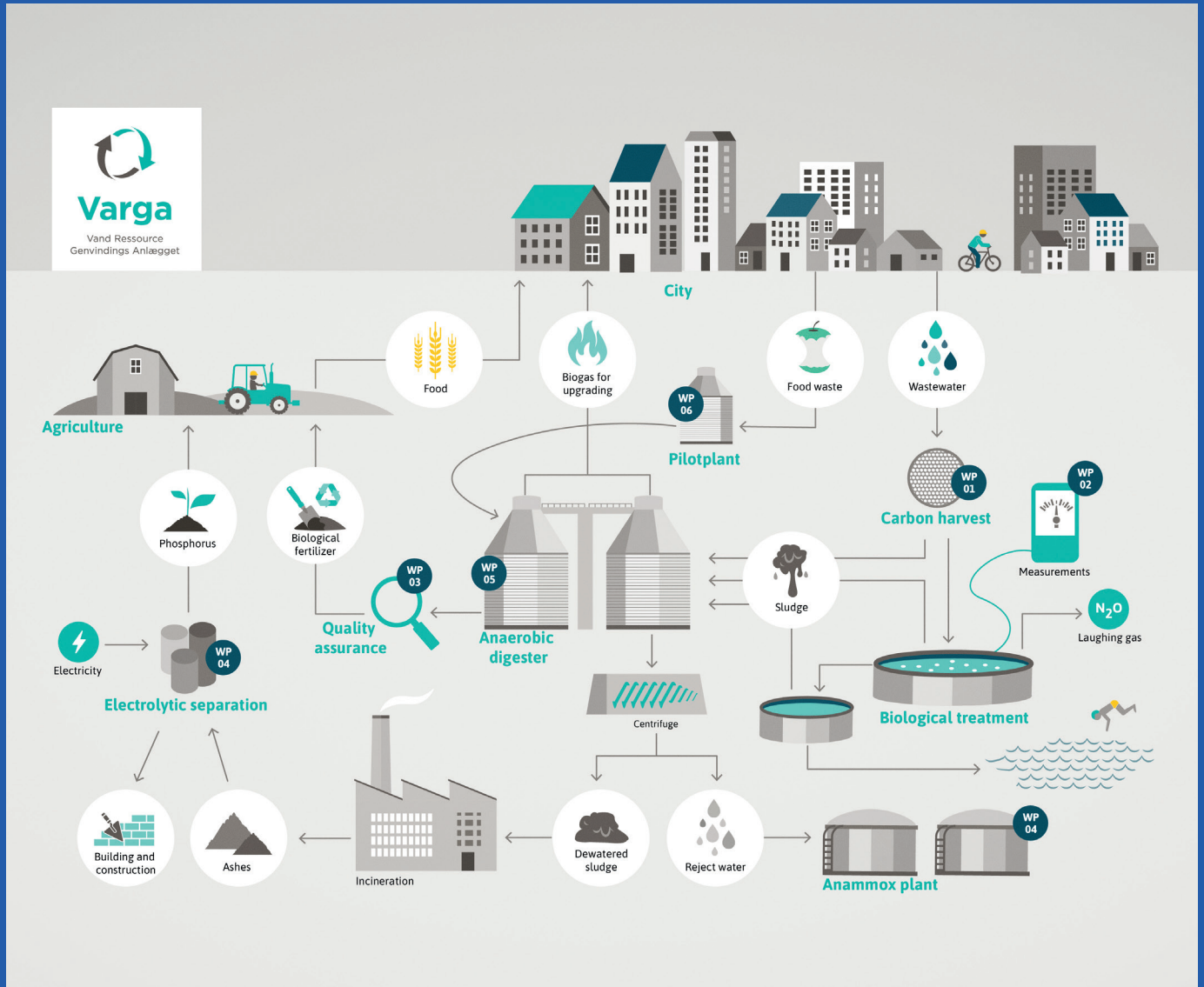


energetycznej i odzyskiwaniu energii. Obecnie kilka zakładów jest producentami energii netto, gdzie osad ściekowy jest wykorzystywany do produkcji biogazu i energii elektrycznej, a nadmiar ciepła jest wykorzystywany w ciepłownictwie. Odzyskiwanie energii za pomocą pomp ciepła jest również nowym obszarem innowacji i rozwoju.

#### **Od oczyszczania ścieków po pozyskiwanie z nich zasobów**

W przyszłości oczyszczanie ścieków musi być zaprojektowane tak, aby dało się z niego nie tylko pozyskiwać energię, ale także rozmaite inne zasoby (np. fosfor). Pozwoli to na włączenie ich do gospodarki o obiegu zamkniętym, przy jednoczesnym zapewnieniu, że szkodliwe substancje nie trafią do przyrody. Traktowanie ścieków jako zasobu jest perspektywą stosunkowo nową, toteż nadal potrzebna jest w tym zakresie nowa wiedza i technologia do odzyskiwania cennych zasobów ze ścieków na skalę komercyjną. Liczne badania w Danii są poświęcone właśnie tej dziedzinie. Zaawansowana technologia membranowa jest już w fazie szybkiego rozwoju, ale nadal potrzebne są nowe technologie specjalistyczne. Technologia sorpcji, która umożliwia pozyski-

wanie niskich stężeń cennych substancji lub zanieczyszczeń, będzie również zajmować ważne miejsce w przyszłych oczyszczalniach ścieków. Należy także wyhodować nowe kultury bakteryjne do produkcji podstawowych chemikaliów. Oczyszczalnie ścieków można zatem postrzegać jako linie produkcyjne, na których pozyskiwane są substancje użyteczne, np. fosfor i amon, a inne produkty są usuwane i dalej przetwarzane, np. materia organiczna do produkcji biogazu lub podstawowych chemikaliów, które można wykorzystać do produkcji wysokoprzetworzonych i kosztownych produktów w przemyśle farmaceutycznym itp. Co więcej, ścieki przemysłowe należy dokładnie sprawdzać, aby upewnić się, że wszelkie cenne ich składniki zostały oddzielone. Oczywiście nie wszystkie substancje w ściekach można odzyskać, jako że niektóre z nich będą trzeba usuwać i degradować ze względu na czystość produktów i odprowadzanych oczyszczonych ścieków.



## Oczyszczalnie ścieków przyczyniają się do gospodarki obiegu zamkniętego w miejskim cyklu wodnym

Oczyszczanie ścieków może znacząco przyczynić się do wdrożenia zasad gospodarki o obiegu zamkniętym w miejskim obiegu wody w metropolii kopenhaskiej. Nowy projekt - VARGA - ma na celu przekształcenie tradycyjnej oczyszczalni ścieków Avedøre (350 000 RLMów) w zakład odzyskiwania zasobów wodnych poprzez wdrożenie kilku innowacyjnych technologii w zakresie oczyszczania ścieków, odzyskiwania składników odżywczych i redukcji emisji gazów cieplarnianych. Główne elementy projektu obejmują filtrację wstępną w pełnej skali, odzyskiwanie fosforu w skali pilotażowej i aktywną redukcję tlenków azotu. W ramach projektu przeprowadzono ocenę cyklu życia i analizę efektywności ekologicznej. Wstępne wyniki pokazują, że całkowita wartość dodana jest wyższa po wdrożeniu koncepcji VARGA w porównaniu do działalności standardowej - bez uszczerbku dla wydajności oczyszczania. Gospodarka o obiegu zamkniętym ma kluczowe znaczenie dla projektu, a zdobyte doświadczenia przyczyniają się do realizacji duńskiego celu krajowego, jakim jest neutralność energetyczna i klimatyczna sektora wodnego w 2030 r., a także agendy ONZ na rzecz zrównoważonego rozwoju.

### Z UDZIAŁEM

BIOFOS, EnviDan, Unisense Environment, ARC oraz DTU Environment ze wsparciem finansowym Danish Eco-Innovation Programme

### LOKALIZACJA

Kopenhaga



## Solrødgård – w pełni przykryta oczyszczalnia ścieków w harmonii z przyrodą

Stara oczyszczalnia ścieków w Hillerød stanęła przed podwójnym wyzwaniem rozrastającego się miasta i skarg na nieprzyjemne zapachy i hałas. Budowa nowej tradycyjnej oczyszczalni poza miastem spowodowałaby, że problem powróciłby za 30 lat. Zamiast tego zbudowano w pełni zadaszoną oczyszczalnię ścieków na obszarze 52 ha, 4 km od centrum miasta. Nowy "Park Klimatu i Środowiska Solrødgård" jest domem dla wszystkich działań zakładu: ciepłownictwa, odpadów, wody i ścieków. Wszystkie procesy są hermetyzowane i wyposażone w zaawansowane systemy kontroli DIMS, które zapewniają maksymalną kontrolę emisji zapachów i podtlenku azotu. Nadwyżka energii trafia do sieci ciepłowniczej i pomaga zastąpić paliwa kopalne. Wizją przyświecającą przy tworzeniu tego parku było czerpanie inspiracji ze zintegrowanych ekosystemów, w których wszystko jest wytwarzane z odnawialnych źródeł energii. Strategią wyjściową zakładu jest pozostawienie dobrze funkcjonujących terenów podmokłych w perspektywie 40-60 lat, na których aspekty biologiczne i rekreacyjne w stosunku do dnia dzisiejszego zostaną wzmocnione. Park zaprojektowano z poszanowaniem otaczającej przyrody, a obszary funkcjonalne stanowią "kieszenie" w krajobrazie przylegającym. W sąsiedniej dzielnicy powstaje szpital, stacja kolejowa oraz osiedle na 5000 domów. Ceny nieruchomości są nawet o 30% wyższe niż w przypadku tradycyjnej oczyszczalni ścieków.

### Z UDZIAŁEM

Hillerød Forsyning, Krüger, Stjernholm, DHI, WSP, Gottlieb Paludan Architects oraz Henning Larsen Architects

### LOKALIZACJA

Hillerød

## ROZDZIAŁ 2

# Ścieki jako źródło czystej energii

Na całym świecie zakłady wod-kan zmagają się z problemem redukcji kosztów zbierania i oczyszczania ścieków. W tym celu należy skupiać się na efektywności kosztowej, poprawie samowystarczalności energetycznej oczyszczalni ścieków oraz ewentualnej sprzedaży nadmiaru energii do sieci. W Danii przekłada się to na oczyszczalnie ścieków będące producentami energii netto oraz na cykl wodny neutralny energetycznie.

Na poziomie globalnym Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) szacuje, że sektor wodny odpowiada za około 4% całkowitego zużycia energii elektrycznej na świecie, a samo oczyszczanie ścieków odpowiada za jedną czwartą tego zużycia. Osiągnięcie celu ONZ polegającego na zmniejszeniu do 2030 r. odsetka nieoczyszczonych ścieków o połowę może zatem wywierać znaczną presję na wzrost zapotrzebowania na energię, chyba że w oczyszczalniach zostanie zastosowana technologia efektywności energetycznej i odzyskiwania energii. W Danii udział sektora wodnego w całkowitym zużyciu energii elektrycznej w kraju spadł do 1,9%, ponieważ coraz więcej przedsiębiorstw zdało sobie sprawę z ogromnego potencjału oszczędności energii i odzysku energii w oczyszczaniu ścieków. Większość oczyszczalni ścieków w Danii zainwestowała w ocenę różnych sposobów zmniejszenia zużycia energii. Obejmują one m.in. wdrożenie systemów monitorowania online i zarządzania energią, zastąpienie napowietrzania powierzchniowego bardziej energooszczędnymi aeratorami dennymi oraz różne podejścia operacyjne.

## Dążenie do samowystarczalności energetycznej

W ostatnich latach duńskie przedsiębiorstwa wodociągowe skupiły się nie tylko na ograniczeniu zużycia energii, ale także na jej produkcji. Pierwszym celem jest zazwyczaj osiągnięcie neutralności energetycznej, a drugim możliwość sprzedaży

nadwyżek energii elektrycznej i ciepłej lokalnym przedsiębiorstwom energetycznym i ciepłowniczym. Niektóre z największych przedsiębiorstw wodociągowych są już na dobrej drodze. W drugim co do wielkości mieście Danii, Aarhus, oczyszczalnia ścieków Marselisborg w latach 2015-2019 produkowała średnio o 30% więcej energii elektrycznej niż sama zużywała. W tym samym czasie oczyszczalnia wyprodukowała o 75% więcej ciepła niż zużyła, co dało całkowitą produkcję energii netto na poziomie 150%. W Odense oczyszczalnia ścieków Ejby Mølle osiągnęła podobny poziom całkowitej produkcji energii netto. Jako kolejny krok, przedsiębiorstwa wodociągowe w obu miastach rozważają teraz odzyskiwanie ciepła ze ścieków przed ich spustem, co przyniesie dodatkową korzyść w postaci zmniejszenia wpływu temperatury ścieków na zbiorniki wodne. „Duńskie przedsiębiorstwa wodociągowe przyczynią się do realizacji duńskiego celu 70% redukcji emisji CO<sub>2</sub> w 2030 r. poprzez zarówno odzyskiwanie energii, jak i i znaczne zmniejszenie zużycia energii podczas oczyszczania ścieków. W Aarhus Vand zmniejszyliśmy emisję gazów cieplarnianych od 2008 roku o prawie 80%. To pokazuje, że systematyczna praca nad optymalizacją zużycia energii może przynieść ogromne korzyści” mówi Lars Schrøder, CEO, Aarhus Vand i wiceprzewodniczący duńskiego rządowego partnerstwa klimatycznego w sprawie odpadów, wody i gospodarki o obiegu zamkniętym.





### **Konkretne rozwiązania uwarunkowane są układami instalacji i kontekstem**

Coraz więcej oczyszczalni ścieków w Danii jest modernizowanych poprzez wprowadzanie nowoczesnych rozwiązań – beztlenowej fermentacji osadów ściekowych lub ich współfermentacji z odpadami organicznymi.

Oczyszczalnie te coraz częściej również wykorzystują wytwarzany biogaz do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Optymalne w danym przypadku rozwiązania zależą od indywidualnego projektu zakładu i możliwości wewnętrznego wykorzystania lub zewnętrznej sprzedaży wyprodukowanej energii elektrycznej lub ciepła. Punkt krytyczny, dla którego wdrożenie fermentacji beztlenowej jest opłacalne finansowo, zależy od rozwoju nowych technologii i zmian w strukturze cen zakupu i sprzedaży energii elektrycznej i ciepła. W Kopenhadze wdrażana jest obecnie technologia pozwalająca na uszlachetnianie biogazu do jakości zbliżonej do gazu ziemnego lub LPG.

### **Celem jest cykl wodny neutralny energetycznie i klimatycznie**

Wprowadzając nowe technologie w celu zmniejszenia zużycia energii i poprawy jej produkcji, przedsiębiorstwa użyteczności publicznej mogą osiągnąć neutralny energetycznie cykl wodny. W tym scenariuszu produkcja energii z oczyszczalni ścieków jest w stanie pokryć zużycie energii związane z wydobyciem wód

podziemnych, uzdatnianiem wody, transportem wody i ścieków oraz oczyszczaniem ścieków. W 2019 r. firma VCS Denmark wykazała 100% produkcję energii netto dla cyklu wodnego w całym obszarze usług dla przedsiębiorstwa, obejmującym wszystkie 8 oczyszczalni ścieków oraz produkcję i dystrybucję wody w mieście Odense, trzecim co do wielkości mieście Danii, w którym mieszka 200 000 osób. Duński sektor wodny wyznaczył wspólny cel, jakim jest osiągnięcie neutralności energetycznej i klimatycznej do 2030 roku. W 2020 r. cel ten został włączony do krajowych planów klimatycznych rządu.

### **Analizy porównawcze i innowacyjność prowadzą do obniżenia kosztów**

Innowacje w zakresie optymalizacji oczyszczania ścieków i efektywnych kosztowo rozwiązań zarówno w zakresie budowy, jak i eksploatacji infrastruktury są w dużej mierze napędzane przez fakt, że duńskie przedsiębiorstwa wodociągowe podlegają obowiązkowym analizom porównawczym parametrów operacyjnych i efektywności kosztowej w całym sektorze wodnym. Projekty innowacyjne często opierają się na współpracy między organami rządowymi, przedsiębiorstwami wodociągowymi, firmami konsultingowymi, dostawcami technologii, uniwersytetami i instytucjami badawczymi. Duńskie Stowarzyszenie Wodociągów i Kanalizacji (DANVA) co roku przeprowadza również własne dobrowolne analizy porównawcze.



## Osięgnięcie samowystarczalności energetycznej z naddatkiem 150%

W ciągu ostatnich pięciu lat przedsiębiorstwo wodno-kanalizacyjne Aarhus Vand położyło duży nacisk na oszczędność i produkcję energii. W oczyszczalni ścieków w Marselisborg przedsiębiorstwo to wdrożyło szereg energooszczędnych technologii, takie jak zaawansowany system sterowania SCADA, nowa turbosprężarka, oczyszczanie w oparciu o proces anammox, a także zoptymalizowało system napowietrzania drobnopęcherzykowego. Doprowadziło to do zmniejszenia zużycia energii o około 1 gwh/rok, co odpowiada około 25% całkowitych oszczędności. W tym samym okresie poprawiono produkcję energii poprzez wdrożenie nowych energooszczędnych silników biogazowych (CHP), co spowodowało wzrost produkcji energii elektrycznej o około 1 GWH/rok. Ponadto zainstalowano nowy wymiennik ciepła w celu sprzedaży nadwyżek ciepła do sieci ciepłowniczej, co stanowi około 2 GWH /rok. W latach 2015-2019 oczyszczalnia ścieków w Marselisborg produkowała średnio 9,6 MWH /rok, zużywając przy tym 6,4 MWH/rok, co odpowiada produkcji energii netto na poziomie 150%. Większość zainstalowanych technologii ma czas zwrotu krótszy niż 5 lat.

### Z UDZIAŁEM

Aarhus Vand

### LOKALIZACJA

Aarhus



## Dodatnie energetycznie działanie oczyszczalni Downers Grove

Downers Grove Sanitary District w stanie Illinois przeznaczył znaczne środki na zmniejszenie zużycia energii. Poprawa wydajności procesu, w tym automatyzacja zakładu, ulepszenia systemu napowietrzania, modernizacja systemów HVAC i zarządzania budynkiem oraz szeroko zakrojone wprowadzenie falowników doprowadziły do redukcji zużycia energii elektrycznej w oczyszczalni ścieków o 30%. Pozostała energia elektryczna wykorzystywana przez zakład jest produkowana na miejscu przy użyciu systemu kogeneracji zasilanego produkowanym na miejscu biogazem. Biogaz powstaje jest w procesie kofermentacji odpadów spożywczych i osadów ściekowych wytwarzanych na terenie zakładu. Biogaz ten jest następnie wykorzystywany jako paliwo do napędzania silnika i generatora elektrycznego.

Ponadto zakład do swoich procesów technologicznych wykorzystuje ciepło z odzysku ciepła w postaci obiegowej gorącej wody. Przykładowa elektrociepłownia została zainstalowana w 2017 roku, a czas zwrotu inwestycji wyniósł 3,5 roku. Oczekuje się, że całkowite inwestycje w infrastrukturę w wysokości około 5 mln USD będą miały 10-letni okres zwrotu. W 2021 r. zakład wyprodukował wystarczającą ilość energii do zasilania własnej działalności oraz do dostarczania energii do sieci.

### Z UDZIAŁEM

NISSEN energy Inc., Landia and Downers Grove Sanitary District Wastewater Treatment Center

### LOKALIZACJA

Illinois, USA

## ROZDZIAŁ 3

# Pozyskiwanie zasobów ze ścieków

W tradycyjnym podejściu ścieki uważane były za wstydlivy problem. Trzeba było sprostać wciąż rosnącym wymaganiom dotyczącym standardu ich oczyszczania, co wiązało się z coraz wyższymi kosztami. Wykorzystanie zasobów w ściekach tych zawarte jest krokiem w stronę wręcz przeciwną, dzięki któremu oczyszczalnie ścieków stają się zakładami odzyskiwania zasobów.

Myślenie o ściekach jako o zasobie to stosunkowo nowa koncepcja. Jednak obecnie coraz powszechniej uważa się, że związki organiczne w ściekach mogą być zasobem do produkcji energii, składniki odżywcze – zwłaszcza fosforany – da się wykorzystać do produkcji nawozów, a same ścieki daje się oczyścić w takim stopniu, że będzie możliwe jest dużo szersze wykorzystanie – np. w formie szarej wody do splukiwania toalet czy prania.

## Wykorzystanie związków organicznych

Jak opisano w poprzednim rozdziale, materiał organiczny w ściekach można oddzielić i wykorzystać do produkcji biogazu. Od pewnego czasu jest to standardowa procedura w większych oczyszczalniach ścieków, a nowe technologie uzdatniania wody i bardziej wydajny sprzęt do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła zwiększyły ten potencjał. Zawartość organiczna może następnie zostać wykorzystana w produkcji biogazu, jeśli wprowadzone zostaną nowe procesy oszczędzania węgla w celu usunięcia składników odżywczych. Dania ma ogromne doświadczenie w optymalizacji wykorzystania węgla, a obecnie zdobywa również know-how w zakresie odzyskiwania składników odżywczych.

## Odzyskiwanie fosforu z osadów pościekowych

Fosfor jest rzadkim zasobem o dużej wartości dla sektora rolniczego. Fosfor gromadzi się w osadach ściekowych i wewnętrznych strumieniach bocznych, a przy odpowiedniej obróbce

można go pozyskiwać go w formie czystego nawozu. Odzyskiwanie fosforanów w celu stosowania ich jako nawozów daje wiele możliwości zagospodarowania osadów ściekowych, bez marnowania cennego fosforu w postaci niskiej jakości popiołów lub zmieszanego z metalami ciężkimi i mikrozanieczyszczeniami ze ścieków w osadach ściekowych. Produkt fosforowy struwit został zatwierdzony w Danii jako produkt nawozowy. Dwa pełnowymiarowe zakłady w Aarhus stanowią obecnie podstawę do zwiększenia obecnego poziomu recyklingu fosforu z około 15% do 25%. Po ich ukończeniu oczekuje się, że całkowity odzysk fosforu w całym obszarze zlewni wzrośnie do około 22 ton P rocznie, czyli około 0,5 tony nawozu struwitowego dziennie.

Korzyści ze stosowania nawozu struwitowego w porównaniu z osadami ściekowymi są wielorakie. Rozwiązanie polegające na odzyskiwaniu struwitu jako czystego mineralnego nawozu fosforowego ma kilka zalet w porównaniu do stosowania osadów ściekowych na gruntach rolnych:

- **Korzyści dla środowiska: Struwit jest znacznie czystszy od osadów ściekowych pod względem zawartości metali ciężkich. Zawartość typowych problematycznych metali, takich jak ołów, kadm, nikiel, miedź, chrom i cynk jest od 20 do 100 razy niższa w stosunku do zawartości fosforu.**



- **Zmniejszone ryzyko skażenia wód podziemnych:** Fosfor ze ścieków może być wykorzystywany w rolnictwie bez ryzyka skażenia gleby i wód podziemnych poprzez zwiększoną koncentrację metali ciężkich i innych substancji szkodliwych dla środowiska, co umożliwi późniejszą eksploatację wód podziemnych na tym samym obszarze.
- **Większa elastyczność w zakresie użytkowania i przechowywania:** Struwit jest znacznie bardziej elastyczny jako nawóz, ponieważ jest on skoncentrowany, występuje w postaci suchej i można go przechowywać przez dłuższy czas.
- **Korzyści gospodarcze:** Struwit można sprzedawać po dość wysokich cenach (do 335 euro za tonę).
- **Jest on gotowy do stosowania w formie nawozu:** nie ma potrzeby dalszej jego obróbki. Może być stosowany od razu, a w razie potrzeby dostosowania poziomu potasu czy azotu bez problemu można go mieszać z innymi nawozami mineralnymi.
- **Lepiej się sprawdza jako nawóz dedykowany:** struwit wykazuje znakomite właściwości nawożenia określonych roślin i zbóż, które wymagają zwiększonych dawek fosforu czy magnezu. Doskonałymi tego przykładami są pola golfowe i szkółki roślin.
- **Niska rozpuszczalność:** Struwit ma niską rozpuszczalność, dzięki czemu może być stosowany jako nawóz wolno uwalniający się, jako że zawartość fosforu jest uwalniana powoli, zgodnie z potrzebami roślin. Jest to zaleta w przypadku rozsiewania nawozów bez ryzyka ich rozpuszczenia w wodach podziemnych lub powierzchniowych.
- **Niższe koszty:** osady z instalacji odzysku fosforu, o niskiej zawartości fosforu, mogą być stosowane jako biopaliwo bez strat fosforu na popiołach. Koszt odzyskiwania fosforu z popiołu jest o wiele wyższy niż koszt jego odzysku w formie struwitu ze ścieków.

Oparty na struwicie odzysk fosforu jest najnowocześniejszą technologią odzyskiwania fosforu ze ścieków. Technologia ta jest wciąż w fazie rozwoju, a duńskie zakłady oczyszczania ścieków i firmy pracują nad opracowaniem jeszcze bardziej wydajnych rozwiązań procesowych.



## Odzysk fosforu ze ścieków

W 2015 r. przedsiębiorstwo wodociągowe Herning Vand Ltd. otworzyło drugi zakład odzysku fosforu w Danii, który odzyskuje fosfor ze skoncentrowanego strumienia bocznego w oczyszczalni ścieków. Przez kilka lat oczyszczalnia ścieków cierpiąca z powodu odkładania się struwitu w osadach i rurach ściekowych, co powodowało problemy w procesie odwadniania osadów i produkcji biogazu. Oprócz rozwiązania tego problemu, firma Herning Vand chciała wykorzystać potencjał recyklingu struwitu do nawozu rolniczego. W związku z tym zaprojektowano rozwiązanie oparte na kontrolowanym wytrącaniu struwitu, a na podstawie wcześniejszych wyników testów przeprowadzonych przez Aarhus Vand w oczyszczalni ścieków Aaby zbudowano pełnowymiarową instalację odzysku struwitu będącego związkami fosforu. W obu zakładach Struwit jest wytrącany jako „gotowy do użycia nawóz” i sprzedawany firmie nawozowej. Oficjalne zatwierdzenie produktu jako nawozu komercyjnego uzyskano dla struwitu produkowanego zarówno w Herning jak i Aarhus pod nazwą Phosphorcare™. Oczekuje się, że oszczędności operacyjne w oczyszczalniach ścieków i spodziewane przychody ze sprzedaży struwitu spowodują, że czas zwrotu inwestycji wyniesie 10-12 lat.

### Z UDZIAŁEM

Herning Vand, Aarhus Vand, Stjernholm, Grundfos, Norconsult, Suez oraz SEGES

### LOKALIZACJA

Herning i Aarhus, Dania



## Odzyskiwanie zasobów w przyszłości

Billund Biorefinery (BBR) to zakład odzyskiwania zasobów, który integruje zarządzanie odpadami i oczyszczanie ścieków. BBR produkuje czystą wodę, energię dla lokalnych sieci ciepłowniczych i energetycznych, a także wysokiej jakości naturalny nawóz stosowany na okolicznych gruntach ornyc. Obszary zlewni ścieków obejmują zarówno kanalizację burzową, jak i ogólnospławną, a odpady obejmują posortowane odpady organiczne z gospodarstw domowych i lokalnego przemysłu. BBR integruje oczyszczanie ścieków z fermentacją beztlenową i innymi innowacyjnymi procesami, takimi jak Exelys™ (hydroliza termiczna) i Anitamox™ (proces Anammox). Procesy te, wraz z zaawansowanym systemem monitorowania i kontroli online STAR™, minimalizują zużycie energii i maksymalizują jej produkcję oraz jakość ścieków. W rezultacie stężenie substancji odżywczych w ściekach (N, P i ChZT) zostało zredukowane do jednej czwartej poziomu wymaganego przez duńskie przepisy, a zakład działa z 200% nadwyżką energii w stosunku do własnego zużycia. BBR to partnerstwo publiczno-prywatne, wspierane finansowo przez duński program ekoinnowacji (MUDP) i duńską fundację sektora wodnego (VTUF).

### Z UDZIAŁEM

Billund Vand og Energi A/S oraz Krüger Veolia A/S

### LOKALIZACJA

Billund, Dania

Więcej o duńskich rozwiązaniach wodno-kanalizacyjnych,  
więcej informacji o przykładach z całego świata oraz  
możliwość kontaktu z ekspertami na:

[www.stateofgreen.com](http://www.stateofgreen.com)



---

STATE OF GREEN TO PARTNERSTWO PUBLICZNO-PRYWATNE O CHARAKTERZE NON-PROFIT, ZAŁOŻONE PRZEZ:

