

„Poprawa efektywności energetycznej oczyszczalni ścieków dzięki innowacjom”

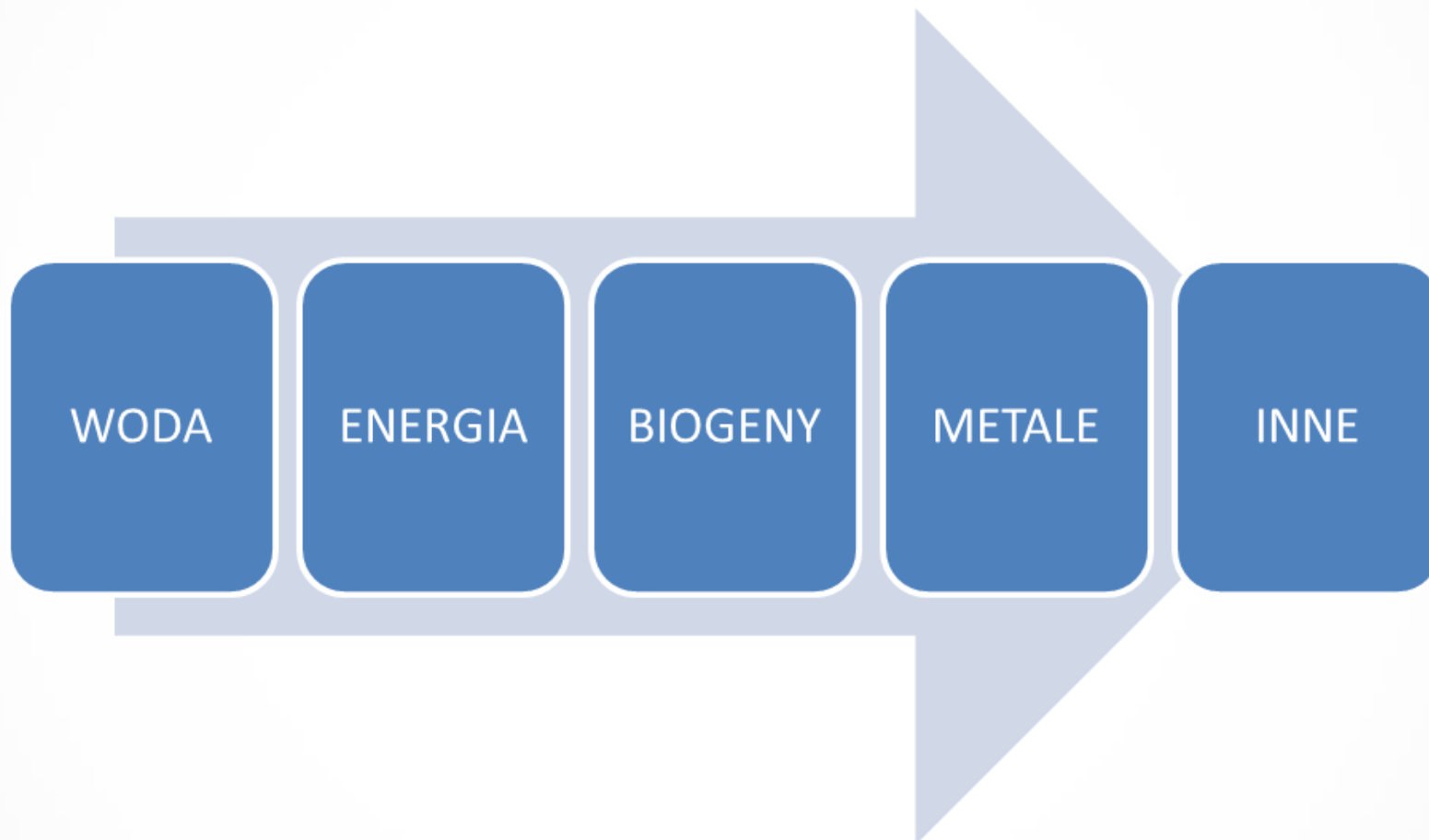
Poznań, 17.10.2017

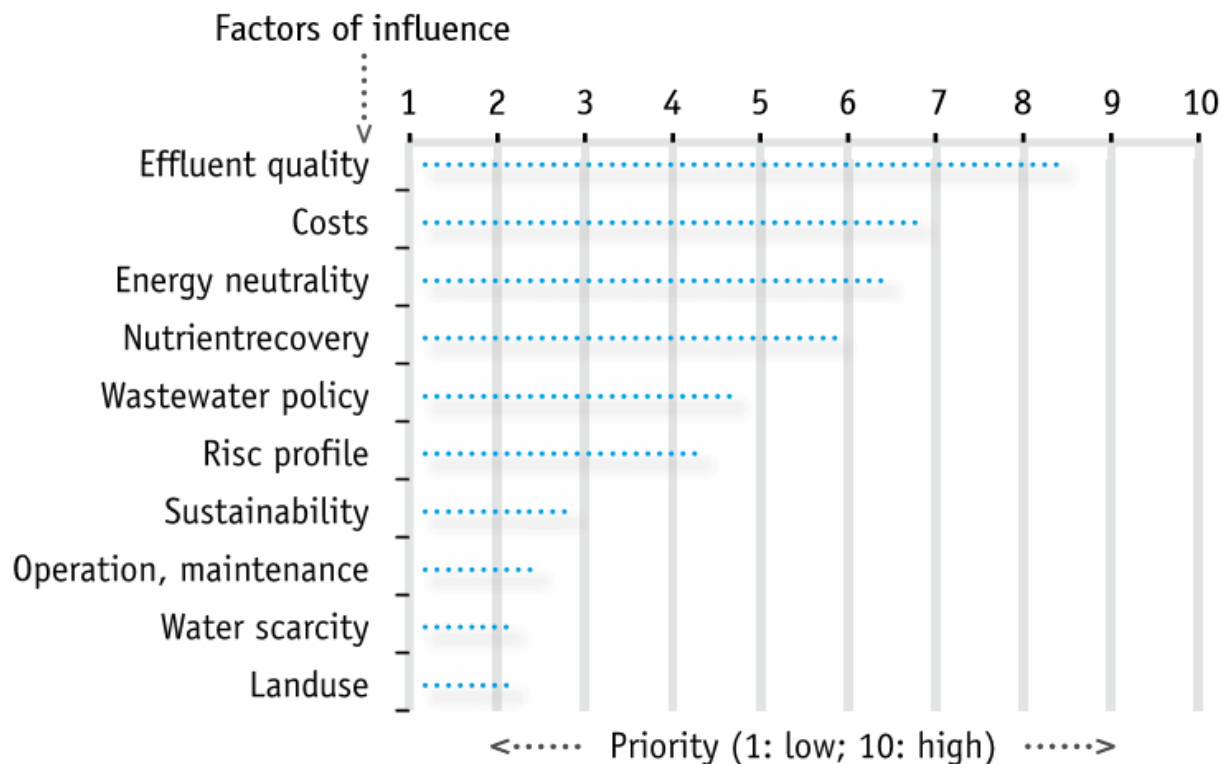
Beata Szatkowska

Bjarne Paulsrud

Aquateam COWI







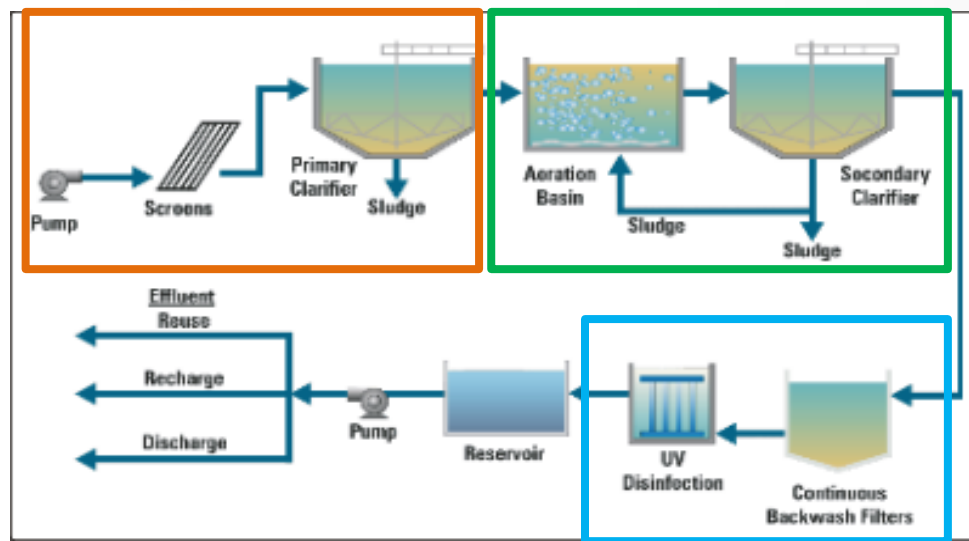
NEWS: THE DUTCH ROADMAP FOR THE WWTP OF 2030

Odzysk energii:

- biogaz, -pompy ciepła, -odzysk z różnych wysokotemperaturowych strumieni przez wymiennik ciepła

Poprawa efektywności energetycznej:

- oczyszczanie wstępne
- oczyszczanie biologiczne
- oczyszczanie trzeciego stopnia

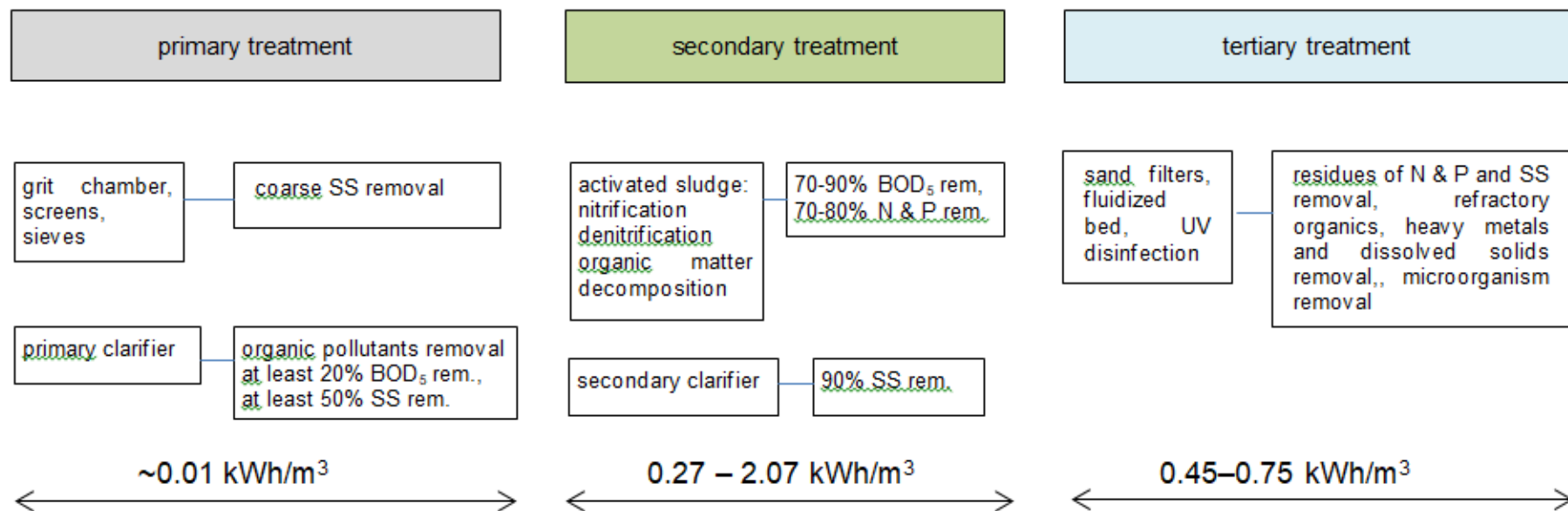


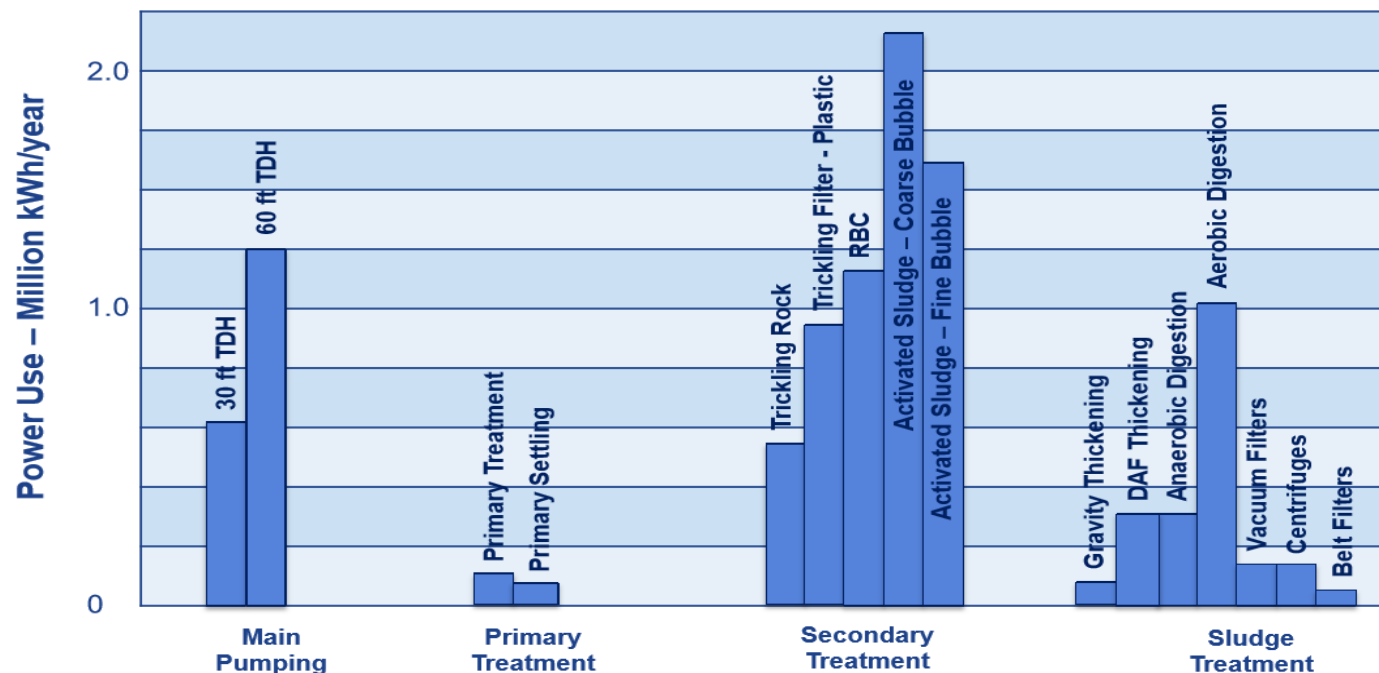
Intensywność energetyczna oczyszczania ścieków **bardzo się różni w poszczególnych krajach**

-dla **oczyszczania wstępnego** (najbardziej energochłonne -pompy) np.

0,02 do 0,1 kWh/m³ w Kanadzie,
od 0,045 do 0,14 kWh/m³ na Węgrzech i
od 0,1 do 0,37 kWh/m³ w Australii

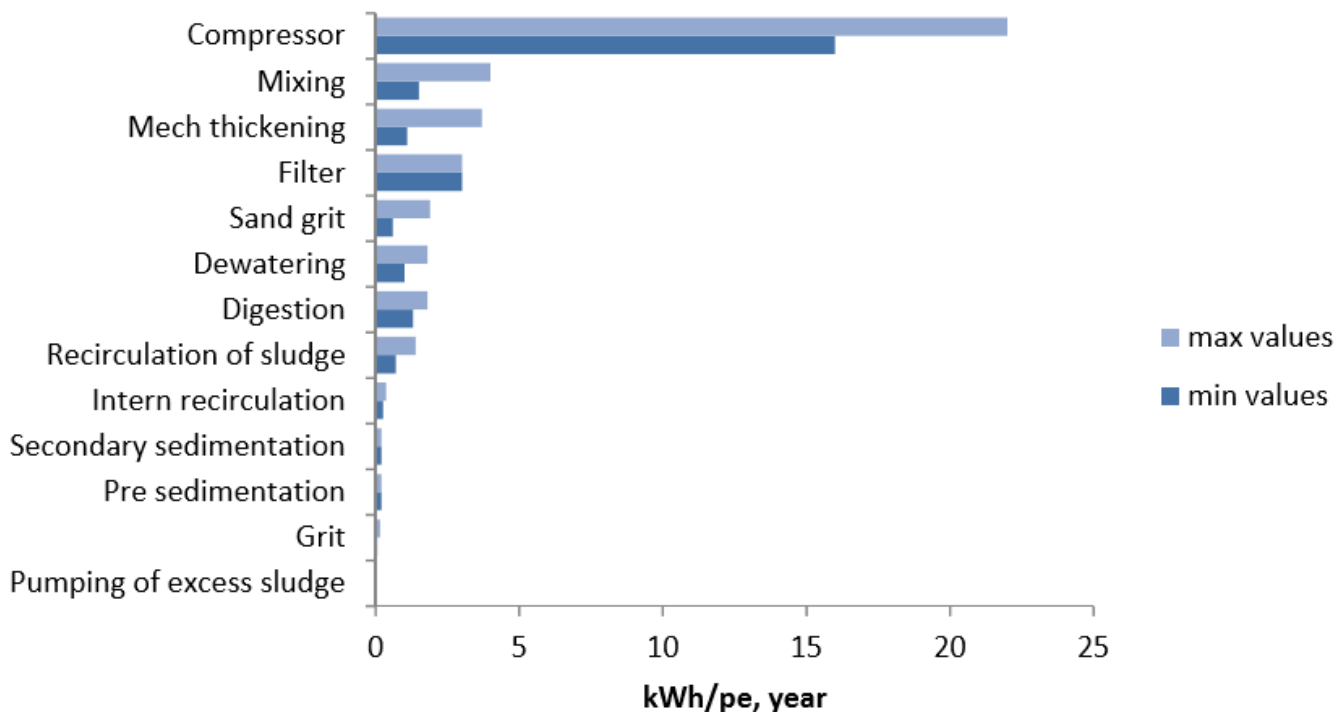
- dla **oczyszczania drugiego stopnia** (napowietrzanie, mieszanie osadu czynnego w denitryfikacji i recyrkulacja osadu (pompowanie) stanowią 60-65% całkowitych kosztów) np. 0.46 kWh/m³ (Australia), 0.269 kWh/m³ (Chiny), 0.33–0.60 kWh/m³ (USA) i 0.30–1.89 kWh/m³ (Japonia).
- dla **oczyszczania trzeciego stopnia** (zaawansowane) relatywnie duża ilość energii – intensyf. procesów usuwania N i P lub innych intensywnych procesów energet., np. Dezynf. UV.



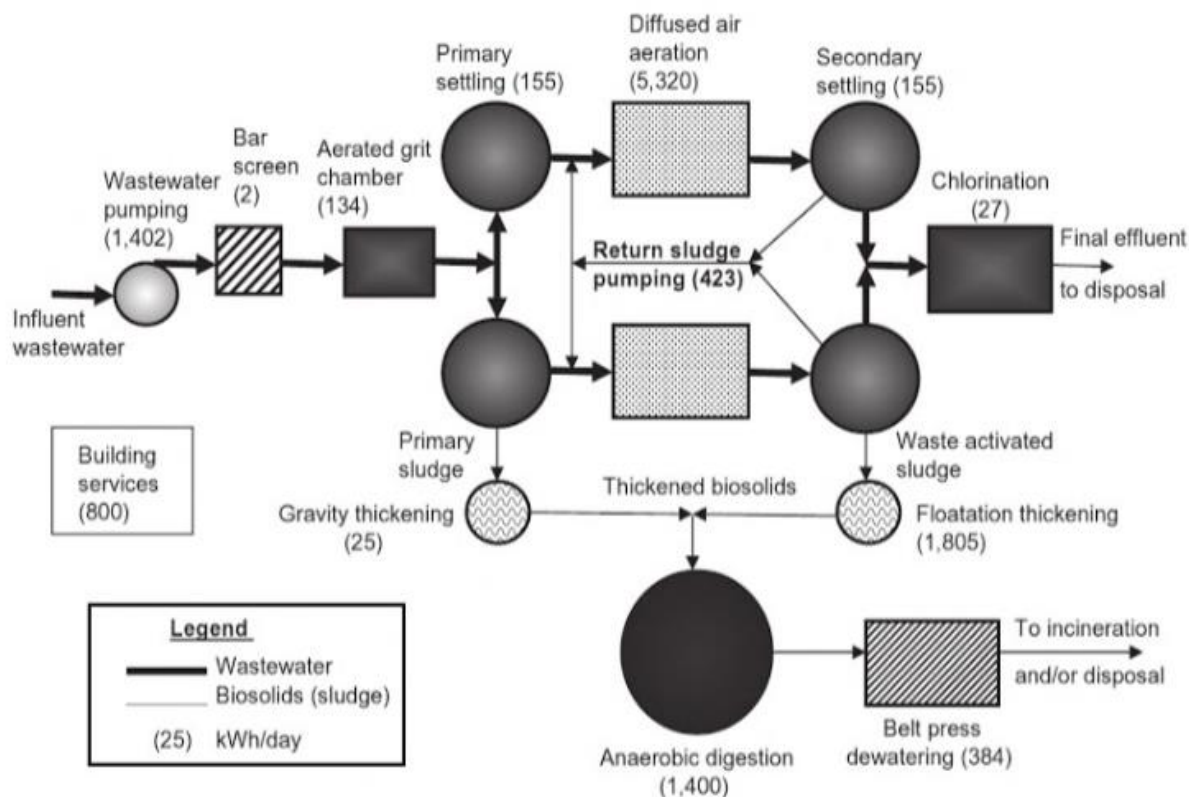


Typowy profil zużycia energii (dla oczyszczalni 37 854,1 m³/dzień). Źródło : Energy Conservation in Water and Wastewater Facilities - Manual of Practice no 32. WEF, McGraw-Hill Professional, 2009.

Primary treatment – podczyszczanie, primary settling – osadnik wstępny, trickling filters – złoża biologiczne zraszane, RBC – rotacyjne złoża biologiczne, activated sludge – osad czynny, coarse-bubble diffuser- dyfuzor grubopęcherzykowy, fine-bubble diffuser- dyfuzor drobnopęcherzykowy, gravity thickening – zagęszczacz grawitacyjny, DAF thickening – separator flotacyjny drobnopęcherzykowy, anaerobic digestion – fermentacja beztlenowa, aerobic digestion – fermentacja tlenowa, vacuum filters – filtr próżniowy, centrifuge – wirówka, belt filters – prasa taśmowa



Zużycie energii w poszczególnych procesach w kWh/RLM*rok, Źródło: Wennerholm, 2014
 compresor – kompresor, mixing – mieszanie, mech thickening – zagęszczanie mechaniczne, filter – filtr, sand grit – piaskownik (usuwanie piasku), dewatering – odwodnienie, digestion, fermentacja, recirculation of sludge – recyrkulacja osadu, intern recirculation – recyrkulacja wewnętrzna, secondary sedimentation – osadnik wtórny, pre sedimentation – osadnik wstępny, grit – usuwanie żwiru, pumping of excess sludge – pompowanie osadu nadmiernego.



Dzienne zużycie energii elektrycznej dla instalacji 37 854,1 m³/d. Źródło: Cao, 2001.

No	Jednostka	Zużycie energii, kWh	Udział w całkowitym zużyciu energii, %	Specyficzne zużycie energii elektrycznej, kWh/m ³
1	Pompa podnosząca	1402	8.2	0.04
2	Kraty	2	0.01	pomijalne
3	Piaskownik	134	0.8	pomijalne
4	Osadnik wstępny	155	0.9	0.01
5	Natlenianie	8766 (5320+3446) ¹	51.2 (31.1+20) ¹	0.23 (0.14+0.09) ¹
6	Pompa osadu recyrk.	508	3.0	0.01
7	Osadnik wtórny	155	0.9	0.01
8	Mieszanie chemikaliów	552	3.2	0.01
9	Pompa zasilająca filtr	822	4.8	0.02
10	Filtracja	385	2.2	0.01
11	Chlorowanie	27	0.1	pomijalne
12	Zagęszczacz grawiacyjny	25	0.1	pomijalne
13	Zagęszczacz flotacyjny	2022	11.8	0.05
14	Fermentacja beztlenowa	1700	10.0	0.05
15	Odwadnienie taśmowe	457	2.7	0.01

¹ cyfry na zewnątrz nawiasów są zużyciem energii potrzebnej do całkowitego usunięcia ChZT i nityfikacji łącznie, podczas gdy pierwsza i druga liczba w nawiasie to odpowiednio indywidualne zużycie energii dla usunięcia ChZT i nityfikacji.

	Oczyszczanie ścieków		
	Pompy wlotowe	Procesy oczyszczania	Obróbka osadu
Zużycie energii w %	25	60	15
Pompowanie	X		X
Osadnik wstępny		X	
Mieszanie/koagulacja		X	
Usuwanie biogenów		X	
Pompowanie osadu recyrkulowan.		X	
Zagęszczanie/odwadnianie		X	
Fermentacja/ko-fermentacja		X	
Suszenie osadu		X	
Biogaz / CHP		X	
Energia słoneczna		X	
Małe turbiny wodne	X		
Turbiny wiatrowe			X

Etap oczyszczania	Udział zużycia energii	Potencjał oszczędności energii
Pobór ścieków (pompowanie)	10%	5-10% poprzez poprawę pracy istniejących pomp. Do 30% dzięki lepszej konserwacji i dokładniejszej regulacji do rozmiaru ładunku.
Oczyszczanie (natlenianie)	55%	20-50% poprzez lepsze dostosowanie parametrów sterowania ze standardami na odpływie np poprawa/ instalacja systemu kontroli on-line.
Obróbka osadu (odwadnianie i pompowanie)	35%	30% efektywności energetycznej można osiągnąć przez zastosowanie tradycyjnej fermentacji mezofilowej z CHP. Zastosowanie wstępnego kondycjonowania (np hydroliza termiczna) osadu lub fermentacji termofilowej może zwiększyć efektywność do 50%. Dalsze zastosowanie zaawansowanego procesu zintegrowanego z ko-fermentacją i wykokosprawną CHP mogą zwiększyć efektywność energetyczną do 80%.

Procesy oczyszczania wstępnego zużywają około **11% całkowitego zużycia energii** na oczyszczalni. Wiążą się głównie z energią na **mieszanie i pompowanie** skrutek, piasku i osadu wstępnego.

Flokulacja odgrywa ważną rolę w tym stopniu oczyszczania. Jest to proces o **niskim zużyciu energii** i może być hydrauliczny lub mechaniczny. Pobór mocy zależy od wielkości kłaczków wymaganych dla przeprowadzenia procesu klarowania.

Procesy oczyszczania wstępnego usuwają zawiesinę poprzez osadzanie/**strącanie** (zbiorniki sedymentacyjne) lub poprzez **flotację** (flotacja rozpuszczonego powietrza – DAF-energochłonny, 8-12%).

Zaoszczędzić energię można poprzez regulację pracy zgarniaków na podstawie natężenia przepływu na wejściu i szybkość przepływu osadu recyrkulowanego lub w połączeniu ze stężeniem zawiesiny w zbiorniku napowietrzania lub osadem powrotnym, zamiast na podstawie stałego natężenia przepływu (zwykle przepływu pory deszczowej). W tym celu zgarniaki powinny mieć regulowaną prędkość i możliwość dostosowania w systemie operacyjnym (kontrola procesu).

Optymalizacja wstępnego procesu oczyszczania wpływa pośrednio na produkcję energii w zakładzie. Nowe podejście jest wdrażane w wielu oczyszczalniach ścieków, gdzie produkcja osadu wstępnego jest intensyfikowana dzięki chemicznej obróbce wstępnej (**proces CEPT**) lub poprzez użycie drobnych sit lub filtrów bębnowych zamiast zbiorników sedymentacyjnych w celu uzyskania jak największej ilości substancji organicznych w celu fermentacji beztlenowej. Wyższa produkcja osadu wstępnego to większy zysk energetyczny dzięki zwiększonej produkcji biogazu. Przy tym procesie pamiętać jednak należy o zabezpieczeniu etapu denitryfikacji w łatwo rozkładalną substancją organiczną w ścieku po wstępnym oczyszczeniu.

Głównymi **parametrami wpływającym** na procesy wstępnego oczyszczania oraz **zużycie energii** są:

- KWh/ na kg usuniętej zawiesiny TSS – im wyższa zawartość materii organicznej w osadzie wstępnym (wyższy stopień usunięcia materii organicznej ze ścieków) tym wyższa produkcja energii.
- KWh/ na kg P usuniętego chemicznie

Istnieje kilka sposobów na **zwiększenie efektywności energetycznej wtórnego oczyszczania**:

- zastosowanie drobnopęcherzykowych systemów napowietrzania (40-50%)
- prawidłowa konserwacja systemu napowietrzania
- kalibracja czujników
- optymalizacja wieku osadu (1-10%)
- zastosowanie sterowania systemem napowietrzania (optymalizacja pozycjonowania oraz ilości sensorów) (30%)
- zastosowanie napowietrzania przerywanego (do 15%)
- obniżenie poziomu stężenia tlenu (1-10%)
- zastosowanie powietrza wywiewanego (1%)
- zarządzanie przepływem osadu recyrkulowanego (do 55%)

Kluczowe **Wskaźniki Efektywności Energetycznej** procesu:

OCP (potencjał zużycia tlenu)_{red} %; kg/RLM/d

energia na napowietrzanie kWh/RLM/day, kWh/kg potrzebnego tlenu; % energii całkowitej

energia na mieszanie kWh/RLM/d, % energii całkowitej

energia/usunięty parametr kWh/kg usuniętego parametru: kWh/kg ChZT_{usunięte}, kWh/kg NH₄

rusunięte, kWh/kg TN_{usunięte}, kWh/kg P_{bio usunięte}

Doczyszczanie ścieków z usuwaniem substancji biogenych.

Wymagany w oczyszczalniach ścieków komunalnych które odprowadzają ścieki do obszarów wrażliwych na eutrofizację.

Filtracja jest procesem wymagających znacznych nakładów energii (ok. 7-12% całkowitej zapotrzebowania na energię). Filtry piaskowe są przeznaczone do usuwania nadmiaru zawiesiny, BZT oraz P.

Ze względu na obawy związane z bezpieczeństwem, obsługą oraz toksycznością związaną z chlorem, **promieniowanie UV** coraz popularniejsze jako alternatywa. Wymagania energetyczne dla UV zależą od liczby, typu i konfiguracji lamp używanych do osiągnięcia docelowej dawki promieniowania UV.

Kluczowe **Wskaźniki Efektywności Energetycznej** procesu :

dla usuwania zawiesin: kWh/kg TSS_{usuniętego}

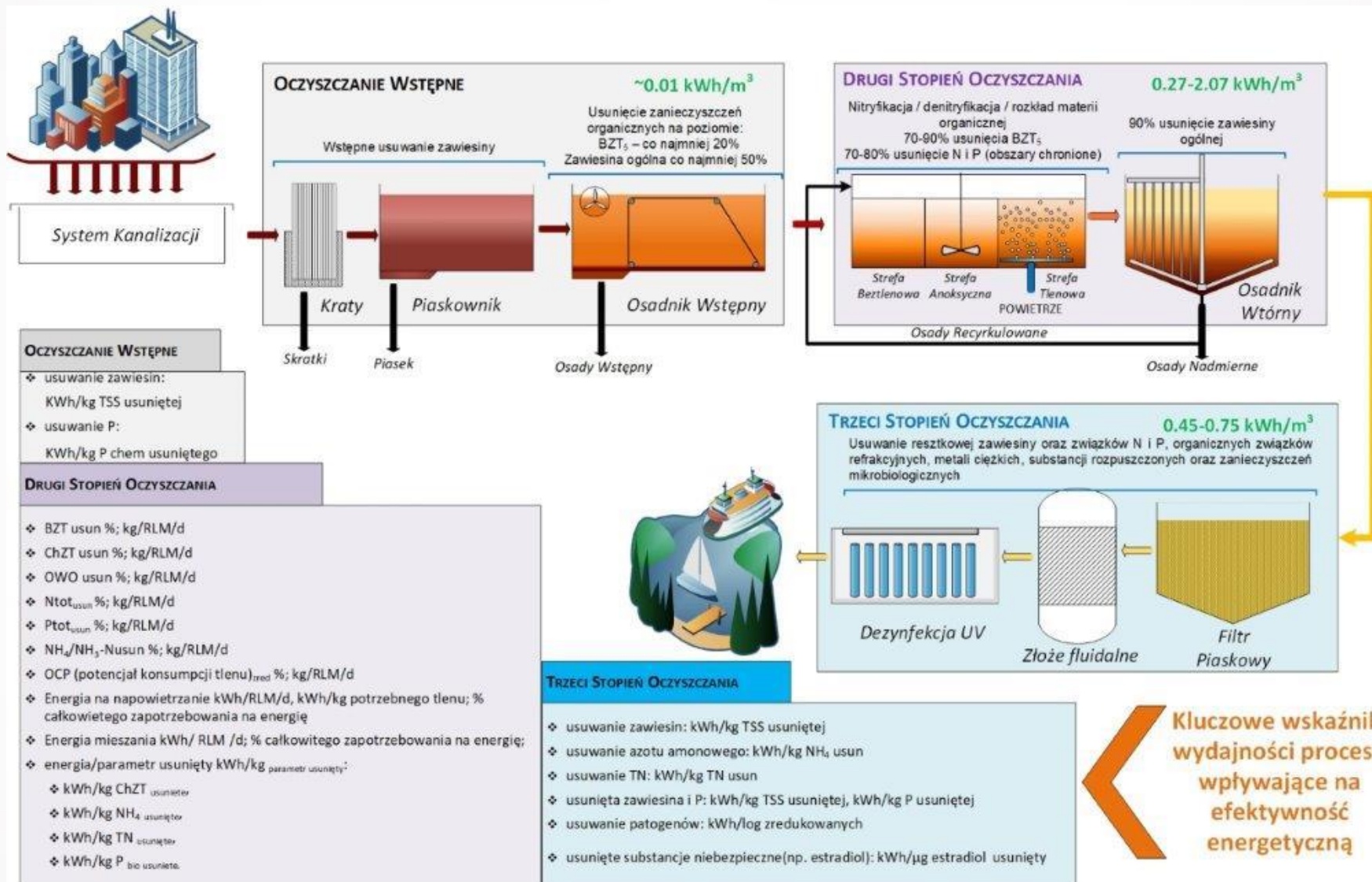
dla usuwania azotu amonowego: kWh/kg NH₄_{usuniętego}

dla usuwania azotu: kWh/kg TN_{usuniętego}

dla usuwania zwiesin oraz P: kWh/kg TSS_{usuniętego}, kWh/kgP_{usuniętego}

dla usuwania patogenów: kWh/log redukcji

dla usuwania niebezpiecznych zanieczyszczeń (np. estradiol): kWh/estradiolu_{usuniętego}



Trzeci stopień oczyszczania to również oczyszczanie **strumieni bocznych** np. wód odciekowych z odwodnionego osadu po fermentacji.

Przykład – **deamonifikacja** – proces biologiczny autotroficzny stosowany dla oczyszczania strumieni o wysokim stężeniu azotu.

Zwiększa wydajność głównego ciągu technologicznego i pozwala na oszczędność energii na napowietrzanie.

Proces składa się z dwóch etapów: utleniania amoniaku do azotynów (częściowa nitrytacja), a następnie na konwersji w warunkach beztlenowcy pozostałego amoniaku z azotynami do azotu gazowego (Anammox).

Wymagania: niski stosunek C/N i wysoka temperatura.

Dane na temat pełnej skali z oczyszczalni w Strass w Austrii wskazują, że zużycie energii do usuwania azotu z wód odciekowych wynosiło 1,16 kWh/kgN, co jest znacząco niższe w porównaniu z 6,5 kWh/kgN przypadające na oczyszczanie strumienia głównego (Wett, 2007).

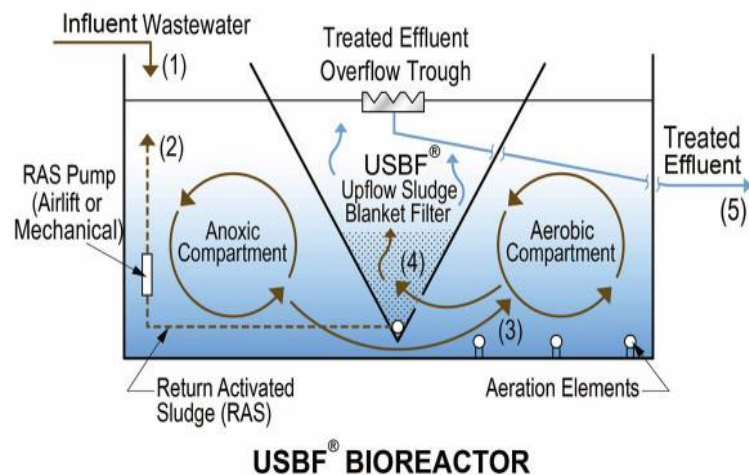
Po zastosowaniu Anammox w strumieniu bocznym zużycie tlenu dla usunięcia amoniaku zmniejszyło się o 50%, co odpowiada około 12% oszczędności całkowitego zużycia energii elektrycznej na oczyszczalni.

Zaawansowane oczyszczanie wstępne

Poprzez zastosowanie drobnych sit/filtrów zamiast osadnika wstępnego - więcej BZT → więcej biogazu. Uwaga 1: w ściekach musi pozostać wystarczająca zawartość BZT w celu efektywnego przeprowadzenia procesu usuwania azotu; Uwaga 2: wzrost produkcji osadu wstępnego i większa wydajność fermentacji beztlenowej → wzrost ładunku azotu w odciekach; w tym przypadku można zastosować zaawansowane metody oczyszczania strumienia odciekowego.

Upflow Sludge Blanket Filtration (USBF).

Proces USBF oparty jest na technice rozdziału osadu/ciecz i konstrukcji kształtu litery V. W konfiguracji tej nie jest wymagany zgarniacz, a pompa osadu recykulowanego wymaga niżej wysokości podnoszenia w porównaniu z konwencjonalnymi osadnikami. Obie różnice pozwalają na niższe zużycie energii, ale należy dokonać dokładnego porównania z konwencjonalnymi osadnikami.



Sekwencyjne reaktory biologiczne (SBR)

Poprzez sekwencyjne oczyszczanie ścieków można oszczędzać energię w odniesieniu do systemów recykulacyjnych. Systemy SBR można budować modułowo, w przypadku większych oczyszczalni ścieków liczba modułów się zwiększa.

Beztlenowe usuwanie azotu

Większość nowoczesnych propozycji obejmuje wdrożenie lepszej kontroli istniejących procesów. Jest to wykonalne w stosunkowo krótkim czasie i stosunkowo niskich kosztach. Bardziej radykalną propozycją o większych możliwych korzyściach jest **zastąpienie obecnych systemów tlenowych procesami beztlenowymi w niskich temperaturach – REWOLUCJA!**

Podniesienie temperatury - z osadu obrabianego na miejscu lub innych zewnętrznych odpadów organicznych

Główną korzyścią będzie obniżenie kosztów napowietrzania.

Inna propozycja - przejście na procesy beztlenowe w niskich temperaturach i stosowanie bioreaktorów membranowych (Caffoor, 2010).

Szacuje się, że do roku 2030 oczyszczanie tlenowe, które pochłania 0,15-0,7 kWh/m³, może zostać zastąpione przez procesy beztlenowe, wytwarzające **1,7 kWh/m³** (WssTP, 2011; GWRC, 2010).

Wett i inni (2007) proponuje następujące rozwiązanie:

- zintensyfikowane oczyszczanie wtępne z zastosowaniem polimeru organicznego do strącania w celu zwiększenia produkcji osadu wstępnego → biogazu w fermentacji,
- proces osadu czynnego z krótkim czasem zatrzymania osadu i hydraulicznym w celu adsorpcji koloidalnego i rozpuszczalnego ChZT dla większej produkcji biogazu,
- dynamiczna kontrola napowietrzania i pH,
- termiczna obróbka osadu przed fermentacją,
- generatory wysokiej sprawności lub ogniwo paliwowe do wytwarzania energii elektrycznej oraz
- zastosowanie Anammox dla wód odciekowych

Inteligentne Wykorzystanie Potencjałów

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!



**Upowszechnienie wykorzystania ETV
w celu poprawy efektywności
energetycznej sektora wodno-ściekowego**