

Technologie dla zwiększenia efektywności energetycznej oraz przepustowości oczyszczalni ścieków



Robert Zarzycki

Jacek Stanisław

WaWaTech – WasteWater Technology



Oferowane technologie:
AvN™ BIOCOS® DEMON®
inDENSE™ NuReSys® Triple A™

Triple A[®] – modernizacja osadników wstępnych w celu zwiększonego usuwania węgla i azotu przy jednoczesnym zagęszczeniu odbieranego osadu wstępnego do 6 - 8% SM

Indense[®] – selekcja frakcji cięższej i lżejszej osadu nadmiernego przy pomocy hydrocyklonów na nitce osadu nadmiernego – poprawa opadalności i nitryfikacji

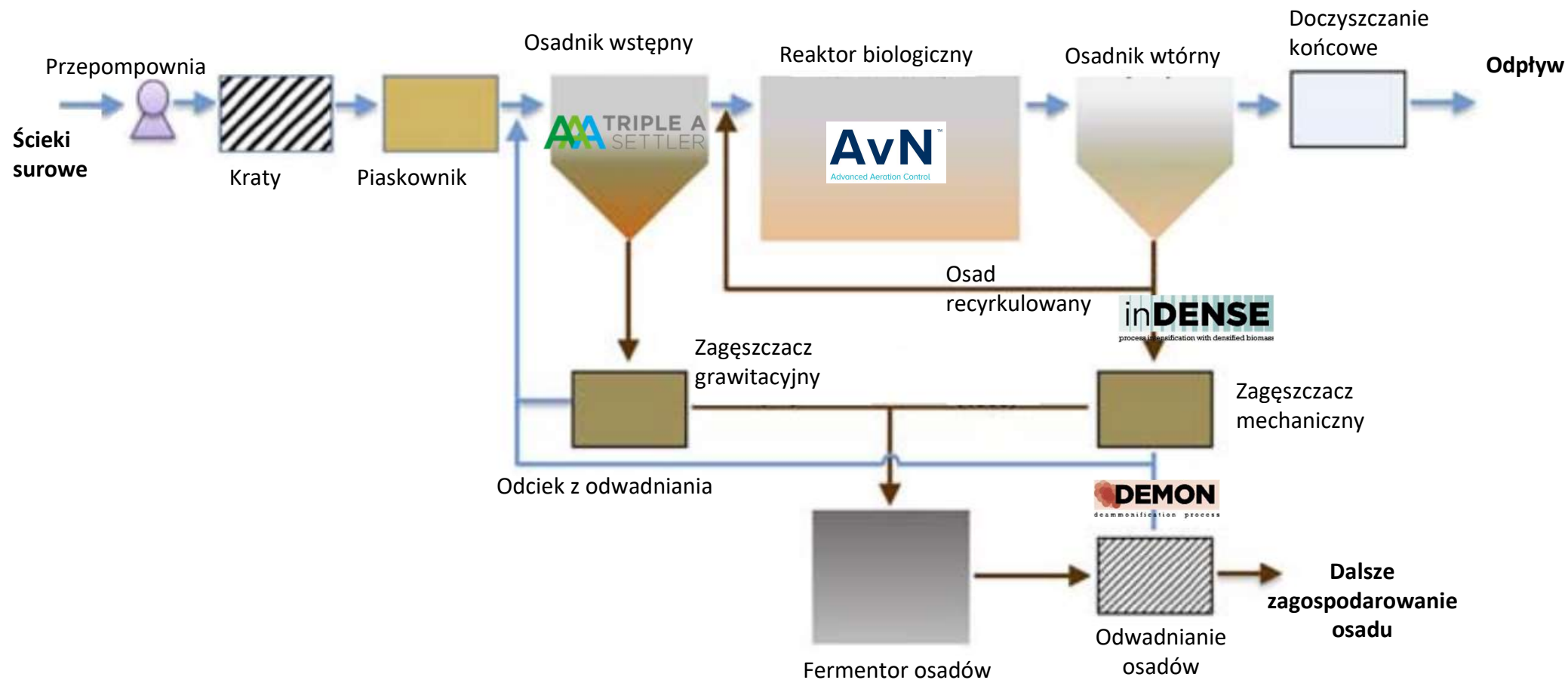
AvN[®] – kontrola napowietrzania oparta na stosunku $\text{NH}_4:\text{NO}_x$

Demon[®] – usunięcie azotu metodą deamonifikacji w odcieku z odwadniania osadów przefermentowanych

NuReSys[®] – wytrącanie struwitu z osadu lub z odcieków po odwadnianiu osadów przefermentowanych poprawa stopnia odwodnienia, zmniejszenie zużycia flokulantów, rozwiązanie problemów z zarastaniem rurociągów i urządzeń



Konfiguracja typowej oczyszczalni ścieków z fermentacją osadów

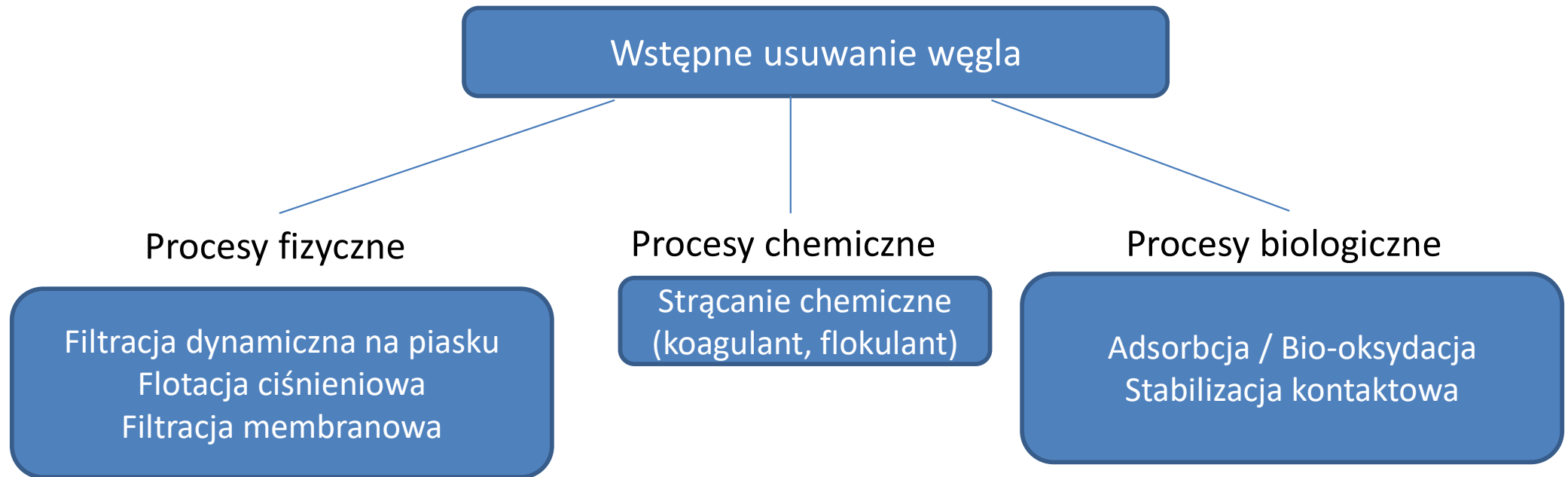


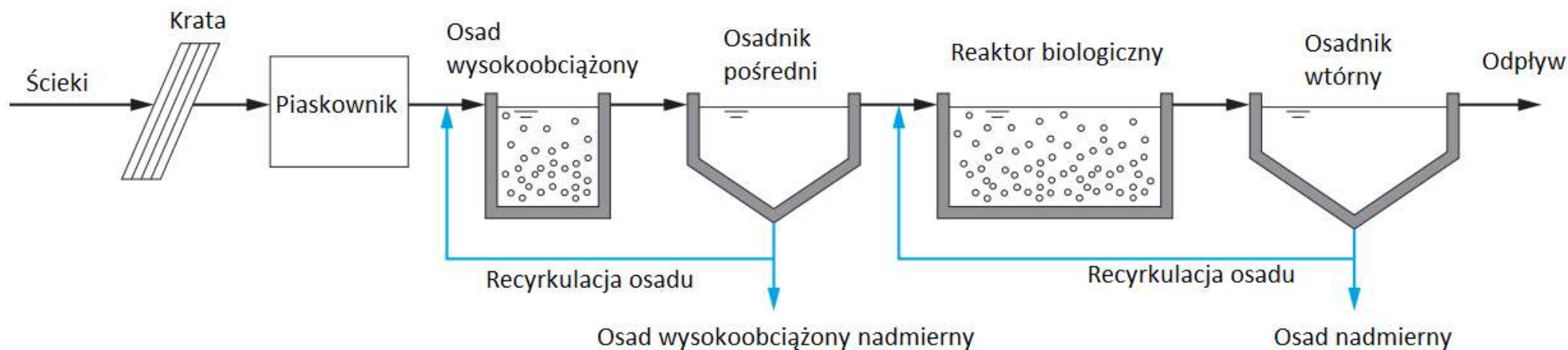
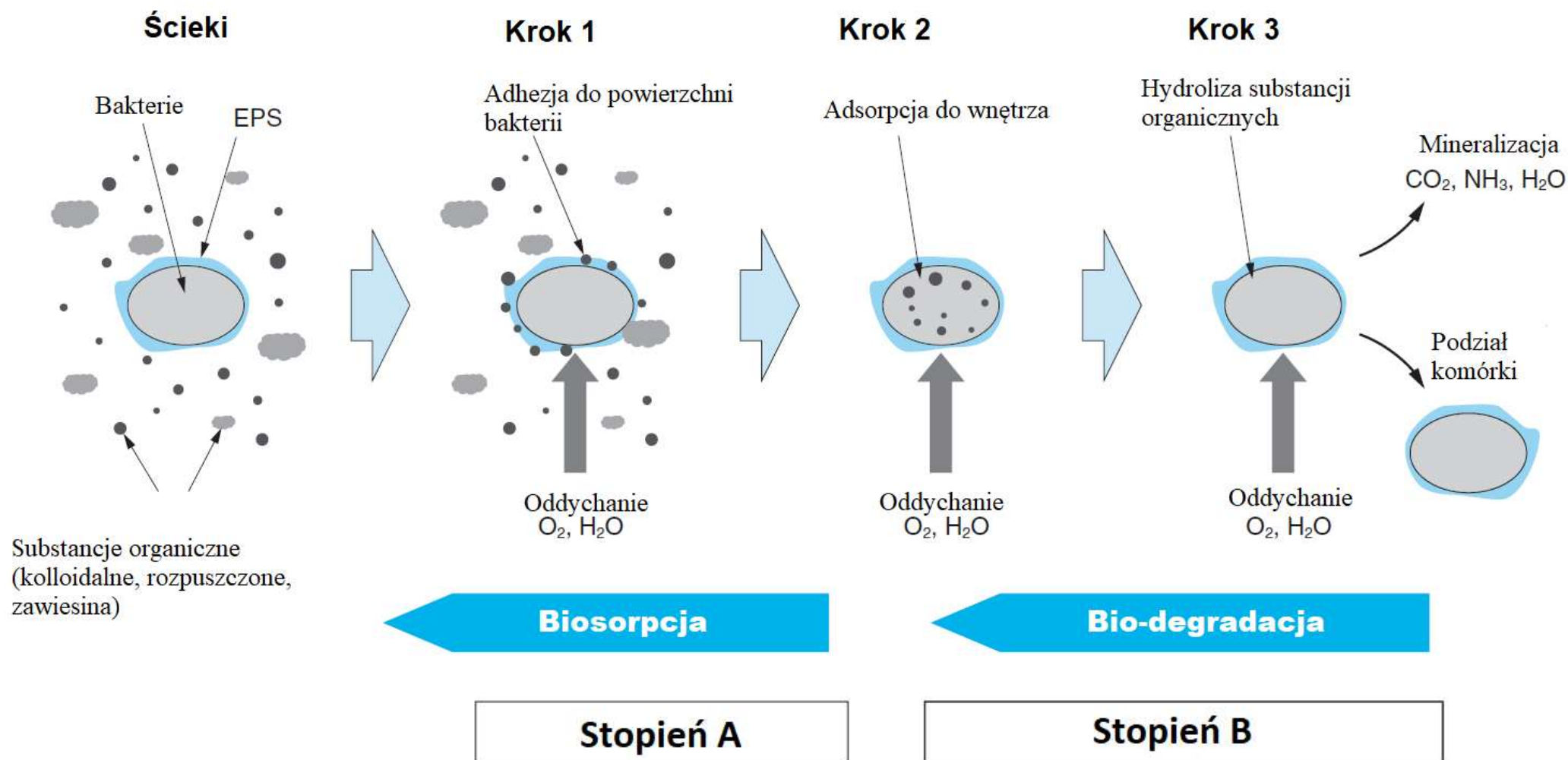
Nowoczesna oczyszczalnia

Główne założenia:

- **zwiększone usuwanie węgla oraz azotu w osadnikach wstępnych, co zapewni:**
 - mniejszy ładunek ChZT oraz N do reaktora biologicznego, co przekłada się m.in. na niższe zużycie energii elektrycznej
 - większa produkcja biogazu (osad wstępny/wysokoobciążony > osad czynny nadmierny)
 - wyższy stopień odwodnienia osadu (min. 3%) ze względu na wyższy udział osadu wstępnego/wysokoobciążonego
 - konieczność zastosowania fermentacji
- **konfiguracja reaktora biologicznego tzw. step feed (kaskadowy) w istn. reaktorach**
 - możliwość przerobienia 20-25% większego ładunku ścieków
 - brak recyrkulacji wewnętrznej
 - brak mieszadeł
 - mniejsze obciążenie osadnika wtórnego osadem czynnym (większe stężenie osadu w przedniej części reaktora)
 - elastyczna kontrola napowietrzania w zależności od stosunku $\text{NH}_4:\text{NO}_x$ (niższe zużycie energii elektrycznej, lepsza biol. defosfatacja, skrót azotynowy)
 - Hydrocyklony inDENSE zapewniają bardzo dobrą opadalność osadu, przez to umożliwiają pracę przy większym obciążeniu ładunkiem jak i obciążeniem hydraulicznym
- **usuwanie azotu w ciągu bocznym – deamonifikacja**
 - redukcja 15-20% azotu w ciągu bocznym przy niskim zużyciu energii elektrycznej

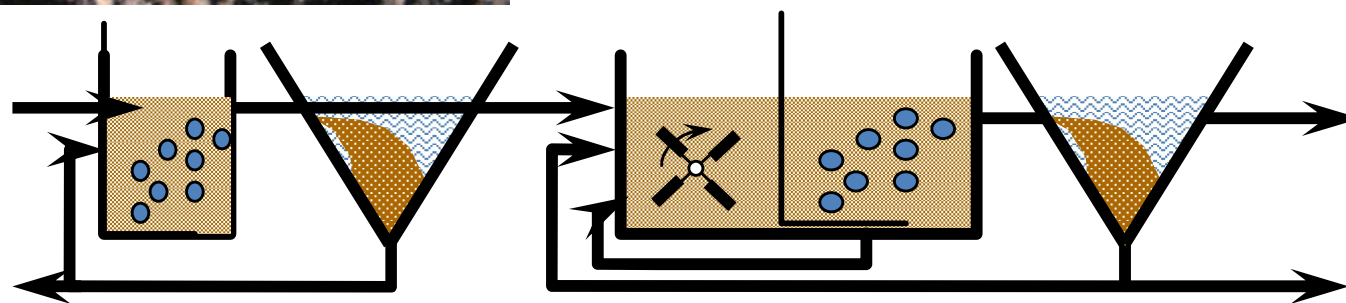
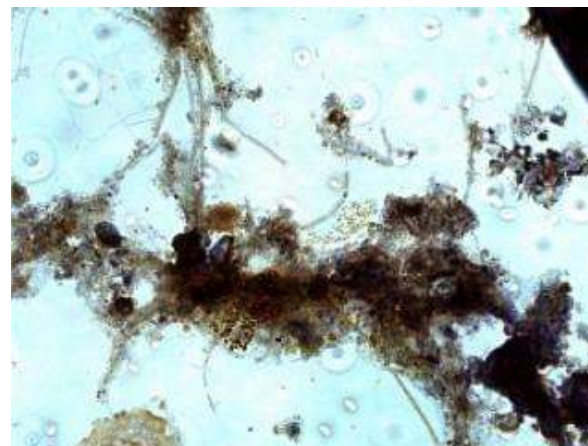
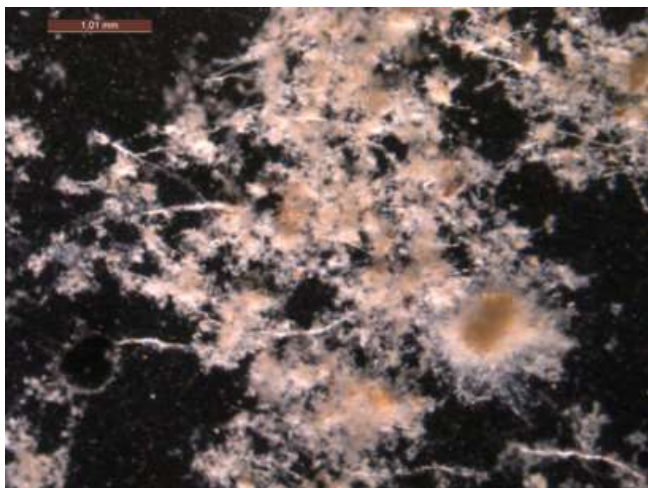
Wprowadzenie do Triple A – Przekierowanie węgla





Wprowadzenie do Triple A - Technologia A/B

popularna w latach 80-tych, zaniechana w latach 90-tych ze względu na konieczność denitryfikacji azotu, obecnie wraca do łask ze względu na możliwość pomiaru online różnych form azotu w celu optymalizacji napowietrzania oraz wprowadzeniu procesu deamonifikacji



Stopień A (Adsorpcja)

60% redukcji CHZT

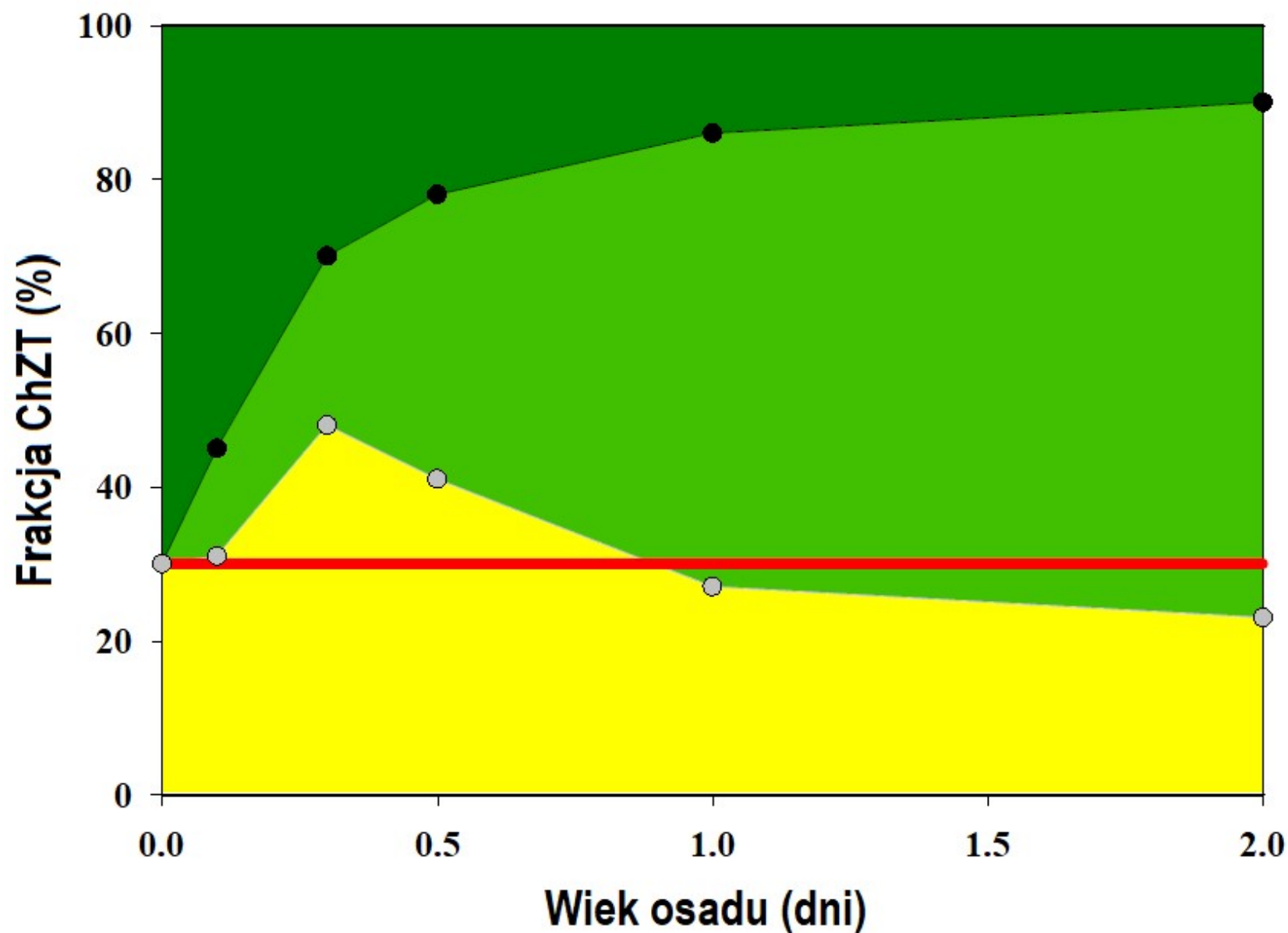
Wiek osadu 0.5 dnia

Stopień B (Belebung = Napowietrzanie)

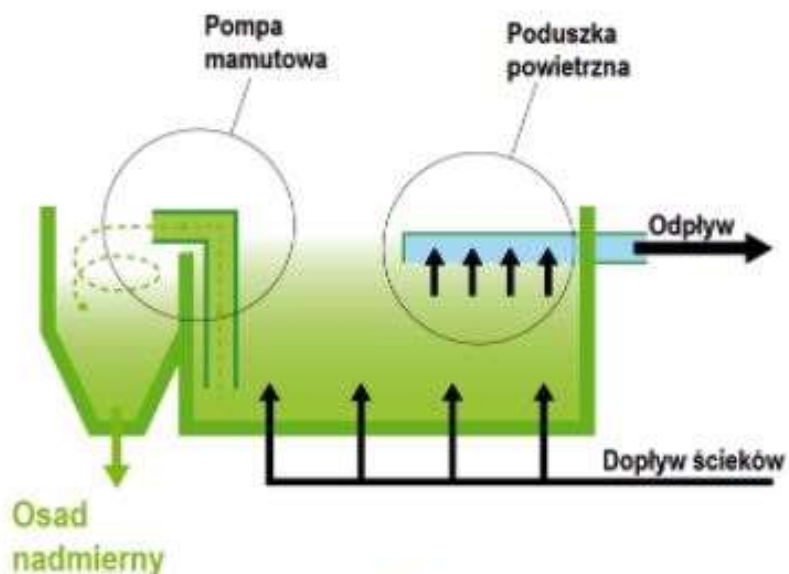
> 80% redukcji azotu

Wiek osadu 10 dni

Redukcja ChZT w zależności od wieku osadu



(—) założona 30% redukcja ChZT w typowym osadniku wstępnym
■ ChZT w odpływie
■ ChZT utlenione
■ ChZT przechwycone w osadzie

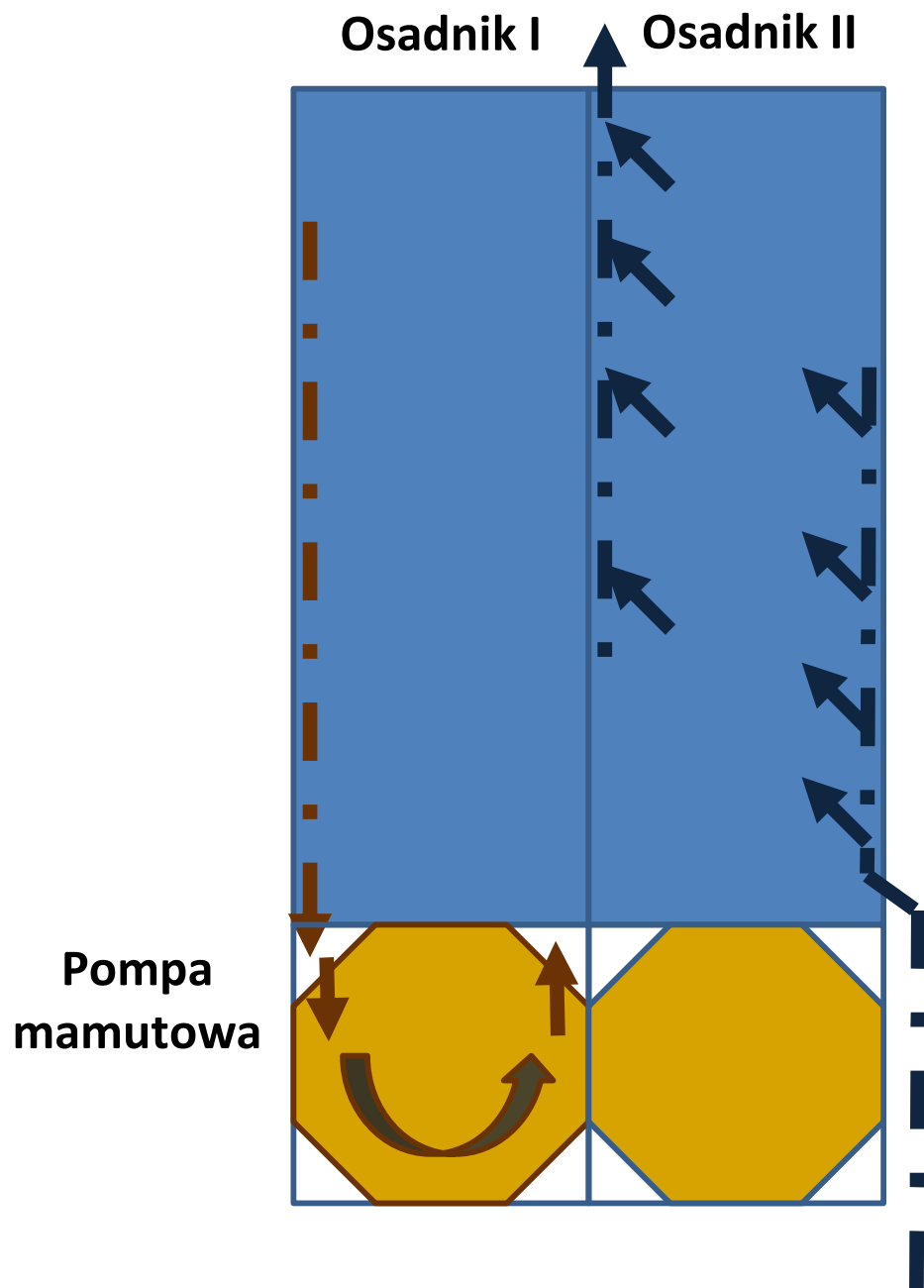


**AA TRIPLE A
SETTLER**

System TripleA - osad wysoko-obciążony (tzw. zmodyfikowany stopień A) ze zintegrowanym zagęszczaczem osadu
Przekierowanie większego strumienia węgla do fermentacji

Triple A to wykorzystanie osadników wstępnych jako reaktorów do pogłębionego usuwania ChZT (do 66%), azotu (do 33%) i fosforu (do 50%). Ścieki przepływają od dna do góry, przechodząc przez złożę osadu gdzie zachodzi proces biosorpcji. Wiek osadu 0.3-0.5 dnia. Osad zostaje zagęszczony w lejach osadowych do 5-6%

Zasada działania

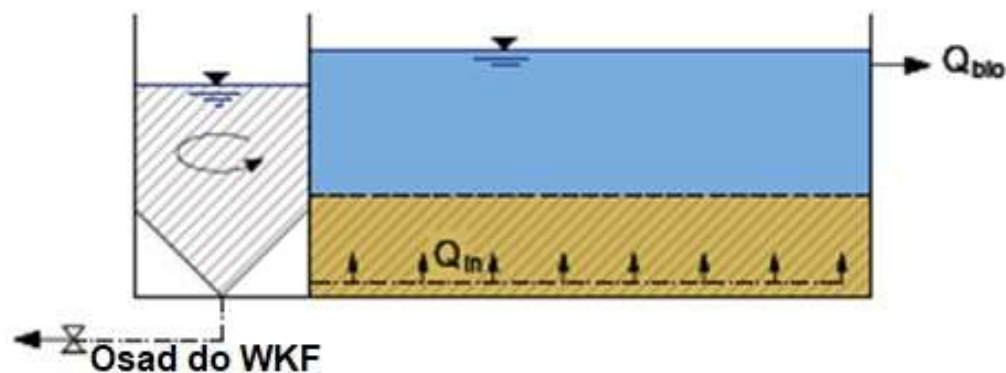


Ścieki naprzemiennie podawane przez 30 minut do każdego osadnika. W aktualnie niezasilanym osadniku zachodzi faza odbierania osadu i napowietrzania. Stały poziom ścieków

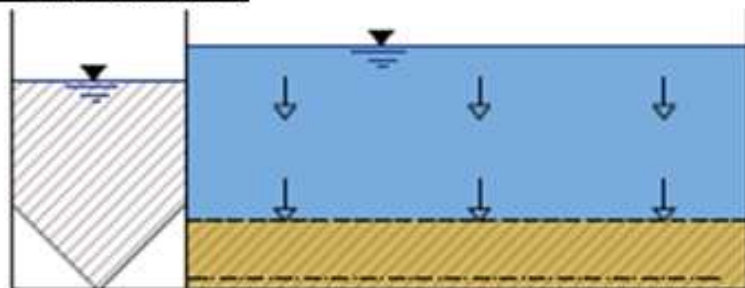


Fazy procesu

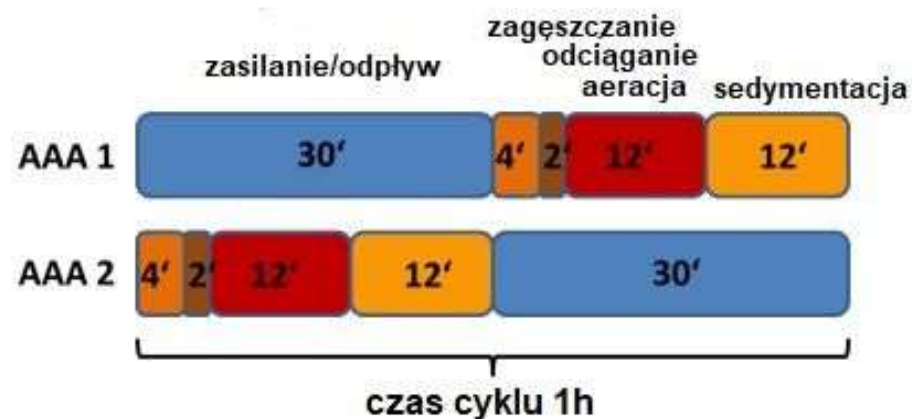
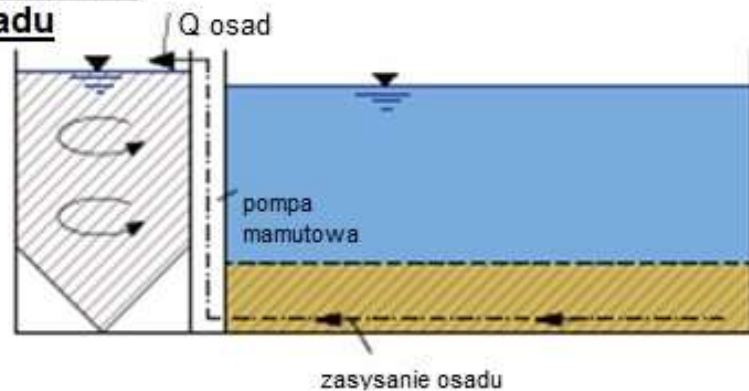
Zasilanie/odpływ



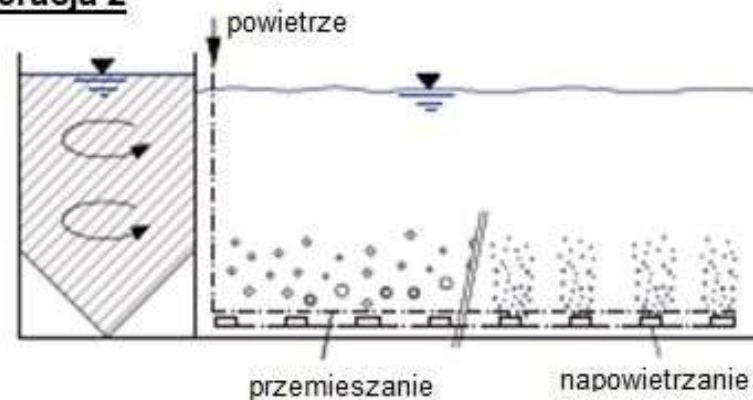
Sedymentacja 1



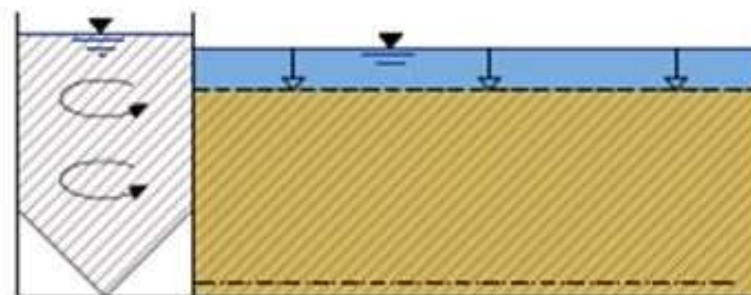
Odciąganie osadu



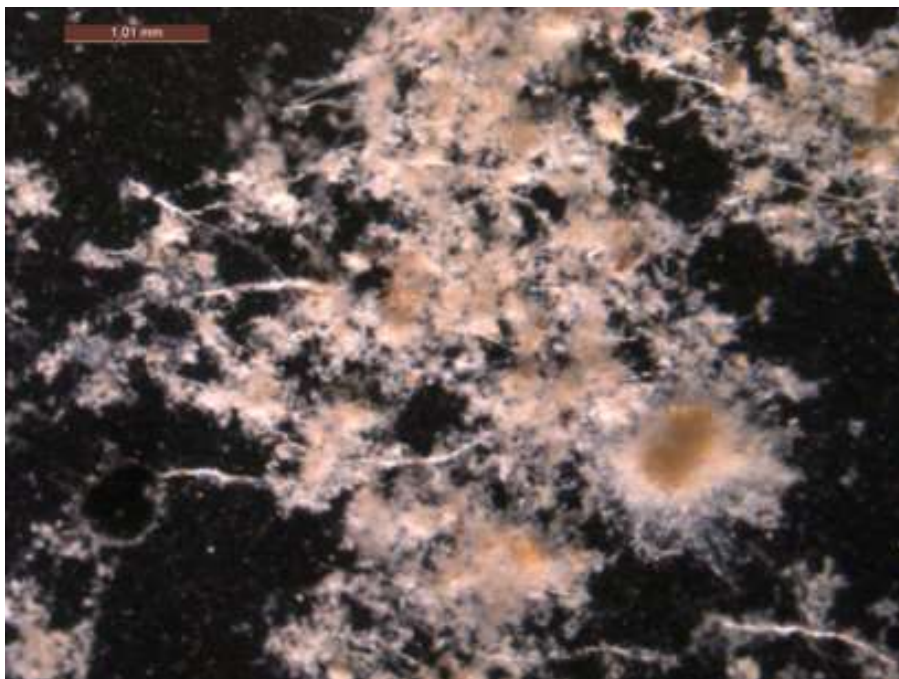
Aeracja 2



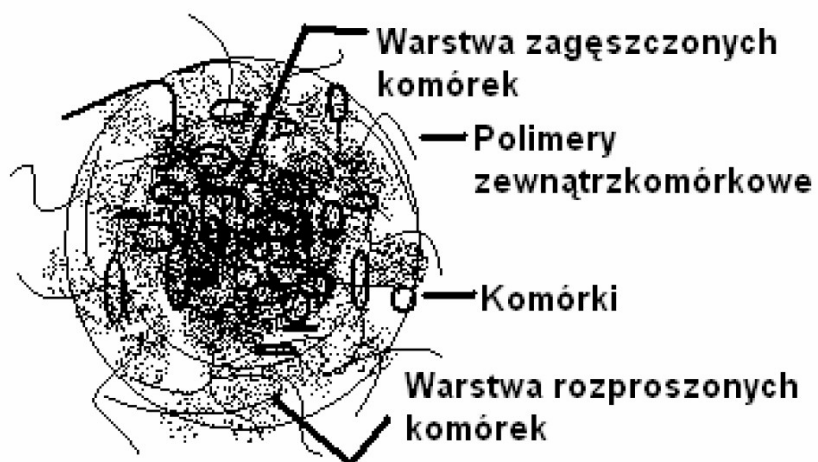
Sedymetacja 2



Skąd się bierze wysoka redukcja ChZT, N oraz P?

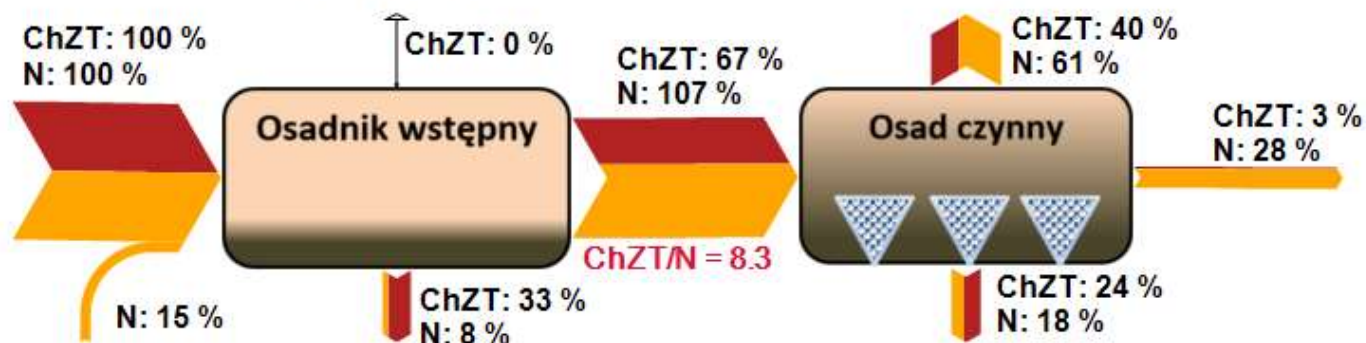


- Wysoka sorpcja zanieczyszczeń na delikatnych kłaczkach wysokoobciążonego młodego osadu (ścieki przechodzą od dołu do góry przez złożę osadu, które działa jako naturalne złożo filtracyjne)
- Osad wysokoobciążony produkuje dużo substancji zewnątrzkomórkowych (**EPS**)
- **EPS** – polimery zewnątrzkomórkowe są to produkty metaboliczne akumulowane na powierzchni komórki, które zawierają różnego rodzaju substancje organiczne, takie jak egzopolisacharydy, egzoproteiny, DNA, kwasy humusowe, kwasy uronowe itd. EPS sprzyjają procesowi żelowania, łączenia się komórek w agregaty i formowania granul. Stanowią one specyficzny rodzaj ochrony dla komórki, mogą być też źródłem łatwo przyswajalnego węgla

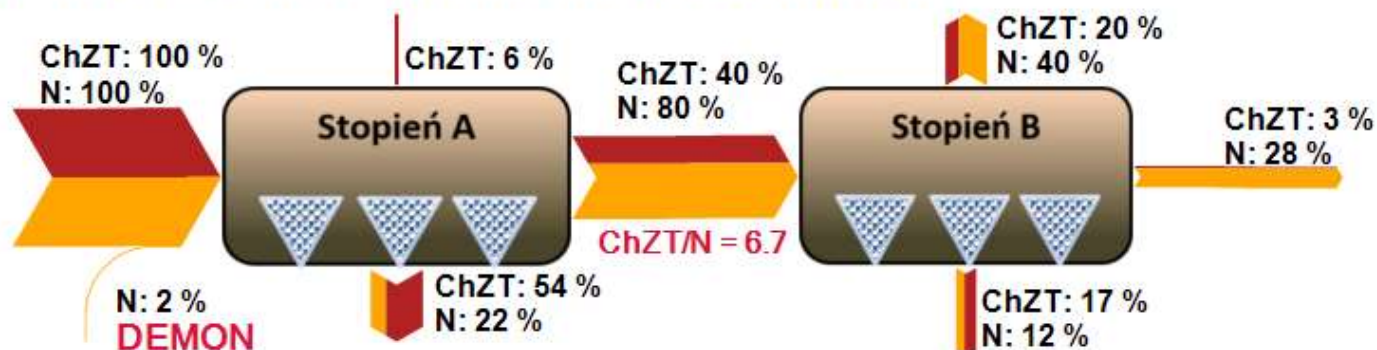


Jak zmieni się bilans masowy po wprowadzeniu Triple A?

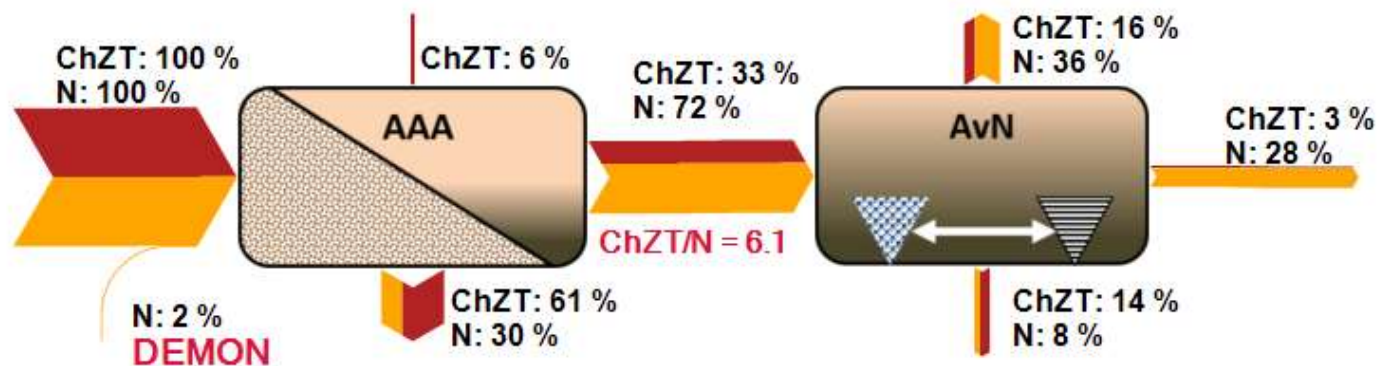
Proces tradycyjny: osadnik + biologia



Proces AB + DEMON na odcieku

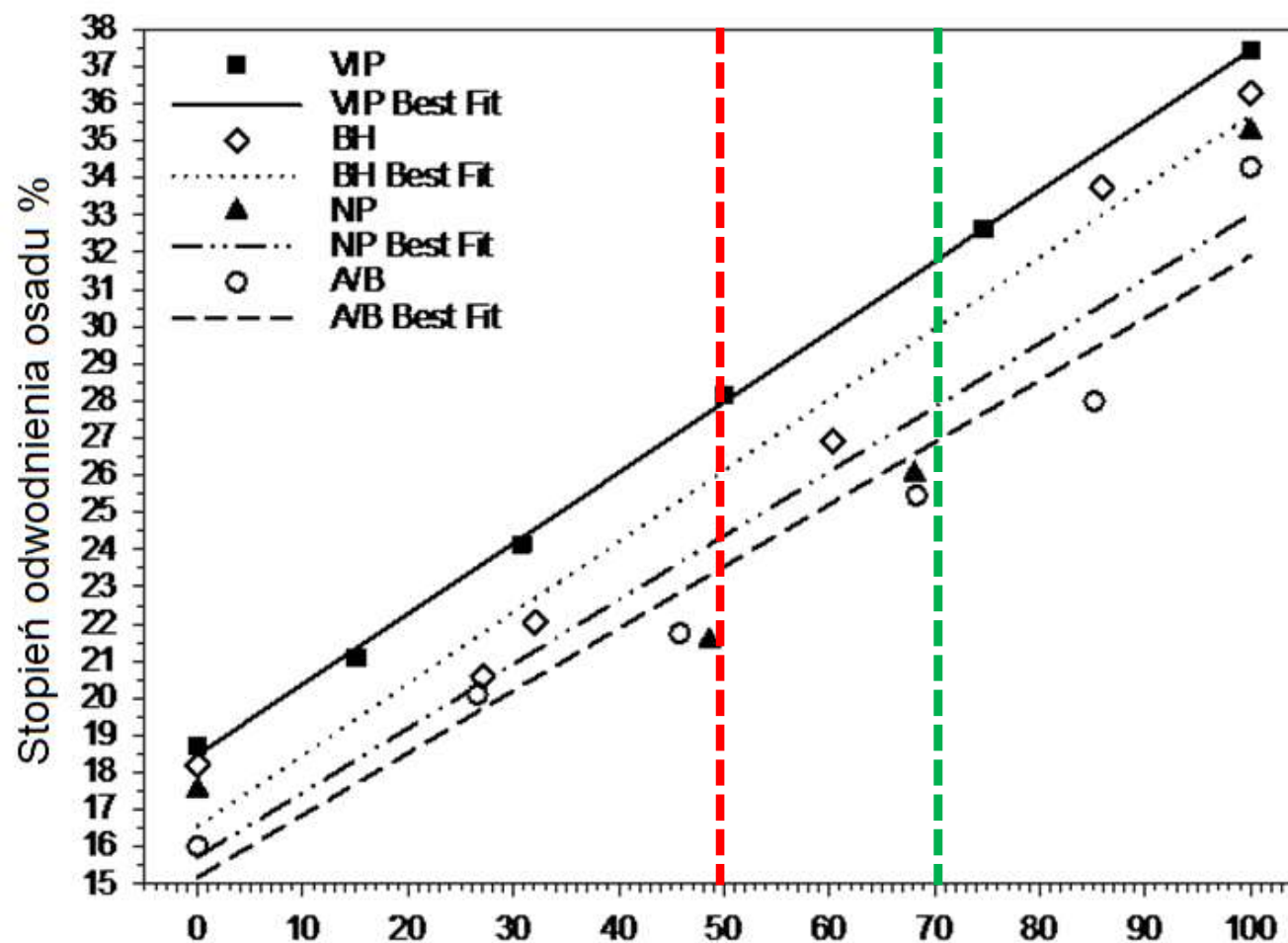


Proces AAA + DEMON na odcieku



Co daje TripleA w kwestii osadowej?

- Poprawę stopnia odwodnienia przefermentowanego osadu o ok. 3% tylko dzięki zwiększonemu udziałowi osadu wstępnego w stosunku do osadu czynnego (70:30 vs 50:50 w typowej oczyszczalni)



Udział procentowy osadu wstępnego lub wysokoobciążonego w stosunku do osadu czynnego (0% znaczy, że odwadniany jest tylko osad czynny nadmierny z reaktora biologicznego)

Co daje TripleA w kwestii osadowej?

- Ze względu na wykorzystanie lejów osadowych w osadnikach wstępnych i zabudowaniu ich ścianką osad jest zagęszczony do 5 - 6% SM dzięki czemu można zrezygnować z oddzielnej stacji mechanicznego zagęszczania osadu wstępnego przed dodaniem do fermentacji – ilość usuwanego osadu z osadnika regulowana jest przy pomocy pomiaru online, opcjonalnie możliwość także zagęszczania osadu nadmiernego

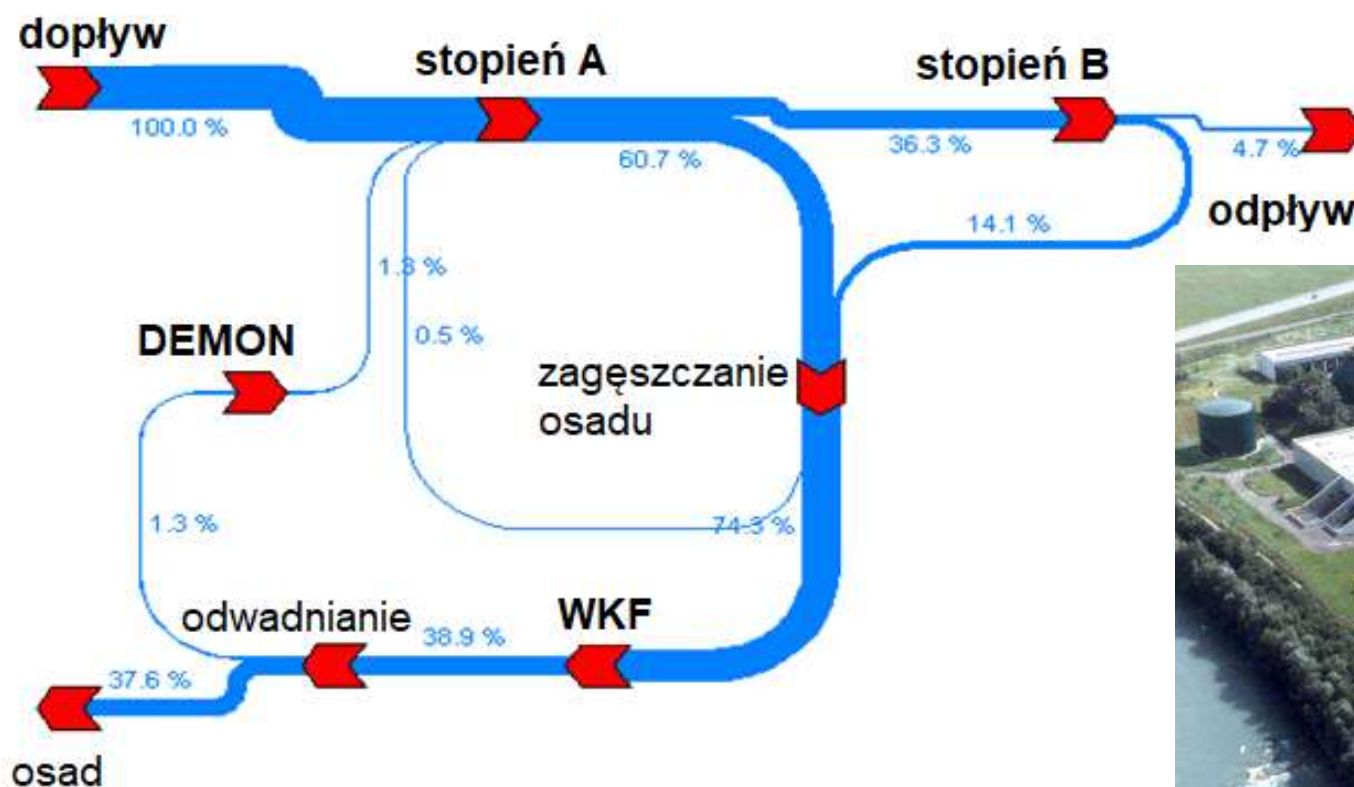


Referencja – Strass im Zillertal (Austria – 250.000 RLM)



Przykład oczyszczalni w systemie A/B

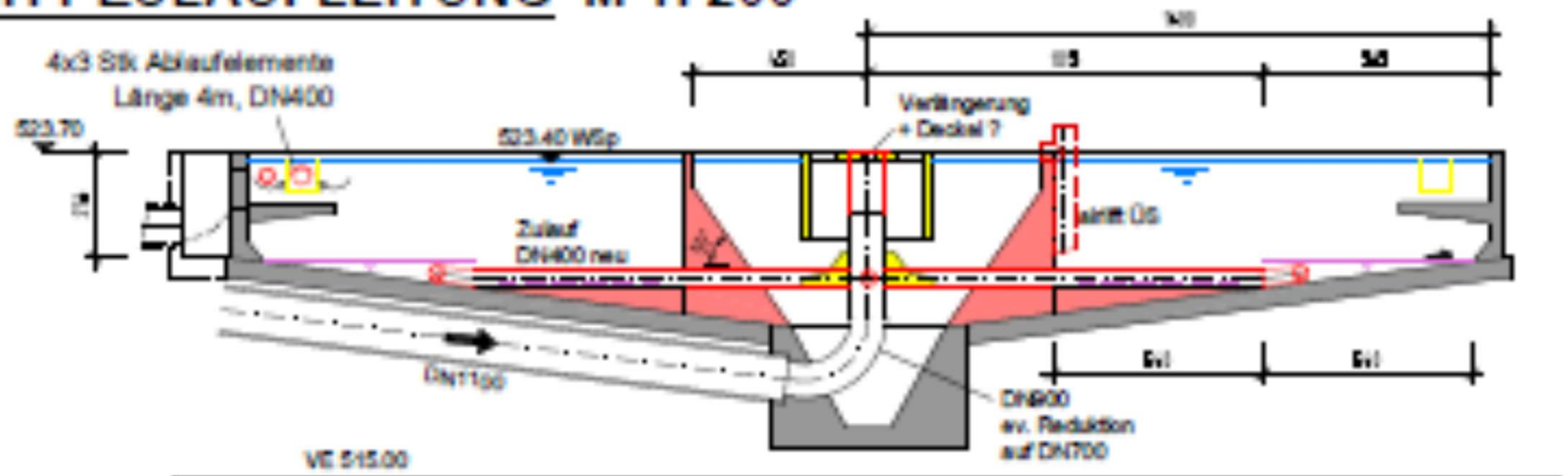
- OŚ Strass am Zillertal wybudowana na początku lat 90-tych w trybie A/B (200.000 RLM)
- W momencie rozruchu zastrzono limity azotu na odpływie
- Od lat 90-tych badania skupione na usuwaniu azotu z odcieków
- Pierwszy reaktor DEMON wprowadzony w roku 2004 w zbiorniku służącym wcześniej jak jeden z reaktorów wysokoobciążonych



Bilans masowy oczyszczalni w Strass Austria

Triple A – Installation Strass

SCHNITT ZULAUFLEITUNG M 1: 200





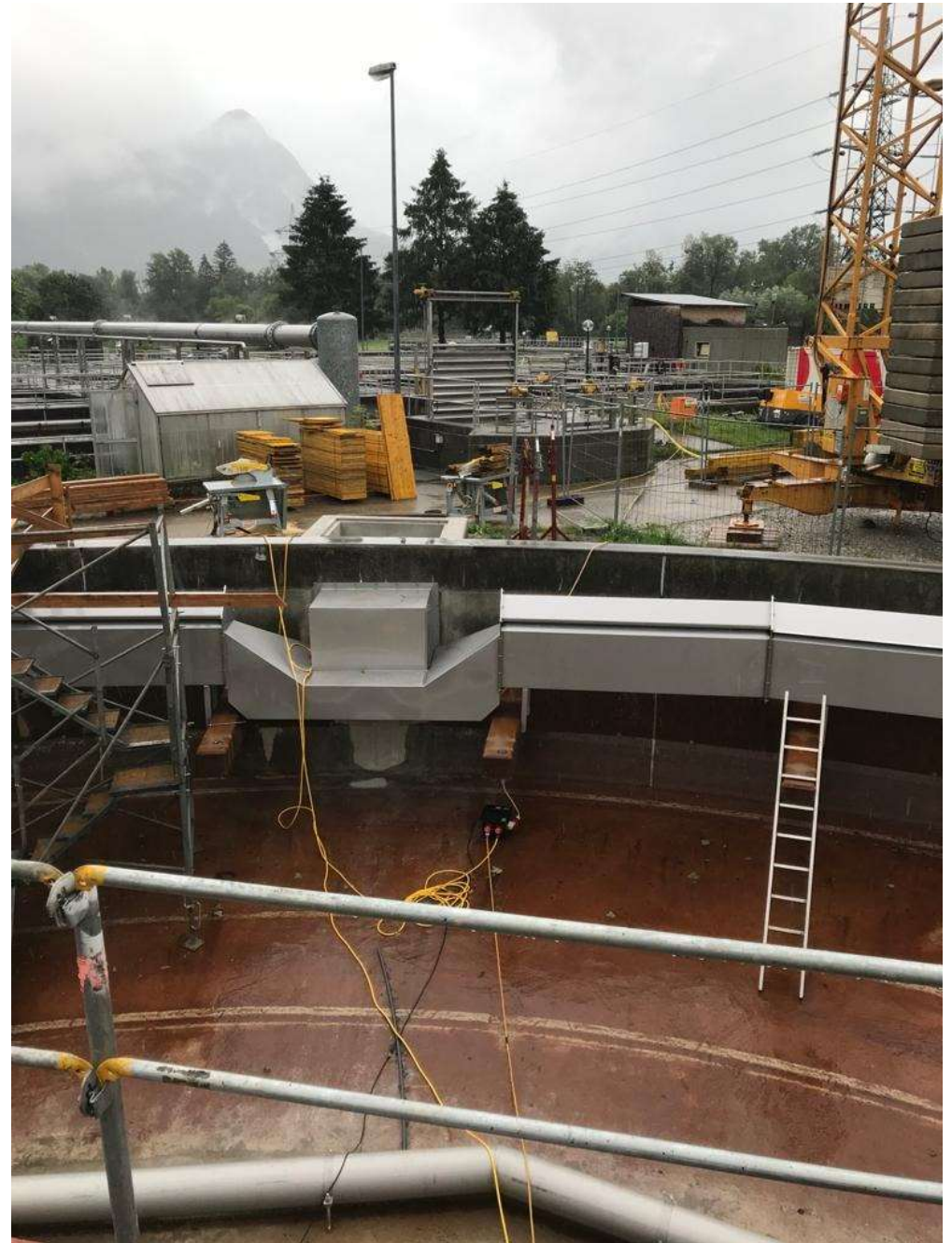
AAA TRIPLE A SETTLER



AA TRIPLE A SETTLER



Strass



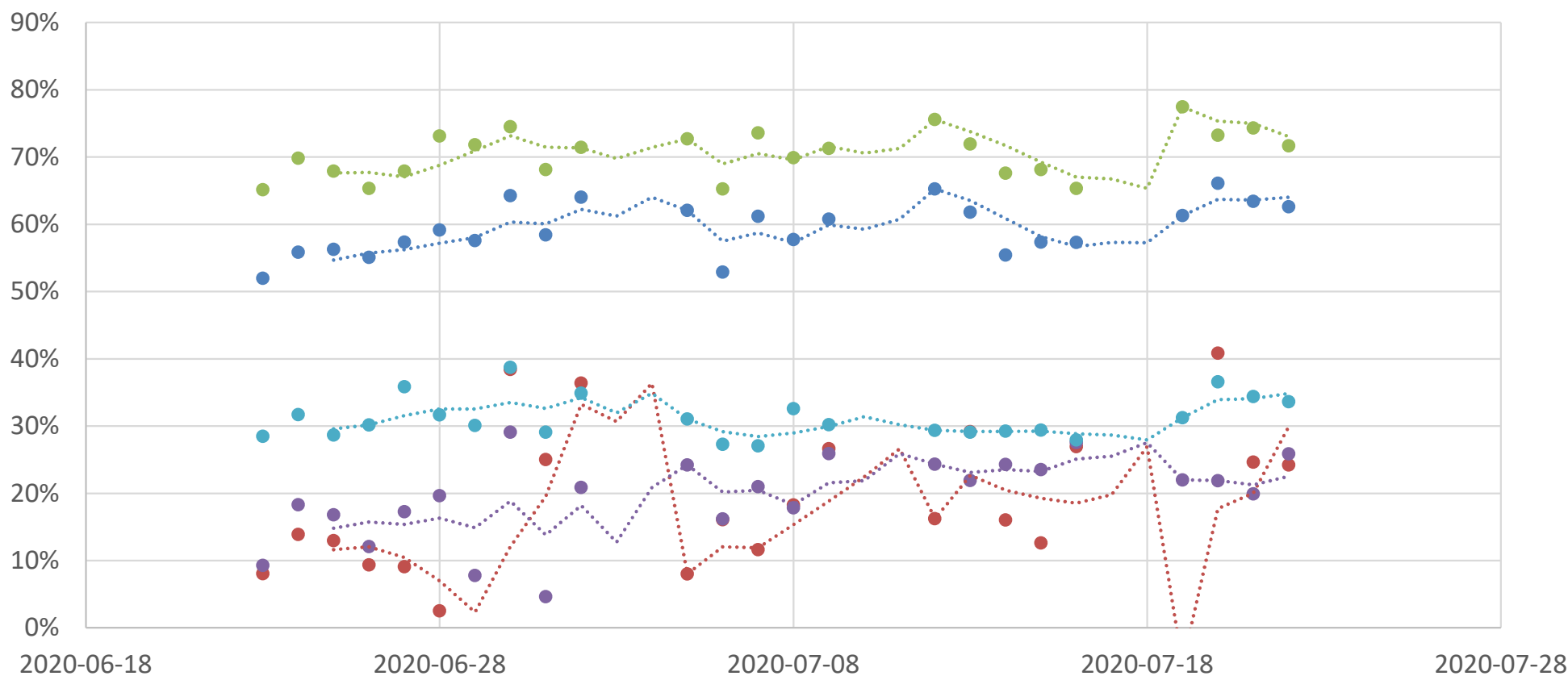
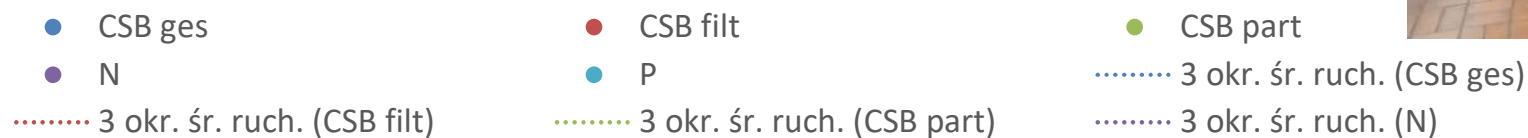
Oczyszczalnia Strass



Redukcja ChZT, N i P w TripleA



Abscheideleistung

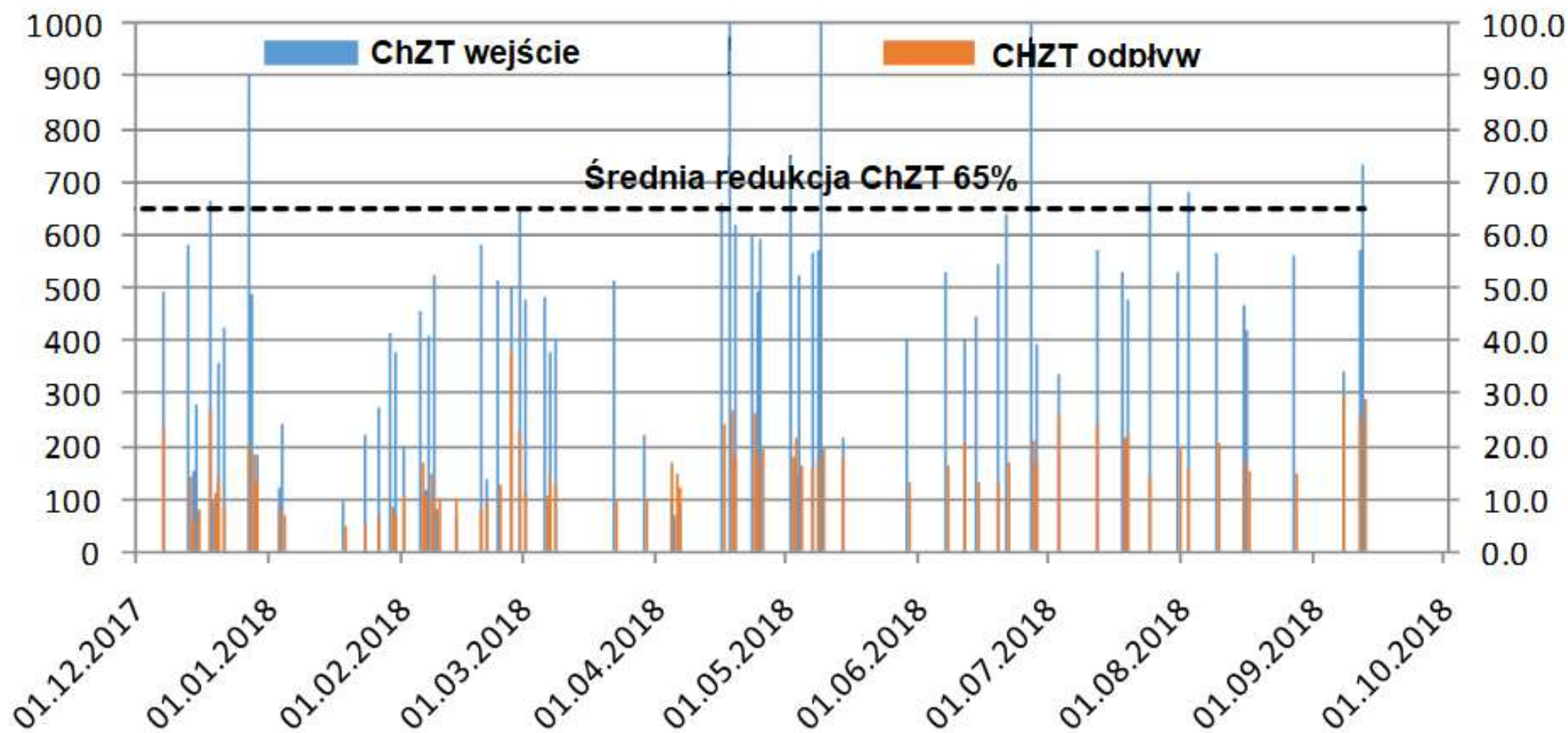




OŚ Rottenburg

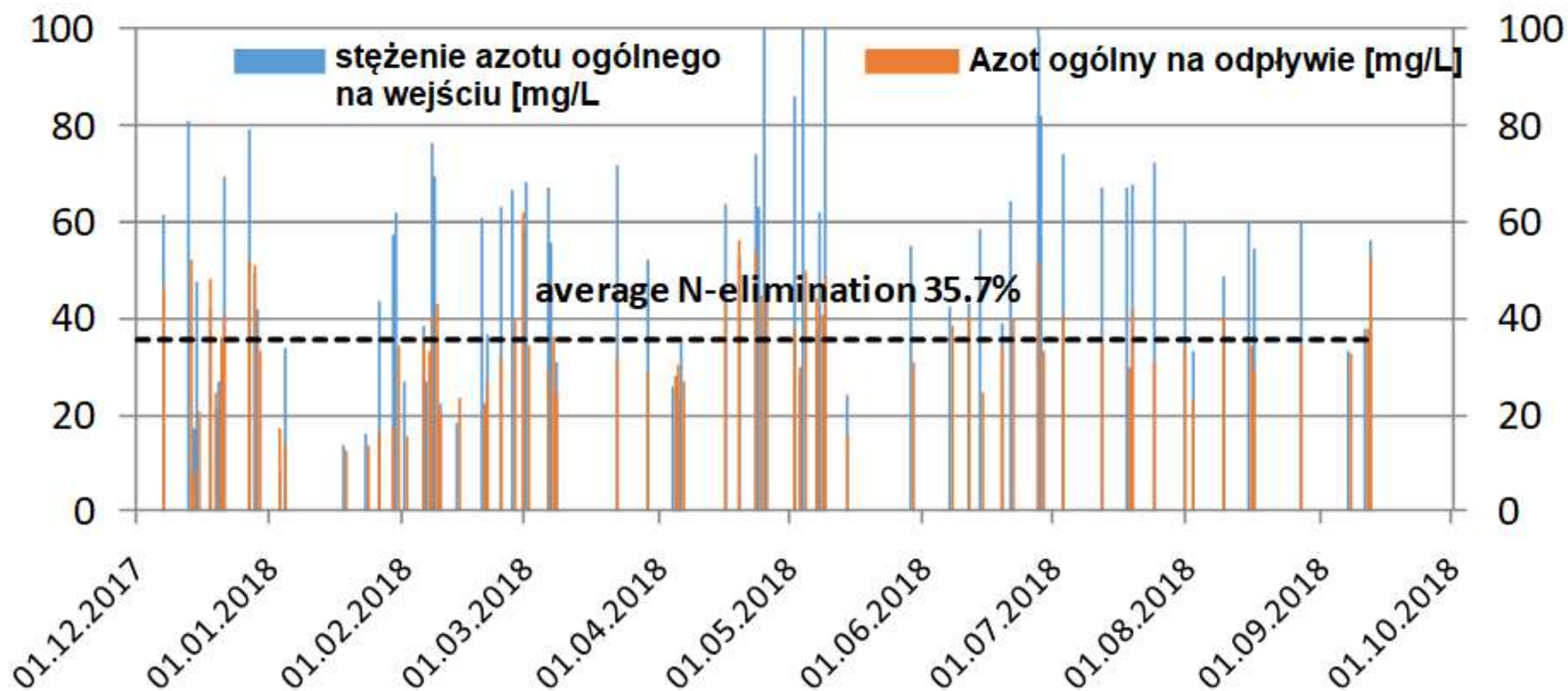


OŚ Rottenburg



Średnia redukcja ChZT na poziomie 65%

OŚ Rottenburg

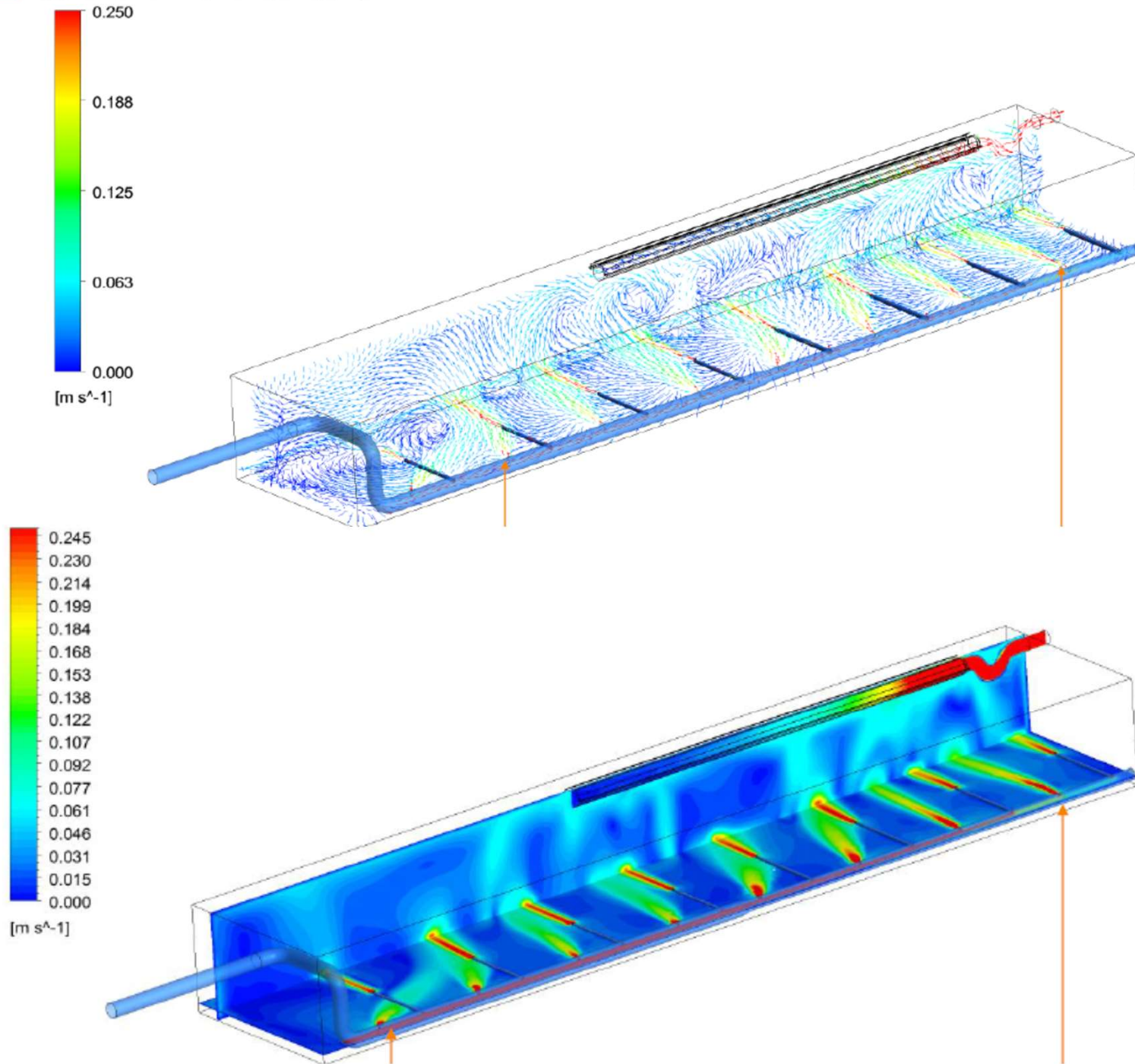


Średnia redukcja azotu ogólnego na poziomie 35.7%

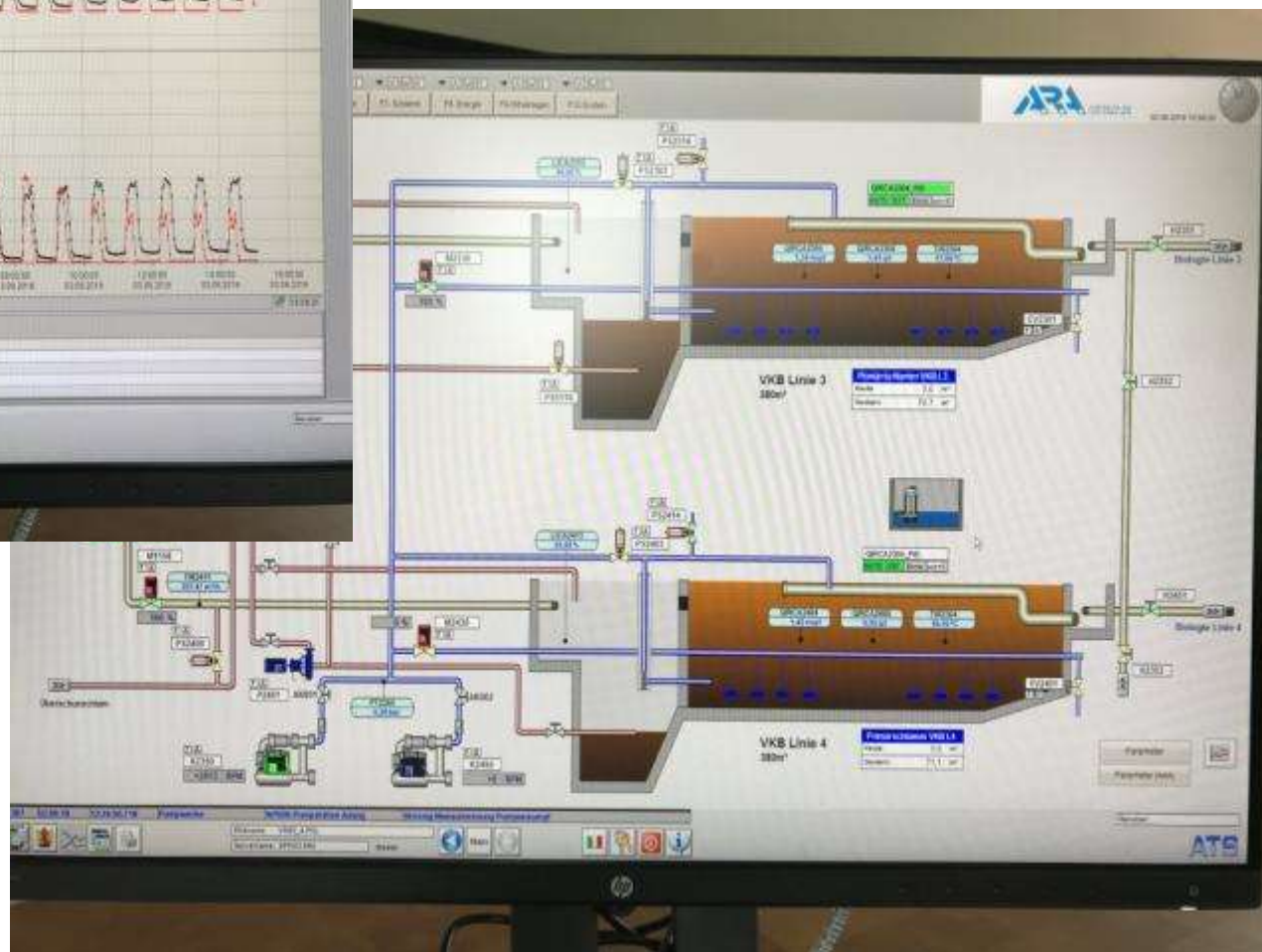
OŚ Sompunt/Alta Badia



CFD-based flow-distribution



OŚ Sompunt/Alta Badia



Czas rozruchu Triple A wynosi tylko **1 dzień** - tyle potrzeba na powstanie bardzo młodego osadu o wieku 0.3-0.5 dnia

Stacja pilotowa TripleA

Objętości:

Reaktor: 24 m³

Zagęszczacz: 3.76 m³



Sprzęt:

2x Dmuchawa: 40 m³/h

1x pompa: 300 m³/d

2x pompa osadu: 3 m³/h

Czujniki: zawiesina, O₂

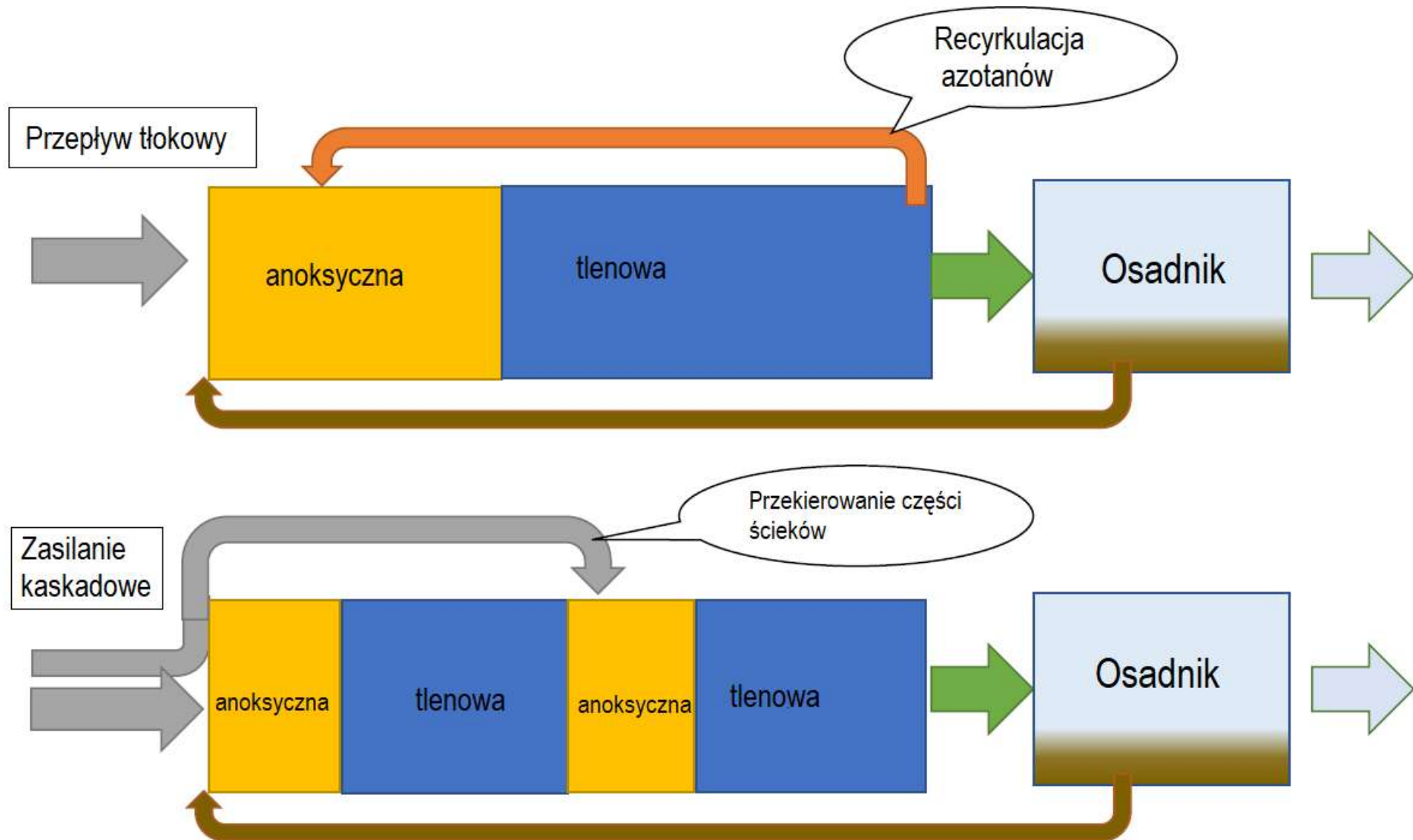


Referencje – zrealizowane i w trakcie projektowania

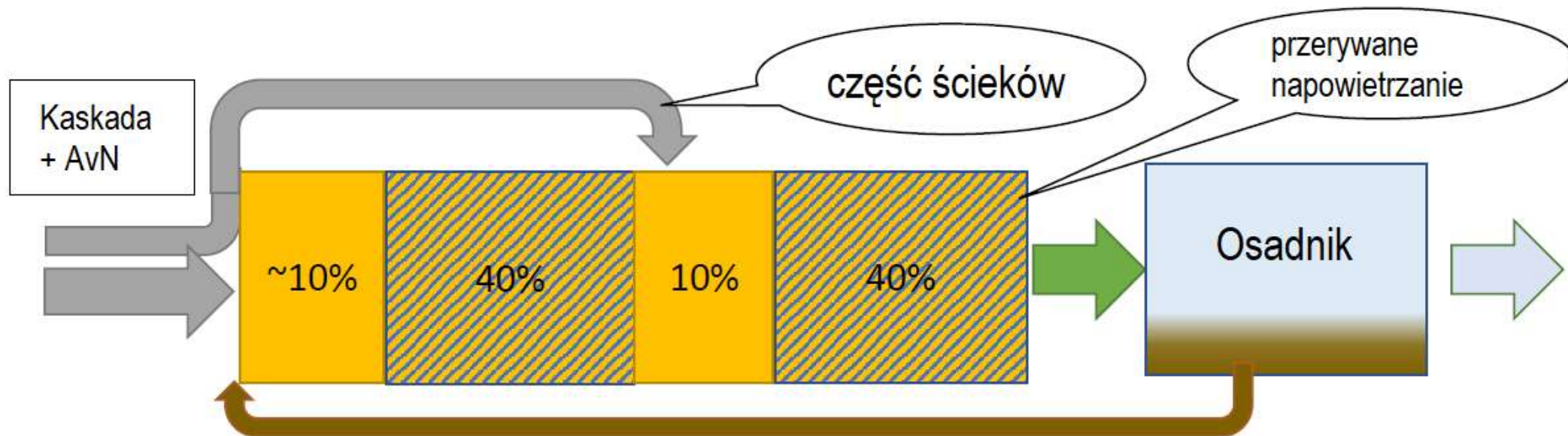
#	Lokalizacja projektu		Ładunek (RLM)	Przepływ (MLD)	Skala	W projektowaniu	
	Miasto	Kraj				W budowie	Operacyjne Dostarczone
1	Rottenburg	Niemcy	50 000	13	pełna		2017
2	Sompunt/Alta Badia	Włochy	60 000	7	pełna		2018
3	Tyrol	Austria	2000	0,3	kontener		2019
4	Zirl	Austria	90 000	17	pełna		Rozruch sierpień 2020
5	Strass	Austria	300 000	50	pełna		Rozruch wrzesień 2020
6	Osaka	Japonia	2 000	0,3	kontener		2020
7	Auckland	Nowa Zelandia	190 000	34	1 linia		
8	Maroochydore	Australia	200 000	72	pełna		
9	Villach	Austria	250 000	28	pełna		
10	Going	Austria	50 000	12,5	pełna		
11	Tuchola	Polska	40 000	5	pełna		
12	Serres	Grecja	160 000	24	pełna		
13	Glurns	Włochy	40 000	8	pełna		
14	Tschars	Włochy	60 000	10	pełna		
15	Goisern	Austria	30 000	5	pełna		

Zwiększenie przepustowości oczyszczalni

Zasilanie kaskadowe



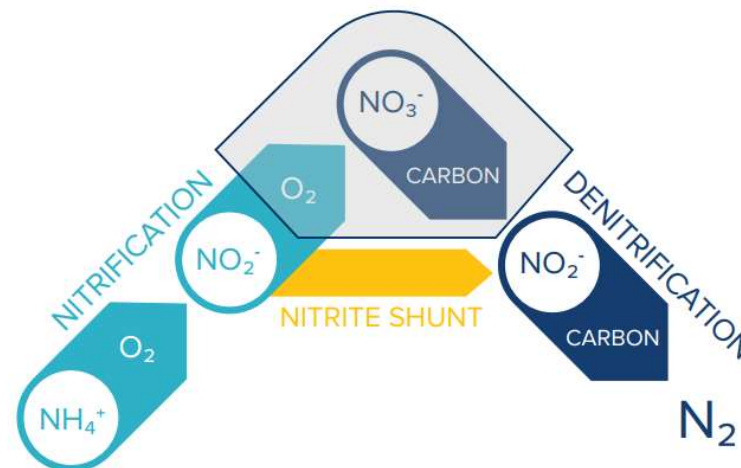
Zwiększenie przepustowości oczyszczalni



Zalety zasilania kaskadowego:

- większa wydajność o 20-30% w porównaniu do konwencjonalnego systemu
- możliwość pracy przy większym stężeniu osadu bez obciążania osadnika wtórnego
- odporność na ładunki szokowe
- razem z elastycznym napowietrzaniem oszczędność energii i węgla (brak recyrkulacji $\text{NO}_3\text{-N}$)

Kontrola napowietrzania AvN



AvN zapewnia:

- Wydajniejszą redukcję azotu ogólnego przy najmniejszym zużyciu energii
- Pracę przy niższej alkaliczności, węglu i energii
- Zmniejszenie zapotrzebowania na tlen o 25% i węgiel o 40% w porównaniu z tradycyjną nitryfikacją i denitryfikacją dzięki zatrzymaniu nitryfikacji na etapie azotynów
- Większą produkcję biogazu dzięki możliwości przekierowania węgla do WKF

Jak zoptymalizować pracę oczyszczalni przy mniejszym stężeniu węgla?



System kontroli napowietrzania AvN jest algorytmem do sterowania napowietrzaniem w celu zminimalizowania zużycia energii elektrycznej, zwiększenia stopnia redukcji azotu i fosforu.

Zastosowanie systemu AvN ma też wpływ na opadalność osadu dzięki wzmocnieniu reżimu pracy w warunkach beztlenowych i anoksycznych, co przekłada się na poprawę stopnia biologicznej defosfatacji. Bakterie akumulujące fosfor mają tendencje do tworzenia bardziej gęstej biomasy, która jest zatrzymywana przy pomocy hydrocyklonów Indense.

Sam system kontroli AvN jest algorytmem do napowietrzania w przerywanym trybie. Dzięki temu minimalizowane jest zużycie energii elektrycznej oraz zwiększa się redukcja azotu.

Osiągnięte jest to poprzez polepszenie nitryfikacji/denitryfikacji za pomocą inteligentnego i dynamicznego rozkładu faz tlenowej/anoksycznej. Pomiary online azotu amonowego jak i azotanów są odnoszone do stosunku AvN ($\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$).

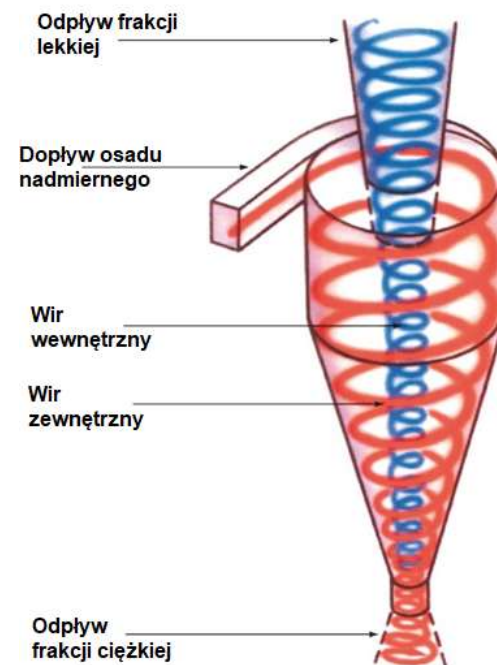
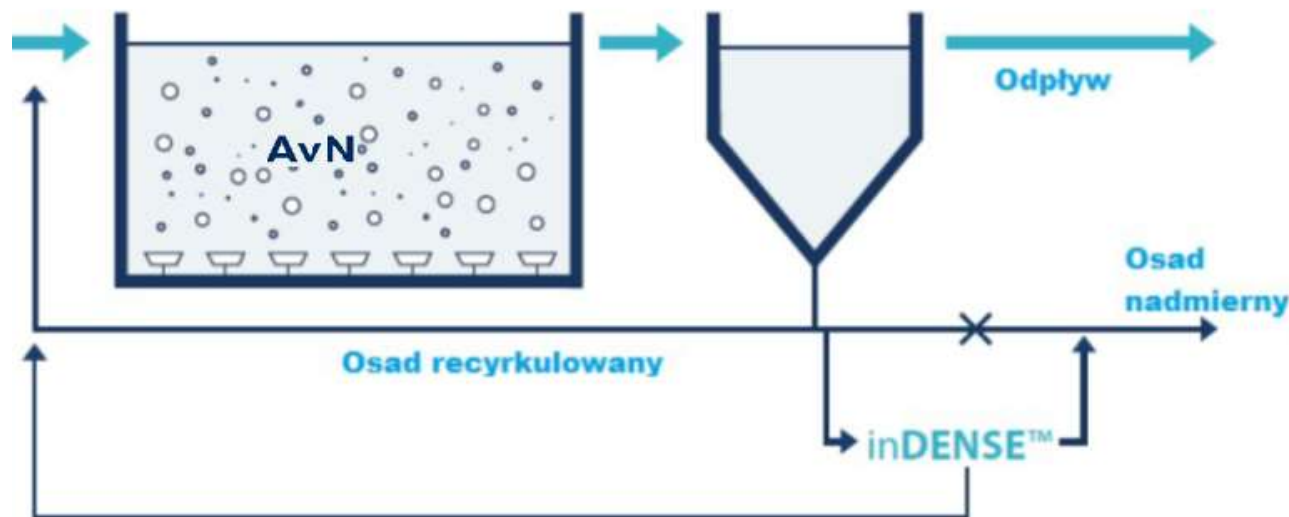
Przykład kaskady w OŚ Strass



Zwiększenie przepustowości hydraulicznej oczyszczalni



System Indense® to zastosowanie hydrocyklonów do separacji cięższej frakcji osadu czynnego od frakcji lżejszej w celu poprawy opadalności osadu. Lepsza opadalność osadu pozwala na pracę przy większym stężeniu osadu oraz zapobiega wymywaniu osadu z osadników wtórnych. Frakcja lekka osadu to głównie bakterie heterotroficzne oraz denitryfikanty. Zawrócone cięższe kłaczki i małe granulki to bakterie fosforowe, nitryfikanty.



Cele

- Poprawa indeksu dzięki selekcji osadu
- Zwiększenie wydajności poprzez większe stężenie
- Zagęszczanie zmieszanych osadów ze stopnia A i B w zagęszczaczu AAA



Zwiększenie przepustowości hydraulicznej oczyszczalni

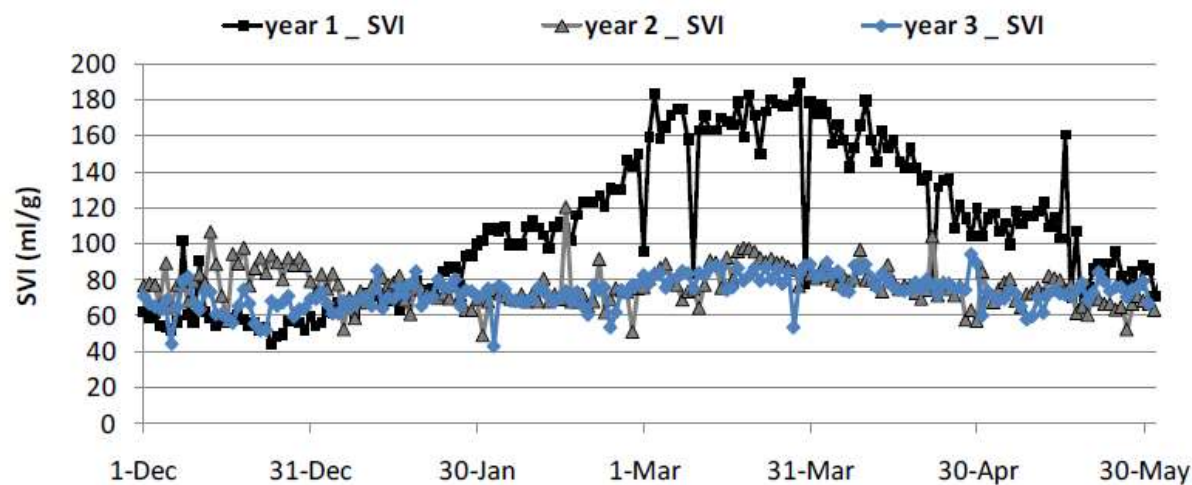


Na zdjęciu powyżej widoczny zestaw hydrocyklonów 3 x 10m³/h

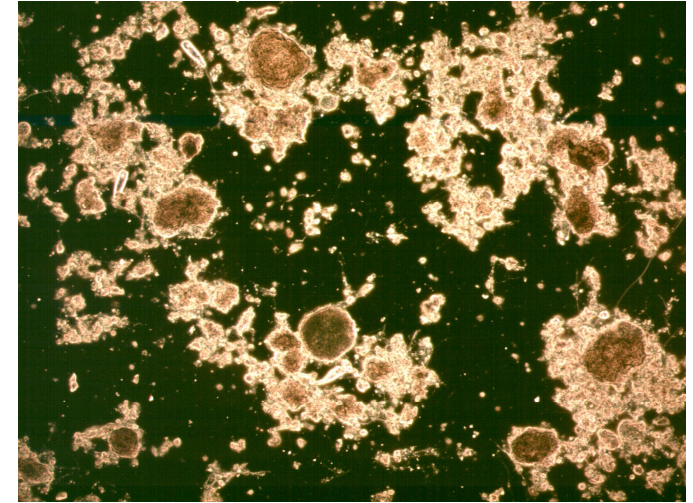
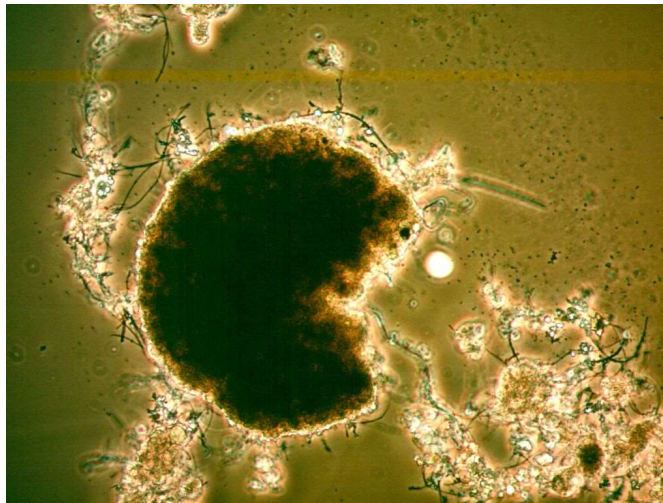
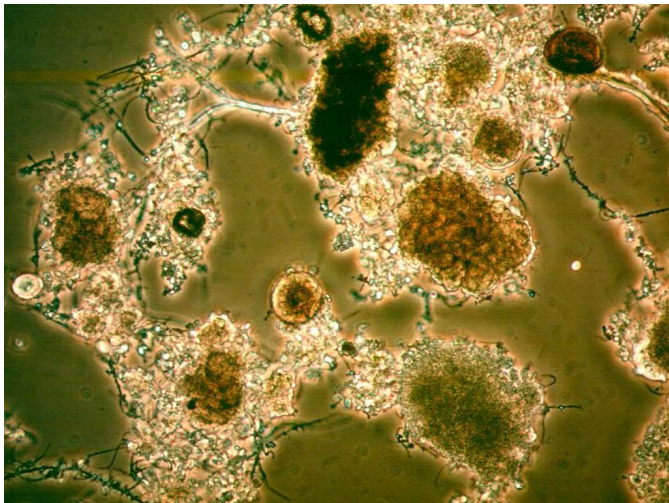
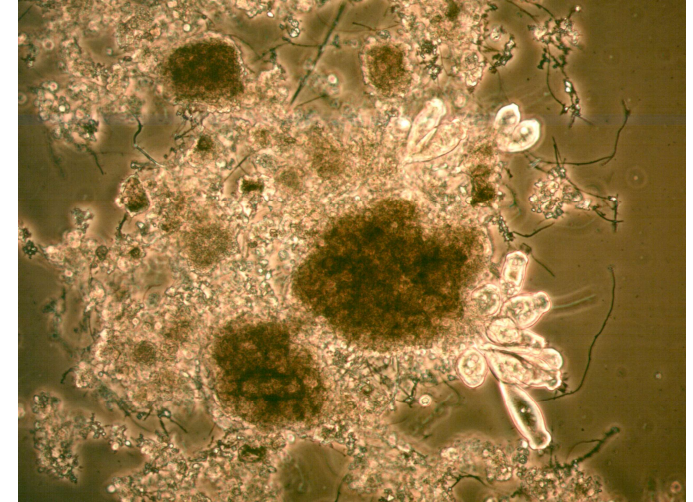
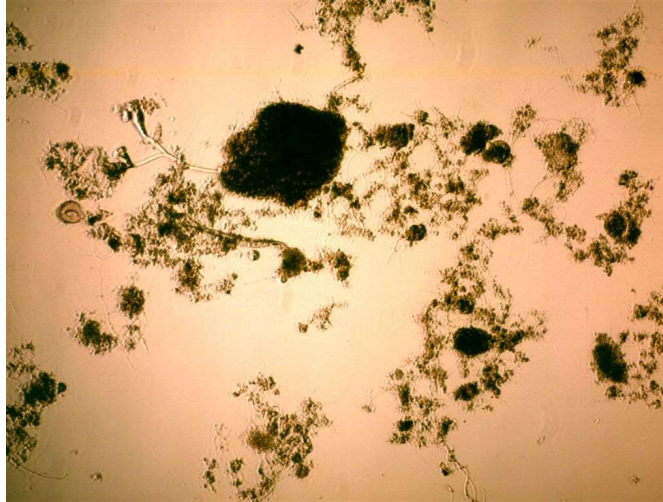
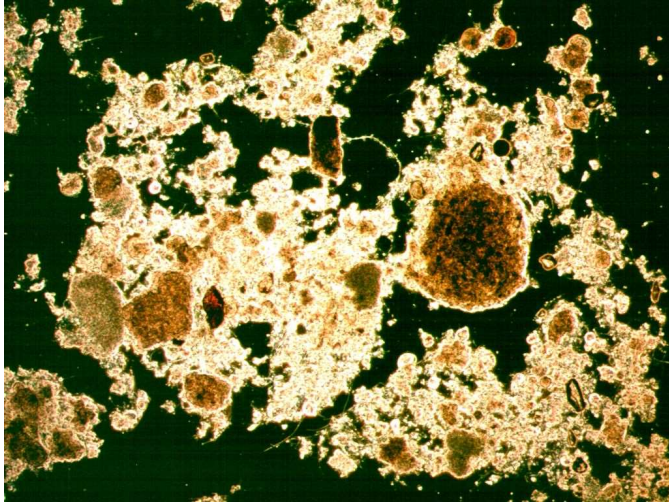


Na zdjęciu po prawej stronie widoczny zestaw hydrocyklonów na rynek USA

Wykres poniżej przedstawia indeks osadu w oczyszczalni Strass (300.000 RLM) w przeciągu 3 lat eksploatacji. Pierwszy rok bez hydrocyklonów, kolejne 2 lata indeks po zastosowaniu systemu Indense



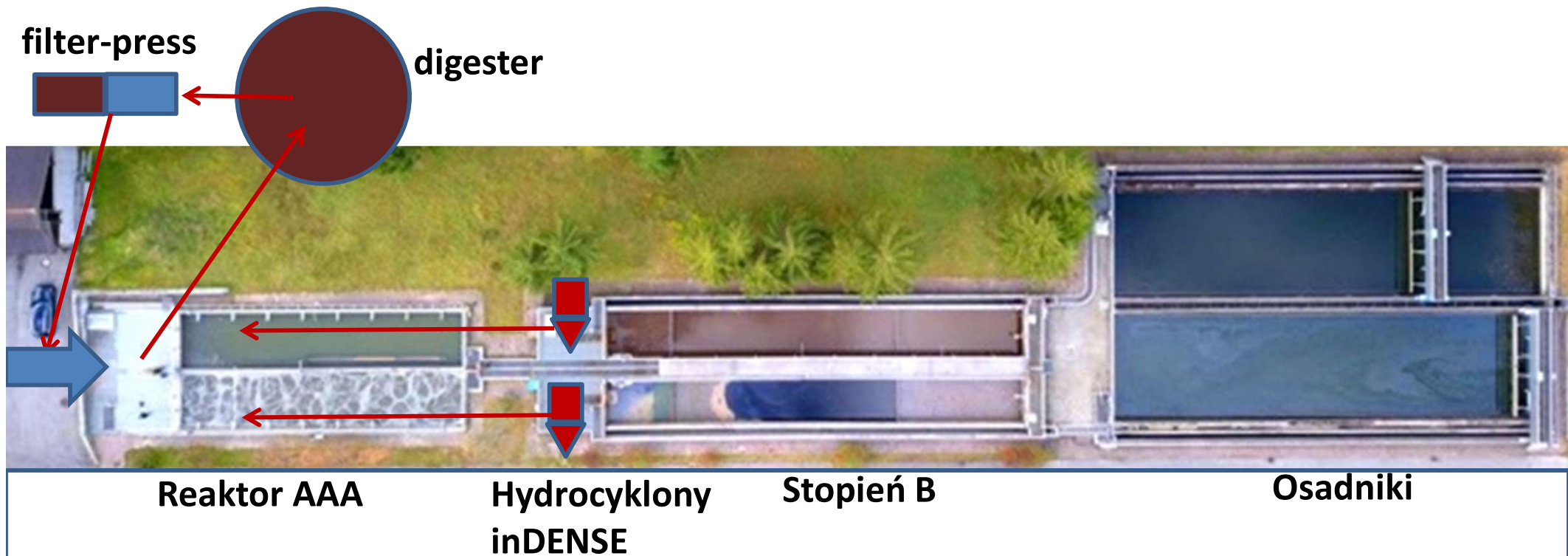
Zwiększenie przepustowości hydraulicznej oczyszczalni



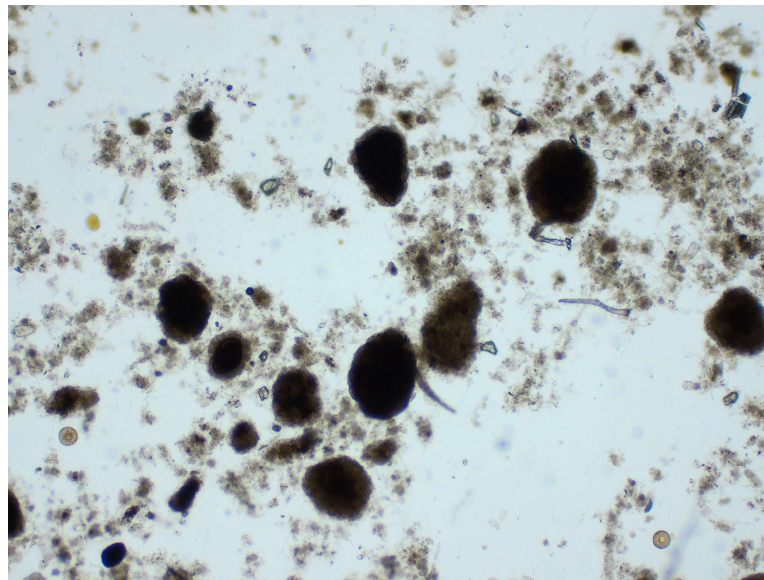
Zdjęcia mikroskopowe osadu czynnego – widoczne bardzo gęste kłaczk/granulki osadu poprawiające opadalność

Dodatkowe zalety w Alta Badia

- wyższe stężenie osadu w stopniu B (6-7 gTSS/L)
- wspólne zagęszczanie osadu ze stopnia A i B w zagęszczaczu procesu TripleA



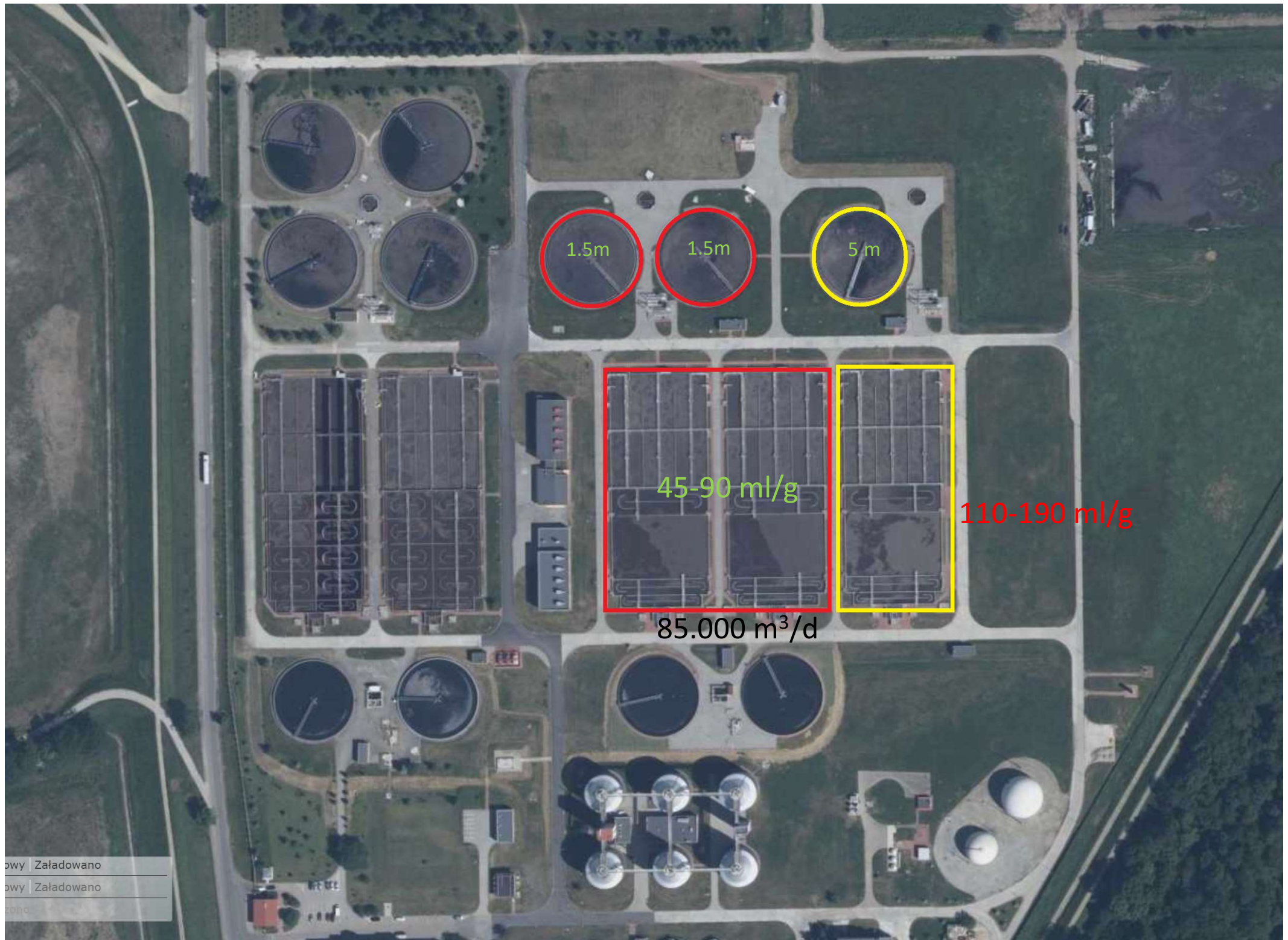
Indense



Indeks osadu 45 and 90 ml/g

Ciąg bez cyklonów – 100-180 ml/g

Największa instalacja inDENSE– Wrocław – 80.000 m³/d

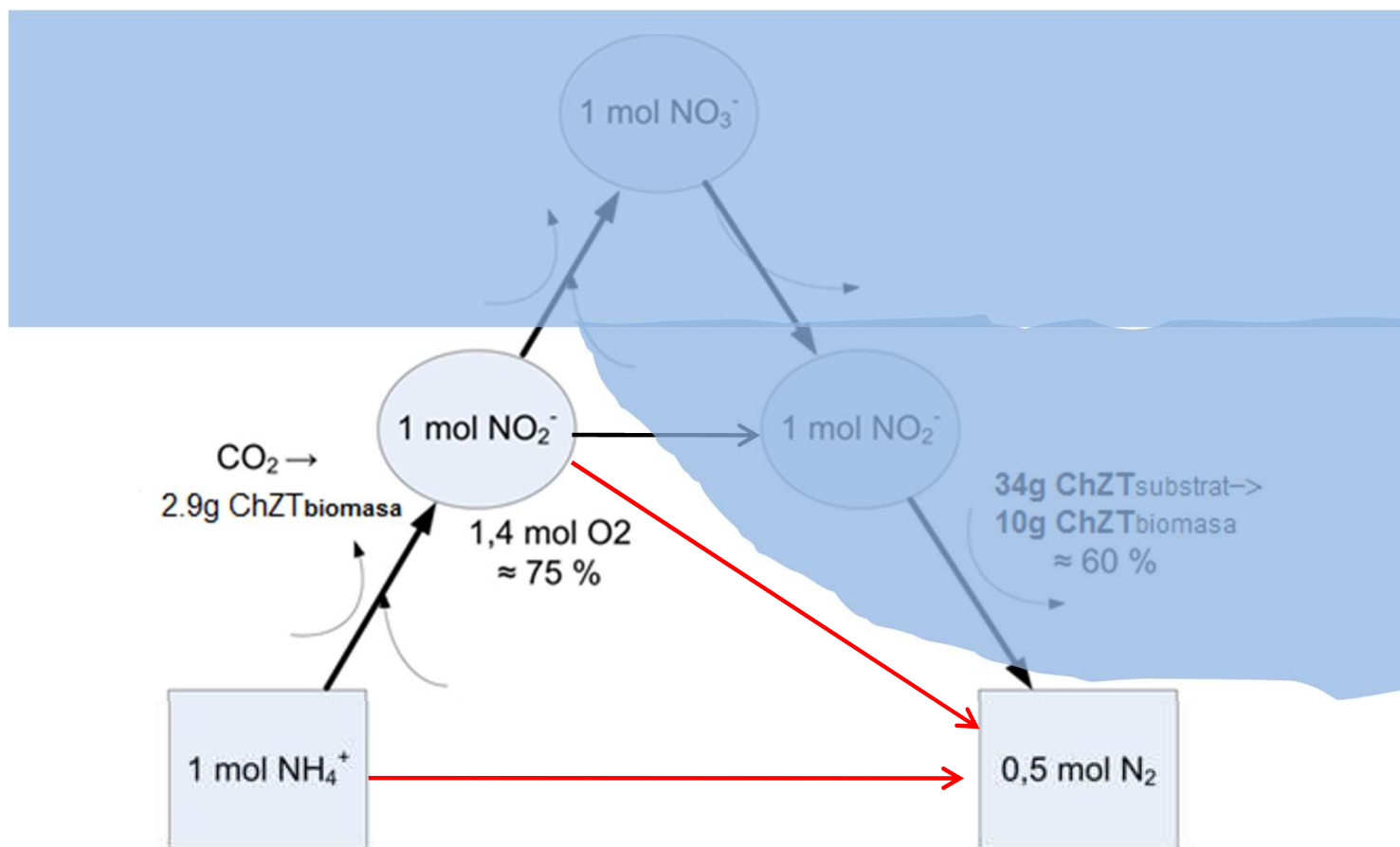


Indense - Dijon

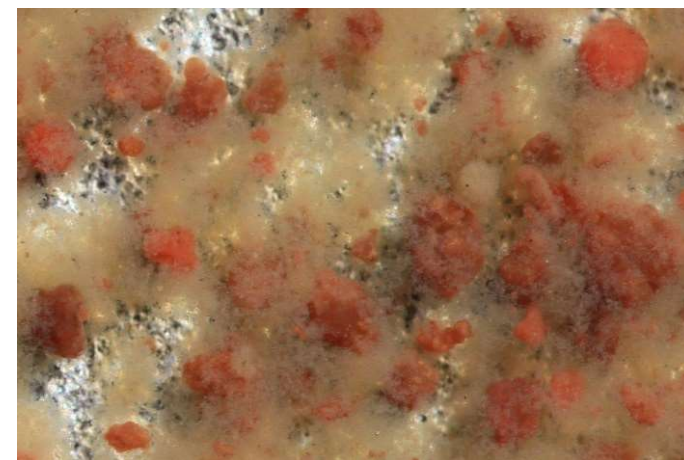
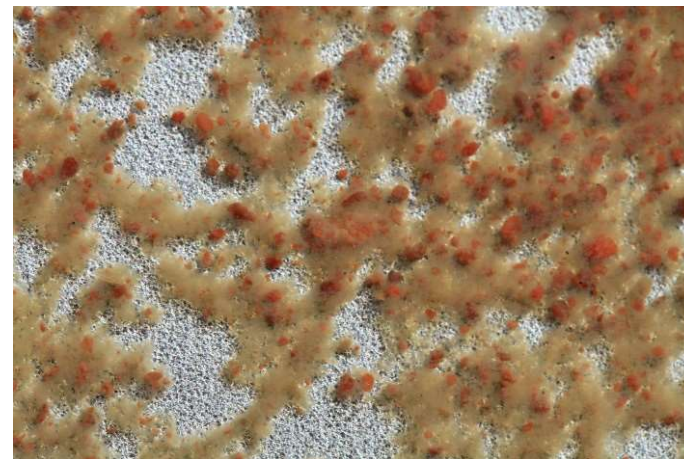
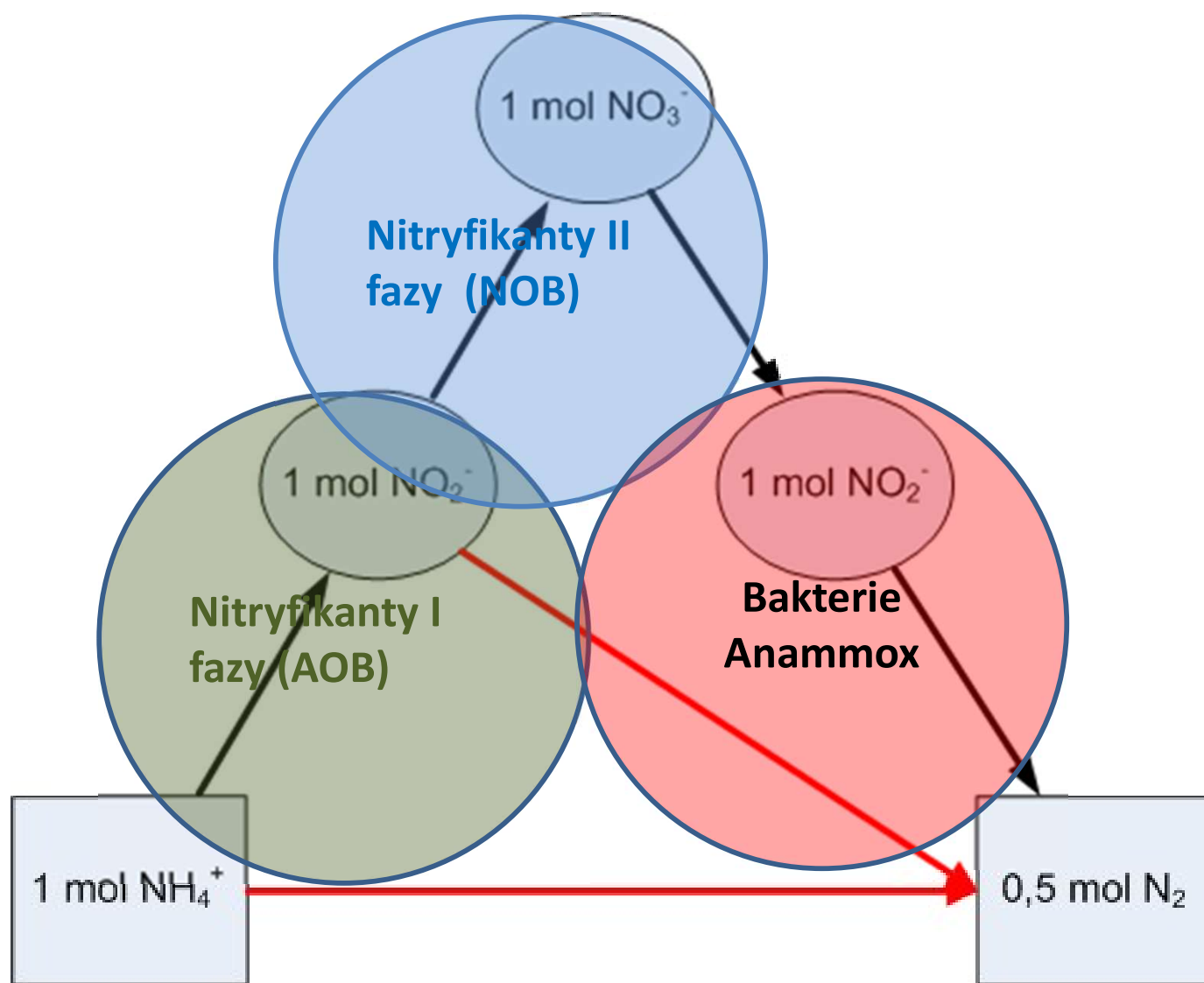


Zwiększenie przepustowości oczyszczalni – usunięcie azotu z odcieku z odwadniania osadu przefermentowanego

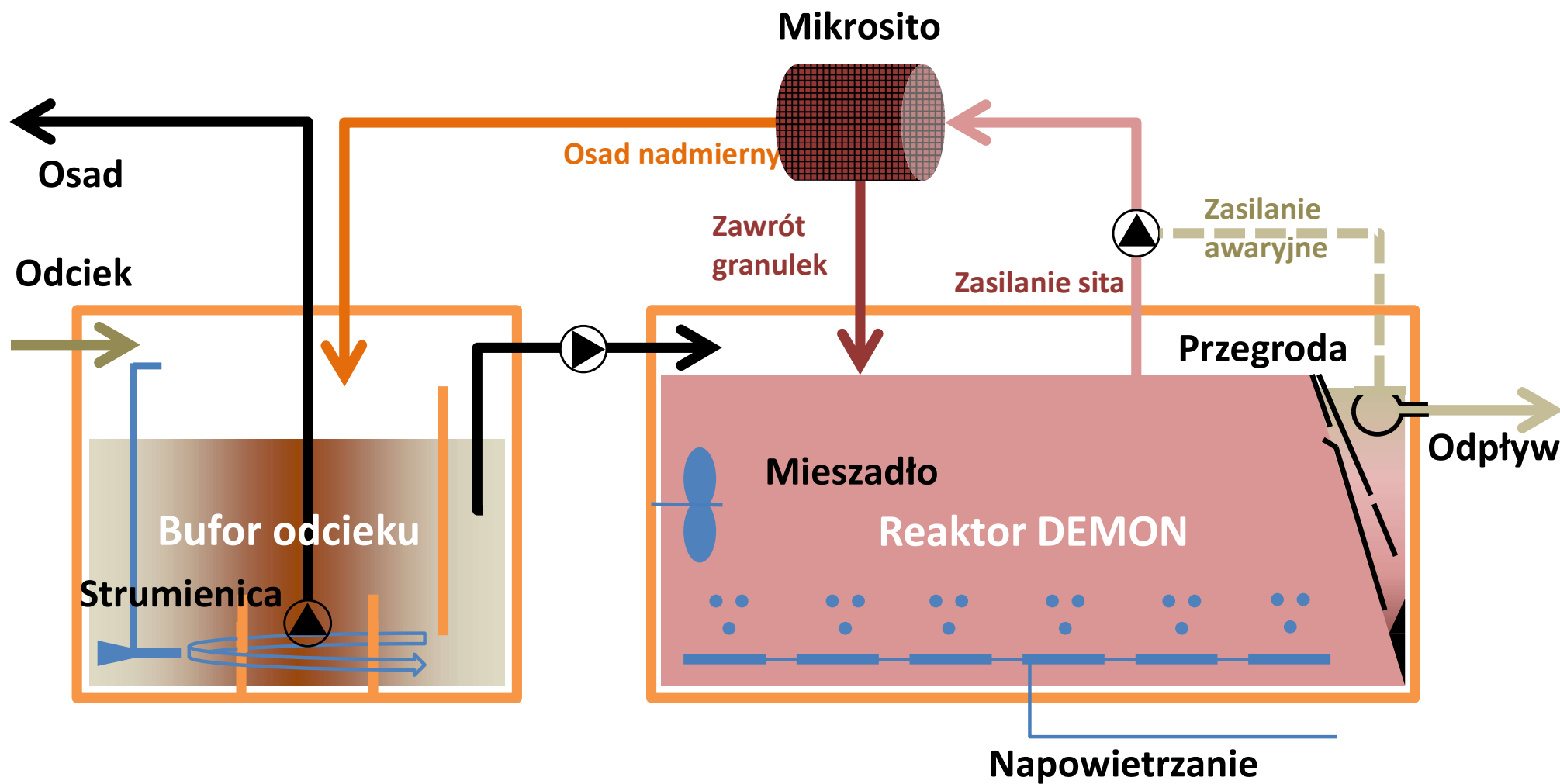
Deamonifikacja – usunięcie azotu przy wykorzystaniu bakterii deamonifikujących bez konieczności dozowania węgla. Tylko połowa azotu amonowego jest utleniona przy niskim stężeniu tlenu do azotynów (60% mniej energii na napowietrzanie). Bakterie deamonifikujące wykorzystują tlen zawarty w azotynach do beztlenowego utlenienia azotu amonowego do azotu gazowego



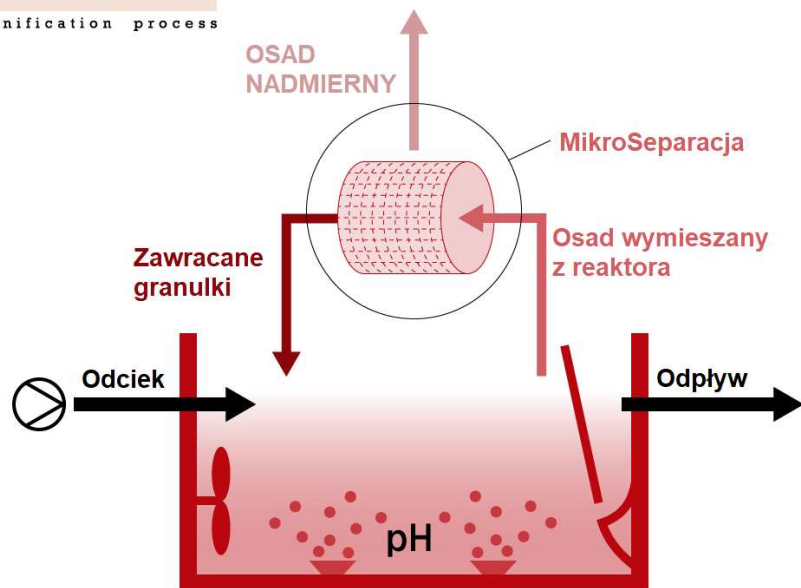
Zwiększenie przepustowości oczyszczalni – usunięcie azotu z odcieku z odwadniania osadu prefermentowanego



Deamonifikacja – konfiguracja reaktora



Deamonifikacja



Osad nadmierny bez granulek



Odseparowane i zawrócone do reaktora granulki deamonifikujące



Osad w reaktorze (mieszanina bakterii deamonifikujących oraz nitryfikantów)



Zwiększenie przepustowości oczyszczalni – usunięcie azotu z odcieku z odwadniania osadu przefermentowanego



Instalacje DEMON z mikrositem w Polsce



Wodociąg Słupsk

Ładunek azotu 540 kg N/dobę

Przepływ ciągły – mikrosito statyczne



Aqua SA

Bielsko – Biała

Ładunek azotu – 400 kg N/dobę

Przepływ porcjowy – mikrosito bębnowe

Kolejne w trakcie realizacji:

- MPWIK Warszawa Południe 700 kg N/d
- Brześć (Białoruś) – 900 kg N/d
- FritoLay Środa Wielkopolska – 640 kg N/d
- FFP Lębork – 1600 kg N/d

Zaprojektowane 3 instalacje komunalne

Kontakt

Robert Zarzycki

Tel. 608 033 331

rz@wawatech.com.pl

Jacek Stanisław

Tel. 606 316 370

js@wawatech.com.pl

www.wawa-tech.com

Opis procesu

Osadnik AAA® do zaawansowanego oczyszczania wstępnego



Mechanizm procesu

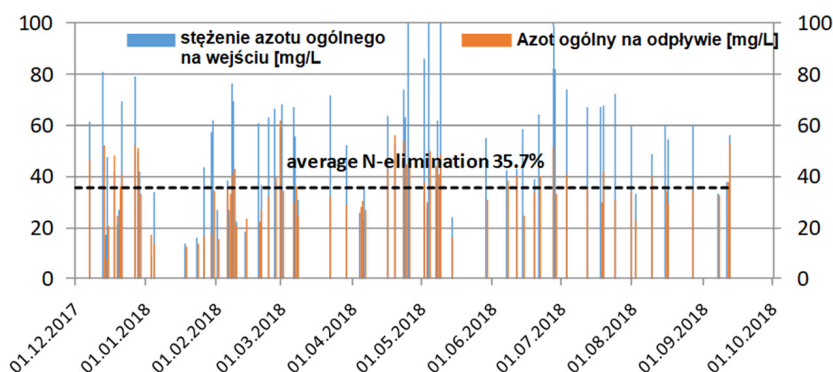
Znak „AAA” (Triple-A) oznacza „Alternating Activated Adsorption”, czyli naprzemienną aktywną adsorpcję. W konwencjonalnych osadnikach wstępnych realizowany jest proces czysto fizyczny, sedymentacja cząstek stałych, który pozwala na uzyskanie całkowitej redukcji materii organicznej na poziomie ok. 1/3. W technologii AAA ścieki surowe przepuszczane są przez warstwę osadu wstępnego, który adsorbuje znaczną część ładunku węgla organicznego. Umożliwia to maksymalizację przekierowania węgla organicznego do fermentacji beztlenowej, a w konsekwencji poprawę bilansu energetycznego oczyszczalni. System AAA to kompaktowy moduł wstępnego oczyszczania, który integruje wszystkie elementy stopnia A w konfiguracji z dwoma zbiornikami (reaktor i osadnik pośredni) w tym aktywację i recyrkulację biomasy, odprowadzanie i zagęszczanie osadu nadmiernego. System może być z powodzeniem stosowany tak w nowoprojektowanych obiektach, jak również do modernizacji istniejących osadników wstępnych przy hydraulicznym czasie zatrzymania ok. 2 godziny. System wyróżnia się prostotą operacyjną – siłą napędową procesu jest wyłącznie sprężone powietrze bez konieczności zastosowania żadnych napędów mechanicznych jak pompy czy mieszadła.

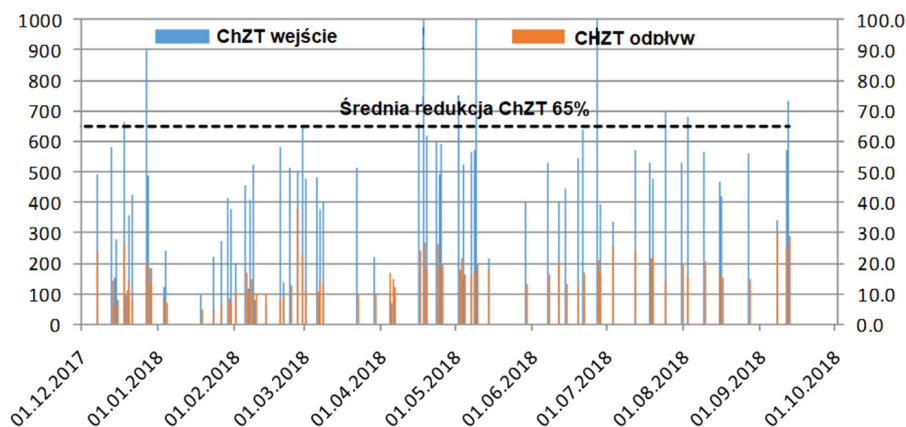
Cechy szczególne procesu AAA

- Odciążenie instalacji, zwiększenie wydajności oczyszczalni
- Usunięcie ok. 2/3 ChZT, ok. 1/3 N i ok. 1/2 P
- Zmniejszenie zapotrzebowania na napowietrzanie przy zwiększonym uzysku metanu – samowystarczalność energetyczna
- Zintegrowane zagęszczanie osadu wstępnego do 5-6% suchej masy do bezpośredniego podawania do komór fermentacyjnych
- Zmniejszenie ilości osadu odwodnionego ze względu na wysoki stosunek osadu wstępnego do nadmiernego wynoszący ok. 0,75

Wyniki operacyjne

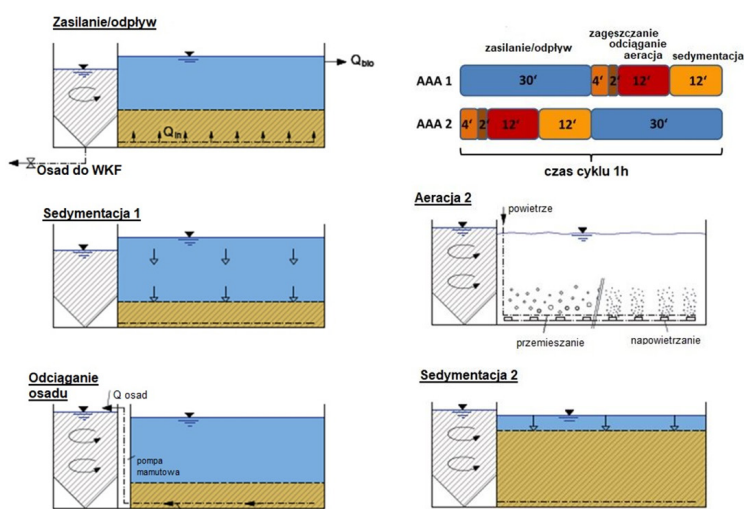
Oczyszczalnia ścieków w Rottenburgu (Niemcy, 46000 RLM) jest przykładem wdrożenia technologii AAA w istniejącej oczyszczalni, polegającym na modernizacji dwóch istniejących osadników wstępnych. System osiągnął średnią eliminację ChZT na poziomie 65% i średnią eliminację fosforu na poziomie 43%. Pokazane poniżej wskaźniki eliminacji azotu, wynoszą średnio ok. 36%.





Wdrożenie procesu

System działa zwykle w cyklach procesowych trwających 1 godzinę (patrz poniżej). Każdy cykl składa się z pięciu faz: dopływ/odpływ (30 min), zagęszczanie, odprowadzanie osadu, napowietrzanie i sedymentacja (jak pokazano poniżej). Podczas gdy wypływ jest napędzany przez dopływ, wszystkie inne procesy są napędzane powietrzem (napowietrzanie i mieszanie, odprowadzanie osadu pompą mamutową, dekantacja z zamknięciem powietrznym). Napowietrzanie jest sterowane stężeniem tlenu przy standardowej nastawie 1 mg/l, czas odprowadzania osadu zależy od rzeczywistej ilości osadu w zbiorniku osadniko-reaktora i jest automatycznie dostosowywany na podstawie pomiarów online suchej masy.



AAA można wdrożyć w nowoprojektowanych lub modernizowanych obiektach, na małą i dużą skalę. Grafiki przedstawiają konfigurację zbiorników AAA w osadnikach poziomych i pracujące reaktory AAA w zbiornikach radialnych (oczyszczalnia ścieków Strass, Austria).



BIOCOS® - hybrydowy system osadu czynnego



BIOCOS® to opracowany na Uniwersytecie w Innsbrucku w Austrii zaawansowany system osadu czynnego realizowany przy stałym poziomie napełnienia reaktora podczas całego cyklu. Jest technologią hybrydową (Biological Combined System) łączącą cechy reaktorów typu SBR i przepływowych. System BIOCOS® to cykliczny system osadu czynnego obejmujący zbiornik napowietrzający połączony hydraulicznie z dwoma działającymi naprzemiennie zbiornikami do recyrkulacji i sedymentacji osadu. Zawór odpływowy jednego z osadników jest otwarty, umożliwiając przepływ ścieków do zbiornika napowietrzanego i wyparcie ścieków oczyszczonych z odpowiedniego osadnika. System nie wymaga zastosowania pompowni recyrkulacji osadu jak również żadnego sprzętu elektromechanicznego do mieszania lub recyrkulacji – wszystkie fazy cyklu operacyjnego są napędzane wyłącznie sprężonym powietrzem z tego samego źródła – stacji dmuchaw, co znacznie zmniejsza koszty obsługi i konserwacji.

Cechy szczególne systemu BIOCOS®

- Zwiększona aktywność Bio-P — biomasa minimalizuje zapotrzebowanie na chemiczne strącanie fosforu
- Mały zbiornik - niezawodnie poprawiona wydajność sedymentacji dzięki zagęszczonej biomase znacznie zmniejsza ogólną objętość systemu
- Zdolność do denitryfikacji wtórnej — zazwyczaj do 50% redukcji azotu zachodzi w warstwie osadu w osadnikach w wyniku denitryfikacji endogennej, dlatego jest to system odpowiedni dla niskich stosunków BZT/N w ściekach surowych
- Niskie stężenie zawiesiny — sekwencyjne osadzanie się kożucha osadowego tworzy filtr kławkowy, który efektywnie usuwa drobne cząstki, wytwarzając ścieki o niskim stężeniu zawiesiny, odpowiednim dla ponownego wykorzystania wody
- Prosta eksploatacja – brak urządzeń mechanicznych w zbiorniku napowietrzającym i osadnikach, podczas gdy powietrze z dmuchawy jest wykorzystywane do recyrkulacji i mieszania osadu, co skutkuje niskimi kosztami eksploatacji
- Niskie zapotrzebowanie powierzchni — konstrukcja ze wspólnymi ścianami pozwala na zwartą powierzchnię zabudowy przy zmniejszonej potrzebie prowadzenia zewnętrznych rurociągów i przepompowni
- Mniejsze zapotrzebowanie na energię - znaczne oszczędności ze względu na brak urządzeń mechanicznych, podczas gdy dodatek kontroli AvN® zmniejsza zapotrzebowanie na napowietrzanie w celu usunięcia biogenów
- Oszczędności inwestycyjne - niższe nakłady ze względu na brak wyposażenia mechanicznego (tylko dmuchawy i rurociągi w zbiorniku w porównaniu ze zgarniaczami, mieszadłami, pompami do recyrkulacji) oraz wspólną konstrukcję ścian między reaktorami AIR i ALT
- Innowacyjna, ale sprawdzona technologia – ponad 100 instalacji referencyjnych

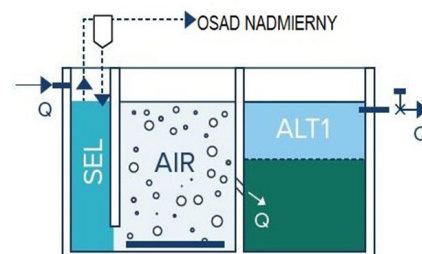
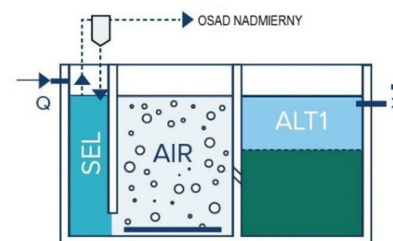
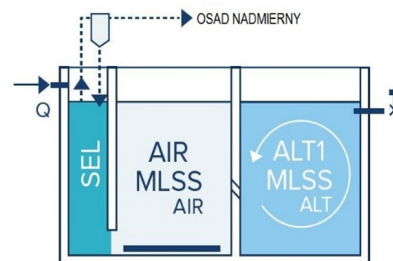
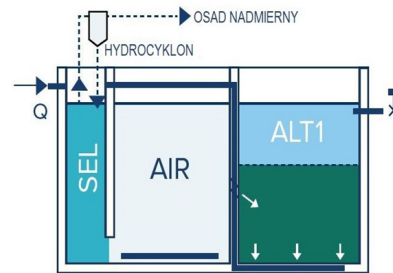
Fazy procesu

Faza Recyrkulacji Osadu (RAS): Recyrkulacja zagęszczanej dolnej warstwy zsedymen-towanego osadu ze zbiornika ALT do strefy selektora reaktora AIR jest zapewniony za pomocą podnośnika powietrznego (pompa mamutowa). Transfer warstwy zagęszczonego osadu pozwala na uzyskanie o 50% wyższego stężenia w zbiorniku napowietrzającym w porównaniu z komorami osadnika.

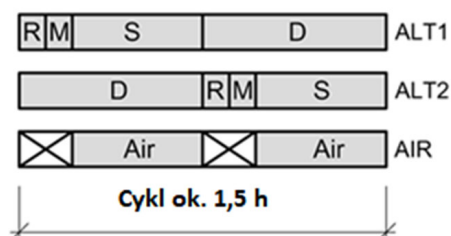
Faza mieszania (MIX): Zbiorniki ALT są mieszane przez kilka minut powietrzem za pomocą rusztu grubopęcherzykowego. Wysoka intensywność mieszania powoduje homogenizację i ponowne napowietrzanie anoksydacyjnego osadu.

Faza sedymentacji (SED): Osadzający się osad tworzy kłaczkowy filtr który usuwa drobne cząstki formując gęstą przydenną warstwę osadu.

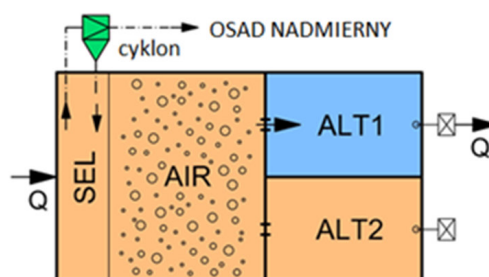
Faza odpływu (DIS): Przerywane napowietrzanie w zbiorniku AIR w celu usunięcia azotu i ciągłe odprowadzanie ścieków oczyszczonych ze zbiornika ALT (brak wahań poziomu wody).



FAZY PROCESU



WIDOK Z GÓRY



Demon® deamonifikacja odcieków w ciągu bocznym

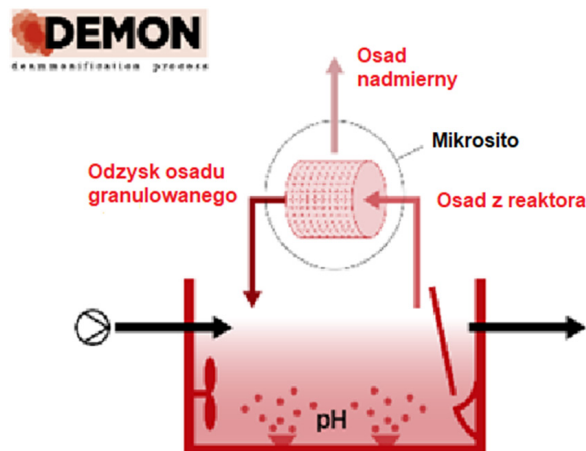


Opis procesu

DEMON® to proces deamonifikacji czyli usuwania azotu z wykorzystaniem skrótu azotynowego i autotroficznej denitryfikacji beztlenowej. Połączenie tlenowej i beztlenowej konwersji amoniaku w jednym reaktorze umożliwia wydajną energetycznie redukcję azotu w ściekach o wysokim stężeniu amoniaku. Kluczowe cechy technologii DEMON to napowietrzanie sterowane na podstawie wskazań sondy pH w celu utrzymania równowagi między warunkami tlenowymi i beztlenowymi oraz selekcja i retencja biomasy z wykorzystaniem mikrosita. W przypadku oczyszczania ścieków komunalnych z fermentacją beztlenową, celem DEMON jest eliminacja ładunku powrotnego azotu z odcieków po odwadnianiu osadów przefermentowanych (około 20% całkowitego ładunku azotu). DEMON ułatwia realizację koncepcji instalacji samowystarczalnych energetycznie z efektywnym wstępnym usuwaniem węgla tam, gdzie należy oczekiwać niskiego stosunku C/N.

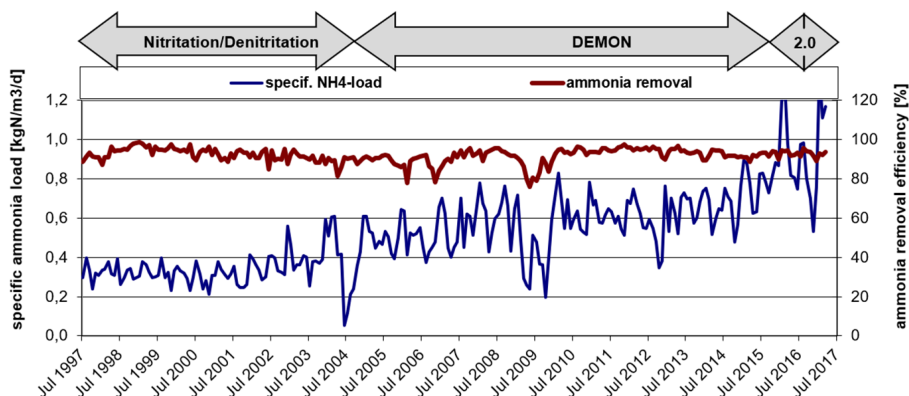
Cele procesu

- Eliminacja obciążenia wtórnego azotem ze strumienia bocznego
- Niskie zapotrzebowanie na energię ok. 1,2 kWh/kg N i brak zapotrzebowania na węgiel
- Stabilność procesu dzięki niezawodnej kontroli napowietrzania i retencji bakterii Anammox

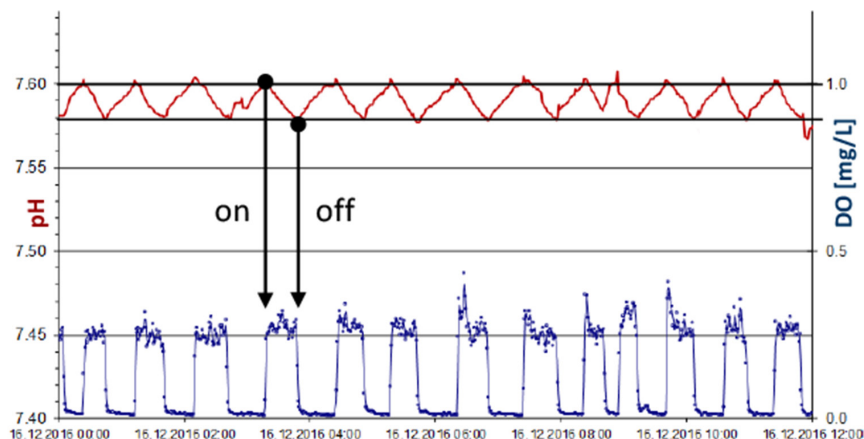


Wyniki operacyjne

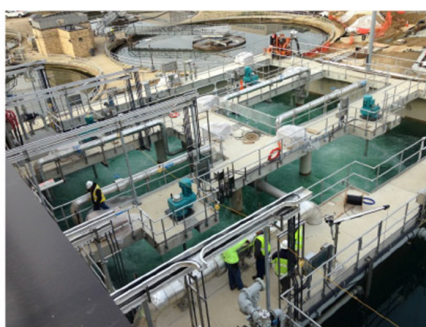
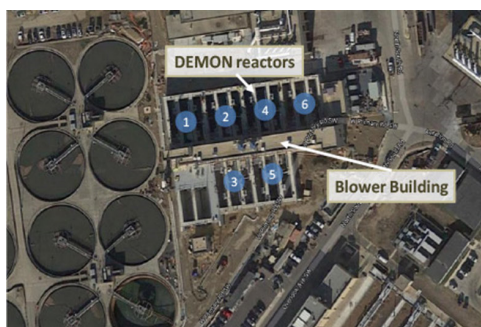
Od czasu opracowania i wdrożenia w skali technicznej ponad dekadę temu, proces DEMON przeszedł ewolucję od wersji 1.0 do 2.0 polegającą na zastąpieniu hydrocyklonów do selekcji biomasy mikrositami oraz przejściu z trybu sekwencyjnego (SBR) na przepływowy. Poniższy wykres przedstawia poprawę wydajności reaktora do usuwania azotu z odcieków w oczyszczalni Strass (Austria) po zastosowaniu technologii Demon. Uzyskano zwiększenie obciążenia reaktora z 0,5 do około 1,2 kg NH₄-N/m³/d przy stałej sprawności usuwania amoniaku powyżej 90%.



Reaktor DEMON jest wyposażony w system przerywanego napowietrzania (w kontroli pH – patrz wykres poniżej), aby zapewnić wystarczającą ilość tlenu do przekształcenia około 50% doprowadzanego ładunku azotu amonowego w azotynowy. Wytworzone azotyny są następnie wykorzystywane przez bakterie Anammox do utleniania pozostałego amoniaku do azotu gazowego. Ponieważ bakterie Anammox powoli rosną, granulki Anammox są zatrzymywane w systemie przez mikrosito, zapewniając retencję osadu ok. 50 dni (w porównaniu do ok. 5 dni dla bakterii AOB). Oczyszczony odciek jest odprowadzany z reaktora przez wbudowaną przegrodę osadnikową (baffle wall), w której następuje sedimentacja biomasy.



Z ponad 100 wdrożeniami w skali technicznej na całym świecie, DEMON jest liderem na rynku usuwania amoniaku ze strumienia bocznego. Największą instalację deamonifikacji w tej technologii o wydajności ok. 12 000 kg N/ d uruchomiono w oczyszczalni Blue Plains w Waszyngtonie (patrz zdjęcia poniżej). Cechą szczególną tej aplikacji jest obróbka odcieków z fermentacji osadów z hydrolizą termiczną (THP) zawierających trudnorozkładalne związki organiczne w wysokich stężeniach. Interesującym przypadkiem zastosowania jest również instalacja w Holandii stanowiąca połączenie technologii DEMON z systemem odzyskiwania fosforu na tym samym strumieniu bocznym. Interesującym przypadkiem zastosowania jest również instalacja w Holandii (Amersfort) stanowiąca połączenie technologii DEMON z systemem odzyskiwania fosforu na tym samym strumieniu bocznym.



W Polsce proces DEMON® jest wykorzystywany m.in. w oczyszczalniach komunalnych w Słupsku, Bielsku-Białej, w trakcie realizacji są instalacje w oczyszczalniach Warszawa – Południe czy Tuchola. W przemyśle proces DEMON® jest zastosowany w zakładzie Frito-Lay w Grodzisku Mazowieckim oraz w trakcie budowy w nowym zakładzie Frito-Lay w Środzie Śląskiej.

inDENSE™

**grawimetryczna selekcja
osadu nadmiernego**

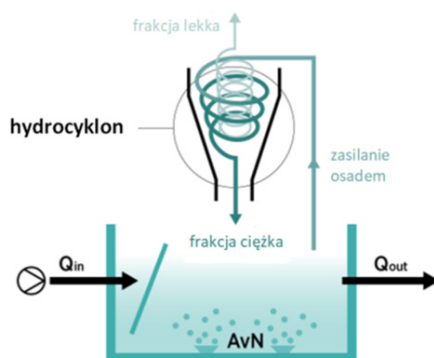
inDENSE



W biologicznych oczyszczalniach ścieków głównym celem operatora jest utrzymywanie osadu czynnego w systemie. Aby zapobiec wymywaniu osadu z osadników wtórnych ważne jest, aby osad posiadał dobre właściwości sedymentacyjne. Lepsze osiadanie osadu można osiągnąć poprzez biologiczną lub fizyczną selekcję preferowanych typów bakterii. Taka selekcja jest promowana przez inDENSE™. System inDENSE™ zwiększa przepustowość i wydajność procesu poprzez wyselekcjonowanie cząstek osadu o wyższej gęstości, odznaczających się wyższą od klasycznego osadu czynnego prędkością opadania oraz wyższą aktywnością biologicznego usuwania fosforu.

Mechanizm procesu

Marka „inDENSE” oznacza „intensyfikację procesu poprzez zagęszczenie biomasy. Właściwości osiadania biomasy są podstawą do projektowania procesu, a wyższe szybkości osiadania odpowiednio zmniejszają objętość zbiorników lub zwiększają wydajność instalacji. W procesie inDENSE™ stosowane są hydrocyklony w celu oddzielenia lekkiej i puszystej frakcji osadu, która jest kierowana do dalszej obróbki osadu ściekowego nadmiernego.



Rozdział strumieni w hydrocyklonie

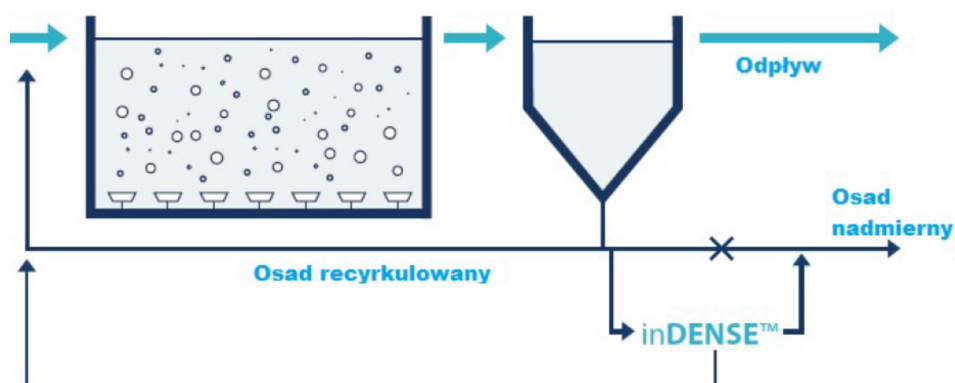
Frakcja osadu w dolnym odpływie z cyklonu zawiera gęstszą biomasę z wyższą zawartością organizmów akumulujących fosfor (PAOs). Wzrastają one preferencyjnie w warunkach beztlenowych, w zagęszczonej biomase. PAOs zawierają rdzenie polifosforanowe, które zwiększają gęstość cząstek osadu intensyfikując w ten sposób efektywność procesu selekcji.

Cele procesu

- Poprawa właściwości sedymentacyjnych osadu, zapobieganie wymywaniu zawiesin
- Możliwość utrzymywania wyższego stężenia osadu, wzrost wydajności
- Wzmocnienie lub stabilizacja biologicznego usuwania fosforu

Wdrożenie procesu

W celu uzyskania opisanej wydajności separacji stosuje się hydrocyklony. Cyklony te zasilane są mieszaniną ścieków i osadu lub osadem recykulowanym przy ciśnieniu roboczym od 2,0 do 2,5 bar. Napędzane siłami odśrodkowymi około 10-20% strumienia zasilającego w tym około 1/3 strumienia masy jest oddzielane i odprowadzane dolnym odpływem z cyklonu a następnie zawracane do procesu obróbki ścieków. Aby wspomóc separację fizyczną, przeprowadza się selekcję biologiczną w warunkach beztlenowych i przy wysokich gradientach substratu w określonej strefie selektora. Ta biomasa jest zatrzymywana i wzbogacana w systemie przez hydrocyklon, podczas gdy frakcja lekka osadu jest usuwana z procesu.



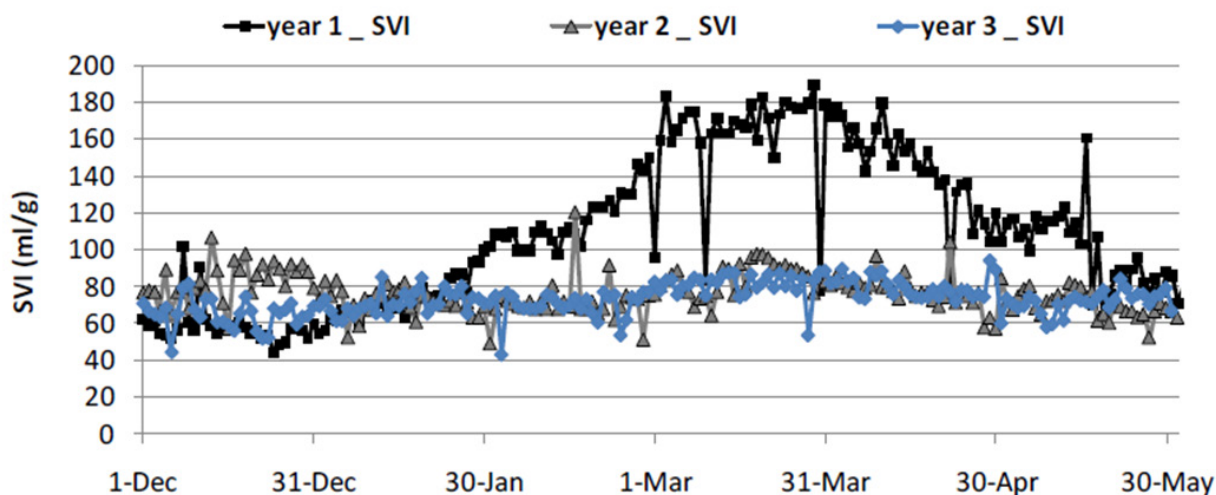
Schemat ideowy procesu InDENSE

W ten sposób inDENSE™ umożliwia zintensyfikowane wykorzystanie zbiorników, odpowiednio zmniejszając zapotrzebowanie objętościowe wdrażanych obiektów lub zwiększając wydajność oczyszczalni istniejących. Dodatkowe zastosowanie inDENSE™, podyktowane jest często zapobieganiem wymywaniu osadu czynnego i problemom związanym z jego pęcznieniem.

Jak dotąd inDENSE® został z powodzeniem wdrożony w Polsce w kilku oczyszczalniach komunalnych (Wrocław, Falenty, Kolno), w trakcie montażu jest instalacja w Łodzi czy w Międzyzdrojach.



Zestawy hydrocyklonów



Indeks osadu w oczyszczalni Strass AT (300.000 RLM)

Wykres powyżej przedstawia indeks osadu w oczyszczalni Strass (dolina Zillertal), która każdej zimy „cierpiała” z powodu większego napływu ścieków w sezonie narciarskim co w połączeniu z niską temperaturą powodowało zjawisko pęcznienia osadu. Po zastosowaniu hydrocyklonów średni indeks osadu wynosi 70 ml/g.

Korzyści

- Możliwość podwyższenia eksploatacyjnego stężenia osadu czynnego - mniejsze reaktory w przypadku budowanych oczyszczalni, lub zwiększenie przepustowości istniejących.
- Mniejsze osadniki końcowe – poprawa właściwości sedymentacyjnych, niższy objętościowy indeks osadu.
- Zwiększona aktywność mikroorganizmów odpowiedzialnych za biologiczne usuwanie fosforu – minimalizacja zapotrzebowania na chemiczne strącanie fosforu.
- Niska wrażliwość na zmianę warunków procesowych w porównaniu do systemów wyposażonych w selektory lub zbiorniki kontaktowe.
- Łatwa integracja z dowolnym istniejącym systemem osadu czynnego.
- Innowacyjna, ale sprawdzona technologia.

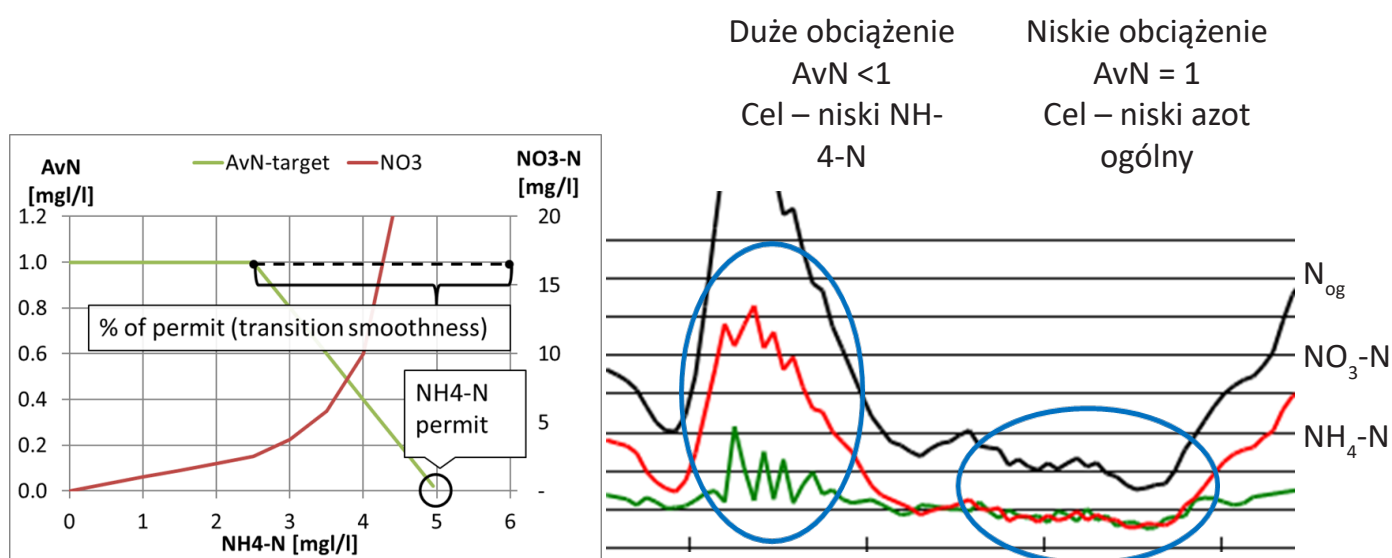
AvN – napowietrzanie przerywane oparte na pomiarach online azotu amonowego oraz azotanów



System kontroli napowietrzania AvN jest algorytmem do sterowania napowietrzaniem w celu minimalizacji zużycia energii elektrycznej, zwiększenia stopnia redukcji azotu i fosforu.

Zastosowanie systemu AvN ma też wpływ na opadalność osadu dzięki wzmocnieniu reżimu pracy w warunkach beztlenowych i anoksycznych, co przekłada się na poprawę stopnia biologicznej defosfatacji. Bakterie akumulujące fosfor mają tendencję do tworzenia cięższej biomasy, która jest zatrzymywana przy pomocy hydrocyklonów Indense.

W kontroli AvN napowietrzanie przebiega w trybie przerywanym. Dzięki temu minimalizowane jest zużycie energii elektrycznej oraz zwiększa się redukcja azotu. Osiągnięte jest to poprzez polepszenie nityfikacji/denitryfikacji za pomocą inteligentnego i dynamicznego rozkładu faz tlenowej/anoksycznej. Pomiary online azotu amonowego jak i azotanów są wykorzystywane do wyliczania chwilowego stosunku AvN ($\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$). W zależności od indywidualnej potrzeby (limity zrzutowe etc.) można nastawiać różne priorytety. W przypadku zwiększonych zrzutów azotu (np. odcieki z odwadniania przefermentowanych osadów) usunięcie azotu amonowego ma wyższy priorytet. W przypadku mniejszego ładunku azotu, priorytet ma azot ogólny, co prowadzi do przedłużonej fazy anoksycznej.



Nastawy parametrów kontrolnych i wyniki z symulacji dynamicznej

Kontroler zawiera indywidualny algorytm, dopasowany do specyficznego zapotrzebowania oczyszczalni jak i integrację z nadrzędnym systemem sterowania.