

# OBIEG ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH W MIEJSKICH OCZYSZCZALNIACH ŚCIEKÓW

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Instytut Inżynierii i Ochrony Środowiska

Katedra Technologii Wody, Ścieków i Osadów

## REALIZATORZY BADAŃ:

prof. zw. dr hab. inż. TADEUSZ L. WIERZBICKI

dr inż. DARIUSZ BORUSZKO

dr inż. WOJCIECH DĄBROWSKI

dr inż. LECH MAGREL

Dariusz Boruszko

Wojciech Dąbrowski

# OBIEG ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH W MIEJSKICH OCZYSZCZALNIACH ŚCIEKÓW

BWB  
MAG

CD-ROM

Temat badawczy i opracowanie sfinansowano ze środków  
Komitetu Badań Naukowych w ramach projektu Nr 8 T07G 002 21  
*Badania nad obiegiem związków biogennych w miejskich oczyszczalniach ścieków*

175967

ISBN 83-88771-35-3

Biblioteka Główna  
Politechniki Białostockiej



© copyright by Politechnika Białostocka  
Białystok 2003

*adiustacja językowa:*  
Janina Sawicka-Demianowicz

*opracowanie graficzne:*  
Tomasz Poskrobko

*projekt okładki:*  
Krystyna Krakówka

*skład:*  
Pracownia Składu Komputerowego i Usług Edytorskich

*druk i oprawa:*  
Dział Wydawnictw i Poligrafii Politechniki Białostockiej

0-265 1011

# SPIS TREŚCI

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                                                                                      | 7   |
| Rozdział 1                                                                                       |     |
| Prezentacja systemów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów<br>stanowiących bazę badawczą ..... | 9   |
| Rozdział 2                                                                                       |     |
| Koncepcja i metodyka badań analitycznych, technologicznych i statystycznych .....                | 42  |
| Rozdział 3                                                                                       |     |
| Wyniki badań nad obiegiem związków biogennych w analizowanych obiektach .....                    | 60  |
| Rozdział 4                                                                                       |     |
| Bilans masy .....                                                                                | 91  |
| Rozdział 5                                                                                       |     |
| Ocena efektywności pracy analizowanych oczyszczalni .....                                        | 120 |
| Rozdział 6                                                                                       |     |
| Praktyczna analiza danych i wyników badań .....                                                  | 127 |
| Rozdział 7                                                                                       |     |
| Podsumowanie .....                                                                               | 170 |
| Piśmiennictwo .....                                                                              | 171 |
| Wykaz publikacji związanych ze zrealizowanym tematem badawczym .....                             | 172 |

# WSTĘP

Oczyszczalnie ścieków i systemy przeróbki osadów projektowane i budowane w Polsce do końca lat osiemdziesiątych głównie usuwały związki organiczne, co wynikało z obowiązujących wówczas przepisów oraz dostępnych technologii i urządzeń.

W latach dziewięćdziesiątych nastąpił gwałtowny wzrost ilości systemów oczyszczania, które umożliwiały intensywne biologiczne usuwanie związków azotu i fosforu. Nierozwiązany jednak został problem przeróbki i finalnej utylizacji osadów ściekowych generowanych w nowoczesnych oczyszczalniach ścieków. Modelowym przykładem zmian może być teren obecnego województwa podlaskiego, gdzie w latach dziewięćdziesiątych wybudowano bądź też poddano modernizacji około 50 oczyszczalni ścieków na ponad 100 dotychczas działających. Niemal wszystkie obiekty stosują metodę osadu czynnego, nieliczne działają w oparciu o złoża biologiczne oraz stawy biologiczne i oczyszczalnie roślinne. W nowych i zmodernizowanych obiektach skoncentrowano się na biologicznym i chemicznym usuwaniu ze ścieków związków azotu i fosforu; ich poziom w ściekach oczyszczonych ma decydujący wpływ na środowisko wodne będące między innymi źródłem wody pitnej. Szczególną uwagę poświęcono problematyce przeróbki i zagospodarowania osadów ściekowych. W dużych oczyszczalniach stosowany jest proces stabilizacji beztlenowej osadów (wraz z pozyskiwaniem biogazu), z którym łączy się proces powstawania i recyrkulacji wód osadowych zawierających ogromne ilości związków biogenych. Mniejsze obiekty stosują procesy stabilizacji tlenowej. Odwadnianie osadów prowadzone jest w większości przy użyciu pras filtracyjnych (w ten sposób odwadnianych jest niemal 43% osadów województwa podlaskiego), małe obiekty powszechnie stosują workownice i poletka osadowe z recyrkulacją odcieków do obiegu oczyszczania. Zawartość związków biogenych w osadach ściekowych może świadczyć o ich wartości jako na przykład nawozu, umożliwiając ich recykling do środowiska naturalnego.

Problem z kontrolowaniem obiegu związków biogenych w dużych i małych oczyszczalniach jest obserwowany w obecnie działających systemach. Autorzy dokonali bilansu ścieków i osadów w oczyszczalniach województwa podlaskiego. Prowadzono także badania w rzeczywistych i modelowych obiektach dotyczące zależności pomiędzy stężeniem związków biogenych w ściekach i osadach oraz charakteru wód osadowych, ich wpływu na efektywność oczyszczania i możliwości ich podczyszczania.

W ramach projektu przeprowadzono badania przemian związków biogenych w wybranych oczyszczalniach pracujących na terenie województwa podla-

skiego. Analizowane obiekty stosują intensywne biologiczno-chemiczne oczyszczanie ścieków oraz stabilizację beztlenową bądź tlenową osadów. Przepustowość obiektów stanowiących bazę badawczą wynosi od 2000 do 15000 m<sup>3</sup> ścieków na dobę, a generowana przez nie roczna ilość osadu od 100 do 1100 ton s.m.

Celem naukowym projektu było określenie obiegu związków azotu i fosforu podczas oczyszczania ścieków i w trakcie przeróbki osadów. Rozwiązanie tego problemu stanowi podstawę do wprowadzenia możliwości kontroli i sterowania tym procesem, a zarazem osiągnięcia stabilnej i wysokoefektywnej pracy systemów. Konieczność rozwiązania tego zagadnienia pojawiła się wraz z budową i modernizacją systemów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów. Większość dużych oczyszczalni, w których wprowadzono intensywne biologiczne i chemiczne usuwanie fosforu nie prowadzi monitoringu przemian związków biogennych podczas poszczególnych faz procesu oczyszczania ścieków i przeróbki osadów (między innymi wód osadowych powstających w procesie stabilizacji beztlenowej i ich wpływu na efekt oczyszczania).

Możliwość optymalizacji obiegu związków biogennych będzie miała według autorów duży wpływ na osiągane efekty i stabilność pracy całej oczyszczalni. Programy badawcze realizowane w latach dziewięćdziesiątych dotyczyły korelacji pomiędzy zawartością związków biogennych w ściekach (miejskich i przemysłowych) i osadach ściekowych, składu wód osadowych i ich oddziaływania na proces oczyszczania, bilansu ścieków i osadów województwa podlaskiego. Badania trwały w latach 1998-2000. Wyniki tej pierwszej kompleksowej pracy na temat niemal 100 oczyszczalni pracujących w województwie stanowiły niezbędną bazę badawczą autorów niniejszej pracy.

Realizacja projektu była możliwa dzięki współpracy eksploatatorów poszczególnych obiektów. Autorzy pragną podziękować wszystkim osobom, które umożliwiły przeprowadzenie badań.

# PREZENTACJA SYSTEMÓW OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW I PRZERÓBKİ OSADÓW STANOWIĄCYCH BAZĘ BADAWCZĄ

Analiza systemów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów w wybranych obiektach województwa podlaskiego poprzedzona została badaniami własnymi. Polegały one głównie na wizjach lokalnych, monitoringu podstawowych wskaźników zanieczyszczeń występujących w ściekach, osadach i wodach osadowych oraz na ocenie parametrów technologicznych pracy oczyszczalni.

Badania zostały przeprowadzone w obiektach zlokalizowanych na terenie województwa podlaskiego w następujących miejscowościach:

- Mońki,
- Hajnówka,
- Suwałki,
- Augustów,
- Wysokie Mazowieckie.

Krótką charakterystyką badanych obiektów została przedstawiona w tabeli 1.



Tabela 1. Charakterystyka badanych obiektów

| Lokalizacja oczyszczalni | Typ oczyszczalni ścieków                                                                               | Ilość osadów [ton s.m./r] | Przeróbka osadów                                                                          | Przepustowość oczyszczalni [m³/d] |             | Urządzenia do mechanicznego oczyszczania ścieków             |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------|
|                          |                                                                                                        |                           |                                                                                           | projek-towana                     | rzeczywista |                                                              |
| Mońki                    | mechaniczno-biologiczna typu BIOBLOK                                                                   | 140                       | zagęszczanie, fermentacja, prasa filtracyjna, poletka osadowe, higienizacja wapnem        | 2600                              | 1800        | kraty proste, piaskownik, osadniki wstępne, osadniki wtórne  |
| Hajnówka                 | mechaniczno-biologiczna typ SBR, chemiczne strącanie fosforu                                           | 240                       | stabilizacja tlenowa, zagęszczanie osadu, prasa filtracyjna                               | 6000                              | 3300        | sita bębnowe, piaskownik przedmuchiwany, separator tłuszczów |
| Suwałki                  | mechaniczno-biologiczna, wielofazowy osad czynny do zintegrowanego usuwania C i N, strącanie chemiczne | 2539                      | fermentacja, zagęszczanie, odwadnianie przy użyciu wirówki, poletka osadowe               | 25600                             | 11000       | kraty, piaskowniki, osadniki wstępne, osadniki wtórne        |
| Augustów                 | mechaniczno-biologiczna, zintegrowane usuwanie C i N, chemiczne strącanie fosforu                      | 600                       | zagęszczenie, stabilizacja tlenowa, prasa filtracyjna GINARD, poletka osadowe             | 7500                              | 4000        | krata, piaskownik pionowo-wirowy                             |
| Wysokie Mazowieckie      | mechaniczno-biologiczna, wielofazowy osad czynny                                                       | 600                       | stabilizacja tlenowa, zagęszczanie, odwadnianie na poletkach osadowych, prasa filtracyjna | 5700                              | 3200        | krata, piaskownik                                            |

# I. MOŃKI

Miasto i gmina Mońki położone jest w północno-wschodniej części naszego kraju, na skraju otuliny Biebrzańskiego Parku Narodowego i Puszczy Knyszyńskiej. Mońki leżą przy dwóch ważnych trasach komunikacyjnych województwa podlaskiego: linii kolejowej Białystok-Ełk oraz drogi krajowej nr 65. Miasto ma dogodnie połączenie z Białymstokiem (44 km), Grajewem (36 km) i Ełkiem (56 km).

Liczący około 45 tysięcy mieszkańców powiat moniecki to region o charakterze typowo rolniczym. Sprzyjające warunki klimatyczno-glebowe oraz nieskażone zanieczyszczeniami środowisko naturalne sprzyjają uprawom zbóż i ziemniaków, produkcji zwierzęcej - przede wszystkim hodowli bydła mlecznego i trzody chlewnej. Ponadto rozwija się tu drobny przemysł przetwórstwa rolnego. Na terenie powiatu znajdują się trzy ośrodki miejskie, z których największe to Mońki, liczący 11 tysięcy mieszkańców. Miasto stanowi ważny ośrodek gospodarczy, usługowy i kulturalny.

Odbiornikiem ścieków oczyszczonych z miasta Mońki jest rzeka Targonka zaliczana do III klasy czystości. Rzeka Targonka ma obejście w miejscowości Czechowizna. Z jeziora Czechowizna wypływa rzeka Nereśl stanowiąca dopływ Narwi, z którą łączy się rzeką Targonką. Szacunkowo średnie niskie przepływy wody w odbiornikach ścieków z miasta Mońki wynoszą:

- rzeka Targonka przy ujściu do jeziora  $SNQ = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$
- rzeka Nereśl na wypływie z jeziora  $SNQ = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 1.1. Ilość i rodzaj ścieków powstających na terenie miasta

Do oczyszczalni głównie trafiają ścieki bytowo-gospodarcze, z ubojni, wody infiltracyjne i opadowe oraz dowożone są ścieki w ilości  $Q_{\max} = 15 \text{ m}^3/\text{d}$ . Ilość tych ścieków ulega różnym wahaniom. Spowodowane jest to opadami atmosferycznymi oraz intensywnością dostarczania ścieków z ubojni i ścieków dowożonych. Wahania maksymalne i średnie uzależnione są od pory suchej i deszczowej.

Tabela 1.1. Przepływy charakterystyczne

| Natężenie przepływu ścieków  | Jednostka           | Dane projektowe | Aktualnie występujące |
|------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| Dobowe średnie $Q_{dśr}$     | [m <sup>3</sup> /d] | 1750            | 1400                  |
| Dobowe maksymalne $Q_{dmax}$ | [m <sup>3</sup> /d] | 2600            | 3400                  |
| Dobowe minimalne $Q_{dmin}$  | [m <sup>3</sup> /d] | 900             | ×                     |
| Godzinowe średnie $Q_{hśr}$  | [m <sup>3</sup> /h] | 108             | ×                     |
| Godzinowe max $Q_{hmax}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 200             | ×                     |
| Godzinowe min $Q_{hmin}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 38              | ×                     |

Na wartości poszczególnych przepływów ma pora deszczowa oraz sucha i roztopy wiosenne;  
 × oczyszczalnia nie prowadziła powyższych pomiarów

## 1.2. Charakterystyka ścieków

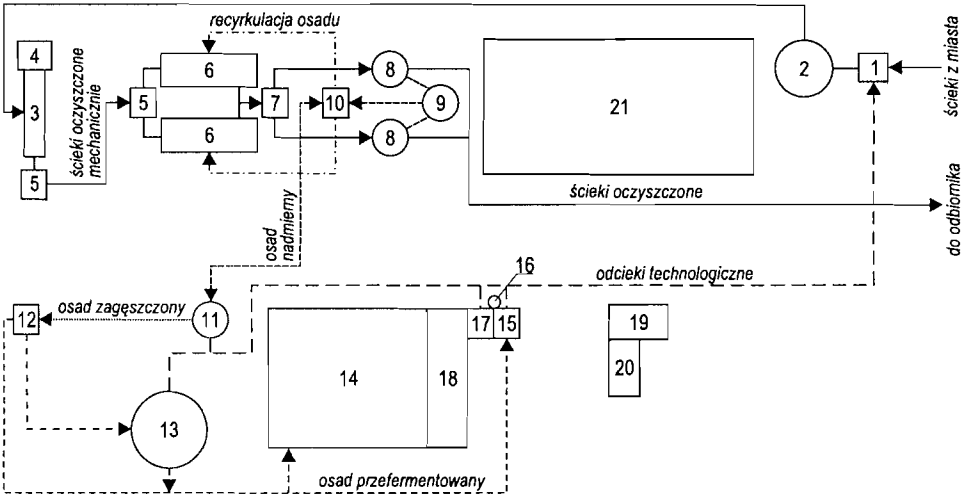
Tabela 1.2. Stężenie ścieków na dopływie i odpływie oczyszczalni

| Parametr                               | Ścieki surowe | Ścieki oczyszczone |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|
| BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] | 435           | 13,5               |
| CHZT [mgO <sub>2</sub> /l]             | 964           | 72,2               |
| Zawiesina [mg/l]                       | 355           | 28                 |
| Azot amonowy [mg/l]                    | 37,5          | 1,6                |
| Azot azotanowy [mg/l]                  | 1,6           | 4,3                |
| Azot azotynowy [mg/l]                  | 0,085         | 0,34               |
| Azot ogólny [mgN/l]                    | 77            | 2,5                |
| Fosfor ogólny [mgP/l]                  | 20,1          | 4,2                |

Wartości podane w tabeli dotyczą średnich stężeń od marca 2002 do marca 2003.

### 1.3. Podstawowe obiekty i urządzenia występujące na terenie oczyszczalni

Schemat 1.1. Plan sytuacyjny oczyszczalni ścieków w Mońkach



#### OBIEKTY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

- |                                                |                                                                                 |                                            |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Komora krat rzadkich                        | 8. Osadnik wtórny                                                               | 14. Poletka ociekowe                       |
| 2. Przepompownia ścieków surowych              | 9. Przepompownia osadu recykulowanego                                           | 15. Stacja mechanicznego odwadniania osadu |
| 3. Piaskownik i kraty                          | 10. Komora przepływowymierzy zagęszczonego i mieszania osadu przefermentowanego | 16. Silos zasypowy wapna palonego          |
| 4. Budynek odbioru piasku u stacji dmuchaw     | 11. Zagęszczacz grawitacyjny                                                    | 17. Budynek odbioru osadu odwodnionego     |
| 5. Komora rozdziłu ścieków                     | 12. Przepompownia osadu                                                         | 18. Zasiek składowy osadu odwodnionego     |
| 6. Reaktory biologicznego oczyszczania ścieków | 13. Otwarta komora fermentacji                                                  | 19. Budynek socjalny i laboratoryjny       |
| 7. Komora rozdziłu ścieków                     |                                                                                 | 20. Budynek energetyczny                   |
|                                                |                                                                                 | 21. Stawy rybne                            |

### 1.4. Opis procesu technologicznego

Oczyszczalnia ścieków pracuje w swej części zasadniczej według metody niskoobciążonego osadu czynnego z usuwaniem związków biogennych. Ścieki bytowo-gospodarcze dopływające do oczyszczalni kierowane są przez istniejącą komorę zasuw, wyposażoną w kratę rzadką, do przepompowni ścieków surowych. Z komór czerpalnych pompowni ścieki są podawane na obiekty technologiczne oczyszczalni.

Pierwszym urządzeniem do mechanicznego oczyszczania ścieków jest piaskownik, o przepływie poziomym wyposażony w zespół krat mechanicznych, służący do oddzielenia grubych zawiesin (skrutek) oraz piasku. Przed piaskownikiem znajduje się komora przepływowa służąca do wyrównania oraz uspokojenia dopływających ścieków. Piaskownik składa się z dwóch komór wyposażonych w au-

tomatyczne kraty schodkowe, zgarniacza łańcuchowego oraz zastawek służących do regulacji przepływu ścieków. Oddzielony piasek transportowany jest do pomieszczenia odbioru (budynek piaskownika), gdzie zrzucany jest do przyczepy ciągnikowej podstawianej pod otwory w stropie.

Wyłapanie na kratkach grubsze zawiesiny usuwane są mechanicznie i trafiają na stalowe rynny, którymi są transportowane do pneumatycznego podajnika komorowego z dolnym rozładunkiem (workowanie). Napęd oraz sterowanie podajnika następuje za pomocą instalacji sprężonego powietrza.

Oczyszczone mechanicznie ścieki przepływają grawitacyjnie do komory rozdziału na zespoły oczyszczalni oraz komory rozdziału ścieków przez przepływomierze na bloki reaktorów biologicznych. Zadaniem pierwszej komory jest rozdział ścieków na poszczególne zespoły oczyszczalni z możliwością doprowadzenia ścieków z dowolnego koryta piaskownika. Druga komora wykonana jest w konstrukcji betonowej i służy do rozdziału oraz pomiaru ilości odpływających ścieków na poszczególne zespoły komór osadu czynnego.

W zasadniczej części oczyszczalni (zablokowanych komorach reakcji) ścieki oczyszczane są metodą osadu czynnego z jednoczesnym usuwaniem związków biogenych. W reaktorach biologicznych wydzielone zostały następujące komory:

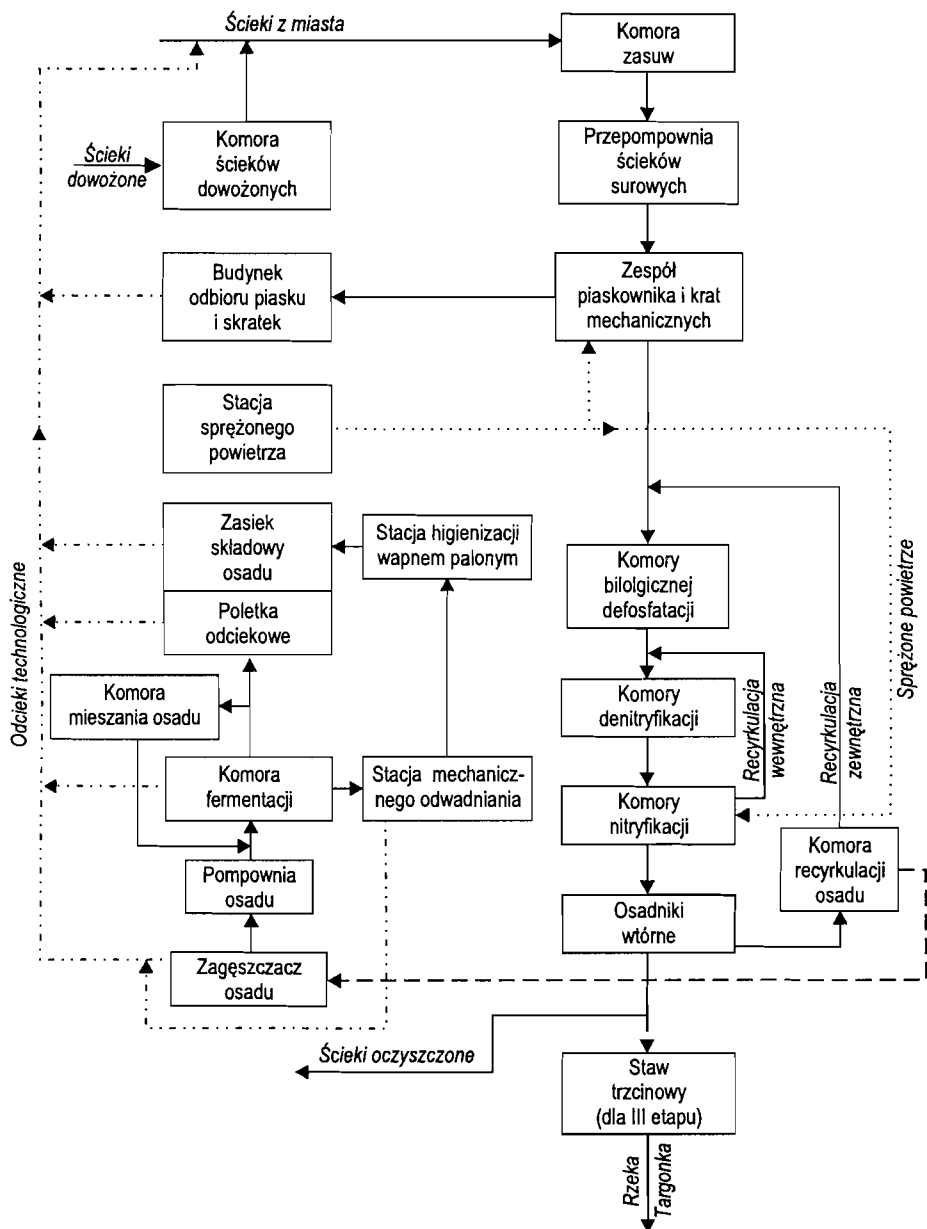
- defosfatacji,
- denitryfikacji,
- nityfikacji,
- odgazowania ścieków.

Usuwanie związków biogenych w procesie z osadem czynnym realizowane jest dzięki zastosowaniu odpowiednich, naprzemiennych warunków tlenowych oraz beztlenowych w poszczególnych wydzielonych strefach bioreaktorów oraz wewnętrznej cyrkulacji ścieków, która zapewnia niezbędne źródło pokarmu bakteriom usuwającym związki biogenne. W układzie tym zastosowano dwa układy wewnętrznej recyrkulacji ścieków:

- z komór denitryfikacji do komór defosfatacji,
- z komór odgazowania do komór denitryfikacji.

Tak przedstawione rozwiązania technologiczne wymagają odpowiedniego systemu mieszania. Cyrkulacja ścieków i osadu wymuszona jest mieszadłami w układzie przemiennym, zapewniającym utrzymanie warunków beztlenowych w komorach defosfatacji i anoksydacyjnych w komorach denitryfikacji. System drobnopełcherzykowego napowietrzania zastosowano w komorach nityfikacji i odgazowania; zapewnia on jednoczesne natlenienie oraz wymieszanie dopływających ścieków z osadem czynnym. Wymagane stężenie osadu czynnego w komorach reakcji jest osiągnięte dzięki recyrkulacji osadu z osadników wtórnych poprzez pompownię osadu powrotnego. W kolejnym etapie ścieki z osadem czynnym odprowadzane są przez komorę rozdziału do dwóch osadników wtórnych o przepływie pionowym, w których następuje oddzielenie ścieków oczyszczonych od sedymentującego osadu czynnego. Oddzielony osad jest kierowany do pompowni osadowej, skąd zostaje częściowo zawrócony do początku układu komór reakcyjnych, a jego nadmiar zostaje usunięty do zagęszczacza.

Schemat 1.2. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków w Mońkach



Po przejściu przez osadnik wtórny oczyszczone ścieki odprowadzone są kanałem do odbiornika. Pomiar ilości odpływających ścieków dokonywany jest za pomocą przepływomierzy klapowych zamontowanych w komorze przepływowej.

## 1.5. Gospodarka osadowa

Przeróbka i unieszkodliwianie osadów nadmiernych w oczyszczalni ścieków w Mońkach:

- zagęszczanie osadu w zagęszczaczu grawitacyjnym,
- stabilizacja beztlenowa w otwartej komorze fermentacji (OKF),
- odwadnianie ustabilizowanego osadu przy użyciu taśmowej prasy filtracyjnej z użyciem polielektrolitu,
- higienizacja wapnem ( $\text{CaO}$ ),
- suszenie na poletkach osadowych.

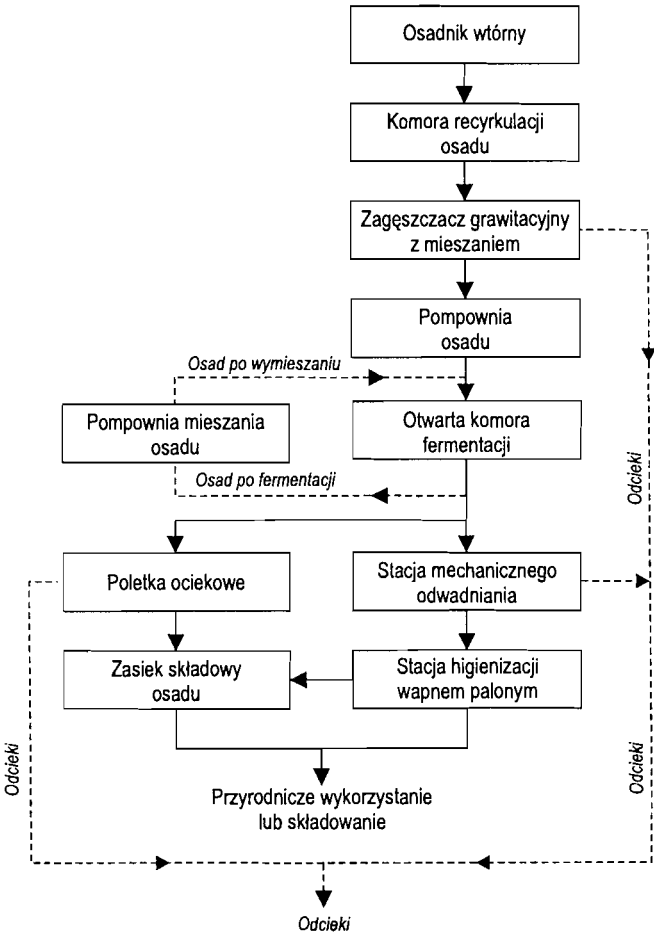
W zagęszczaczu grawitacyjnym zagęszczanie osadu następuje podczas tak zwanej sedymentacji skrapowanej cząstek osadu, która tworzy się pod wpływem działania sił ciężkości. Urządzenia to posiada konstrukcję zbliżoną do konstrukcji osadników odśrodkowych. W celu zwiększenia intensywności procesu zagęszczania zastosowano mieszadło mechaniczne obrotowe w kształcie ramy z pionowymi prętami.

W reaktorach biologicznego oczyszczania ścieków wydzielone są osady powstające w wyniku przyrostu masy mikroorganizmów. Do otwartej komory fermentacyjnej osad nadmierny trafia poprzez osadnik wtórny, komorę recyrkulacji, zagęszczacz i komorę przepompowni. Komory fermentacji są urządzeniami przeznaczonymi do przeprowadzenia biochemicznego rozkładu substancji zawartych w osadach ściekowych na drodze fermentacji. Rozkład przebiega wolno około trwa 180 dni. W wyniku tego procesu uzyskuje się niezagrywający i łatwo odwadniający się osad. Substancje organiczne ulegają rozkładowi w warunkach beztlenowych na wodę i gaz. Codziennie w oczyszczalni powstaje około  $50 \text{ m}^3/\text{d}$  osadu pościekowego o uwodnieniu 98,5-99,0%, w zależności od stężenia osadu w komorze. Wyniki pracy komory fermentacyjnej w oczyszczalni ścieków w Mońkach na bieżąco są kontrolowane.

Osad ustabilizowany jest podawany na prasę filtracyjną taśmową w celu mechanicznego odwodnienia i zwiększenia suchej masy.

Przetworzony osad trafia na poletka osadowe, a następnie na wysypisko. Ze względu na charakter osadów powstających w oczyszczalni w Mońkach celowe jest zawracanie ich do środowiska naturalnego.

Schemat 1.3. Schemat blokowy węzła osadowego





## 2. HAJNÓWKA

Hajnówka położona jest na Nizinie Podlaskiej, w części województwa podlaskiego, na wschodnim krańcu Puszczy Białowieskiej. Okolice Hajnówki to rozległa równina pokryta lasami, łąkami i polami uprawnymi. Przez miasto przepływa rzeka Leśna Prawa, dopływ Bugu. Według podziału fizyczno-geograficznego Polski, Hajnówka należy do Prowincji Niżu Zachodniorosyjskiego, Podprowincji Wysoczyzny Podlasko-Białoruskiej, Makroregionu Niziny Północnopolaskiej, Mezo-regionu Równiny Bielskiej.

Hajnówka jest ośrodkiem regionalnym pełniącym funkcje administracyjne, obsługi ruchu turystycznego oraz usługowe ponadgminne w stosunku do sąsiednich gmin. W mieście znajdują się zakłady przemysłu drzewnego, elektromaszynowego i chemicznego. Aktualna liczba ludności w mieście wynosi ponad 25000. Poważnymi ograniczeniami w rozwoju przestrzennym miasta jest bliskie sąsiedztwo Puszczy Białowieskiej, występowanie zwartych kompleksów gleb o wysokiej klasie bonitacji (III i IV) oraz niski przepływ SNQ i mała chłonność rzeki Leśna Prawa, będącej odbiornikiem ścieków odprowadzanych z miasta.

Źródła rzeki Leśna Prawa mają początek na północ od Hajnówki. Poniżej miejscowości Topiło rzeka opuszcza granice Polski i po stronie Białorusi uchodzi do Bugu. Leśną Prawą zakwalifikowano do III klasy czystości, ale w ostatnich latach obserwuje się stałe pogorszenie jakości wody. Poniżej miasta Hajnówka rzeka jest pozaklasowa pod względem wskaźników fizykochemicznych i bakteriologicznych. Podstawowym źródłem zanieczyszczeń rzeki są ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe odprowadzane z terenu miasta i bliżej nieokreślone ilości ścieków odprowadzane bez zezwolenia organów administracyjnych.

W dolnym biegu rzeki jakość wody nieco się poprawia, dzięki procesowi samooczyszczania. W przebiegu przez Hajnówkę średni niski przepływ wynosi  $SNQ = 0,024 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 2.1. Ilość i rodzaj ścieków powstających na terenie miasta

Do oczyszczalni trafiają głównie ścieki: bytowo-gospodarcze, z zakładów użyteczności publicznej, ścieki z małych zakładów przemysłowych, ścieki mleczarskie, ubojni, wody infiltracyjne i opadowe, oraz ścieki dowożone w ilości  $Q_{\max} = 15 \text{ m}^3/\text{d}$ . Ilości tych ścieków ulega różnym wahaniom. Spowodowane jest to opadami atmosferycznymi oraz intensywnością dostarczania ścieków z mleczarni i ścieków dowożonych. Wahania maksymalne i średnie uzależnione są od pory suchej i deszczowej.

Tabela 2.1. Przepływy charakterystyczne

| Natężenie przepływu ścieków  | Jednostka           | Dane projektowe | Aktualnie występujące |
|------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| Dobowe średnie $Q_{dśr}$     | [m <sup>3</sup> /d] | 6000            | 3300                  |
| Dobowe maksymalne $Q_{dmax}$ | [m <sup>3</sup> /d] | 6600            | 4200                  |
| Dobowe minimalne $Q_{dmin}$  | [m <sup>3</sup> /d] | 5400            | ×                     |
| Godzinowe średnie $Q_{hśr}$  | [m <sup>3</sup> /h] | 275             | ×                     |
| Godzinowe max $Q_{hmax}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 400             | ×                     |
| Godzinowe min $Q_{hmin}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 150             | ×                     |

Na wartości poszczególnych przepływów mają: gwałtowne deszcze, roztopy, spadek wód gruntowych poniżej poziomu rzędnej kolektorów;

× oczyszczalnia nie prowadziła powyższych pomiarów

## 2.2. Charakterystyka ścieków

Tabela 2.2. Stężenie ścieków na dopływie i odpływie z oczyszczalni

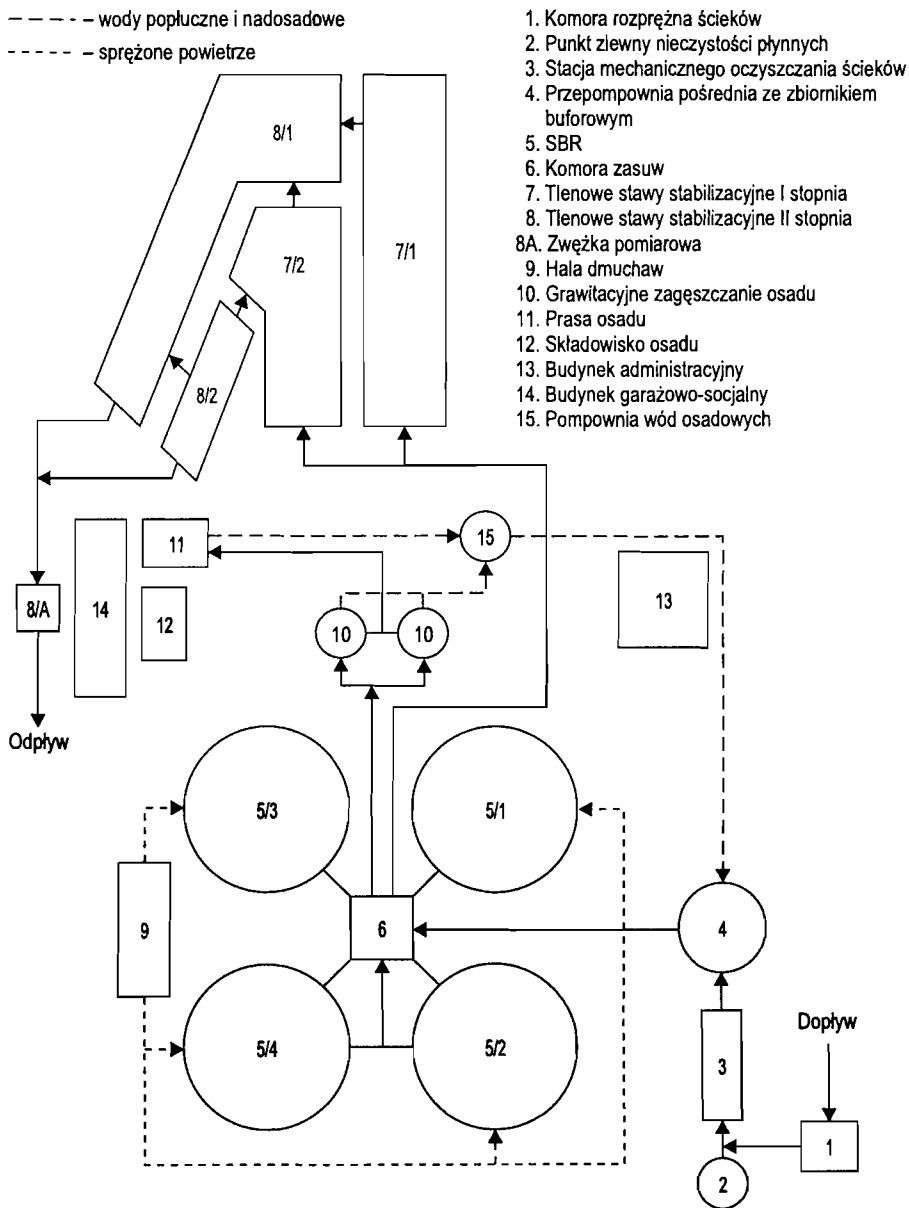
| Parametr                               | Ścieki surowe | Ścieki oczyszczone |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|
| BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] | 725           | 10                 |
| CHZT [mgO <sub>2</sub> /l]             | 1222          | 38                 |
| Zawiesina [mg/l]                       | 270           | 11                 |
| Azot amonowy [mg/l]                    | 41            | 2,4                |
| Azot azotanowy [mg/l]                  | 1,8           | 2,8                |
| Azot azotynowy [mg/l]                  | 0,27          | 0,05               |
| Azot ogólny [mgN/l]                    | 71,5          | 8,1                |
| Fosfor ogólny [mgP/l]                  | 14,4          | 1,3                |

Wartości podane w tabeli dotyczą średnich stężeń od kwietnia 2002 do marca 2003

Na wartości ścieków surowych szczególnie wpływ ma cykl produkcyjny w zakładzie mleczarskim OSM Hajnówka. Ścieki z zakładu mleczarskiego dopływają ze zbiornika uśredniającego wyposażonego w turbinę do mieszania i napowietrzania ścieków. Spust ścieków mleczarskich sterowany jest z oczyszczalni.

## 2.3. Wykaz podstawowych obiektów i urządzeń występujących na terenie oczyszczalni

Schemat 2.1. Plan sytuacyjny oczyszczalni ścieków w Hajnówce



## 2.4. Opis procesu technologicznego

W miejskiej oczyszczalni ścieków głównie są oczyszczane ścieki bytowo-gospodarcze, z zakładów użyteczności publicznej, małych zakładów przemysłowych oraz ze szpitala miejskiego.

Oczyszczalnia ścieków jest to system oparty na oczyszczaniu za pomocą sekwencyjnych reaktorów biologicznych wraz z chemicznym strącaniem fosforu.

Ścieki do oczyszczalni transportowane są za pomocą przewodów tłocznych oraz taboru asenizacyjnego. Dopływają do komory rozdziału, w której następuje podział ich na dwie równe części. W komorze rozdziału umieszczone jest zakończenie przewodu tłoczego z przepompowni ścieków dowożonych. Punktem zlewnym tych że ścieków są studnie wykonane z rury WIPRO.

Mechaniczne oczyszczanie ścieków odbywa się na zablokowanym urządzeniu ROTOMAT RO-5 zawierającym następujące elementy: sito bębnowe, piaskownik przedmuchiwany, separator tłuszczów, pompa do skratek i odwadniania skratek. Sito bębnowe powoduje zatrzymanie części stałych i włóknistych oraz hydrauliczne odwodnienie skratek w prasie hydraulicznej. Integralną część urządzenia ROTOMAT RO-5 stanowi piaskownik przedmuchiwany, przeznaczony do usuwania piasku. W piaskowniku zamontowana jest kieszeń do wyłapywania tłuszczu i emulsji. Zawartość łapacza tłuszczu usuwana jest do kontenera i wywożona jest na wysypisko. W przypadku awarii urządzenia ścieki prowadzone są do kanałem obiegowym z zamontowaną na tym przewodzie kratą koszową z napędem ręcznym.

Elementem przejściowym między częścią mechaniczną, a biologiczną oczyszczalni jest pompownia pośrednia wraz ze zbiornikiem buforowym, przetrzymującym ścieki w okresie między kolejnymi napełnieniami reaktorów biologicznych. Pompownia wyposażona jest w dwa zatapialne aeratory pompowe i jeden zapasowy, posiada także przelew awaryjny z odprowadzeniem ewentualnych wycieków do kanału obiegowego.

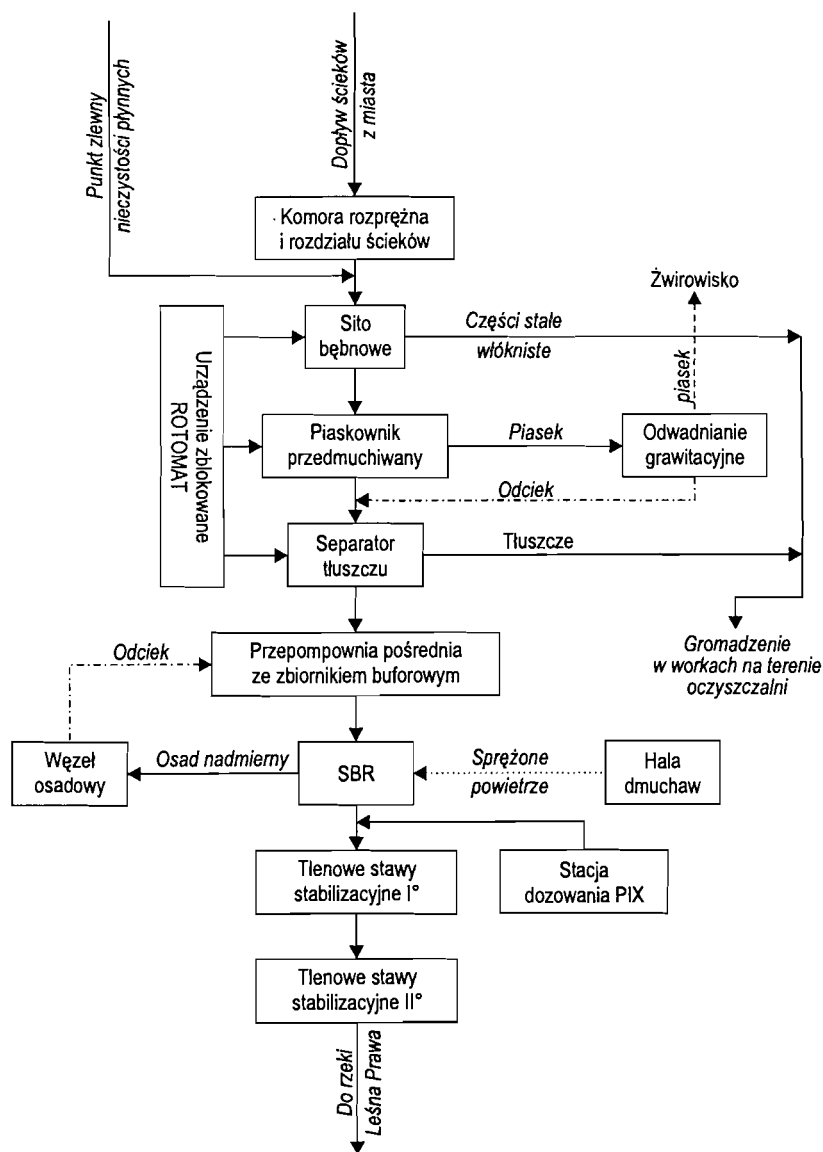
Podstawowym urządzeniem części biologicznej oczyszczalni jest sekwencyjny biologiczny reaktor (SBR). Sekwencyjne reaktory biologiczne w Hajnówce pracują w trzech cyklach ośmiogodzinnych w ciągu doby. Na pojedynczy cykl pracy reaktora składają się następujące fazy:

- beztlenowa faza defosfatacji, w trakcie której następuje mieszanie ścieków oczyszczonych mechanicznie z zawartością reaktora (1,5 h),
- tlenowa faza utleniania związków węgla organicznego i nitrifikacji związków azotowych (4,5 h),
- niedotleniona faza denitrifikacji (0,5 h),
- sedymentacja, klarowanie i okresowy spust osadu nadmiernego (1 h),
- spust sklarowanych ścieków metodą dekantacji poprzez dekantor specjalnej konstrukcji (0,5 h).

Ścieki po oczyszczeniu w SBR są doprowadzane do dwustopniowych tlenowych stawów stabilizacyjnych, z możliwością wykorzystania drugiego stopnia jako stawu rybnego. W pierwszym stopniu stawów odbywa się napowietrzanie za po-

mocą aeratorów pływakowych. Ze stawu ścieki trafiają bezpośrednio do odbiornika. W celu osiągnięcia na odpływie stężenia fosforu ogólnego poniżej 1,5 [mg/l] stosuje się strącanie symultaniczne roztworem PIX, który dodaje się do początkowej części pierwszego stopnia stabilizacyjnego.

Schemat 2.2. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków w Hajnówce



## 2.5. Gospodarka osadowa

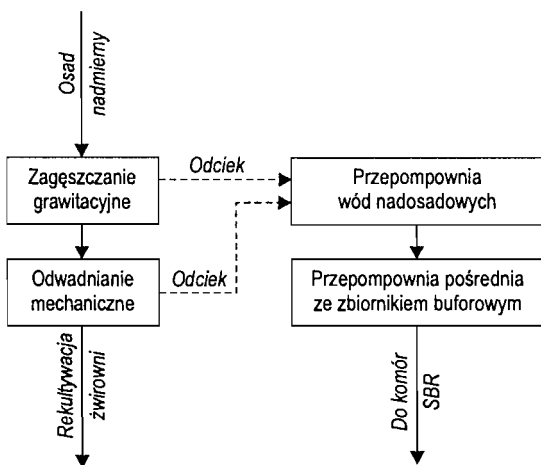
Powstające podczas mechanicznego oczyszczania ścieków skratki gromadzone są w kontenerze, a następnie wywożone na wysypisko.

Tłuszcze i emulsje z piaskowników są gromadzone w łapaczu tłuszczu, przenoszone do kontenera i wywożone na wysypisko, podobnie odwodniony piasek, który może być wykorzystany do rekultywacji terenów.

Osad nadmierny, ustabilizowany tlenowo, jest usuwany z każdego reaktora i transportowany do dwóch zagęszczaczy. Następnie zagęszczony osad trafia na prasę filtracyjną w celu mechanicznego odwodnienia. Wody nadosadowe, powstałe w procesie zagęszczania oraz wody odciekowe ze stacji mechanicznego odwadniania spływają do przepompowni wód nadosadowych i są transportowane do pośredniej.

Całość osadu jest wykorzystywana do rekultywacji terenu po byłej żwirowni. Dotychczas nie był on wykorzystywany rolniczo.

Schemat 2.3. Schemat blokowy węzła osadowego



### 3. SUWAŁKI

Suwałki są położone w północno-wschodniej części Polski, na północnych krańcach województwa podlaskiego. Ta część kraju nazwana jest Suwalszczyzną i stanowi pod względem fizjograficznym część Pojezierza Suwalsko-Augustowskiego, nazywanego również Pojezierzem Suwalskim. Położenie miasta w pobliżu Suwalskiego Parku Krajobrazowego, Wigierskiego Parku Narodowego, w otoczeniu niezliczonych, malowniczych jezior spowodowało wzrost zainteresowania wypoczynkiem w tym rejonie.

Suwałki są największym miastem Suwalszczyzny i pełnią rolę administracyjnego, handlowo-usługowego, przemysłowego i kulturalnego centrum regionu. Miasto jest również ważnym węzłem komunikacji drogowej i tranzytu kolejowego w kierunku krajów bałtyckich oraz na Białoruś i do Rosji (Obwód Kaliningradzki).

Dzisiaj miasto pełni dla otaczającego go obszaru funkcje usługowe w sferze handlu, edukacji, ochrony zdrowia, kultury i sztuki. Jest także znaczącym miejscem koncentracji działalności gospodarczej, na jego terenie bowiem zlokalizowanych jest około 6,5 tys. firm (z tego 96% w sektorze prywatnym), co stanowi około 22% wszystkich zarejestrowanych podmiotów gospodarczych w województwie podlaskim. W gospodarce lokalnej miasta znajduje zatrudnienie około 20 tys. osób, z czego najwięcej w działalności produkcyjnej, ochronie zdrowia i opiece społecznej, transporcie i łączności, handlu i naprawach, edukacji oraz w budownictwie. Na terenie miasta zlokalizowany jest głównie przemysł mleczarski, tytoniowy, mięsny, oraz drzewny.

Przepływająca przez Suwałki rzeka Czarna Hańcza jest odbiornikiem zanieczyszczeń ze źródeł obszarowych (spływy nawozów azotowych i fosforowych z terenów rolniczych), rozproszonych (niekontrolowane zrzuty ścieków z nieuszczelnionych szamb) i punktowych (zrzut z oczyszczalni ścieków). Głównym źródłem zanieczyszczeń jest samo miasto Suwałki. Woda rzeki Czarna Hańcza osiąga II klasę czystości, zaś poniżej Suwałk nie odpowiada normom zanieczyszczeń ze względu na podstawowy wskaźnik stanu sanitarnego - miano coli, a także ze względu na wybrane wskaźniki fizykochemiczne.

#### 3.1. Ilość i rodzaj ścieków powstających na terenie miasta

Do oczyszczalni trafiają głównie ścieki bytowo-gospodarcze, z zakładów użyteczności publicznej, małych zakładów przemysłowych, ścieki mleczarskie, z zakładów drobiarskich, browarnicze, z przemysłu tytoniowego, wody infiltracyjne i opadowe, oraz ścieki dowożone w ilości  $Q_{max} = 100^3/d$ . Ilość tych ścieków ulega różnym wahaniom. Spowodowane jest to opadami atmosferycznymi oraz

intensywnością dostarczania ścieków przemysłowych i ścieków dowożonych. Wahania maksymalne i średnie uzależnione są od pory suchej i deszczowej.

Tabela 3.1 Przepływy charakterystyczne

| Natężenie przepływu ścieków  | Jednostka           | Dane projektowe | Aktualnie występujące |
|------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| Dobowe średnie $Q_{dśr}$     | [m <sup>3</sup> /d] | 25600           | 9108,7                |
| Dobowe maksymalne $Q_{dmax}$ | [m <sup>3</sup> /d] | 28416           | 17392                 |
| Dobowe minimalne $Q_{dmin}$  | [m <sup>3</sup> /d] | 22784           | 5474                  |
| Godzinowe średnie $Q_{hśr}$  | [m <sup>3</sup> /h] | 1067            | 1100                  |
| Godzinowe max $Q_{hmax}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 1862            | 2800                  |
| Godzinowe min $Q_{hmin}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 272             | ×                     |

× oczyszczalnia nie prowadziła powyższego pomiaru

Na wartości poszczególnych przepływów mają: gwałtowne deszcze, roztopy, pory suche i deszczowe.

## 3.2. Charakterystyka ścieków

Tabela 3.2. Stężenie ścieków na dopływie i odpływie z oczyszczalni

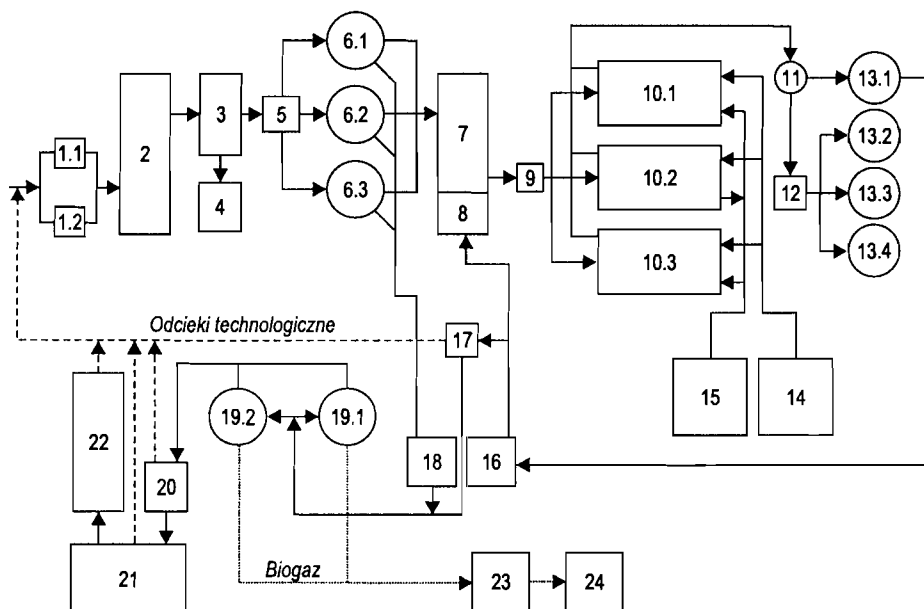
| Parametr                               | Ścieki surowe | Ścieki oczyszczone |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|
| BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] | 1032          | 8,7                |
| CHZT [mgO <sub>2</sub> /l]             | 1802          | 59,7               |
| Zawiesina [mg/l]                       | 682           | 17,45              |
| Azot amonowy [mg/l]                    | 72,6          | 6,6                |
| Azot azotanowy [mg/l]                  | 0,58          | 6,85               |
| Azot azotynowy [mg/l]                  | 1,3           | 3,6                |
| Azot ogólny [mgN/l]                    | 144,2         | 18,6               |
| Fosfor ogólny [mgP/l]                  | 21,8          | 2,8                |

Wartości podane w tabeli dotyczą średnich stężeń od stycznia 2000 do kwietnia 2003



### 3.3. Wykaz podstawowych obiektów i urządzeń występujących na terenie oczyszczalni

Schemat 3.1. Schemat oczyszczalni ścieków w Suwałkach



1.1, 1.2 Kraty

2 Przepompownia główna

3 Piaskownik

4 Separator piasku

5 Komora rozdziału

6.1, 6.2, 6.3 Osadniki wstępne

7 Komora defosfatacji biologicznej

8 Komora denitryfikacji osadu

9 Przepompownia pośrednia

10.1, 10.2, 10.3 Komory nityfikacji-denitryfikacji

11 Pompownia

12 Komora rozdziału

13.1, 13.2, 13.3, 13.4 Osadniki wtórne

14 Stacja dozowania "PIX"

15 Budynek dmuchaw

16 Przepompownia wielofunkcyjna osadu nadmiernego

17 Zagęszczarka

18 Pomownia wielofunkcyjna osadu surowego

19.1, 19.2 Zamknięte komory fermentacyjne

20 Zbiornik zagęszczacza

21 Stacja wirówek

22 Składowisko osadu

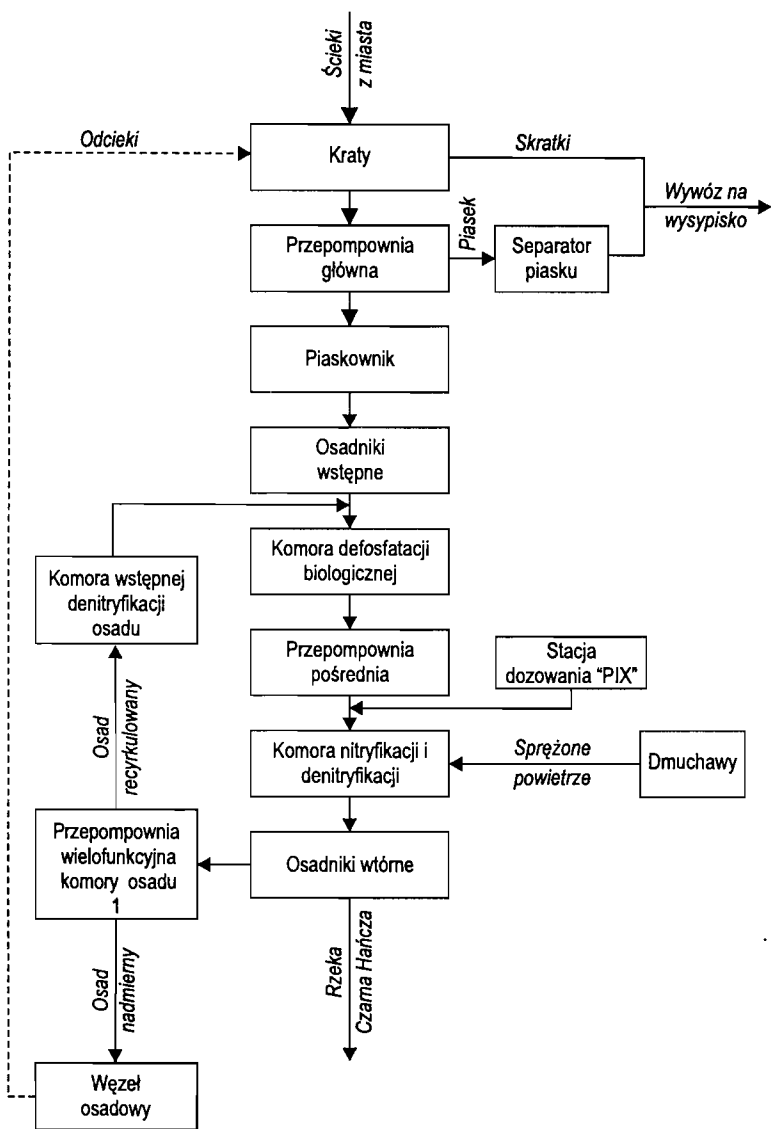
23 Odsiarczalnica gazu

24 Kotłownia

### 3.4. Opis procesu technologicznego

Oczyszczalnia ścieków w Suwałkach pracuje w systemie trzystopniowego procesu BARDENPHO, polegającym na oczyszczaniu za pomocą wielostopniowego osadu czynnego. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwala na usunięcie związków węgla, azotu oraz fosforu metodą chemiczną. Proces oczyszczania w tym systemie jest prowadzony naprzemiennie w komorach nityfikacji-denitryfikacji.

Schemat 3.2. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków w Suwałkach



Ścieki z miasta dopływają do oczyszczalni ścieków grawitacyjnie. W oczyszczalni poddawane są kilkustopniowemu oczyszczaniu. Pierwszym stopniem oczyszczania jest oczyszczanie mechaniczne. Odbywa się na dwóch kratkach, dwukomorowym poziomym piaskowniku i trzech radialnych osadnikach wstępnych oraz trzech radialnych osadnikach wtórnych. Drugim stopniem oczyszczania jest oczyszczanie biologiczne, odbywa się w systemie trzystopniowego procesu Bardenpho w następujących obiektach: komorze biologicznej defosfatacji i czterech komorach nityfikacji-denitryfikacji z zewnętrzną i wewnętrzną recyrkulacją.

Powietrze do stref nityfikacji dostarczane jest za pomocą dmuchaw i rusztów membranowych ułożonych na dnie komór. Osad czynny recykulowany poddawany jest procesowi denitryfikacji w specjalnej komorze. Natomiast trzecim stopniem jest oczyszczanie chemiczne służące do usuwania fosforu nieusuniętego na drodze biologicznej; odbywa się na zasadzie symultanicznego strącania za pomocą roztworu siarczanu żelazawego dozowanego do końcowej części stref nityfikacji. Powstałe związki żelaza i fosforu usuwane są ze ścieków w osadnikach wtórnych wraz z osadem nadmiernym.

### 3.5. Gospodarka osadowa

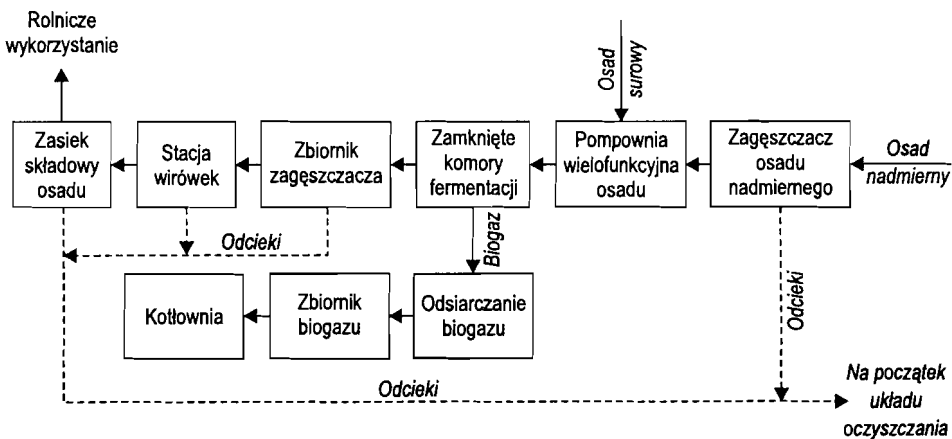
Osad zawarty w ściekach surowych zatrzymywany jest w osadnikach wstępnych. Osad czynny nadmierny może być zagęszczany w osadnikach wtórnych lub może być bezpośrednio zagęszczany w mechanicznym zagęszczaczu taśmowym z dodatkiem polielektrolitu. Osady po zagęszczeniu przepompowywane są do dwóch zamkniętych komór fermentacyjnych. Komory pracują szeregowo (możliwa jest też praca równoległa). Przefermentowany osad gromadzony jest w zagęszczaczu grawitacyjnym, z którego pompowany jest na wirówkę.

Na wirówce osad odwadniany jest do uwodnienia około 80% i gromadzony na składowisku. Skład chemiczny osadów pozwala na ich gospodarcze wykorzystanie. Wody ociekowe z wirówki i zagęszczaczy zwracane są do ciągu ściekowego.

Powstały w wyniku fermentacji osadów gaz po odsiarczeniu gromadzony jest w zbiorniku, a następnie spalany w kotłach gazowych, dostarczając ciepła wykorzystywanego do centralnego ogrzewania, podgrzewania wody i podgrzewania komór fermentacyjnych.

Osad po przeróbce trafia na poletka odciekowe, gdzie po wysuszeniu jest wykorzystywany przyrodniczo do rekultywacji gruntów ornych.

Schemat 3.3. Schemat blokowy węzła osadowego



## 4. AUGUSTÓW

Augustów jest miastem położonym w północno-wschodniej Polsce, na zachodnim skraju Puszczy Augustowskiej pomiędzy jeziorami: Necko, Rospuda, Sajne, Białe. Przepływa przez nie rzeka Netta wraz z połączonym Kanałem Augustowskim.

Okolice Augustowa to rozległy obszar Równiny Augustowskiej, znajdującej się w obrębie mazurskiej dzielnicy klimatycznej. Obejmuje ona północnym wschodzie ziemie Polski, bez Pobrzeża Bałtyckiego. Jest to poza obszarami góorskimi najzimniejsza dzielnica klimatyczna Polski. Augustów otoczony jest z trzech stron Puszczą Augustowską - kompleksem leśnym o bardzo bogatym i różnorodnym świecie roślinnym i zwierzęcym. Ogólna powierzchnia Puszczy wynosi 114 360 ha; rezerwaty przyrody i lasy Augustowa zajmują łącznie 3 100 ha.

Augustów jest 30-tysięczną atrakcyjną miejscowością uzdrowiskowo-wczasową, z dobrze rozwiniętą infrastrukturą turystyczną: z urozmaiconą siecią usług rekreacyjno-wypoczynkowych. Ze względu na ochronę środowiska miasto jest ośrodkiem przemysłu lekkiego (głównie tytoniowego, drzewnego, skórzanego i spożywczego). Znajduje się tu jeden z największych tartaków w Polsce. Miasto jest ponadto ośrodkiem usługowym i turystyczno-wypoczynkowym. Na jego terenie znajduje się uzdrowisko (od 1971) z bogatymi złożami borowiny i wodami mineralnymi.

Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Netta, prawy dopływ Biebrzy. Rzeka wypływa z jeziora Rospuda na Pojezierzu Suwalskim. Długość rzeki wynosi 107 km, powierzchnia dorzecza około 1400 km<sup>2</sup>. Występuje duża rozpiętość wahań stanów wody, szczególnie w dolnym biegu rzeki do 2,5 m. Zrzut ścieków oczyszczonych z oczyszczalni ścieków w Augustowie do rzeki Netty znajduje się na 26 km od ujścia rzeki Netty do Biebrzy, to jest około 100 m poniżej mostu w Białobrzegach. Przepływ wody w rzece w pobliżu miejsca zrzutu ścieków wynosi  $SNQ = 1,92 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 4.1. Ilość i rodzaj ścieków powstających na terenie miasta

Do oczyszczalni trafiają głównie ścieki bytowo-gospodarcze, z zakładów użyteczności publicznej, małych zakładów przemysłowych, mleczarskie, z przemysłu spożywczego, tytoniowego, wody infiltracyjne i opadowe oraz ścieki dowożone w ilości  $Q_{\max} = 110 \text{ m}^3/\text{d}$ . Ilość tych ścieków ulega różnym wahaniom. Spowodowane jest to opadami atmosferycznymi oraz intensywnością dostarczania ścieków. Wahania maksymalne i średnie uzależnione są od pory suchej i deszczowej.

Tabela 4.1. Przepływy charakterystyczne

| Natężenie przepływu ścieków  | Jednostka           | Dane projektowe | Aktualnie występujące |
|------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| Dobowe średnie $Q_{dśr}$     | [m <sup>3</sup> /d] | 7500            | 3850                  |
| Dobowe maksymalne $Q_{dmax}$ | [m <sup>3</sup> /d] | 10000           | 5000                  |
| Dobowe minimalne $Q_{dmin}$  | [m <sup>3</sup> /d] | 5000            | 2300                  |
| Godzinowe średnie $Q_{hśr}$  | [m <sup>3</sup> /h] | 345             | ×                     |
| Godzinowe max $Q_{hmax}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 540             | ×                     |
| Godzinowe min $Q_{hmin}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 150             | ×                     |

Na wartości poszczególnych przepływów mają: gwałtowne deszcze, roztopy, pora sucha i deszczowa;  
 × oczyszczalnia nie prowadziła powyższych pomiarów

## 4.2. Charakterystyka ścieków

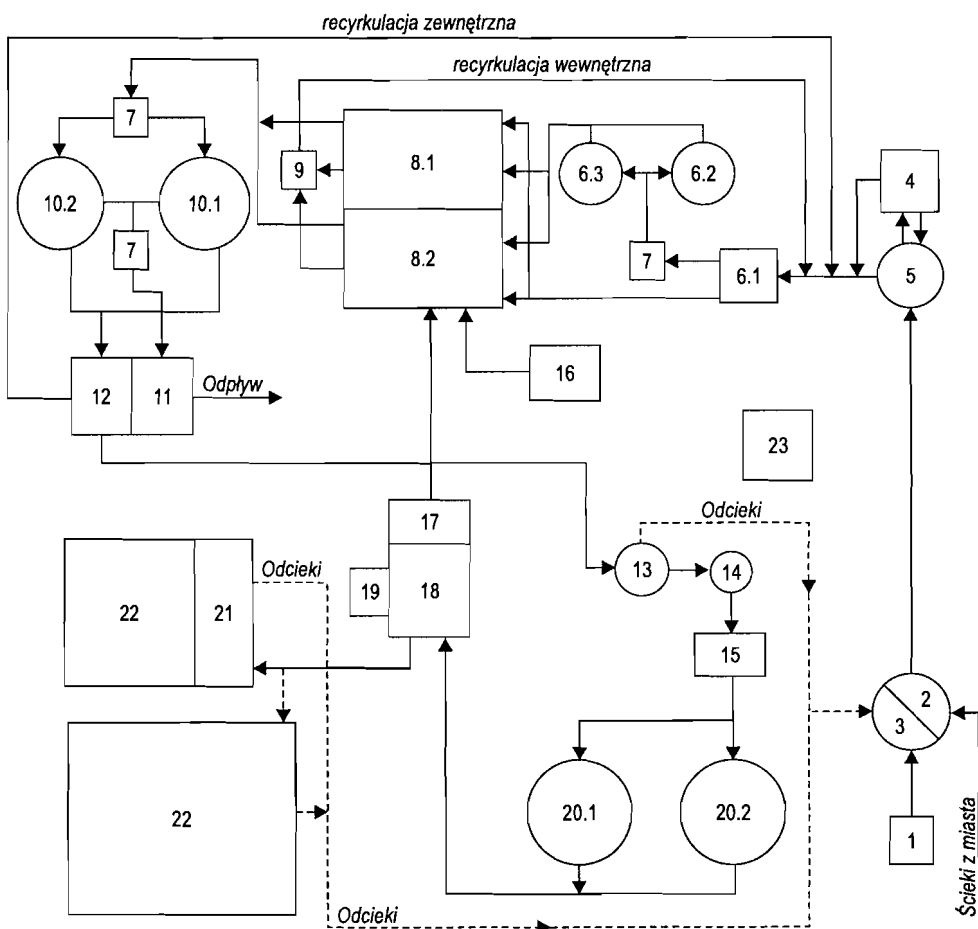
Tabela 4.2. Stężenie ścieków na dopływie i odpływie z oczyszczalni

| Parametr                               | Ścieki surowe | Ścieki oczyszczone |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|
| BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] | 350           | 14                 |
| CHZT [mgO <sub>2</sub> /l]             | 880           | 43,6               |
| Zawiesina [mg/l]                       | 271,5         | 27,8               |
| Azot amonowy [mg/l]                    | 60,5          | 0,8                |
| Azot azotanowy [mg/l]                  | 1,4           | 3,12               |
| Azot azotynowy [mg/l]                  | 0,03          | 0,5                |
| Azot ogólny [mgN/l]                    | 96,6          | 3,5                |
| Fosfor ogólny [mgP/l]                  | 17,8          | 1,9                |

Wartości podane w tabeli dotyczą średnich stężeń od maja do listopada 2002

### 4.3. Wykaz podstawowych obiektów i urządzeń występujących na terenie oczyszczalni

Schemat 4.1. Plan sytuacyjny oczyszczalni ścieków w Augustowie



1. Punkt zlewny ścieków dowożonych
2. Zbiornik uśredniający
3. Pompownia ścieków surowych
4. Budynek krat
5. Piaskownik pionowo-wirowy
- 6.1, 6.2, 6.3, Komory denitryfikacji
7. Komora rozdziału
- 8.1, 8.2, Komory nityfikacji
9. Pompownia recykulacji wewnętrznej
- 10.1, 10.2 Osadniki wtórne
11. Pompownia ścieków oczyszczonych
12. Pompownia osadów

13. Zagęszczacz grawitacyjny osadu
14. Komora dwufunkcyjna
15. Pompownia wielofunkcyjna
16. Stacja dozowania PIX
17. Budynek dmuchaw
18. Budynek mechanicznego odwadniania osadu
19. Wiata
- 20.1, 20.2, Komory stabilizacji osadu
21. Składowisko osadu odwodnionego
22. Poletka osadowa (element awaryjny)
23. Dyspozytornia

## 4.4. Opis procesu technologicznego

Procesowi oczyszczania są poddawane ścieki dopływające siecią kanalizacyjną i dowożone taborem asenizacyjny. Technologia oczyszczania ścieków obejmuje oczyszczanie mechaniczne i oczyszczanie biologiczne osadem czynnym. Zaprojektowany układ polega na zastosowaniu zintegrowanego procesu usuwania związków węgla i azotu z wydzieloną denitryfikacją i symultanicznym strącaniem fosforu.

Pierwszym procesem w ramach biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń jest denitryfikacja dokonywana drogą wprowadzenia mieszaniny ścieków i recyrkulowanego osadu czynnego w warunki anoksyczne. Po upływie czasu niezbędnego do dokonania przemiany azotanów do azotu gazowego mieszanina jest poddawana do strefy nitrifikacji, w której następuje ostateczny rozkład substancji organicznych do ich najprostszycch postaci oraz utlenienie związków azotowych do azotynów. Mieszanina ścieków z osadem czynnym jest kierowana do sedimentacji, w czasie której następuje oddzielenie ścieków oczyszczonych od osadu czynnego.

Ze względu na wymagania dotyczące fosforu w oczyszczonych ściekach do komory nitrifikacji jest podawany symultanicznie koagulant, którego zadaniem jest związanie nadmiaru jonów fosforu.

Osad jest recyrkulowany do poszczególnych komór osadu czynnego, a osad nadmierny, stabilizowany w wydzielonej komorze, a następnie odwadniany na prasie taśmowej.

Ścieki dopływające do oczyszczalni siecią kanalizacyjną wpływają do pompowni ścieków surowych. Na kanałach dopływowych zainstalowane są kraty rzadkie stanowiące osłonę wirników pomp.

Ścieki dowożone taborem asenizacyjnym odpływają ze stanowiska opróżniania wozów, poprzez kratę rzadką do zbiornika uśredniającego.

Z pompowni pompami zatapialnymi ścieki są podnoszone do stanowiska krat: rzadkiej i gęstej mechanicznej, zlokalizowanych w budynku krat. Na głównym ciągu technologicznym zainstalowano kratę gęstą schodkową wyposażoną w podajnik odwadniający do skratek, na ciągu awaryjnym – rzadką ręczną. Odwodnione i sprasowane skratki są gromadzone w workach foliowych i składowane na terenie oczyszczalni lub wywożone na wysypisko śmieci.

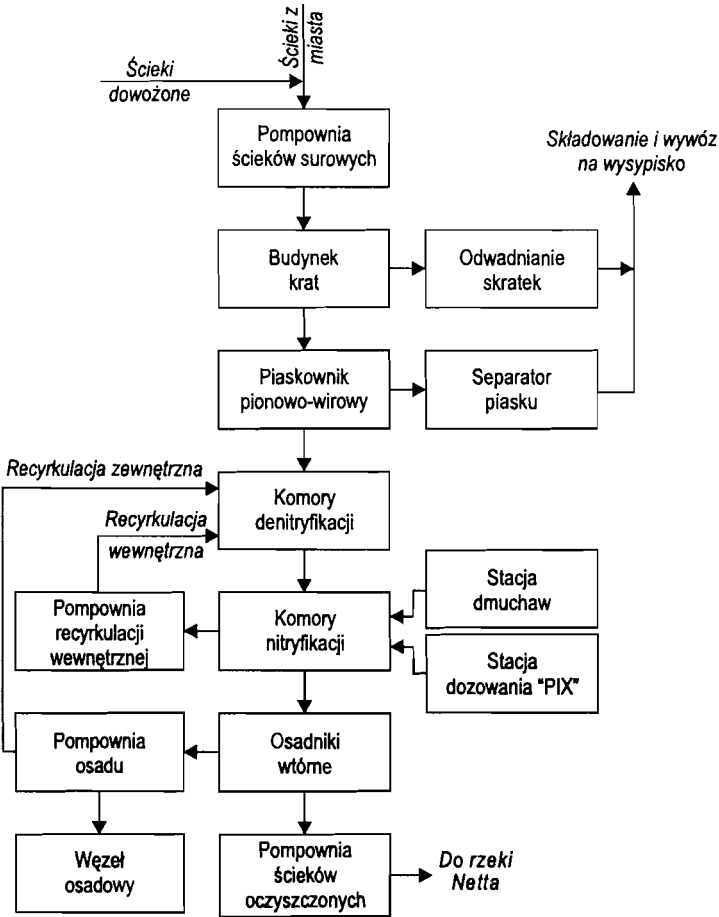
Po cedzeniu na kracie strumień ścieków kierowany jest do pionowego piaskownika wirowego przeznaczonego do usuwania zanieczyszczeń mineralnych. Piasek z piaskownika jest usuwany pompą do separatora piasku zlokalizowanego w budynku krat. Usuwany ze ścieków piasek jest składowany na terenie oczyszczalni.

Oczyszczone mechanicznie ścieki dopływają do komór denitryfikacji. Tu także jest podawany osad recyrkulowany z osadnika wtórnego i komór nitrifikacji. Z komór denitryfikacji mieszanina ścieków z osadem czynnym dopływa do komór nitrifikacji wyposażonych w urządzenia do głębokiego napowietrzania sprężonym powietrzem. W komorach nitrifikacji w warunkach tlenowych następuje ostateczny rozkład zanieczyszczeń organicznych stanowiących pierwotne zanieczyszczenie ścieków. W jego wyniku powstają azotany. Ich przemiana w gazo-

wy azot wymaga zawrócenia części mieszaniny do komory denitryfikacji. Jest to tak zwana recyrkulacja wewnętrzna realizowana pompami umieszczonymi w pompowni recyrkulacyjnej. Do komory nitryfikacji przewiduje się stosowanie soli żelaza wykorzystywanej jako koagulant do związania jonów fosforu.

Z komór nitryfikacji mieszanina ścieków z osadem czynnym przepływa do radialnych osadników wtórnych, w których następuje oddzielenie ścieków oczyszczonych od osadu czynnego. Sklarowane ścieki odpływają korytami przez urządzenie pomiarowe do pompowni ścieków oczyszczonych i dalej są przetłaczane do odbiornika.

Schemat 4.2. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków w Augustowie

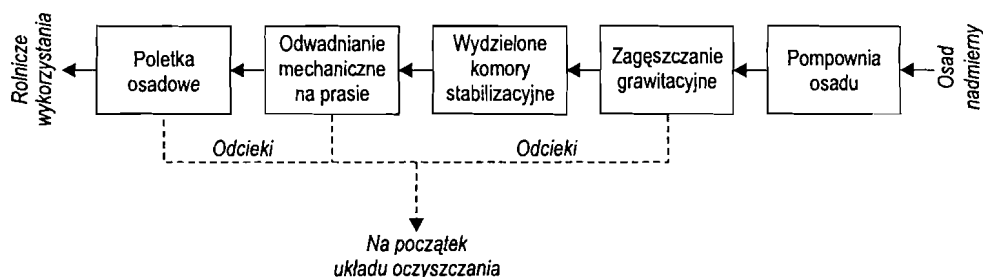




## 4.5. Gospodarka osadowa

Osad z osadników wtórnych kierowany jest do pompowni osadu. Z pompowni jako recykulowany jest przetłaczany do komór denitryfikacji, a jako nadmierny do zagęszczacza grawitacyjnego. Po zagęszczeniu przetłaczany jest do wydzielonej komory stabilizacji osadu. Zagęszczony i ustabilizowany osad nadmierny spływa pod ciśnieniem hydrostatycznym na urządzenie do mechanicznego odwadniania na prasie filtracyjnej. Na prasie filtracyjnej osad poddawany jest wielostopniowemu procesowi odwadniania na zespole urządzeń składających się z flokulatora dynamicznego, kompaktora prasy taśmowej. Odwodniony osad jest składowany na wydzielonym placu na terenie oczyszczalni, a następnie wykorzystywany do rekultywacji nieużytków.

Schemat 4.3. Schemat blokowy węzła osadowego



# 5. WYSOKIE MAZOWIECKIE

Wysokie Mazowieckie położone jest w województwie podlaskim na Wysoczyźnie Wysokomazowieckiej, nad rzeką Brok, która jest dopływem Bugu. Wysoczyzna stanowi węzeł wodny, którego wody rozchodzą się do Bugu i Narwi. Nazwa miasta związane jest z pagórkowatą topografią terenu. Miasto jest położone przy drodze Zambrów-Wysokie Mazowieckie-Białystok, w odległości 50 km od Białegostoku, 120 km od Warszawy i 100 km od granicy wschodniej.

Obecnie Wysokie Mazowieckie spełnia funkcje administracyjne, gospodarcze i usługowe dla kilku gmin w powiecie. Wiąże się to z rozwiniętą oświatą na poziomie podstawowym, gimnazjalnym oraz średnim, dobrze funkcjonującą służbą zdrowia, sądownictwem, policją, strażą. Na terenie miasta działają głównie: zakład mleczarski Mlekovita, przedsiębiorstwo owocowo-warzywne Mazowin. Aktualna liczba mieszkańców wynosi około 9700.

Brok jest prawobrzeżnym, IV-rzędowym dopływem Bugu, do którego uchodzi na 87,4 km biegu na terenie województwa mazowieckiego. Długość całkowita rzeki wynosi 72,0 km, a powierzchnią zlewni 819,8 km<sup>2</sup>. Na terenie województwa podlaskiego położona jest górna część zlewni z odcinkiem rzeki o długości 32,0 km. Ciek charakteryzuje się małym przepływem, jest uregulowany i posiada mało zasobną w wodę zlewnię. Większymi dopływami rzeki, w większości uregulowanymi są: Brok Mały, Penchratka, Kanał Szumowo-Łątownica oraz Siennica.

## 5.1. Ilość i rodzaj ścieków powstających na terenie miasta

Do oczyszczalni trafiają głównie ścieki bytowo-gospodarcze, z zakładów użyteczności publicznej, zakładu mleczarskiego Mlekovita, z zakładów mięsnych KRASPOL, z przetwórci owocowo-warzywnej, wody infiltracyjne i opadowe oraz ścieki dowożone w ilości  $Q_{max} = 100m^3/d$ . Ilości tych ścieków ulega różnym wahaniom. Spowodowane jest to opadami atmosferycznymi oraz intensywnością dostarczania ścieków. Wahania maksymalne i średnie uzależnione są od pory suchej i deszczowej.

Tabela 5.1. Przepływy charakterystyczne

| Natężenie przepływu ścieków  | Jednostka           | Dane projektowe | Aktualnie występujące |
|------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| Dobowe średnie $Q_{dśr}$     | [m <sup>3</sup> /d] | 5700            | 3700                  |
| Dobowe maksymalne $Q_{dmax}$ | [m <sup>3</sup> /d] | 6945            | 4700                  |
| Dobowe minimalne $Q_{dmin}$  | [m <sup>3</sup> /d] | 4455            | 2700                  |
| Godzinowe średnie $Q_{hśr}$  | [m <sup>3</sup> /h] | 337,5           | 254                   |
| Godzinowe max $Q_{hmax}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 600             | 350                   |
| Godzinowe min $Q_{hmin}$     | [m <sup>3</sup> /h] | 75              | 158                   |

Na wartości poszczególnych przepływów mają: opady deszczu, duży zrzut ścieków mleczarskich, pogoda bezdeszczowa, mała ilość ścieków mleczarskich

## 5.2. Charakterystyka ścieków

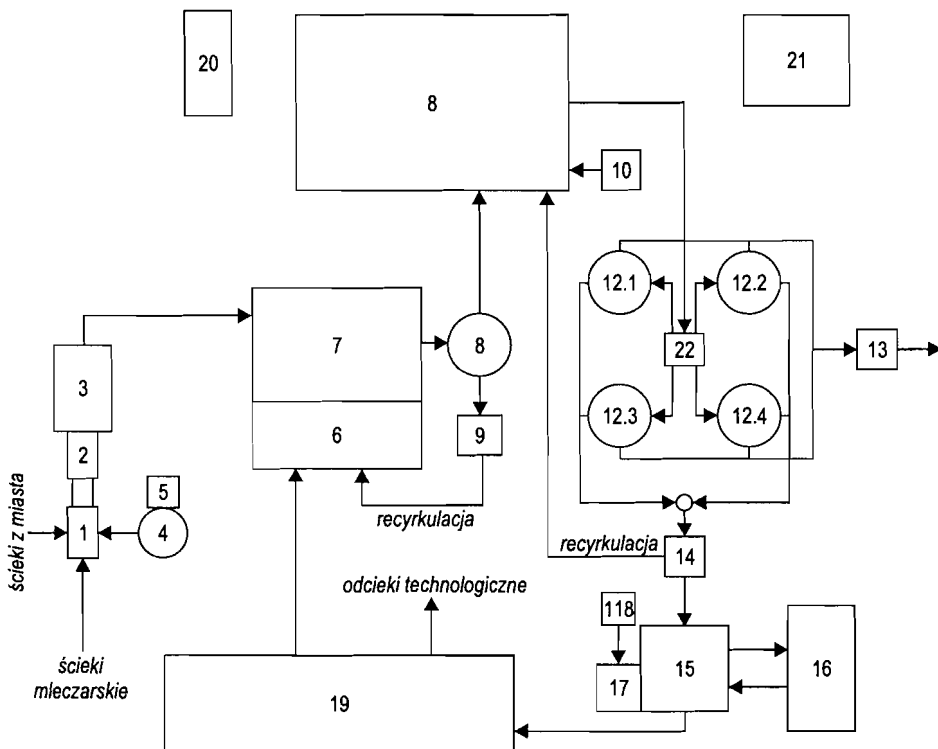
Tabela 5.2. Stężenie ścieków na dopływie i odpływie z oczyszczalni

| Parametr                               | Ścieki surowe | Ścieki oczyszczone |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|
| BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] | 1276          | 12,2               |
| CHZT [mgO <sub>2</sub> /l]             | 2743          | 34,8               |
| Zawiesina [mg/l]                       | 490           | 14                 |
| Azot amonowy [mg/l]                    | 0,9           | 2,0                |
| Azot azotanowy [mg/l]                  | 0,9           | 1,4                |
| Azot azotynowy [mg/l]                  | 0,27          | 1,35               |
| Azot ogólny [mgN/l]                    | 100           | 6,0                |
| Fosfor ogólny [mgP/l]                  | 19,2          | 1,45               |

Wartości podane w tabeli dotyczą średnich stężeń od marca 2002 do marca 2003

### 5.3. Wykaz podstawowych obiektów i urządzeń występujących na terenie oczyszczalni

Schemat 5.1. Plan sytuacyjny oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem



- 1 Komora zbiorcza ścieków mleczarskich i bytowo-gospodarczych
- 2 Krata schodkowa
- 3 Piaskownik poziomy z separatorem piasku
- 4 Zbiornik uśredniający
- 5 Punkt zlewny nieczystości płynnych
- 6 Komora defosfatacji
- 7 Komora osadu wysokoobciążonego
- 8 Osadnik wtórny I stopnia
- 9 Pompownia osadu I stopnia
- 10 Komora osadu niskoobciążonego
- 11 Stacja dozowania PIX
- 12.1, 12.2, 12.3, 12.4 Osadniki wtórne II stopnia

- 11 Stacja dozowania PIX
- 12.1, 12.2, 12.3, 12.4 Osadniki wtórne II stopnia
- 13. Komora przepływomierza
- 14. Pompownia osadu II stopnia
- 15. Budynek zagęszczania i odwadniania osadu
- 16. Komory stabilizacji tlenowej
- 17. Stacja higienizacji osadu
- 18. Zbiornik na wapno palone
- 19. Poletka osadowe
- 20. Dyspozytornia
- 21. Magazyn
- 22. Komora rozdziału

## 5.4. Opis procesu technologicznego

System oczyszczania ścieków oparty jest na dwustopniowym osadzie czynnym niskoobciążonym i wysokoobciążonym, z symultanicznym strącaniem fosforu.

Ścieki z zakładu mleczarskiego i terenu miasta Wysokie Mazowieckie dopływają do oczyszczalni ścieków przez przepompownie wyposażone w kraty rzadkie, mające na celu zatrzymanie większych zanieczyszczeń stałych-skratek. Następnie na oczyszczalni ścieki płyną na kratę schodkową gęstą o prześwicie 4 mm, wyposażoną w podajnik i prasę do skratek. Odwodnione skratki są okresowo posypywane wapnem chlorowanym i zbierane są w szczelnym kontenerze o pojemności  $1,1 \text{ m}^3$ , a następnie wywożone przez ZWKiEC Wysokie Mazowieckie na komunalne składowisko odpadów.

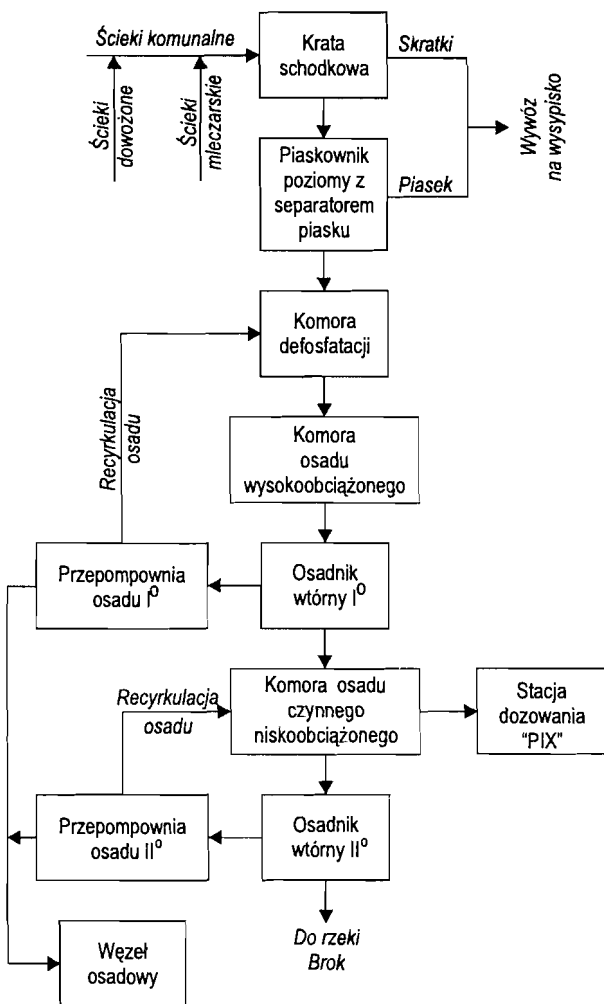
Drugim elementem mechanicznego oczyszczania ścieków jest piaskownik dwukomorowy o poziomym przepływie ścieków, wyposażony w pompy zgarbiacz i separator piasku. Odwodniony piasek usuwany jest do szczelnego pojemnika. Alternatywnie przygotowana jest specjalna żelbetowa komora z odwodnieniem skierowanym do zbiornika uśredniającego ścieków dowożonych, w której będzie składowany piasek w okresie zimowym.

Ścieki dowożone zlewane są do punktu zlewnego ze zbiornikiem uśredniającym, a następnie kierowane do kanału ściekowego przed kratę schodkową.

Mechanicznie oczyszczone ścieki płyną grawitacyjnie do komory defosfatacji o pojemności  $1000 \text{ m}^3$ . Czas przetrzymania ścieków w zależności od przepływu wynosi od 1,5 do 4 godzin. Komora podzielona jest na dwie części w celu dostosowania czasu przetrzymania ścieków do potrzeb technologicznych. Kierowane są tu ścieki surowe, odcieki ze stacji mechanicznego zagęszczania i odwadniania osadu oraz osad z osadnika wtórnego po I° oczyszczania. W celu dokładnego wymieszania ścieków z osadem oraz zapobieżenia sedymentacji osadu, w komorze zainstalowano 8 mieszadeł śmigłowych, po 4 w każdej części. Komora beztlenowa ma za zadanie zintensyfikować proces biologicznej defosfatacji poprzez generowanie lotnych kwasów tłuszczowych oraz uśrednić stężenia zanieczyszczeń w dopływających ściekach.

Z komory defosfatacji ścieki dopływają do komory osadu czynnego I°. W komorze tej wyposażonej w dwa aeratory Landy F-330 o łącznej zdolności natleniającej  $450 \text{ kgO}_2/\text{h}$  prowadzony jest proces oczyszczania ścieków za pomocą osadu czynnego wysokoobciążonego ( $1 \text{ kg BZT}_5/\text{kg smo.d}$ ), który pozwala usunąć około 70 do 80% ładunku  $\text{BZT}_5$ . Po wstępnym biologicznym oczyszczeniu ścieki płyną do osadnika wtórnego I°. Sklarowane ścieki poprzez przelew pilasty odpływają do komory osadu czynnego II°, natomiast osad czynny poprzez przepompownię osadu czynnego I° recyrkulowany jest do komory defosfatacji. Ponieważ istnieje połączenie komory osadu I° z II° nadmiar osadu po pierwszym stopniu oczyszczania kierowany jest do komory osadu drugiego stopnia, skąd będzie recyrkulowany na II° biologicznego oczyszczania, do stacji zagęszczania i odwadniania osadu, a następnie do komór tlenowej stabilizacji osadu.

Schemat 5.2. Schemat blokowy oczyszczalni ścieków w Wysokim Mazowieckiem



Na drugim stopniu biologicznego oczyszczania ścieków, w komorze osadu niskoobciążonego o stężeniu osadu nieprzekraczającym  $3,5 \text{ kg/m}^3$  i obciążeniu komory ładunkiem zanieczyszczeń  $0,1 \text{ kg BZT}_5/\text{kg smod}$  następuje ostateczne usunięcie związków węgla oraz usunięcie związków azotu na drodze symultanicznej nityfikacji i denityfikacji. W przypadku wysokiego stężenia fosforu w ścieków oczyszczonych przewidziana jest możliwość bezpośredniego dozowania PIX-u do komory. Ostateczne usunięcie związków fosforu następuje poprzez dozowanie PIX-u do komory przelewowej ścieków przy basenie II°. Komora o przepływie cyrkulacyjnym i zastosowany system napowietrzania powoduje, że stężenie tlenu dopasowane jest do jego poboru w taki sposób, aby mogły powstać wystarczająco duże strefy tlenowe i anoksydacyjne, w celu uzyskania wymaganego stopnia nityfikacji.

kacji i denitryfikacji. W przypadku spadku efektywności procesu denitryfikacji lub obciążenia komory ładunkiem przewiduje się możliwość doprowadzenia ścieków surowych do komory osadu czynnego.

Z komory osadu czynnego II<sup>o</sup> ścieki płyną do komory rozdziału, a następnie do czterech osadników wtórnych II<sup>o</sup>, z których ścieki przelewają się do koryta odpływowego, a następnie przez komorę pomiarową odpływają do odbiornika – rzeki Brok.

## 5.5. Gospodarka osadowa

Zatrzymany osad w osadnikach drugiego stopnia zgarniany jest do lejów centralnych osadników, a następnie pompami osadu recyrkulowany jest do komory osadu czynnego II<sup>o</sup>. Nadmiar osadu za pomocą pompy osadu nadmiernego znajdującej się w komorze przepompowni kierowany jest do urządzeń przeróbki osadu. Ilość usuwanego osadu określana będzie na podstawie stężenia osadu w komorze.

Węzeł gospodarki osadowej składa się z czterech podstawowych elementów:

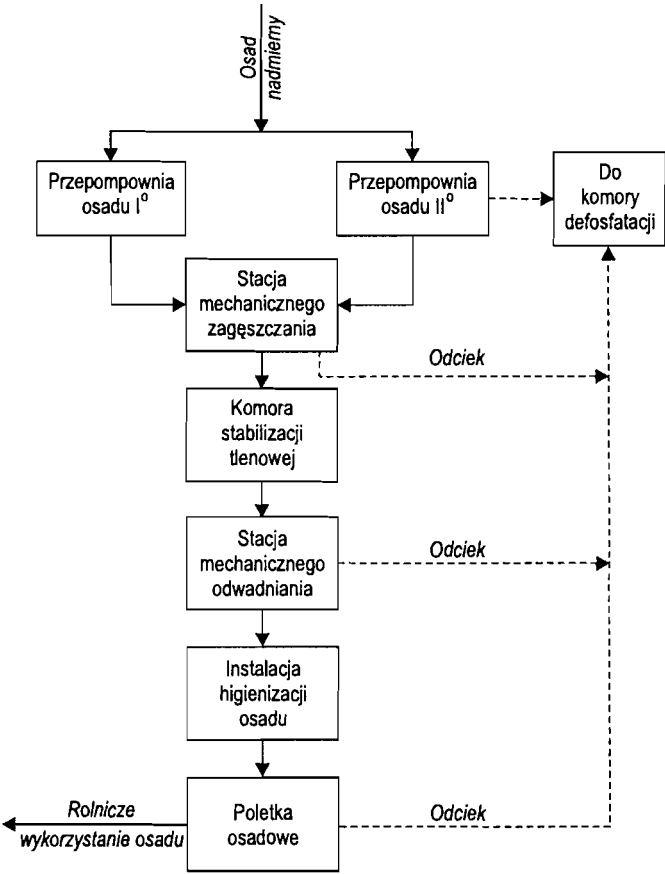
- urządzenie do mechanicznego zagęszczania osadu- prasa taśmowa,
- komora tlenowej stabilizacji osadu,
- prasa filtracyjna taśmowa,
- urządzenia do higienizacji odwodnionego osadu wapnem palonym.

Osad nadmierny z pompowni osadu II<sup>o</sup> podawany jest za pomocą pompy do zbiornika osadu przejściowego znajdującego się w budynku odwadnia. Stąd pompą ślimakową podawany jest na zagęszczarkę taśmową, na której ulega zagęszczeniu do około 3-4% suchej masy, a następnie za pomocą pompy ślimakowej do dwóch komór tlenowej stabilizacji osadu. Komory pracują w układzie szeregowym. Każda z komór posiada pojemność czynną 440 m<sup>3</sup>, co pozwala na przetrzymanie osadu w komorze około 8 dni. W celu ograniczenia uciążliwości komory zostały szczelnie przykryte. Wymianę powietrza zapewniają kominki wentylacyjne oraz nawiew powietrza ciepłego z pomieszczeń aeratorów.

Osad w komorach napowietrzany jest za pomocą dwóch aeratorów powierzchniowych Landy 7, o zdolności natleniającej 81 kgO<sub>2</sub>/godz. każdy. Z komór tlenowej stabilizacji osad podawany jest na prasę filtracyjno-taśmową, która pozwoli uzyskać około 15-20% suchej masy w placku filtracyjnym. Po odwodnieniu osad poddawany jest higienizacji wapnem palonym, co pozwoli zwiększyć zawartość suchej masy w placku filtracyjnym. Odwodniony i zhigienizowany osad w zależności od warunków jest składowany na terenie oczyszczalni ścieków – istniejące poletka osadowe lub bezpośrednio wykorzystywany rolniczo albo przyrodniczo.

Powstające odcieki w stacji zagęszczania i odwadniania osadu, odcieki z poletek osadowych oraz wody opadowe z drogi przy poletkach spływają do pompowni lokalnej, a następnie zwracane są do ciągu biologicznego oczyszczania ścieków, komory defosfatacji.

Schemat 5.3. Schemat blokowy węzła osadowego





# KONCEPCJA I METODYKA BADAŃ ANALITYCZNYCH, TECHNOLOGICZNYCH I STATYSTYCZNYCH

## I. BADANIA ANALITYCZNE

W ramach badań prowadzono monitoring podstawowych zanieczyszczeń fizyczno-chemicznych w profilu oczyszczalni. Badania analityczne wykonywane były w latach 2002-2003. Określono następujące wskaźniki:

- zawiesina [mg/l],
- odczyn [pH],
- biochemiczne zapotrzebowanie na tlen BZT<sub>5</sub> [mgO<sub>2</sub>/l],
- chemiczne zapotrzebowanie na tlen ChZT [mgO<sub>2</sub>/l],
- azotany [mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>],
- azotyny [mg/l N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>],
- azot amonowy [mg/l N-NH<sub>4</sub>],
- azot ogólny Kjejdahla [mg/l N],
- fosforany [mg/l P-PO<sub>4</sub>],
- fosfor ogólny [mg/l P].

Wszystkie oznaczenia wykonywano zgodnie z obowiązującymi normami:

- oznaczenia odczynu wykonano zgodnie z normą PN-74/C – 04540.00, za pomocą pH – metru firmy WTW.
- oznaczenia form azotu wykonano na podstawie norm:
  - azot ogólny Kjejdahla – PN – 73/C – 04576.12,
  - azot amonowy – PN – 76/C – 04576.01,
  - azot azotynowy – PN – 73/C – 04576.06,
  - azot azotanowy – PN – 73/C – 04576.08,

Wszystkie wyżej wymienione formy azotu były oznaczane na podstawie porównania spektrofotometrycznego wykonanego przy użyciu:

- termoreaktora TR 300 firmy MERCK,
- spektrofotometru spectroquant NOVA 400 firmy MERCK.

Oznaczenia fosforu ogólnego i fosforanów wykonano zgodnie z zaleceniami norm: PN – 73/C – 04537.01 i PN – 72/C – 04537.02, jak również metodą porównania spektrofotometrycznego przy użyciu:

- termoreaktora firmy MERCK,
- spektrofotometru spectroquant NOVA 400 firmy MERCK

Oznaczenie zawartości związków organicznych wykonano zgodnie z zaleceniami norm:

- chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT) – PN – 74/C – 04578.03,
- biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT<sub>5</sub>) – PN – 74/C – 04578.07.

Oznaczenie ChZT wykonano metodą porównania spektrofotometrycznego przy użyciu:

- termoreaktora TR 300 firmy MERCK,
- spektrofotometru spectroquant NOVA 400 firmy MERCK.

Oznaczenie BZT<sub>5</sub> wykonano z zastosowaniem urządzenia OXI – TOP firmy WTW.

## 2. BADANIA TECHNOLOGICZNE

Badania technologiczne zostały przeprowadzone w wybranych punktach pomiarowych. Ich wybór był uwarunkowany sposobem oczyszczania ścieków i przeróbki osadów oraz wielkością badanych oczyszczalni. Został dokonany po konsultacjach z eksploatatorami poszczególnych obiektów.

### 2.1. System oczyszczania ścieków w Mońkach

#### *Punkty pomiarowe:*

1. Ścieki surowe.
2. Ścieki surowe po piaskowniku.
3. Ścieki surowe po kratkach gęstych.
- 4.1. Ścieki po komorze defosfatacji.
- 4.2. Ścieki po komorze defosfatacji.
- 4.3. Ścieki po komorze defosfatacji.
- 5.1. Ścieki po komorze denitryfikacji.
- 5.2. Ścieki po komorze denitryfikacji.

- 5.3. Ścieki po komorze denitryfikacji.
- 6.1. Ścieki po biologicznym oczyszczaniu.
- 6.2. Ścieki po biologicznym oczyszczaniu.
- 6.3. Ścieki po biologicznym oczyszczaniu.
7. Ścieki po biologicznym oczyszczaniu uśrednione.
- 8.1. Ścieki oczyszczone po osadnikach.
- 8.2. Ścieki oczyszczone po osadnikach.
9. Ścieki oczyszczone uśrednione - odpływ z oczyszczalni.
10. Woda nadosadowa z zagęszczacza.
11. Woda nadosadowa z OKF.
12. Odciek z prasy odwadniającej

## 2.2. System oczyszczania ścieków w Hajnówce

### *Punkty pomiarowe:*

1. Ścieki surowe z komory rozdziału.
2. Ścieki przed stacją mechanicznego oczyszczania.
3. Ścieki po stacji mechanicznego oczyszczania.
4. Ścieki ze zbiornika buforowego.
5. Ścieki oczyszczone (po każdym reaktorze oddzielnie).
6. Ścieki oczyszczone na wylocie z oczyszczalni.
7. Ścieki dopływające z mleczarni (ze zbiornika uśredniającego).
8. Odciek z prasy filtracyjnej.
9. Odciek z zagęszczacza.

## 2.3. System oczyszczania ścieków w Suwałkach

### *Punkty pomiarowe:*

#### *Ścieki:*

1. Ścieki z miasta.
2. Ścieki przed kratą.
3. Ścieki przed piaskownikiem.
4. Ścieki przed osadnikiem wstępnym.
5. Ścieki zmieszane po osadniku wstępnym.
6. Ścieki po komorze defosfatacji (zdekantowane).
7. Ścieki z komory rozdziału po nityfikacji.
8. Ścieki oczyszczone.

#### *Odcieki:*

1. Odciek z separatora piasku.
2. Odciek z prasopłuczki.
3. Odciek z zagęszczacza osadu nadmiernego.
4. Odciek z wirówki.
5. Suma odcieków (trzech) przed kratą.

## 2.4. System oczyszczania ścieków w Augustowie

### *Punkty pomiarowe:*

#### *Ścieki:*

1. Ścieki surowe – z przepompowni.
2. Ścieki po kracie.
3. Ścieki po piaskowniku.
4. Ścieki po denitryfikacji (zdekantowane).
5. Ścieki z komory nitryfikacji przed PIX em (zdekantowane).
6. Ścieki po osadniku wtórnym oczyszczone.

#### *Odcieki:*

1. Zagęszczacz.
2. Po prasie.
3. Suma odcieków ze studzienki zbiorczej.
4. Odciek z piaskownika (z separatora).

## 2.5. System oczyszczania ścieków w Wysokiem Mazowieckiem

### *Punkty pomiarowe:*

1. Ścieki mleczarskie.
2. Ścieki mleczarskie i komunalne po mechanicznym oczyszczaniu.
3. Ścieki komunalne.
4. Przepompownia – odcieki.
5. Ścieki po komorze defosfatacji.
6. Ścieki po komorze osadu czynnego I°.
7. Ścieki po komorze osadu czynnego II°.
8. Ścieki po osadniku wtórnym i strącaniu chemicznym.

# 3. METODY STATYSTYCZNE

## 3.1. Metody statystycznej analizy danych

Metody statystyczne są narzędziem, które pozwala opisać otaczającą nas rzeczywistość, a tym samym pomóc w jej zrozumieniu. Statystyka buduje pewne modele tej rzeczywistości, uogólniając obserwacje konkretnych zjawisk, które zazwyczaj dotyczą tylko wycinka większej całości. Metody statystyczne pozwalają wyeliminować elementy przypadkowe, nieistotne, ujawniając to, co stanowi istotę badanych zjawisk i jest określane mianem prawidłowości.

Metody statystyczne służą do opisu przebiegu zjawisk i procesów, do oceny związków między zjawiskami, do przewidywania następstw podejmowanych decyzji. Znajdują one zastosowanie wszędzie tam, gdzie dokonuje się pomiaru, rejestracji i ewidencji osób, przedmiotów czy zdarzeń.

Statystyczne metody badania prawidłowości charakteryzujących badane zjawiska występują jako:

- opis statystyczny jest opisem liczbowym i może być realizowany w postaci danych liczbowych zestawionych w szeregi i tablice (tak zwany opis tabelaryczny), w postaci wykresów ujawniających prawidłowości (tak zwany opis graficzny) oraz w postaci charakterystyk liczbowych, zwanych parametrami, odnoszących się do różnych prawidłowości (tak zwany opis parametryczny);
- wnioskowanie statystyczne odnosi się do metod mających na celu uogólnienie wyników badania części zbiorowości zwanej próbą na całą zbiorowość (populację), z której ta część pochodzi; uogólnianie to jest obarczone pewnym błędem, stąd też metody wnioskowania statystycznego są oparte na rachunku prawdopodobieństwa; wnioskowanie statystyczne wchodzi w zakres statystyki matematycznej.

Statystyka opisowa jest dyscypliną zajmującą się metodami gromadzenia opisywania, prezentacji i analizy danych liczbowych dotyczących badanych zbiorowości osób, rzeczy lub zdarzeń. Można wyróżnić trzy podstawowe grupy metod analizy, odnoszące się do:

- opisu struktury zbiorowości poprzez określenie przeciętnego poziomu, dyspersji, asymetrii i koncentracji cech,
- opisu współzależności poprzez analizę korelacji i regresji,
- opisu zmian zjawisk w czasie poprzez analizę indeksową oraz analizę składników szeregów czasowych (trend, wahania sezonowe i wahania przypadkowe).

## 3.2. Etapy badania statystycznego

Celem każdego badania statystycznego jest wyznaczenie wartości wybranych parametrów badanej zbiorowości statystycznej oraz analiza tej zbiorowości. W etapie wstępnym ustala się przedmiot i zakres badania, to znaczy określa się zbiorowość, jednostkę i cechy statystyczne, które będą podlegały badaniu. Następnie wyznaczane są wartości charakterystycznych parametrów i na ich podstawie przeprowadza się analizę zbiorowości.

Tabela 3.1. Etapy badania statystycznego

|                         |                                              |                                                      |                                |                           |                            |
|-------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Programowanie badania   | 1                                            | Określenie celów badania                             |                                |                           |                            |
|                         |                                              | cele ogólne                                          |                                | cele cząstkowe            |                            |
|                         | 2                                            | Określenie przedmiotu badania                        |                                |                           |                            |
|                         |                                              | Zdefiniowanie zbiorowości i jednostek statystycznych |                                |                           |                            |
|                         |                                              | Wyodrębnienie cech                                   |                                |                           |                            |
|                         | 3                                            | rzeczowej                                            | czasowej                       | przestrzennej             |                            |
|                         |                                              | Określenie zakresu badania statystycznego            |                                |                           |                            |
|                         |                                              | Wyodrębnienie cech                                   |                                |                           |                            |
|                         | 4                                            | ilościowych                                          |                                | jakościowych              |                            |
|                         |                                              | Wybór metod badania statystycznego                   |                                |                           |                            |
| badania                 |                                              | badania częściowe                                    |                                |                           |                            |
| Obserwacja statystyczna | 5                                            | Sposób gromadzenia danych                            |                                |                           |                            |
|                         |                                              | spisy                                                | rejestracja bieżąca            | dobór losowy, ankieta     |                            |
|                         | 6                                            | Kontrola zebranego materiału                         |                                |                           |                            |
|                         |                                              | formalna (ilościowa)                                 |                                | merytoryczna (jakościowa) |                            |
|                         | 7                                            | Klasyfikacja i grupowanie statystyczne               |                                |                           |                            |
|                         |                                              | typologiczne                                         |                                | wariancyjne               |                            |
|                         | Prezentacja wyników obserwacji statystycznej | 8                                                    | Budowa szeregów statystycznych |                           |                            |
|                         |                                              |                                                      | szeregi rozdzielcze            | szeregi czasowe           | inne szeregi               |
|                         |                                              | 9                                                    | Budowa tablic statystycznych   |                           |                            |
|                         |                                              |                                                      | tablice proste i złożone       |                           | tablice robocze i wynikowe |
| 10                      |                                              | Budowa wykresów statystycznych                       |                                |                           |                            |
| Analiza statystyczna    | 11                                           | punktowe                                             | liniowe                        | powierzchniowe            |                            |
|                         |                                              | inne                                                 |                                |                           |                            |
|                         | 12                                           | Analiza struktury zbiorowości                        |                                |                           |                            |
|                         | 13                                           | Analiza współzależności cech                         |                                |                           |                            |
| 14                      | Analiza zmian zjawisk w czasie               |                                                      |                                |                           |                            |

Źródło: Wiesława Makać, Danuta Urbanek – Krzysztofiać *Metody opisu statystycznego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1999, s. 10.

Badanie statystyczne dotyczy zawsze pewnych zbiorowości, których elementami są obiekty materialne lub zjawiska. W statystyce matematycznej przyjęło się określać zbiorowość statystyczną mianem populacji generalnej lub zbiorowości generalnej. Jeśli zbiór elementów populacji generalnej jest skończony określa się ją jako skończoną, natomiast jeśli zbiór elementów populacji jest nieskończony, to kreśla się ją jako nieskończoną. Koncepcja populacji generalnej nieskończonej jest na ogół wynikiem myślenia teoretycznego i dotyczy raczej zjawisk niż obiektów materialnych. W efekcie badanie statystyczne sprowadza się do zebrania, odpowiedniego przetworzenia i analizy informacji dotyczących badanej zbiorowości statystycznej według istotnych, z punktu widzenia celu badania, cech jednostek należących do danej zbiorowości.

### 3.2.1. Programowanie badania

#### CELE BADANIA STATYSTYCZNEGO

Wszystkie elementy wchodzące w zakres programowania badania mają decydujący wpływ na przebieg gromadzenia materiału empirycznego, jakość tego materiału oraz możliwości przeprowadzenia poprawnej analizy statystycznej. Programowanie badania jest szczegółowo rozpisaną koncepcją badania statystycznego, która powinna gwarantować otrzymanie wszystkich informacji niezbędnych do realizacji założonego celu, nie obciążając przy tym badania nadmiarem danych zbieranych „na wszelki wypadek”. Stąd wynika waga jasnego, dokładnie sformułowanego celu badania. Często jedno badanie może być podstawą realizacji więcej niż jednego celu.

#### PRZEDMIOT BADANIA STATYSTYCZNEGO

Realizacja określonego celu każdorazowo wymaga zdefiniowania przedmiotu badania. Przedmiotem badania statystycznego jest zbiorowość statystyczna, która może składać się z osób, rzeczy lub zdarzeń.

Każda zbiorowość statystyczna składa się z jednostek statystycznych. W badaniu efektywności usuwania na przykład związków azotu ze ścieków zbiorowością statystyczną będą wszystkie uzyskane wartości badanego parametru (po wyeliminowaniu błędów), zaś każdy pojedynczy pomiar, czy to po mechanicznym oczyszczaniu, czy też po biologicznym będzie jednostką statystyczną.

Zbiorowość statystyczną określają cechy stałe, czyli właściwości wspólne (identyczne) dla wszystkich jednostek statystycznych, wchodzących w skład badanej zbiorowości. O zakresie rzeczowym, przestrzennym i czasowym badanej zbiorowości decydują trzy rodzaje cech:

- rzeczowa – przesądza o tym kto, lub co jest przedmiotem badania,
- przestrzenna – informuje, gdzie występują, z jakiego terenu wywodzą się badane jednostki,
- czasowa – rozstrzyga, z jakiego okresu lub momentu pochodzą jednostki włączone do badanej zbiorowości.

## ZAKRES BADANIA STATYSTYCZNEGO

Zakres badania jest podporządkowany celowi, jakiemu badanie ma służyć. Cel badania przesądza nie tylko o tym, jaki zbiór jednostek znajdzie się w badanej zbiorowości, ale także, za pomocą jakich cech będą te jednostki opisywane. Zestaw cech zmiennych decyduje o zakresie badania.

Cechy zmienne są to właściwości, którymi poszczególne jednostki statystyczne różnią się między sobą, przyjmując odmienne warianty cechy. Istotnym kryterium podziału cech zmiennych jest możliwość ich pomiaru. Według tego kryterium wyodrębnia się:

- cechy jakościowe (opisowe),
- cechy ilościowe (liczbowe).

Warianty cech jakościowych wyrażamy opisowo (na przykład sprawność urządzenia wysoka, średnia), natomiast warianty cech ilościowych wyrażamy za pomocą liczb pochodzących z pomiaru (na przykład  $BZT_5$  w g  $O_2/dm^3$ ).

Rozróżnia się skokowe lub ciągle cechy ilościowe. **Cechy ilościowe skokowe** mogą przyjmować tylko określone wartości całkowite, z natury niepodzielne. **Cechy ilościowe ciągle** to te, których zmienność w danym przedziale wartości jest ciągła. Znaczy to, że pomiędzy dowolnie wybranymi wartościami mogą występować różne wartości pośrednie.

## METODY BADANIA STATYSTYCZNEGO

Od zakresu wyznaczonego celem badania oraz od charakteru właściwości badanej zbiorowości zależy wybór metod badawczych. Przedmiotem obserwacji może być każda jednostka badanej zbiorowości – wówczas jest to **badanie pełne**, lub też niektóre wybrane lub wylosowane jednostki z danej zbiorowości – wtedy jest to **badanie częściowe**.

Wśród badań częściowych można wyodrębnić badania reprezentacyjne, monograficzne, ankietowe.

**Badanie reprezentacyjne** jest to takie badanie częściowe, w którym losowo pobrane jednostki do badania (próbą) reprezentują całą zbiorowość (populację), mimo że stanowią tylko jej część. Badanie reprezentacyjne znajduje zastosowanie wówczas, gdy przeprowadzenie badań wyczerpujących jest z przyczyn technicznych niemożliwe, z przyczyn merytorycznych niecelowe, lub gdy zbiorowość jest bardzo liczna. **Badanie monograficzne** polega na wyczerpującym (wszechstronnym) opisie wybranej jednostki. **Badania ankietowe** mają zazwyczaj charakter tylko pomocniczy i nie można tych badań uznać ani za reprezentacyjne, ani za monograficzne.



### 3.2.2. Obserwacja statystyczna

#### SPOSOBY GROMADZENIA DANYCH

Obserwacja statystyczna jest to gromadzenie informacji o właściwościach, czyli cechach poszczególnych jednostek zbiorowości. Informacje te mogą pochodzić ze źródeł pierwotnych, wówczas mamy do czynienia z materiałem pierwotnym, lub ze źródeł wtórnych, wtedy jest to materiał wtórny.

**Materiał pierwotny** jest wynikiem zaplanowanych specjalnie do celów danego badania dochodzeń statystycznych. Dane statystyczne gromadzone dla innych celów, a wykorzystane wtórnie do określonych badań statystycznych, nazywa się **materiałem wtórnym**.

Zgromadzony materiał statystyczny może pochodzić ze spisów, bądź z rejestracji bieżącej. **Spis** jest okresowym (najczęściej) lub doraźnym (rzadziej) badaniem wszystkich jednostek zbiorowości w ściśle określonym momencie czasu. **Rejestracja bieżąca** polega na sukcesywnym rejestrowaniu wydarzeń, które są przedmiotem badania.

#### GRUPOWANIE MATERIAŁU STATYSTYCZNEGO

Przed przystąpieniem do opracowania wyników badania całość zebranych informacji musi być poddana kontroli. **Kontrola formalna** dotyczy kompletności zebranych informacji, **kontrola merytoryczna** polega na ocenie jakości otrzymanego materiału, ze szczególnym zwróceniem uwagi na błędy systematyczne.

Zebrany materiał statystyczny jest zbiorem szczegółowych danych o wartościach cech każdej jednostki badanej zbiorowości. Aby móc wnioskować o prawidłowościach występujących w zbiorowości, należy ten materiał odpowiednio przetworzyć. Temu celowi służy klasyfikacja cech zmiennych oraz grupowanie statystyczne. **Klasyfikacja** jest to ustalenie wariantów cechy, **grupowanie** jest to podział zbiorowości na jednorodne lub względnie jednorodne podgrupy z punktu widzenia wyróżnionej cechy. Jeżeli kryterium grupowania jest cecha jakościowa, to takie grupowanie nazywa się grupowaniem typologicznym, a gdy podstawą wyodrębniania podgrup jest cecha ilościowa – przyjmuje się, że jest to grupowanie wariacyjne.

W poprawnie przeprowadzonym grupowaniu obowiązują podstawowe zasady logiki formalnej:

- grupowanie musi być wyczerpujące, to znaczy, że każda jednostka zbiorowości musi być sklasyfikowana i włączona do odpowiedniej podgrupy;
- grupowanie powinno być rozłączne, czyli wyodrębnione podgrupy muszą się wzajemnie wykluczać;
- grupowanie powinno być efektywne, to znaczy wyróżnione podgrupy powinny być na tyle jednorodne jakościowo, by mogły stanowić podstawę twierdzeń uogólniających.

### 3.2.3. Prezentacja wyników obserwacji statystycznej

#### SZEREGI STATYSTYCZNE

Zgromadzony w wyniku obserwacji statystycznej materiał może być przedstawiony w postaci szeregu. Szeregiem statystycznym nazywa się materiał statystyczny uporządkowany lub uporządkowany i pogrupowany według przyjętych wariantów cechy. Uporządkowany według określonego kryterium, ale nie pogrupowany materiał statystyczny nazywa się **szeregiem szczegółowym**. Szereg szczegółowy, zwłaszcza zawierający dużą liczbę informacji, jest mało czytelną formą opisu badanego zjawiska. Można nim się posługiwać przy niewielkiej liczbie obserwacji. Dlatego też te szczegółowe informacje łączy się w podgrupy, tworząc szeregi rozdzielcze, w których zbiorowość statystyczna została rozdzielona na części według określonych wariantów cechy.

Szeregi rozdzielcze dzieli się na rodzaje, w zależności od tego, jaka cecha jest podstawą grupowania. W wyniku grupowania zbiorowości według wariantów cechy jakościowej powstaje **szereg strukturalny**. Grupowanie według wariantów cechy ilościowej skokowej daje w rezultacie **szereg punktowy**, zwany też szeregiem rozdzielczym jednostopniowym. Natomiast grupując zbiorowość według cechy ciągłej, której warianty zostały sklasyfikowane w formie przedziałów, buduje się **szereg przedziałowy**, tak zwany szereg rozdzielczy wielopredziałowy.

#### TABLICE STATYSTYCZNE

Tablice statystyczne są formą prezentacji rezultatów obserwacji statystycznej. Zawierają one liczbowy opis zbiorowości statystycznych według jednej lub większej liczby cech.

Jeżeli kryterium opisu badanej zbiorowości stanowi jedna cecha, to tablica merytorycznie pokrywa się z szeregiem statystycznym i taka tablicę nazywa się **tablicą prostą**. Jeżeli zaś w tablicy są prezentowane dane dotyczące kilku zbiorowości badanych według jednej cechy lub dane dotyczące jednej zbiorowości, scharakteryzowanej za pomocą dwu lub większej liczby cech, mówi się wtedy o **tablicy złożonej**.

#### WYKRESY STATYSTYCZNE

Wykresy są graficzną formą prezentacji materiału statystycznego. W porównaniu z prezentacją tabelaryczną są one mniej precyzyjne i szczegółowe, natomiast bardziej sugestywne. Przedstawiając materiał statystyczny graficznie ujawnia się prawidłowości, które uszłyby uwadze mniej wprawnego oka, gdyby analizie poddawano tylko dane zapisane w tablicy.

Do najczęściej stosowanych graficznych form prezentacji należy zaliczyć wykresy: punktowe, obrazkowe, powierzchniowe, liniowe, kombinowane, mapowe.

### 3.3. Własności rozkładu cechy mierzalnej

Analizując rozkład cechy mierzalnej, należy brać pod uwagę następujące jego własności:

- miary położenia:
  - średnie klasyczne (średnia arytmetyczna, średnia harmoniczna, średnia geometryczna),
  - średnia częstościowa (dominanta),
  - średnia pozycyjna (mediana),
  - kwantyle;
- miary dyspersji:
  - klasyczne miary dyspersji (wariancja, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności, odchylenie przeciętne),
  - pozycyjne miary dyspersji (rozstęp, rozstęp kwartyłowy, odchylenie ćwiartkowe);
- miary asymetrii:
  - wskaźnik asymetrii, moment trzeci względny;
- miary spłaszczenia:
  - moment czwarty względny.

#### 3.3.1. Miary położenia

Miary położenia są zaliczane do najważniejszych charakterystyk rozkładu i są one określane jako miary średnie lub miary przeciętne. Za ich pomocą następuje uogólnienie poziomu wartości cechy zaobserwowanej u poszczególnych jednostek badanej zbiorowości w jedną charakterystykę liczbową.

Miary położenia powinny możliwie najlepiej reprezentować opisywany rozkład i umożliwić przeprowadzenie porównania różnych rozkładów, a także ocenę położenia poszczególnych jednostek w rozkładzie.

#### ŚREDNIE KLASYCZNE

Średnie klasyczne są podstawowymi charakterystykami przeciętnego poziomu badanej cechy. Są one obliczane na podstawie wszystkich obserwacji, a zatem są wypadkową wartości cechy występujących u wszystkich jednostek badanej zbiorowości. Miary średnie opisują tendencję centralną, czyli skupienie obserwacji wokół centrum rozkładu, a zatem ważne jest, aby badany rozkład był symetryczny lub umiarkowanie asymetryczny. Jako wynik działań arytmetycznych średnie są wartościami umownymi, które faktycznie mogą wcale nie występować w badanej zbiorowości.

**Średnia arytmetyczna** jest najbardziej popularną miarą przeciętnego poziomu cechy mierzalnej. Jest ona ilorazem sumy wszystkich wartości cechy oraz liczby obserwacji. Rozdziela ona zatem sumę wszystkich wartości równomiernie na wszystkie jednostki badanej zbiorowości.

Sposób wykonywania obliczeń jest uzależniony od formy zapisu obserwacji wartości cechy.

W szeregu szczegółowym zaobserwowane wartości cechy ( $x_i$ ) sumuje się i dzieli się przez liczebność zbiorowości ( $n$ ):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

gdzie  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  oznacza kolejne obserwacje

W szeregu rozdzielczym, gdzie zbiorowość została pogrupowana na klasy zapisane w przedziałach, poszczególnym wartościom cechy ( $x_i$ ) odpowiada pewna liczba jednostek, tak zwana liczebność przedziałów ( $n_i$ ). W tym wypadku należy posługiwać się formułą **średniej arytmetycznej ważonej**, gdzie częstość występowania poszczególnych wartości cechy nadają znaczenie (wagę) tym wartościom:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i n_i}{n}$$

gdzie  $i = 1, 2, 3, \dots, k$  oznacza kolejne przedziały

Średnia arytmetyczna charakteryzuje się różnymi własnościami, z których najważniejszymi są:

- jako wypadkowa wszystkich zaobserwowanych wartości cechy średnia arytmetyczna jest parametrem klasycznym i przyjmuje wartości z przedziału:  $x_{\min} \leq \bar{x} \leq x_{\max}$ ,
- suma odchyłeń wartości cechy od średniej arytmetycznej równa się zero:  $\sum_i (x_i - \bar{x}) = 0$ ,
- jeżeli wszystkie wartości cechy  $X$  pomnożymy przez dowolną stałą  $a$  ( $a \neq 0$ ), to średnia arytmetyczna nowej zmiennej  $Y$  będzie  $a$  razy większa od średniej arytmetycznej zmiennej  $X$ :  $\bar{y} = a\bar{x}$ ,
- suma kwadratów odchyłeń wartości cechy od jej średniej arytmetycznej jest mniejsza niż suma kwadratów odchyłeń od jakiejkolwiek innej stałej:  $\sum_i (x_i - \bar{x})^2 = \min$ .

**Średnia harmoniczna** jest odwrotnością średniej arytmetycznej obliczonej z odwrotności wartości cechy. Dla szeregu szczegółowego liczy się ją następująco:

$$\bar{x}_h = \frac{n}{\sum_i \frac{1}{x_i}}$$

Natomiast dla szeregu rozdzielczego należy posługiwać się wzorem na średnią ważoną:

$$\bar{x}_h = \frac{n}{\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{x_i}}$$

Średnia harmoniczna jest stosowana rzadko, gdyż może być ona zastąpiona średnią arytmetyczną ważoną odpowiednimi wagami.

**Średnia geometryczna** jest pierwiastkiem  $n$ -tego stopnia z iloczynu wszystkich wartości badanej zmiennej, przy czym wartości cechy muszą być większe od zera.

$$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 x_2 x_3 \dots x_n}$$

Średnia geometryczna jest stosowana głównie w analizie szeregów czasowych, jako miara średniego przyrostu. Bywa ona również stosowana wtedy, gdy jest wyrażona w liczbach absolutnych, ale w zbiorze informacji występują wartości skrajne, różniące się znacząco od większości zaobserwowanych wartości cechy. W takich wypadkach średnia geometryczna lepiej niweluje wpływ tychże wartości skrajnych na ocenę średniego poziomu, jest ona mniej wrażliwa na ich działanie aniżeli średnia arytmetyczna.

## ŚREDNIA CZĘSTOŚCIOWA – DOMINANTA

Pozycyjną miarą położenia wyznaczaną przez częstotliwość występowania wyróżnionych wartości cechy jest dominanta. Dominanta jest tą wartością cechy, która występuje najczęściej w badanej zbiorowości.

Celem określenia, jaka wartość cechy występuje z największą częstotliwością, niezbędne jest pogrupowanie materiału statystycznego. Dominantę można zatem wyznaczyć tylko dla szeregów rozdzielczych.

W szeregu rozdzielczym strukturalnym i w szeregu rozdzielczym punktowym dominanta jest to wartość cechy, przy której znajduje się największa liczebność ( $n_{max}$ ).

W szeregu rozdzielczym przedziałowym dominanta jest to wartość cechy, wokół której oscyluje największa liczba obserwacji. Ustala się ją drogą interpolacji w granicach przedziału skupiającego największą liczbę obserwacji. Wyznaczając dominantę, w pierwszej kolejności odnajduje się przedział najliczniejszy ( $n_{max}$ ), a następnie oblicza się jej wartość posługując się wzorem interpolacyjnym:

$$D = x_0 + \frac{n_0 - n_{-1}}{(n_0 - n_{-1}) + (n_0 - n_{+1})} c_0$$

gdzie:

$x_0$  – dolna granica przedziału najliczniejszego,

$n_0$  – liczebność przedziału najliczniejszego,

$n_{-1}$  – liczebność przedziału poprzedzającego przedział najliczniejszy,

$n_{+1}$  – liczebność przedziału następującego po przedziale najliczniejszym,

$c_0$  – rozpiętość przedziału najliczniejszego.

## ŚREDNIA POZYCYJNA – MEDIANA

Mediana, czyli wartość środkowa, jest średnią pozycyjną. Jest to wartość cechy, jaką posiada jednostka znajdująca się w środku uporządkowanego szeregu. Wyznaczając medianę w szeregu szczegółowym, porządkujemy obserwacje według rosnących wartości cechy i wskazuje się obserwację środkową, która jest medianą. Gdy szereg zawiera parzystą liczbę obserwacji, medianę liczy się jako średnią z dwóch środkowych.

W szeregu rozdzielczym, chcąc znaleźć wartość środkową, postępuje się następująco:

- wyznacza się numer jednostki znajdującej się w środku szeregu, tak zwaną pozycję mediany:  $\text{pozMe} = 0,5 \cdot (n + 1)$ ,
- w szeregu skumulowanym znajduje się przedział zawierający pozycję mediany,
- w szeregu rozdzielczym punktowym medianą jest wartość we wskazanym przedziale, natomiast w szeregu rozdzielczym przedziałowym wyznacza się medianę, posługując się wzorem interpolacyjnym:

$$\text{Me} = x_0 + [0,5 \cdot (n + 1) - N(x_{i-1})]c_0 / n_0$$

gdzie:

$x_0$  – dolna granica przedziału zawierającego medianę,

$n_0$  – liczebność przedziału zawierającego medianę,

$c_0$  – rozpiętość przedziału zawierającego medianę,

$N(x_{i-1})$  – liczebność szeregu skumulowanego do przedziału poprzedzającego przedział zawierający medianę.

## KWANTYLE

Kwantyle są pozycyjnymi miarami położenia. Ich wartości są wyznaczane na podstawie miejsca w uporządkowanym szeregu.

Najczęściej stosowane w analizie rozkładu cechy są następujące kwantyle:

- mediana ( $Me$ ) wartość środkowa,
- kwartyle ( $Q_r$ ) wartości ćwiartkowe,
- decyle ( $D_r$ ) wartości dziesiętne.

### 3.3.2. Miary dyspersji

Poszczególne jednostki zbiorowości różnią się między sobą wartościami cechy zmiennej. Te wartości badanych zbiorowości określa się mianem dyspersji, rozproszenia, zróżnicowania czy też zmienności. Terminów tych używa się zazwyczaj zamiennie.

Miary dyspersji pozwalają na uogólnienie różnic w wartościach cechy zaobserwowanych u poszczególnych jednostek. Podobnie jak to przedstawiono w mia-

rach położenia, również ocena dyspersji może odbywać się za pomocą miar klasycznych i pozycyjnych.

## KLASYCZNE MIARY DYSPERSJI

Ocena dyspersji za pomocą miar klasycznych przyjmuje jako punkt odniesienia średnią arytmetyczną. Stąd też miary te są liczone jako różnego rodzaju średnie z odchyłeń od średniej arytmetycznej.

**Wariancja** jest średnią arytmetyczną z kwadratów odchyłeń wartości cechy od średniej arytmetycznej. Jest ona momentem drugim centralnym. Dla szeregu szczegółowego jest ona obliczana jako parametr nieważony:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - \bar{x}^2$$

a dla szeregu rozdzielczego jako ważony:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 n_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i^2 n_i}{n} - \bar{x}^2$$

Wariancja przyjmuje wartości większe od zera. Im większa jest jej wartość, tym większe jest zróżnicowanie badanej cechy.

Ponieważ wariancja nie daje się logicznie zinterpretować, przy ocenie dyspersji należy posługiwać się **odchyleniem standardowym**, będącym pierwiastkiem z wariancji:

$$s = \sqrt{s^2}$$

Odchylenie standardowe jest średnią z odchyłeń wartości cechy od jej średniej arytmetycznej. Stąd też jego wartość interpretuje się jako średnią z odchyłeń od średniej.

Odnosząc wielkość odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej i mnożąc iloraz przez sto, otrzymujemy względną miarę dyspersji wyrażoną w procentach, zwaną **współczynnikiem zmienności**:

$$V(s) = \frac{s}{\bar{x}} 100$$

Współczynnik zmienności pozwala ocenić natężenie zróżnicowania badanej cechy w zbiorowości. Jego wartość bliska zeru świadczy, że badana zbiorowość jest jednorodna, a im bardziej zróżnicowana jest zbiorowość, tym większy jest współczynnik zmienności.

Znacznie rzadziej stosowaną klasyczną miarą dyspersji jest **odchylenie przeciętne**. Jest to średnia z bezwzględnych odchyłeń wartości cechy od jej średniej arytmetycznej. Odpowiednie wzory dla szeregu szczegółowego i szeregu rozdzielczego przedstawiają się następująco:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

$$d = \frac{\sum_{i=1}^k |x_i - \bar{x}| \cdot n_i}{n}$$

Odchylenie przeciętne interpretuje się w zasadzie w ten sam sposób jak odchylenie standardowe. Jeżeli dla tego samego szeregu policzy się obie te miary dyspersji, między nimi zawsze wystąpi relacja:  $d \leq s$ .

## POZYCYJNE MIARY DYSPERSJI

Tak jak wszystkie pozycyjne parametry rozkładu miary dyspersji są wyznaczone na podstawie pozycji wyróżnionych jednostek.

**Rozstęp** jest wyznaczony przez najniższą ( $x_{min}$ ) i najwyższą ( $x_{max}$ ) wartość cechy:

$$R = x_{max} - x_{min}$$

Jest to najbardziej ogólna miara dyspersji, która opiera się na skrajnych wartościach cechy. W szeregach o otwartych przedziałach klasowych obliczenie tej miary nie jest możliwe. Aby uniknąć tych ograniczeń, oblicza się **rozstęp decylowy**, będący różnicą pomiędzy decylem dziewiątym ( $D_9$ ) a decylem pierwszym ( $D_1$ ). Ta miara pokazuje obszar zmienności środkowych 80% jednostek zbiorowości.

$$R(D) = D_9 - D_1$$

Kolejna miara to **rozstęp kwartyłowy**, czyli różnica pomiędzy kwartylem trzecim ( $Q_3$ ) i kwartylem pierwszym ( $Q_1$ ) – dotyczy zmienności środkowych 50% jednostek.

$$R(Q) = Q_3 - Q_1$$

Rozstęp kwartyłowy służy też do obliczania **odchylenia ćwiartkowego**:

$$Q = \frac{Q_3 - Q_1}{2}$$

Odchylenie ćwiartkowe interpretuje się jako połowę obszaru zmienności środkowych 50% jednostek zbiorowości.

### 3.3.3 Miary asymetrii

Pojęcie miary asymetrii dotyczy sposobu rozmieszczenia liczebności przy wartościach cechy. Oceniając asymetrię, zwraca się przede wszystkim uwagę na to, w jakim miejscu osi  $OX$  znajduje się punkt skupienia obserwacji, czyli faktycznie obserwuje się, gdzie znajduje się dominanta. Jeżeli ta średnia mieści się w środku rozkładu, jest to rozkład symetryczny. Jeżeli natomiast zaobserwuje się przesunięcie dominanty w kierunku krańców rozkładu, wtedy rozkład jest asymetryczny, a im większe jest to przesunięcie, tym asymetria jest silniejsza. Jeżeli skupienia



znajdują się przy niskich wartościach cechy, jest to asymetria dodatniej, jeżeli jednak obserwacje wykazują tendencję do skupiania się przy wyższych wartościach cechy, rozkład ma asymetrię ujemną.

Oprócz oceny kierunku asymetrii bada się jej natężenie (siłę). Służą do tego miary względne, w których odległości między miarami położenia są przyrównane do odpowiednich miar dyspersji.

Klasyczną miarą asymetrii jest **moment trzeci względny**. Stosuje się go w analizie szeregów rozdzielczych punktowych i przedziałowych, gdy możliwe jest obliczenie średniej arytmetycznej. W pierwszej kolejności liczy się moment trzeci centralny jako średnią arytmetyczną z podniesionych do potęgi trzeciej odchyleń wartości cechy od średniej arytmetycznej:

$$\mu_3 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^3 n_i}{n}$$

Siłę i kierunek asymetrii ocenia się, obliczając moment trzeci względny, będący ilorzadem momentu trzeciego centralnego i odchylenia standardowego podniesionego do trzeciej potęgi:

$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{s^3}$$

Na podstawie badań empirycznych stwierdzono, że miara ta może przyjmować wartości z przedziału  $-2 < \alpha_3 < 2$ . Im bliższy zera jest moment trzeci względny, tym słabsza asymetria rozkładu i odwrotnie – im bardziej oddala się od zera jego wartość bezwzględna, tym większe nasilenie asymetrii.

### 3.3.4. Miary spłaszczenia

Spłaszczenie rozkładu, zwane też kurtozą, wynika ze stopnia skupienia obserwacji (koncentracji) wokół wartości średniej arytmetycznej. Ocena stopnia spłaszczenia jest stosowana w odniesieniu do szeregów symetrycznych lub umiarkowanie asymetrycznych, czyli takich, które charakteryzują się tendencją centralną.

W zależności od tego jak duże jest skupienie obserwacji wokół średniej różny będzie kształt krzywej liczebności. Przy silnym skupieniu otrzyma się rozkład wysmukły, przy słabym spłaszczony.

Klasyczną miarą spłaszczenia jest moment czwarty. Moment czwarty centralny jest średnią z odchyleń wartości cechy ( $x_i$ ) od średniej arytmetycznej ( $\bar{x}$ ) podniesionych do potęgi czwartej:

$$\mu_4 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^4 n_i}{n}$$

Po podzieleniu  $\mu_4$  przez odchylenie standardowe podniesione do czwartej potęgi otrzymujemy **moment czwarty względny**, służący do oceny koncentracji wokół średniej:

$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{s^4}$$

Jeżeli  $\alpha_4 = 3$  koncentrację ocenia się jako normalną, czyli taką, jaka występuje w tak zwanym rozkładzie normalnym. Moment czwarty względny mniejszy od 3 ( $\alpha_4 < 3$ ) wskazuje na wystąpienie koncentracji mniejszej od normalnej. Oznacza to, że w typowym obszarze zmienności znajduje się mniej niż 68% obserwacji. Z kolei moment czwarty względny większy od 3 ( $\alpha_4 > 3$ ) świadczy o koncentracji większej od normalnej, występującej w rozkładach wysmukłych, w których w typowym obszarze zmienności znajduje się więcej niż 68% jednostek.

### 3.4. Analiza statystyczna w odniesieniu do rzeczywistych parametrów oczyszczalni

Wykorzystanie analizy statystycznej do interpretacji wyników otrzymanych podczas monitoringu pracy oczyszczalni stwarza szeroki zakres możliwości dokładnego poznania cech charakterystycznych badanych obiektów. Obliczenie podstawowych statystyk umożliwia między innymi wykrycie najczęściej powtarzających się parametrów pracy oczyszczalni, odrzucenie tych cech, które w widoczny sposób odbiegają od innych, natomiast interpretacja graficzna w postaci wykresów jeszcze wyraźniej uwidacznia charakterystykę pracy oczyszczalni.

Obliczając wartości średnie, medianę oraz wartości maksymalne i minimalne otrzymuje się informacje o przeciętnych rocznych stężeniach badanych parametrów, a także ich wahaniami, co w przyszłości może posłużyć do celów projektowych w przypadku modernizacji. Znając przedziały ufności można stwierdzić z jakim prawdopodobieństwem interesująca nas cecha może wystąpić.

Znając miary wariancji, odchylenia standardowego oraz rozstęp można ocenić dyspersję otrzymanych wyników, będącą różnego rodzaju średnimi z odchyłeń od średniej arytmetycznej. Można więc sprawdzić na jakim poziomie kształtują się relacje średniej oraz pozostałych wyników.

Analiza miar asymetrii i spłaszczenia daje możliwość określenia skupienia wszystkich wartości wokół wartości centralnych, czyli średniej arytmetycznej, mediany, dominanty. Informują nas one na przykład, czy stężenia BZT<sub>5</sub> skupiają się przy wartościach cechy niższych od średniej arytmetycznej, czy wyższych.

Badanie korelacji, czyli współzależności występujących między badanymi parametrami dostarcza informacji o sile tych współzależności i czy one faktycznie występują.

Wszystkie prowadzone analizy mają na celu stworzenie bazy danych, na podstawie której możliwe stanie się optymalne wykorzystanie procesów oraz urządzeń podczas oczyszczania ścieków. Stanowią one także doskonały materiał w przypadku planów perspektywicznych takich jak na przykład modernizacja oczyszczalni.

# WYNIKI BADAŃ NAD OBIEGIEM ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH W ANALIZOWANYCH OBIEKTACH

W tym rozdziale przedstawiono w formie tabelarycznej i graficznej wyniki badań przeprowadzonych w wybranych punktach pomiarowych poszczególnych oczyszczalni stanowiących bazę pomiarową.

Baza badawcza powstała w wyniku badań własnych prowadzonych w latach 2002-2003 oraz została uzupełniona o obserwacje i wyniki badań prowadzonych przez eksploatatorów analizowanych obiektów.

# I. MOŃKI

Tabela 1.1. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Mońkach - seria I

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                           |                      |                           |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjedahla | Fosforany                 | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P-PO <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 1,891     | 7,05   | 625                   | 1200                  | 0,0                       | 5                         | 70                        | 123,75               | 16                        | 30            |
| 2                    | 0,998     | 7,15   | 425                   | 1030                  | 1                         | 0,0                       | 52                        | 97,5                 | 21,5                      | 22            |
| 3                    | 1,6635    | 7,08   | 188                   | 820                   | 3                         | 6                         | 54,25                     | 117                  | 19                        | 37            |
| 4.1                  | -         | 7,47   | 16                    | 86                    | 2,5                       | 4                         | 7,4                       | 11,7                 | 10                        | 12            |
| 4.2                  | -         | -      | -                     | 12                    | 0,4                       | 0,021                     | 9,4                       | -                    | 10                        | -             |
| 4.3                  | -         | -      | -                     | 39                    | -                         | -                         | -                         | -                    | -                         | -             |
| 5.1                  | -         | 7,41   | 13                    | 47                    | 2,3                       | 12                        | 1,2                       | 5,86                 | 5                         | 10            |
| 5.2                  | -         | -      | -                     | 42                    | 1                         | 0,864                     | 3,2                       | -                    | 32                        | -             |
| 5.3                  | -         | -      | -                     | 31                    | -                         | -                         | -                         | -                    | -                         | -             |
| 6.1                  | -         | 7,33   | 50                    | 102                   | 3,8                       | 49                        | 0,55                      | 5,1                  | 8                         | 16            |
| 6.2                  | -         | -      | -                     | 27                    | 7,3                       | 0,102                     | 0,15                      | -                    | 6                         | -             |
| 6.3                  | -         | -      | -                     | 84                    | -                         | -                         | -                         | -                    | -                         | -             |
| 7                    | 0,0415    | 7,36   | 16                    | 61                    | 3,8                       | 23                        | 0,45                      | 1,8                  | 6,5                       | 8,25          |
| 8.1                  | 0,075     | 7,43   | 5                     | 37,7                  | 3,4                       | 14                        | 0,35                      | -                    | 10,5                      | 4,1           |
| 8.2                  | 0,0335    | 7,48   | 3                     | 34                    | 6,8                       | 21                        | 0,3                       | -                    | 5,5                       | 3,8           |
| 9                    | 0,035     | 7,62   | 5                     | 37,1                  | 4,5                       | 14                        | 0,3                       | 5,1                  | 2,2                       | 3             |
| 10                   | 0,168     | 7,36   | 80                    | 460                   | 1                         | 4                         | 2,25                      | 56,25                | 27                        | 31,5          |
| 11                   | 1,06      | 6,88   | 1100                  | 2138                  | 1,3                       | 1                         | 195                       | 220                  | 136                       | 143           |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1.2. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Mońkach - seria II

| Miejsce poboru próby | Parametry |                       |                       |                           |                           |                           |               |
|----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
|                      | Odczyn    | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Fosfor ogólny |
|                      | pH        | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 7,72      | 250                   | 510                   | 2                         | 0,000                     | 60,5                      | 34,2          |
| 2                    | 7,63      | 195                   | 540                   | 2,3                       | 0,004                     | 57,75                     | 29,4          |
| 3                    | 7,6       | 100                   | 584                   | 2,3                       | 0,009                     | 56                        | 27            |
| 4.1                  | 7,65      | 83                    | 154                   | 1,3                       | 0,054                     | 27,3                      | 64,5          |
| 4.2                  | 7,59      | -                     | 164                   | 1,2                       | 0,018                     | 29,8                      | 41,4          |
| 4.3                  | 7,58      | -                     | 208                   | 0,8                       | 0,054                     | 23,7                      | 52,5          |
| 5.1                  | 7,56      | 75                    | 132                   | 0,7                       | 0,027                     | 17,2                      | 46            |
| 5.2                  | 7,50      | -                     | 130                   | 0,7                       | 0,015                     | 20,5                      | 65,5          |
| 5.3                  | 7,63      | -                     | 124                   | 0,6                       | 0,056                     | 10,4                      | 33,5          |
| 6.1                  | 7,51      | 22                    | 112                   | 4,6                       | 0,464                     | 3,05                      | 3,6           |
| 6.2                  | 7,54      | -                     | 158                   | 5                         | 0,398                     | 0,55                      | 6,1           |
| 6.3                  | 7,51      | -                     | 128                   | 3,5                       | 0,037                     | 0,00                      | 5,4           |
| 7                    | 7,49      | 14                    | 90                    | 3,9                       | 0,372                     | 1,1                       | 4,6           |
| 8.1                  | 7,63      | -                     | 20                    | 3,7                       | 0,25                      | 0,9                       | 4,1           |
| 8.2                  | 7,52      | -                     | 19                    | 3,5                       | 0,204                     | 0,6                       | 5,1           |
| 9                    | 7,65      | 5                     | <0,1                  | 3,7                       | 0,27                      | 0,75                      | 5             |
| 10                   | 7,42      | 100                   | 824                   | 1,2                       | 0,556                     | 12,5                      | 43            |
| 12                   | 7,31      | 260                   | 714                   | 2,2                       | 0,011                     | 118                       | 89,5          |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1.3. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków  
w oczyszczalni ścieków w Mońkach - seria III

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                                        |                                        |                           |                      |                           |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                                | Azotyny                                | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjedahla | Fosforany                 | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P-PO <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 0,404     | 7,72   | 500                   | 856,0                 | 0,1                                    | 0,2                                    | 10                        | 7,6                  | 20,7                      | 20,9          |
| 2                    | 0,198     | 7,75   | 380                   | 800,0                 | 0,3                                    | 0,88                                   | 0,12                      | 4,8                  | 21,6                      | 24,8          |
| 3                    | 0,072     | 7,78   | 250                   | 664,0                 | 0,3                                    | 0,64                                   | 0,08                      | 8,0                  | 19,8                      | 20,9          |
| 4.1                  | 0,1644    | 7,50   | 40                    | 100,0                 | 7,8                                    | 0,53                                   | 0,60                      | 8,1                  | 14,4                      | 16,6          |
| 4.2                  | 0,3144    | 7,50   | 18                    | 134,0                 | 9,0                                    | 0,56                                   | 0,77                      | 12,1                 | 20,5                      | 21,6          |
| 4.3                  | 0,0432    | 7,54   | 42                    | 91,0                  | 5,4                                    | 0,60                                   | 0,24                      | 8,0                  | 23,2                      | 24,6          |
| 5.1                  | 0,024     | 7,57   | -                     | 109,0                 | 3,7                                    | 0,62                                   | 2,80                      | 4,5                  | 24,3                      | 24,9          |
| 5.2                  | 0,0516    | 7,53   | 32                    | 98,0                  | 4,9                                    | 0,65                                   | 2,74                      | 5,8                  | 18,2                      | 19,0          |
| 5.3                  | 0,0388    | 7,72   | -                     | 71,0                  | 5,2                                    | 0,63                                   | 2,68                      | 6,4                  | 24,2                      | 24,8          |
| 6.1                  | 0,06      | 7,04   | 10                    | 20,0                  | 22                                     | 0,59                                   | 1,30                      | 2,8                  | 23,1                      | 4,5           |
| 6.2                  | 0,0768    | 7,01   | 8                     | 52,0                  | 11,9                                   | 0,62                                   | 0,62                      | 2,4                  | 19,8                      | 4,2           |
| 6.3                  | 0,1544    | 7,03   | 4                     | 47,0                  | 11,4                                   | 0,58                                   | 0,45                      | 2,2                  | 17,2                      | 4,5           |
| 7                    | 0,2016    | 7,03   | 4                     | 24,0                  | 24,0                                   | 0,64                                   | 0,55                      | 3,4                  | 23,2                      | 3,8           |
| 8.1                  | 0,16      | 7,09   | 20                    | 68,0                  | 10,7                                   | 0,66                                   | 0,64                      | 2,4                  | 24,0                      | 4,4           |
| 8.2                  | 0,0808    | 7,05   | 2                     | 67,0                  | 13,7                                   | 0,70                                   | 0,35                      | 1,9                  | 22,1                      | 3,2           |
| 9                    | 0,032     | 7,09   | 2                     | 49,0                  | 17,0                                   | 0,72                                   | 0,61                      | 1,1                  | 20,6                      | 3,5           |
| 10                   | 0,1132    | 7,28   | 30                    | 79,0                  | 6,6                                    | 0,59                                   | 0,002                     | 6,2                  | 23,4                      | 24,2          |
| 12                   | 0,1932    | 7,29   | 15                    | 117,0                 | 11,6                                   | 0,51                                   | 0,39                      | 8,8                  | 20,1                      | 25,2          |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1.4. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków  
w oczyszczalni ścieków w Mońkach - seria IV

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                           |                      |                           |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjedahla | Fosforany                 | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P-PO <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 2,9292    | 6,52   | 300                   | 418                   | 3,3                       | 0,028                     | 7,56                      | 49                   | 2,9                       | 3,1           |
| 2                    | 0,386     | 7,12   | 250                   | 406                   | 2,7                       | 0,220                     | 5,36                      | 24,6                 | 4,5                       | 5,5           |
| 3                    | 1,4696    | 6,26   | 804                   | 1200                  | 4,1                       | 0,210                     | 4,47                      | -                    | 13,9                      | 15,5          |
| 4.1                  | 0,0232    | 7,26   | 107                   | 130                   | 1,9                       | 0,282                     | 5,01                      | -                    | 4,4                       | 7,8           |
| 4.2                  | 0,0416    | 7,41   | 120                   | 121                   | 1,7                       | 0,251                     | 6,54                      | -                    | 4,1                       | 9,3           |
| 4.3                  | 0,0228    | 7,42   | 137                   | 160                   | 2,0                       | 0,213                     | 0,74                      | -                    | 5,9                       | 20,2          |
| 5.1                  | 0,0112    | 7,37   | 10                    | 94                    | 4,0                       | 0,339                     | 1,64                      | -                    | 0,9                       | 4,8           |
| 5.2                  | 0,0016    | 7,32   | 10                    | 75                    | 3,6                       | 0,320                     | 1,77                      | -                    | 0,7                       | 2,7           |
| 5.3                  | 0,004     | 6,62   | 210                   | 210                   | 5,6                       | 0,359                     | 1,36                      | -                    | 0,4                       | 6,7           |
| 6.1                  | 0,004     | 7,22   | 30                    | 104                   | 4,5                       | 0,272                     | 1,96                      | 1,91                 | 0,6                       | 3,4           |
| 6.2                  | 0,0192    | 7,10   | 60                    | 95                    | 3,4                       | 0,199                     | 1,80                      | 1,86                 | 0,7                       | 2,9           |
| 6.3                  | 0,0048    | 7,33   | 20                    | 84                    | 4,6                       | 0,250                     | 1,90                      | 1,91                 | 0,4                       | 1,9           |
| 7                    | 0,0052    | 7,41   | 20                    | 86                    | 3,8                       | 0,275                     | 2,02                      | 2,04                 | 0,6                       | 3,1           |
| 8.1                  | 0,0116    | 7,41   | 14                    | 33,8                  | 4                         | 0,206                     | 0,24                      | 2,35                 | 0,7                       | 3,6           |
| 8.2                  | 0,0044    | 7,36   | 4                     | 24,4                  | 3,9                       | 0,285                     | 0,28                      | 1,98                 | 0,6                       | 3,5           |
| 10                   | 0,0076    | 7,33   | 100                   | 760                   | 0,6                       | 0,485                     | 1,51                      | 170                  | 13,8                      | 30,2          |

Źródło: opracowanie własne.

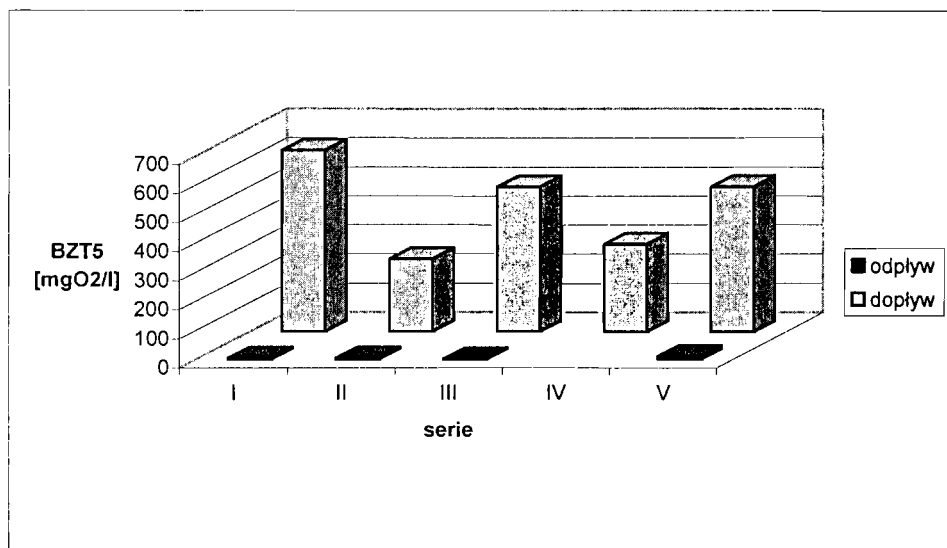
Tabela 1.5. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków  
w oczyszczalni ścieków w Mońkach - seria V

| Miejsce poboru próby | Parametry |                       |                       |                           |                           |                          |                       |               |
|----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
|                      | Odczyn    | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy             | Azot ogólny Kjejdahla | Fosfor ogólny |
|                      | pH        | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P]      |
| 1                    | 6,92      | 500                   | 1834                  | 2,41                      | 0,112                     | 39,5                     | 138                   | 12,2          |
| 2                    | 6,87      | 250                   | 1546                  | 1,24                      | 0,097                     | 11,8                     | 108                   | 12,2          |
| 3                    | 6,84      | 300                   | 1492                  | 2,14                      | 0,081                     | 10,1                     | 144                   | 13,2          |
| 4.1                  | 7,10      | 100                   | 102                   | 1,38                      | 0,065                     | 6                        | 1                     | 19,32         |
| 4.2                  | 7,06      | 40                    | 148                   | 1,22                      | 0,067                     | 4,6                      | 1,8                   | 20,2          |
| 4.3                  | 7,08      | 25                    | 56                    | 0,51                      | 0,060                     | 9,8                      | 3,3                   | 20,13         |
| 5.1                  | 6,91      | 40                    | 64                    | 0,76                      | 0,053                     | 18,4                     | 1                     | 15,48         |
| 5.2                  | 6,97      | 40                    | 57                    | 1,34                      | 0,209                     | 17,3                     | 1,3                   | 11,88         |
| 5.3                  | 6,85      | 50                    | 71                    | 0,89                      | 0,163                     | 14                       | 2,1                   | 12,96         |
| 6.1                  | 6,64      | -                     | 105                   | 3,56                      | 0,094                     | 3,4                      | 2,7                   | 7,82          |
| 6.2                  | 6,74      | -                     | 82                    | 3,74                      | 0,139                     | 2,9                      | 1,8                   | 5,34          |
| 6.3                  | 6,78      | -                     | 98                    | 3,97                      | 0,064                     | 4,7                      | 2,3                   | 4,62          |
| 7                    | 6,78      | -                     | 77                    | 5,56                      | 0,072                     | 3,8                      | 2,1                   | 5,2           |
| 8.1                  | 6,91      | -                     | 35,7                  | 3,16                      | 0,115                     | 7,1                      | 5,5                   | 6,88          |
| 8.2                  | 6,90      | -                     | 34                    | 8,56                      | 0,098                     | 4,3                      | 21,7                  | 7,4           |
| 9                    | 6,90      | 12                    | 45,1                  | 5,69                      | 0,099                     | 3,5                      | 10                    | 7,24          |
| 10                   | 6,94      | 50                    | 1492                  | 1,57                      | 0,315                     | 4,4                      | 150                   | 25,6          |
| 11                   | 6,44      | 600                   | 1516                  | 2,03                      | 0,082                     | 92                       | 240                   | 26,4          |

Źródło: opracowanie własne.

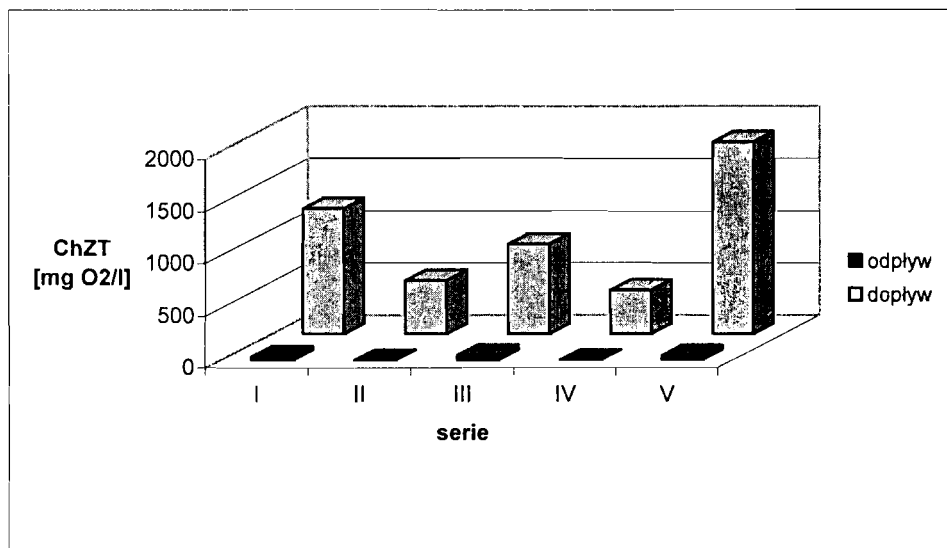


Wykres 1.1. Stężenie BZT<sub>5</sub> na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Mońkach



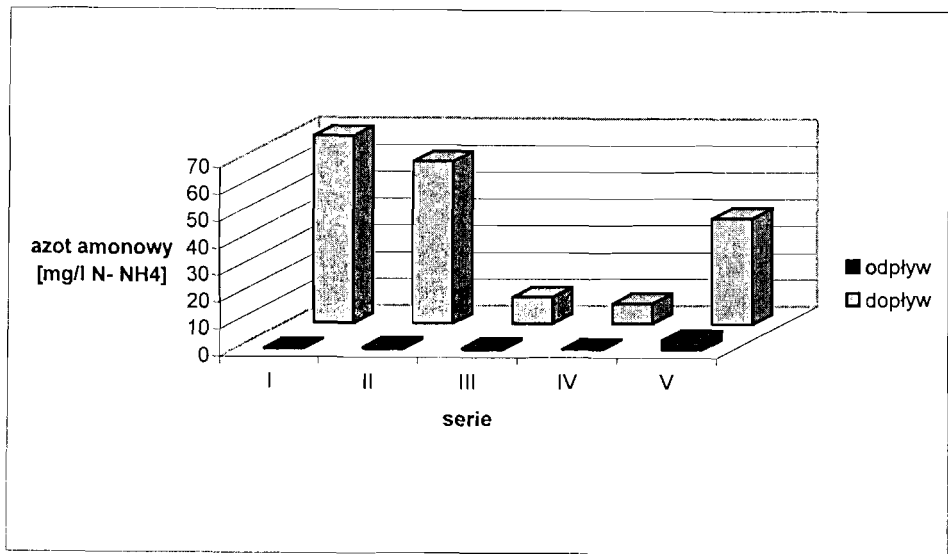
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 1.2. Stężenie ChZT na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Mońkach



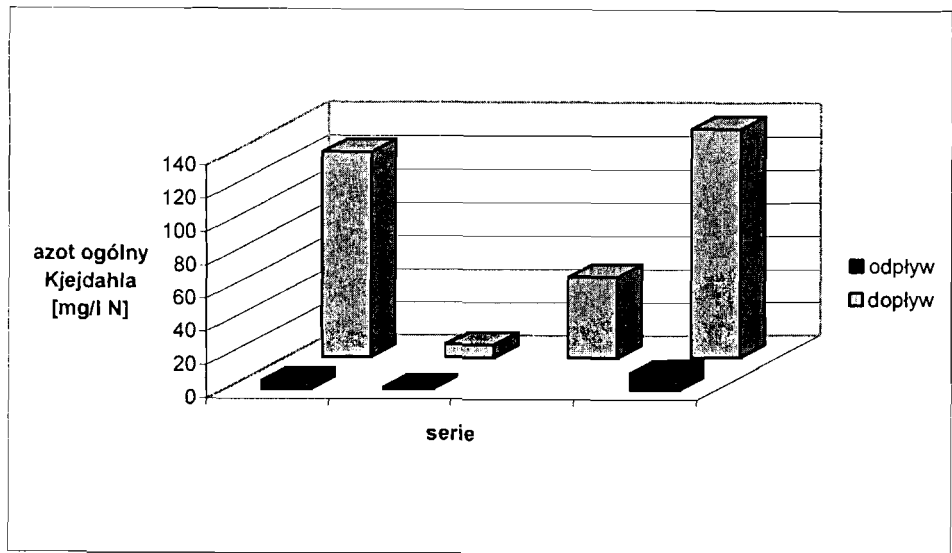
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 1.3. Stężenie azotu amonowego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Mońkach



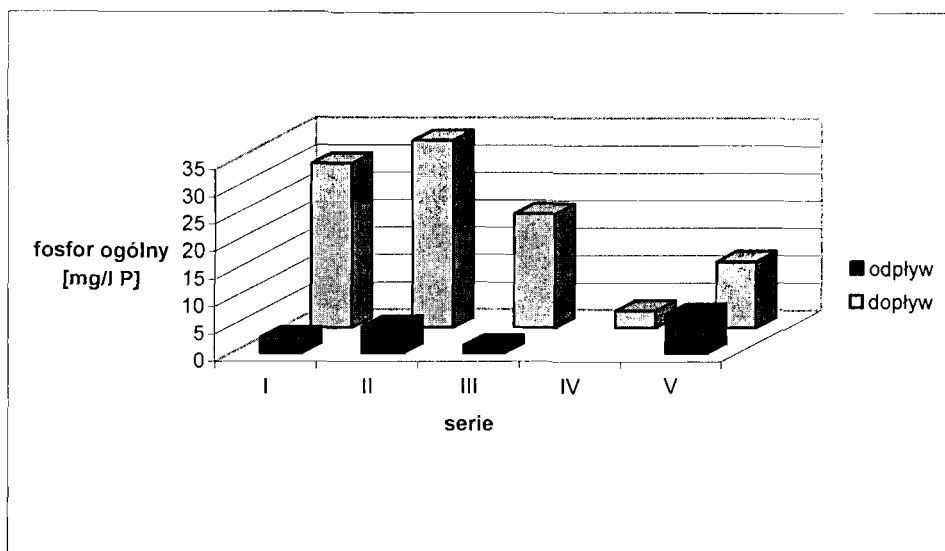
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 1.4. Stężenie azotu ogólnego Kjedahla na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Mońkach



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 1.5. Stężenie fosforu ogólnego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Mońkach



Źródło: opracowanie własne.

## 2. HAJNÓWKA

Tabela 2.1. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Hajnówce - seria I

| Miejsce poboru próby | Parametry |                       |                       |                           |                           |                           |                      |               |
|----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------|
|                      | Odczyn    | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjedahla | Fosfor ogólny |
|                      | pH        | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P]      |
| 1                    | 7,37      | 900                   | 1033                  | 2,7                       | 0,58                      | 22,5                      | 39                   | 17            |
| 3                    | 7,28      | 800                   | 907                   | 3,3                       | 0,38                      | 16,9                      | 45                   | 14,2          |
| 4                    | 7,24      | 550                   | 715                   | 1,0                       | 0,016                     | 22,5                      | 45                   | 14,1          |
| 5.1                  | 7,08      | 28                    | 42                    | 0,3                       | 0,037                     | 11                        | 19                   | 0,36          |
| 5.2                  | 7,2       | 31                    | 40                    | 0,3                       | 0,028                     | 8,8                       | 13,9                 | 0,24          |
| 5.3                  | 7,5       | 30                    | 47                    | 0,4                       | 0,044                     | 12,5                      | 18,9                 | 0,23          |
| 6                    | 7,43      | 14                    | 37                    | 3,5                       | 0,011                     | 3,45                      | 10                   | 0,23          |
| 7                    | 5,17      | 1750                  | 1944                  | 13,2                      | 3,35                      | 13                        | 75                   | 1,35          |
| 8                    | 6,85      | 400                   | 608                   | 0,3                       | 0,114                     | 12,5                      | 55                   | 1,14          |
| 9                    | 6,92      | 40                    | 120                   | 0,4                       | 0,033                     | 21,5                      | 38                   | 1,37          |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2.2. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków  
w oczyszczalni ścieków w Hajnówce - seria II

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                           |                      |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjedahla | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P]      |
| 1                    | 633,2     | 6,92   | 702                   | 1200                  | 12,6                      | 0,006                     | 75                        | 110                  | 21            |
| 2                    | 151,2     | 7,15   | 100                   | 428                   | 2,50                      | 0,106                     | 70                        | -                    | 10            |
| 3                    | 344,8     | 7,28   | 1150                  | 502                   | 10,3                      | 0,005                     | 42                        | 46                   | 15            |
| 4                    | 272,4     | 7,20   | 456                   | 800                   | 9                         | 0,005                     | 30                        | 42                   | 15            |
| 5.1                  | 515,2     | 6,92   | 14                    | 44                    | 2                         | 0,037                     | 4,8                       | 7,5                  | 3,8           |
| 5.2                  | 71,6      | 7,11   | 10                    | 40                    | 2,2                       | 0,09                      | 5,6                       | 14,1                 | 3,1           |
| 5.4                  | 120,4     | 7,14   | 10                    | 36                    | 2,4                       | 0,003                     | 6                         | 10                   | 3             |
| 6                    | 78,8      | 7,51   | 15                    | 25                    | 2,9                       | 0,001                     | 2,1                       | 7,3                  | 3,2           |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2.3. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków  
w oczyszczalni ścieków w Hajnówce - seria III

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                           |                      |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjedahla | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P]      |
| 1                    | 474       | 7,32   | 700                   | 1138                  | 0,9                       | 0,3                       | 38                        | 150                  | 8,3           |
| 2                    | 312,8     | 7,32   | 450                   | 1472                  | 1                         | 0,17                      | 0,7                       | 168                  | 8,7           |
| 3                    | 531,2     | 6,82   | 410                   | 774                   | 1,8                       | 0,4                       | 3,87                      | 133                  | 15,8          |
| 4                    | 189,2     | 7,31   | 350                   | 970                   | 0,6                       | 0,15                      | 3,72                      | 157                  | 11,1          |
| 5.1                  | 134,8     | 7,31   | 36                    | 56                    | 2,9                       | 1,25                      | 1,6                       | 8                    | 1             |
| 5.2                  | 176,4     | 7,3    | 35                    | 48                    | 4,4                       | 1,3                       | 3,26                      | 20                   | 0,7           |
| 5.4                  | 190,4     | 7,3    | 35                    | 36                    | 5,1                       | 2,51                      | 5,12                      | 6,5                  | 1,2           |
| 6                    | 145,6     | 7,32   | 40                    | 50                    | 3,4                       | 0,09                      | 4,1                       | 7                    | 1             |
| 7                    | 162,4     | 7,31   | 80                    | 1300                  | 2,7                       | 1,26                      | 5,88                      | 269                  | 1,5           |

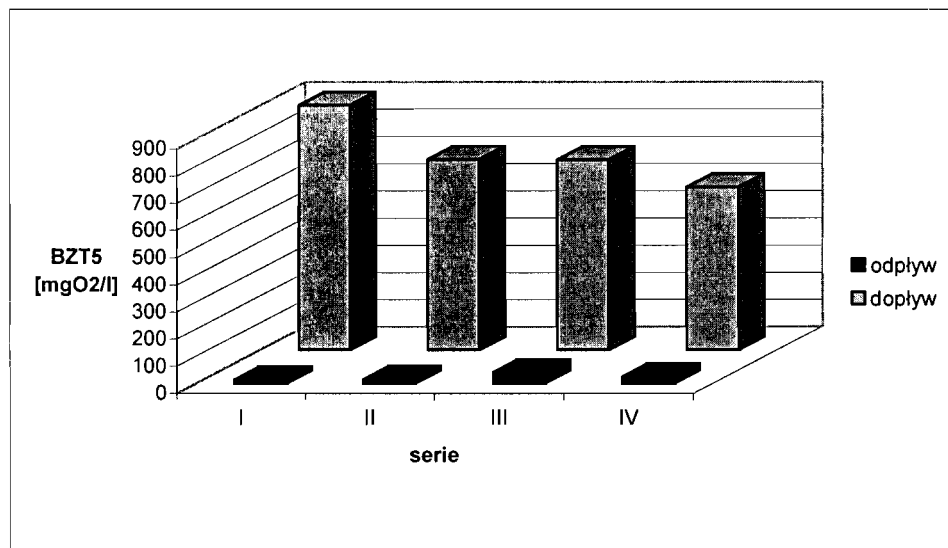
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2.4. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Hajnówce - seria IV

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                           |                        |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjelดาห์la | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]               | [mg/l P]      |
| 1                    | 403,5     | 6,64   | 600                   | 1520                  | 1,1                       | 0,208                     | 28,8                      | 98                     | 11,2          |
| 2                    | 163,5     | 6,95   | 340                   | 695                   | 0,7                       | 0,114                     | 54,1                      | 124                    | 10,9          |
| 3                    | 206,5     | 6,75   | 450                   | 830                   | 0,5                       | 0,158                     | 38,9                      | 110                    | 10            |
| 5.1                  | 150,5     | 6,52   | 40                    | 128                   | 37                        | 0,824                     | 2,40                      | 11,2                   | 1,4           |
| 5.2                  | 26,5      | 6,53   | 60                    | 96                    | 25,4                      | 0,592                     | 2,50                      | 8,9                    | 1,2           |
| 5.4                  | 39        | 6,68   | 10                    | 132                   | 27,9                      | 0,314                     | 0,10                      | 11,3                   | 1,2           |
| 6                    | 27,5      | 6,51   | 25                    | 126                   | 1,4                       | 0,084                     | 2,7                       | 8                      | 1,15          |
| 7                    | 1124,5    | 6,52   | 105                   | 202                   | 11                        | 0,224                     | 14,6                      | 72                     | 10,2          |
| 8                    | 58        | 6,69   | 0,0                   | 304                   | 17,8                      | 0,249                     | 2,20                      | 8,7                    | 15,1          |

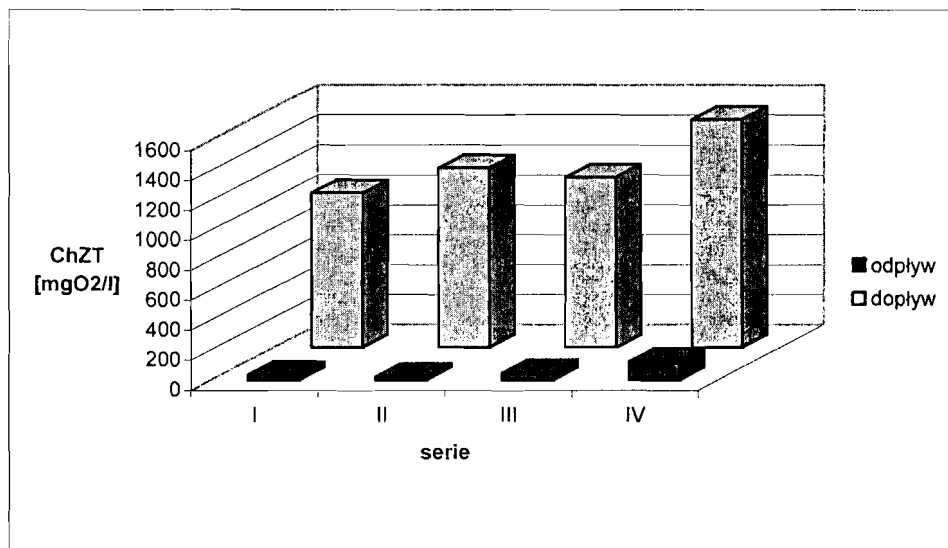
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 2.1. Stężenie BZT<sub>5</sub> na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Hajnówce



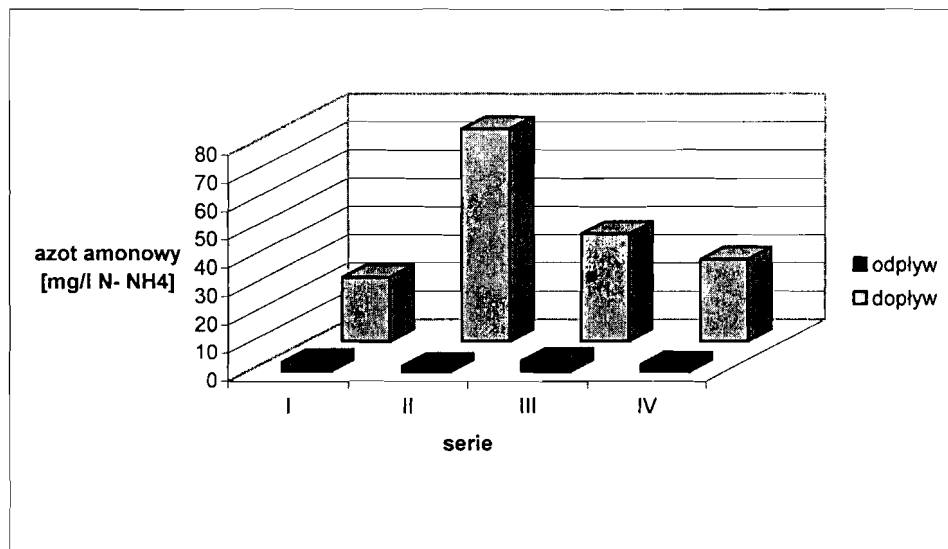
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 2.2. Stężenie ChZT na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Hajnówce



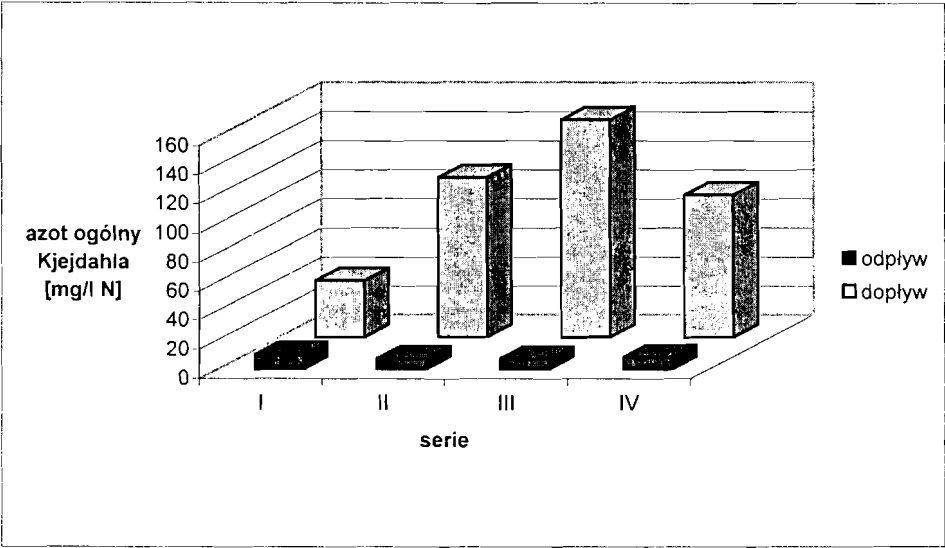
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 2.3. Stężenie azotu amonowego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Hajnówce



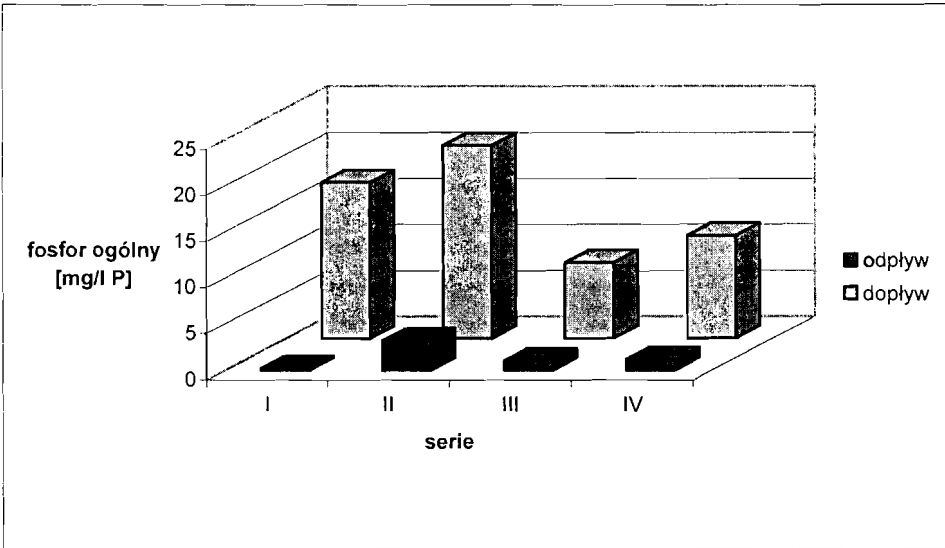
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 2.4. Stężenie azotu ogólnego Kjejdahla na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Hajnówce



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 2.5. Stężenie fosforu ogólnego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Hajnówce



Źródło: opracowanie własne.



### 3. SUWAŁKI

Tabela 3.1. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków oczyszczalni ścieków w Suwałkach - seria I

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                          |                          |                      |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                  | Azot amonowy             | Azot ogólny Kjedahla | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-N <sup>o</sup> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P]      |
| 1                    | 231,6     | 7,13   | 1250                  | 2189                  | 4,5                       | 2,1                      | 58                       | 244                  | 17,4          |
| 2                    | 1228,4    | 6,2    | 1500                  | 3191                  | 6,5                       | 1,4                      | 56,8                     | 180                  | 56            |
| 3                    | 122,8     | 6,81   | 1200                  | 2081                  | 8                         | 1,7                      | 42,4                     | 221                  | 20            |
| 4                    | 157,2     | 6,6    | 1300                  | 2192                  | 2,4                       | 1,5                      | 80,8                     | 150                  | 25,6          |
| 5                    | 4,8       | 6,52   | 950                   | 1838                  | 2,2                       | 1,6                      | 42,4                     | 204                  | 27            |
| 6                    | 104,3     | 6,79   | -                     | -                     | 3,4                       | 5                        | 20,3                     | 302                  | -             |
| 7                    | -         | 7,41   | 5                     | 112                   | 24                        | 2                        | 2,45                     | 44                   | 2,5           |
| 8                    | -         | 7,25   | 16                    | 90                    | 26                        | 3                        | 1,65                     | 36                   | 3,2           |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3.2. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Suwałkach - seria II

| Miejsce poboru próby | Parametry |                       |                           |                          |               |
|----------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|
|                      | Odczyn    | ChZT                  | Azotyny                   | Azot amonowy             | Fosfor ogólny |
|                      | pH        | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 7,04      | 1459                  | 0,016                     | 80,5                     | 19            |
| 2                    | 5,32      | 3890                  | 0                         | 82,5                     | 21,2          |
| 3                    | 5,4       | 4626                  | 0,005                     | 79                       | 40,8          |
| 4                    | 5,51      | 3502                  | 0                         | 92                       | 34            |
| 5                    | 6,51      | 1706                  | 0,007                     | 69,5                     | 13,8          |
| 6                    | 7,37      | 163                   | 0                         | 39                       | 13,6          |
| 7                    | 7,57      | 30                    | 0,004                     | 2,55                     | 3,6           |
| 8                    | 7,61      | 44                    | 0,001                     | 1,9                      | 7             |

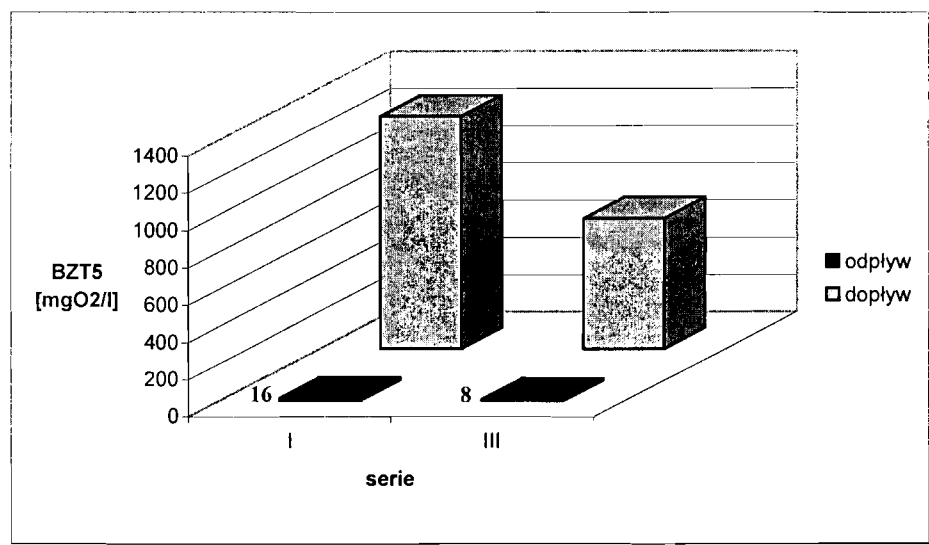
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3.3. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków oczyszczalni ścieków w Suwałkach - seria III

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                           |                       |                           |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjejdahla | Fosforany                 | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P-PO <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 61,2      | 7,3    | 700                   | 1632                  | 0,06                      | 0,188                     | 30                        | 57                    | 15,6                      | 20            |
| 2                    | 394,4     | 7,28   | -                     | 1166                  | 0,42                      | 0,121                     | 28,8                      | 110                   | 4,5                       | 17,9          |
| 3                    | 398,4     | 6,76   | 1600                  | 1802                  | 0,05                      | 0,137                     | 26,1                      | 145                   | 22,4                      | 23,2          |
| 4                    | 197,6     | 6,57   | 300                   | 1816                  | 0,06                      | 0,129                     | 25                        | 137                   | 13                        | 16,1          |
| 5                    | 322       | 6,71   | 900                   | 1738                  | 0,48                      | 0,125                     | 23                        | 143                   | 31,2                      | 37,4          |
| 6                    | 13,2      | 7,28   | 50                    | 270                   | 3,7                       | 0,075                     | 13                        | 9,5                   | 48                        | 54            |
| 7                    | -         | 7,29   | 10                    | 138                   | 0,75                      | 0,048                     | 9,2                       | 5,2                   | 0,66                      | 1,2           |
| 8                    | 23,6      | 7,3    | 8                     | 142                   | 3,2                       | 0,067                     | 5                         | 6,1                   | 0,4                       | 0,43          |
| Od1                  | 164,8     | 6,85   | -                     | 986                   | 3,77                      | 0,091                     | -                         | 116                   | 42,2                      | 46            |
| Od2                  | 4282,8    | 5,7    | -                     | 6252                  | 0,62                      | 0,5                       | -                         | 45                    | -                         | 68            |
| Od3                  | 121,6     | 7,1    | 50                    | 122                   | 5,6                       | 0,077                     | -                         | 26                    | 0,28                      | 21,8          |
| Od4                  | 104,4     | 7,27   | 50                    | 1332                  | 1,2                       | 0,298                     | -                         | 67                    | -                         | 52,4          |
| Od5                  | 285,6     | 7,08   | 750                   | 1024                  | 0,91                      | 0,133                     | -                         | 56                    | 18,4                      | 23,2          |

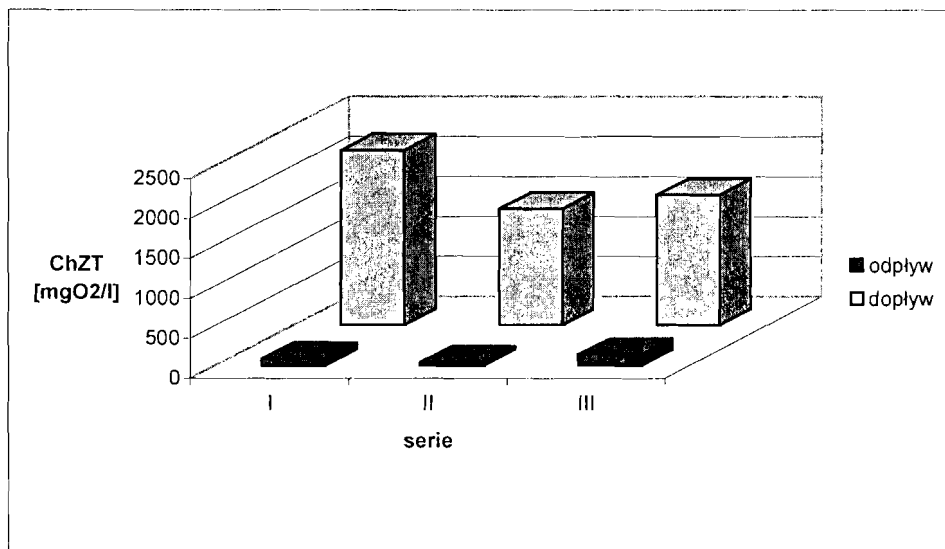
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 3.1. Stężenie BZT<sub>5</sub> na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Suwałkach



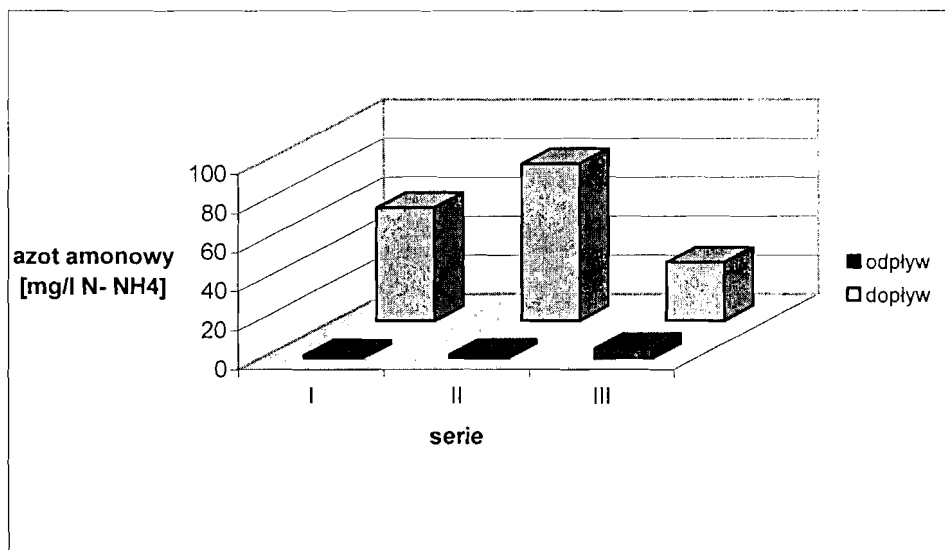
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 3.2. Stężenie ChZT na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Suwałkach



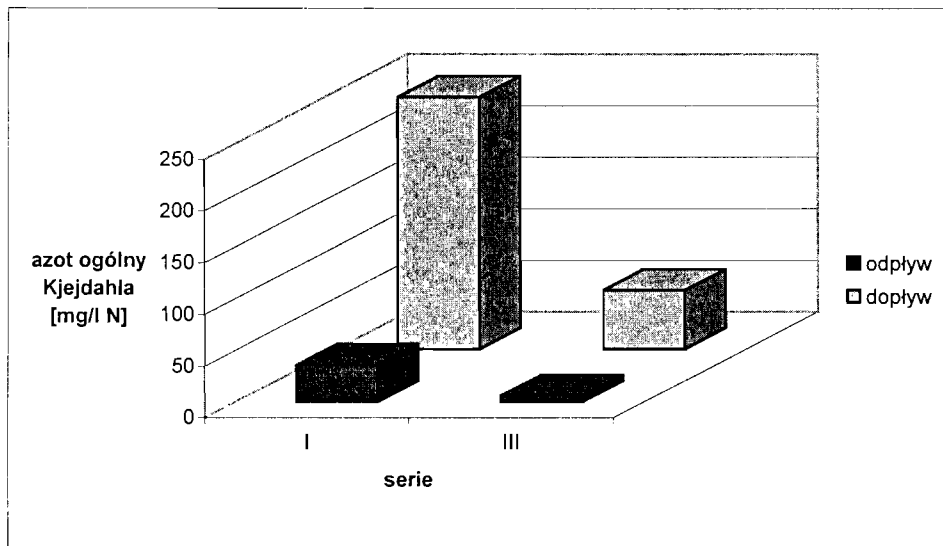
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 3.3. Stężenie azotu amonowego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Suwałkach



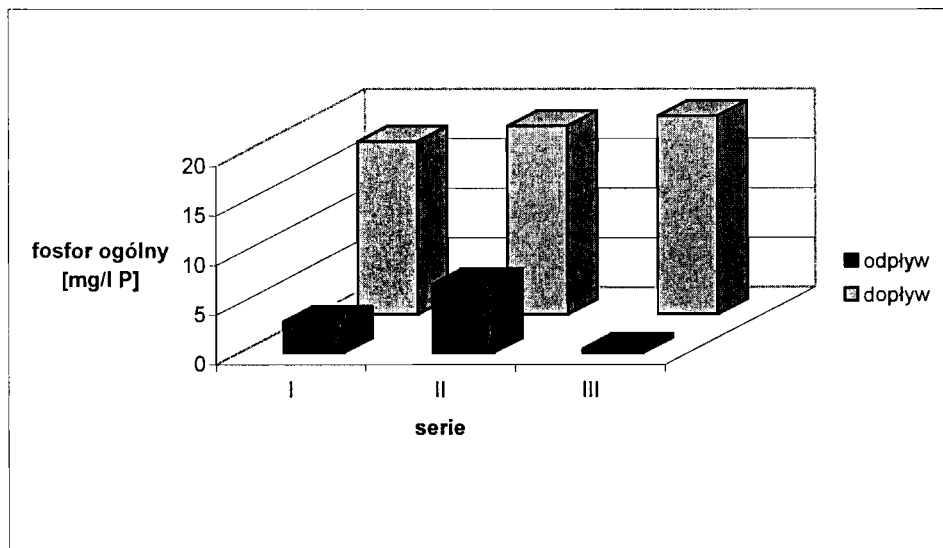
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 3.4. Stężenie azotu ogólnego Kjejdahla na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Suwałkach



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 3.5. Stężenie fosforu ogólnego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Suwałkach



Źródło: opracowanie własne.

## 4. AUGUSTÓW

Tabela 4.1. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie - seria I

| Miejsce poboru próby | Parametry |                       |                           |                           |                           |                       |                           |               |
|----------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|
|                      | Odczyn    | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjejdahla | Fosforany                 | Fosfor ogólny |
|                      | pH        | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P-PO <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 8,2       | 676                   | 2,3                       | 0,009                     | 83                        | 52                    | 34,98                     | 10,6          |
| 2                    | 7,92      | 594                   | 2,1                       | 0,011                     | 56                        | 40                    | 32,34                     | 9,8           |
| 3                    | 7,66      | 522                   | 1,8                       | 0,018                     | 35,2                      | 54                    | 24,42                     | 7,4           |
| 4                    | 7,59      | 118                   | 1,3                       | 0,032                     | 8,65                      | 10                    | 19,47                     | 5,9           |
| 5                    | 7,55      | 128                   | 4,1                       | 0,077                     | 0,05                      | 7                     | 250,8                     | 76            |
| 6                    | 7,60      | 17                    | 4,1                       | 0,014                     | 0,00                      | 4                     | 13,2                      | 4             |
| O1                   | 7,27      | 478                   | 0,9                       | 0,109                     | 0,5                       | 19                    | 75,24                     | 22,8          |
| O2                   | 7,52      | 530                   | 2,7                       | 0,005                     | 35                        | 48                    | 25,74                     | 7,8           |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.2. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie - seria II

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                           |                       |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjejdahla | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P]      |
| 1                    | 88        | 7,61   | 400                   | 858                   | 85                        | 9                         | 71,5                      | 181                   | 11,4          |
| 2                    | 74,4      | 7,56   | 300                   | 907                   | 110                       | 6                         | 49,8                      | 124                   | 11,8          |
| 3                    | 86        | 7,5    | 350                   | 731                   | 20                        | 6                         | 23,2                      | 150                   | 12            |
| 4                    | -         | 7,43   | 50                    | 140                   | 26                        | 2                         | 9,05                      | 150                   | 7,2           |
| 5                    | 45,2      | 7,38   | 50                    | 76                    | 36                        | 0                         | 1,95                      | 21,8                  | 2             |
| 6                    | 38        | 7,13   | 12                    | 68                    | 28                        | 2                         | 0,2                       | 17,4                  | 1,4           |
| O1                   | 53,2      | 7,14   | 60                    | 210                   | 36                        | 0                         | 1                         | 37                    | 23,6          |
| O4                   | 24,8      | 7,5    | 100                   | 1155                  | 75                        | 7                         | 29,5                      | 89                    | 10            |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.3. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie - seria III

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                           |                          |                       |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | ChZT                  | Azotyny                   | Azot amonowy             | Azot ogólny Kjejdahla | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P]      |
| 1                    | 1375      | 6,36   | 1049                  | 0,007                     | 52                       | 90                    | 29,4          |
| 2                    | 893,5     | 6,41   | 941                   | 0,012                     | 76                       | -                     | 32,4          |
| 3                    | -         | 6,63   | 753                   | 0,012                     | 83,2                     | -                     | 92,8          |
| 4                    | 532,5     | 7,34   | 41                    | 0,001                     | 12,4                     | -                     | 74,4          |
| 5                    | 209       | 7,40   | 17                    | 0,001                     | 2,35                     | -                     | 5,7           |
| 6                    | -         | 7,49   | 22                    | 0,002                     | 2,15                     | 8                     | 3,3           |
| O2                   | 0577,5    | 7,61   | 533                   | 0,000                     | 36,5                     | -                     | 20,6          |
| O3                   | 406       | 7,75   | 694                   | 0,002                     | 41                       | -                     | 19,4          |
| O4                   | 588       | 7,10   | 877                   | 0,01                      | 41,5                     | -                     | 13,8          |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.4. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie - seria IV

| Miejsce poboru próby | Parametry |                       |                       |                           |                           |                          |                       |                           |               |
|----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|
|                      | Odczyn    | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy             | Azot ogólny Kjejdahla | Fosforany                 | Fosfor ogólny |
|                      | pH        | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P-PO <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 7,29      | 200                   | 1066                  | 0,15                      | 0,079                     | 36                       | 55                    | 13,8                      | 19,8          |
| 2                    | 7,30      | 150                   | 1284                  | 1,6                       | 0,072                     | 28                       | 54                    | 11,1                      | 23,5          |
| 3                    | 7,30      | 294                   | 550                   | 0,22                      | 0,068                     | 16                       | 21                    | 11,7                      | 22,5          |
| 4                    | 7,29      | 8                     | 66                    | 0,9                       | 0,373                     | -                        | 2,5                   | 2,1                       | 3             |
| 5                    | 7,28      | 2                     | 90                    | 4,4                       | 0,058                     | -                        | 4,9                   | 0,5                       | 1,27          |
| 6                    | 7,23      | 16                    | 26                    | 2,66                      | 0,127                     | 0,72                     | 2,1                   | 0,62                      | 0,9           |
| O1                   | 7,24      | -                     | 556                   | 0,18                      | 0,106                     | 2,62                     | 42                    | 24,7                      | 26            |
| O2                   | 7,34      | -                     | 472                   | 0,38                      | 0,147                     | 3,04                     | 58                    | 22,8                      | 23,6          |
| O3                   | 7,31      | -                     | 732                   | 0,82                      | 0,147                     | 3,18                     | 81                    | 14,5                      | 20,1          |
| O4                   | 7,35      | -                     | 1294                  | 1,9                       | 0,232                     | 18,4                     | 55                    | 8,3                       | 5,4           |

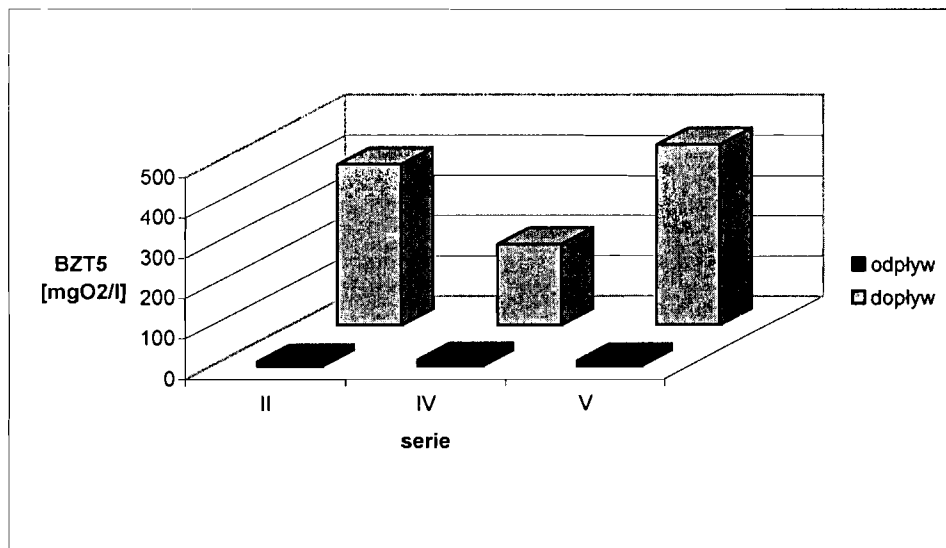
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.5. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie - seria V

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                           |                       |                           |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy              | Azot ogólny Kjeldahla | Fosforany                 |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P-PO <sub>4</sub> ] |
| 1                    | 199,2     | 7,47   | 450                   | 754                   | 1,8                       | 0,011                     | 60,0                      | 105                   | 15                        |
| 2                    | 225,2     | 7,28   | -                     | 942                   | 2,0                       | 0,00                      | 36,0                      | 87                    | ≈25                       |
| 3                    | 296,8     | 7,09   | 400                   | 778                   | 2,1                       | 1,014                     | 16,0                      | 92                    | 24,5                      |
| 4                    | 5,6       | 7,32   | -                     | 724                   | 1,0                       | 0,00                      | -                         | 7,2                   | 20,7                      |
| 5                    | 31,6      | 7,28   | 22                    | 100                   | 1,4                       | 0,00                      | 0,17                      | ≈0,5                  | -                         |
| 6                    | 53,2      | 7,52   | 14                    | 85                    | 2,6                       | 0,003                     | 0,10                      | 4,9                   | 0,8                       |
| O1                   | 40        | 7,22   | -                     | 21                    | 0,9                       | 0,002                     | -                         | 3,0                   | 8,6                       |
| O2                   | 147,2     | 7,74   | -                     | 278                   | 1,9                       | 0,003                     | -                         | 21,5                  | 23,2                      |
| O3                   | 222,4     | 7,80   | -                     | 324                   | 1,4                       | 0,002                     | -                         | 153                   | 19,5                      |
| O4                   | 163,6     | 6,90   | -                     | 814                   | 1,7                       | 0,01                      | -                         | 91                    | 13,2                      |
| OS3                  | 2758,8    | 7,12   | -                     | 238                   | 1,8                       | 0,001                     | -                         | 32                    | 9,8                       |

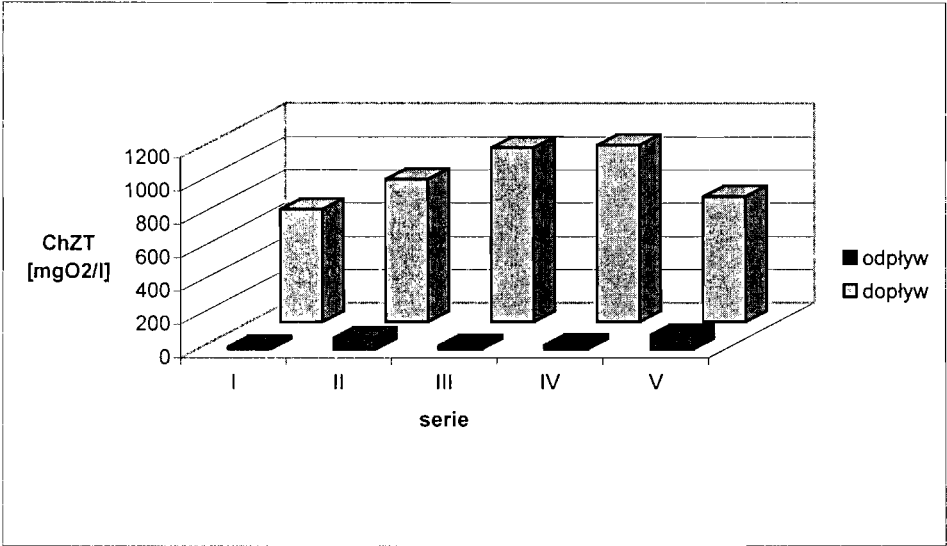
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 4.1. Stężenie BZT<sub>5</sub> na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie



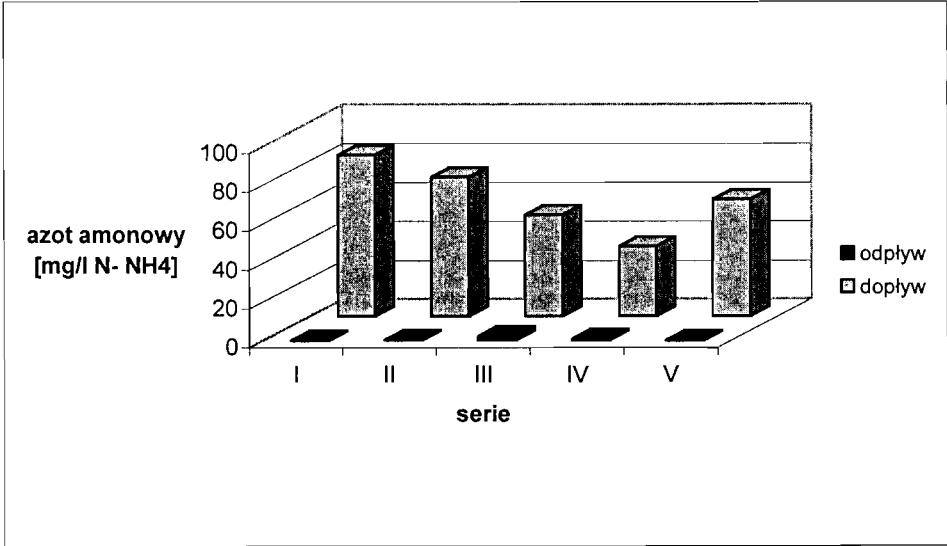
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 4.2. Stężenie ChZT na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie



Źródło: opracowanie własne.

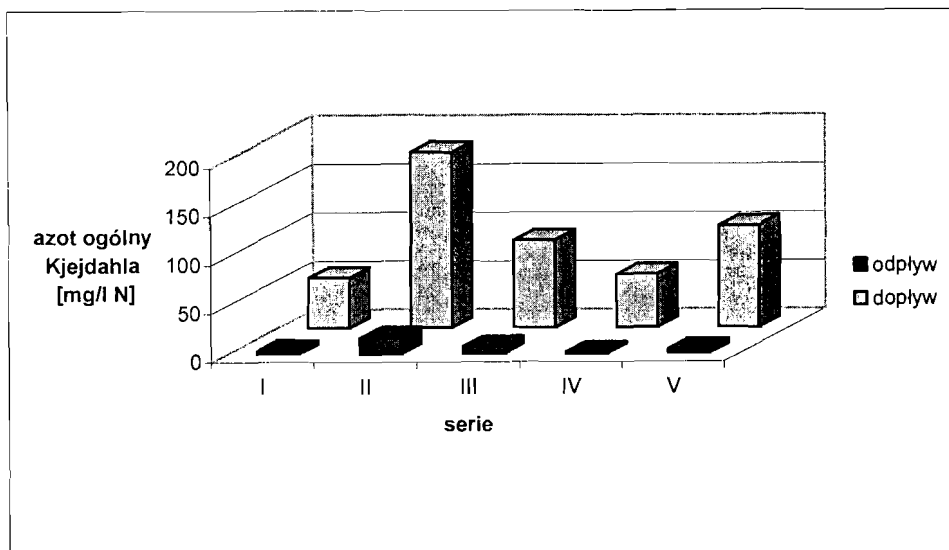
Wykres 4.3. Stężenie azotu amonowego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie



Źródło: opracowanie własne.

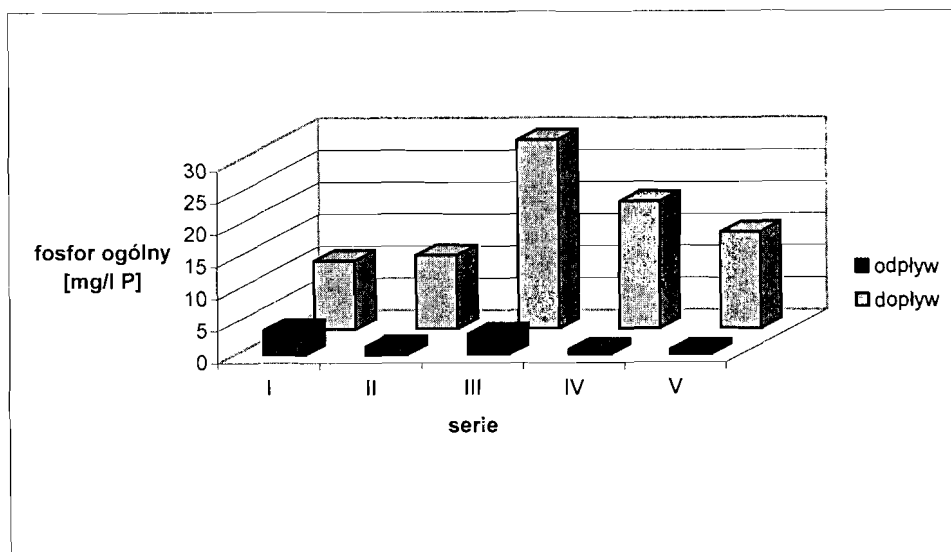


Wykres 4.4. Stężenie azotu ogólnego Kjejdahla na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 4.5. Stężenie fosforu ogólnego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Augustowie



Źródło: opracowanie własne.

# 5. WYSOKIE MAZOWIECKIE

Tabela 5.1. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem - seria I

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                          |                      |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy             | Azot ogólny Kjedahla | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P]      |
| 1                    | 487,5     | 12,39  | 1600                  | 3053                  | 79,5                      | 0,027                     | 36                       | 135                  | 5,1           |
| 1'                   | 463,1     | 7,66   | 330                   | 3835                  | 39                        | 0,179                     | 50                       | 86,2                 | 0,9           |
| 2                    | 28        | 11,03  | 160                   | 364                   | 2,8                       | 0,018                     | 5,05                     | 49                   | 4,5           |
| 3                    | 3         | 8,5    | 89                    | 159                   | 1                         | 0,012                     | 3,5                      | 6,3                  | 4,2           |
| 3                    | 3         | 8,5    | 89                    | 159                   | 1                         | 0,012                     | 3,5                      | 6,3                  | 4,2           |
| 4                    | 78        | 8,12   | 60                    | 143                   | 1,4                       | 0,016                     | 3                        | 11,1                 | 7,1           |
| 5                    | 60        | 7,89   | 50                    | 85                    | 1,9                       | 0,003                     | 24,5                     | 43,2                 | 6             |
| 7                    | 70        | 8,02   | 7,0                   | 27                    | 1,4                       | 0,005                     | 1,05                     | 4,5                  | 0,1           |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.2. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem - seria II

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                          |                      |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy             | Azot ogólny Kjedahla | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]             | [mg/l P]      |
| 1                    | 593,5     | 11,59  | 900                   | 2380                  | 2,71                      | 0,01                      | 16,5                     | 71,25                | 13,5          |
| 1'                   | 471       | 11,29  | 1300                  | 2099                  | 18,1                      | 0,026                     | 64                       | 105                  | 11,1          |
| 2                    | 38,5      | 7,52   | 300                   | 468                   | 2,8                       | 0,008                     | 28                       | 84                   | 4,5           |
| 3                    | 7         | 8      | 25                    | 170                   | 1                         | 0,012                     | 15                       | 11,8                 | 14,1          |
| 4                    | 45        | 7,8    | 290                   | 356                   | 2                         | 0,004                     | 16,4                     | 49                   | 4,5           |
| 5                    | 568,5     | 8,28   | 25                    | 124                   | 2,7                       | 0,008                     | 8,1                      | 12,1                 | 4             |
| 6                    | 41,05     | 8,34   | 25                    | 114                   | 1,8                       | 0,004                     | 4                        | 2,4                  | 5             |
| 7                    | 30        | 8,34   | 15                    | 40                    | 1,7                       | 0,005                     | 1,28                     | 4,1                  | 1,4           |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.3. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem - seria III

| Miejsce poboru próby | Parametry |                       |                       |                           |                           |                          |                       |               |
|----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|
|                      | Odczyn    | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy             | Azot ogólny Kjejdahla | Fosfor ogólny |
|                      | pH        | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P]      |
| 1                    | 5,44      | 1200                  | 2315                  | 0,8                       | 0,021                     | 62                       | 83                    | 33,75         |
| 1'                   | 5,42      | 420                   | 2645                  | 0,6                       | 0,011                     | 18                       | 24                    | 33,5          |
| 3                    | 7,51      | 80                    | 236                   | 0,6                       | 0,081                     | 4,16                     | 34                    | 12,75         |
| 4                    | 7,12      | 120                   | 1272                  | 0                         | 0                         | 8                        | 26                    | 16,1          |
| 5                    | 7,64      | 40                    | 306                   | 0,6                       | 0,001                     | 2,24                     | 18                    | 5,4           |
| 6                    | 7,94      | 20                    | 199                   | 0,5                       | 0,029                     | 2,43                     | 7                     | 4,5           |
| 7                    | 7,75      | 12                    | 52                    | 0,6                       | 0,015                     | 1,79                     | 6                     | 1,7           |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.4. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem - seria IV

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                           |                           |                          |                       |                           |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                   | Azotyny                   | Azot amonowy             | Azot ogólny Kjejdahla | Fosforany                 | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> ] | [mg/lN-NH <sub>4</sub> ] | [mg/l N]              | [mg/l P-PO <sub>4</sub> ] | [mg/l P]      |
| 1                    | 550       | 7,05   | 980                   | 1998                  | 2,7                       | 0,48                      | 24                       | 207                   | 16,65                     | 26,7          |
| 1'                   | 127       | 7      | 410                   | 1206                  | 2,9                       | 0,77                      | 5,1                      | 177                   | 17,45                     | 24,3          |
| 2                    | 220       | 8,13   | 720                   | 1090                  | 4                         | 0,15                      | 12                       | 222                   | 12,1                      | 14,46         |
| 3                    | 34        | 8,22   | 80                    | 240                   | 4,2                       | 0,14                      | 3                        | 10,9                  | 3,31                      | 26,5          |
| 4                    | 180       | 8,6    | 210                   | 620                   | 3,4                       | 0,13                      | 8,2                      | 67                    | 14,1                      | 18,2          |
| 5                    | 70        | 7,92   | 70                    | 266                   | 2,6                       | 0,08                      | 2,64                     | 40                    | 3,79                      | 6,05          |
| 6                    | 150       | 7,94   | 20                    | 90                    | 1,9                       | 0,07                      | 1,89                     | 13                    | 1,19                      | 2,05          |
| 7                    | 11        | 8,02   | 12                    | 20                    | 1,7                       | 0,07                      | 1,3                      | 7                     | 1,44                      | 2,8           |

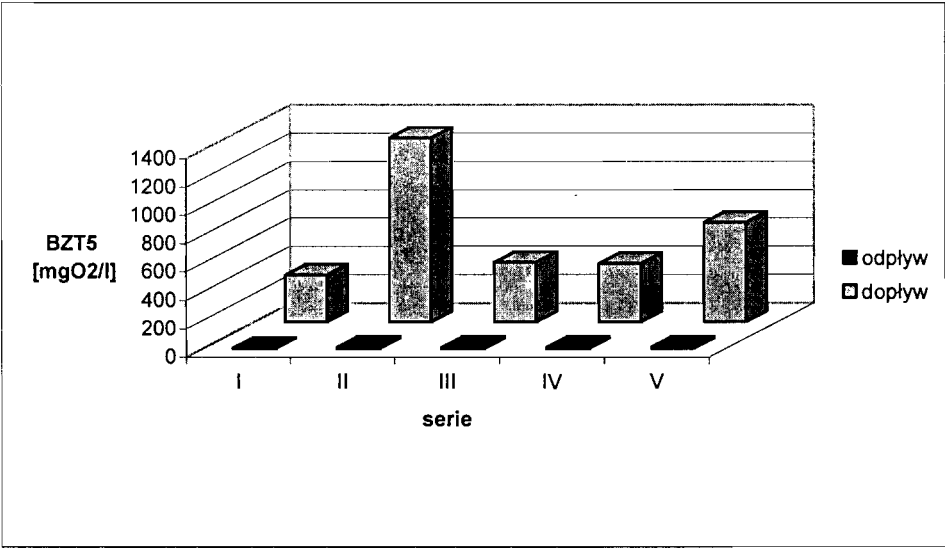
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.5. Charakterystyka parametrów ścieków i odcieków w oczyszczalni ścieków w Wysokim Mazowieckiem - seria V

| Miejsce poboru próby | Parametry |        |                       |                       |                                        |                                        |                                        |                       |               |
|----------------------|-----------|--------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|---------------|
|                      | Zawiesina | Odczyn | BZT <sub>5</sub>      | ChZT                  | Azotany                                | Azotyny                                | Azot amonowy                           | Azot ogólny Kjejdahla | Fosfor ogólny |
|                      | [mg/l]    | pH     | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mgO <sub>2</sub> /l] | [mg/l N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] | [mg/l N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] | [mg/l N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] | [mg/l N]              | [mg/l P]      |
| 1                    | 918       | 11,52  | 1700                  | 3970                  | 13                                     | 0,84                                   | 13,4                                   | 103                   | 16,8          |
| 1'                   | 754,5     | 11,02  | 700                   | 2735                  | 9,5                                    | 0,5                                    | 9,8                                    | 18                    | 6,5           |
| 2                    | 293       | 7,15   | 450                   | 866                   | 1                                      | 0,1                                    | 12,1                                   | 75                    | 16,5          |
| 3                    | 81,5      | 7,75   | 15                    | 186                   | 0,6                                    | 0,27                                   | 15,5                                   | 67                    | 7,8           |
| 4                    | 804       | 7,73   | 150                   | 304                   | 18,6                                   | 1,4                                    | 2,2                                    | 63                    | 6,44          |
| 5                    | 78,5      | 7,48   | 45                    | 97                    | 1                                      | 0,59                                   | 3                                      | 34                    | 4,9           |
| 6                    | 48,4      | 7,32   | 30                    | 91                    | 0,9                                    | 0,1                                    | 4                                      | 19                    | 2,9           |
| 7                    | 50,85     | 7,55   | 15                    | 35                    | 12                                     | 0,09                                   | 2,5                                    | 8                     | 1,36          |

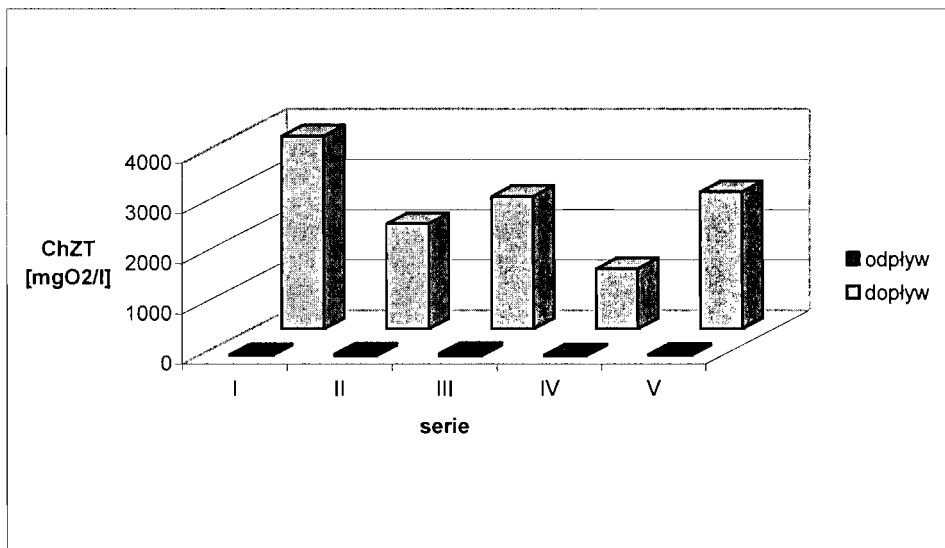
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5.1. Stężenie BZT<sub>5</sub> na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Wysokim Mazowieckiem



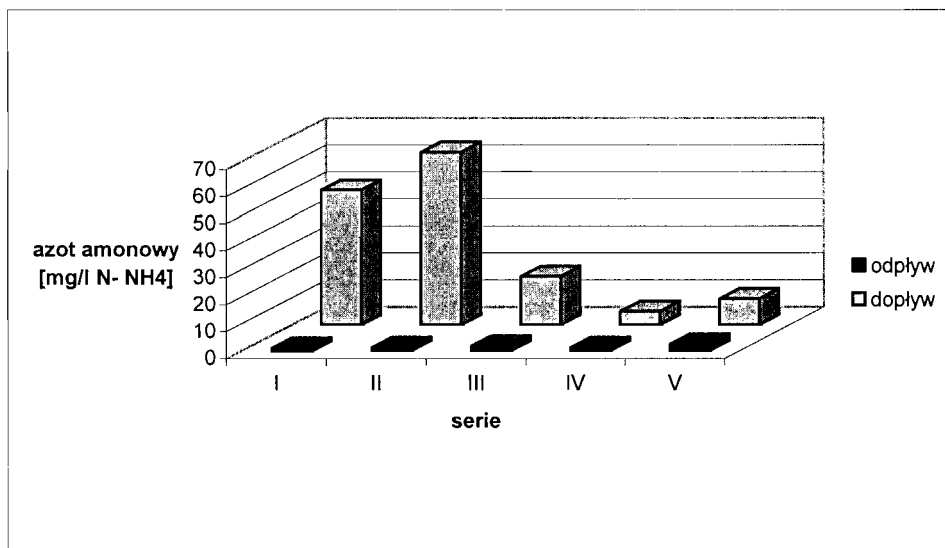
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5.2. Stężenie ChZT na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem



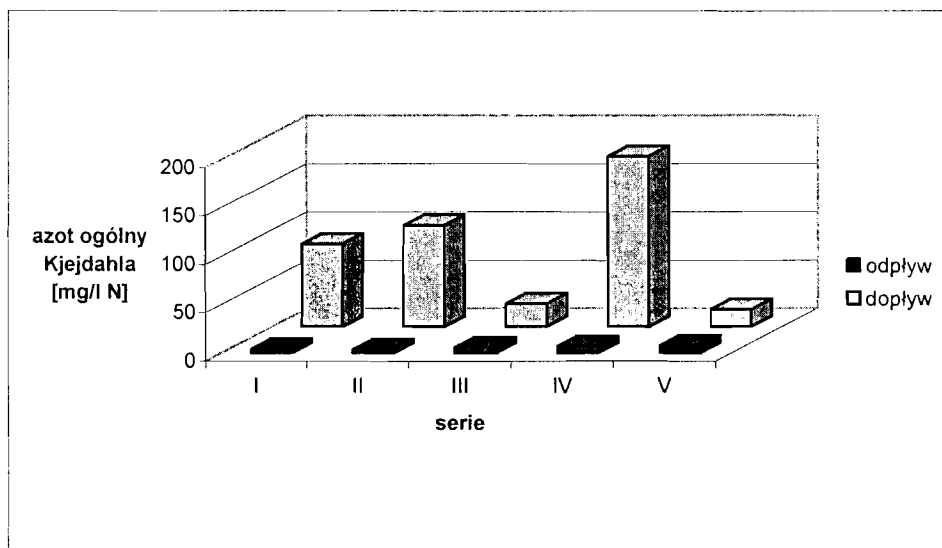
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5.3. Stężenie azotu amonowego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem



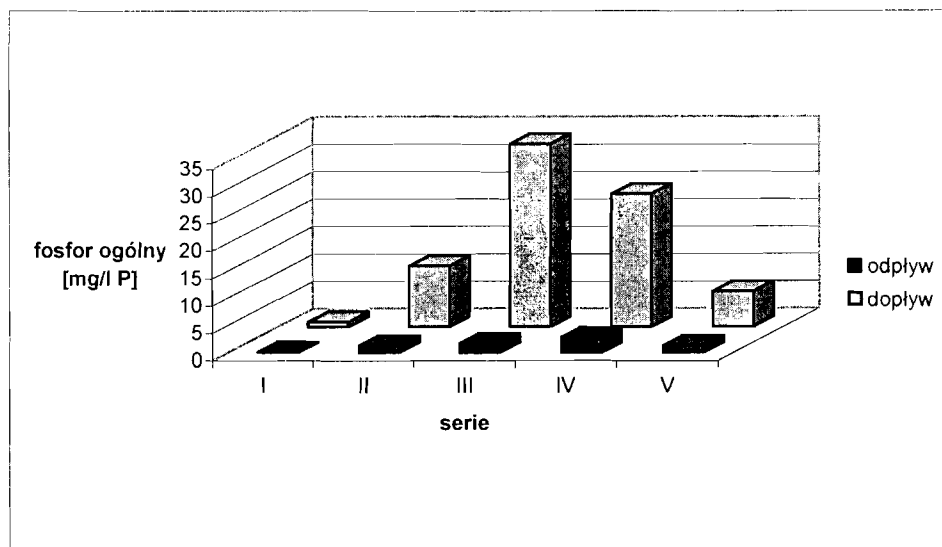
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5.4. Stężenie azotu ogólnego Kjejdahla na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem



Źródło: opracowanie własne.

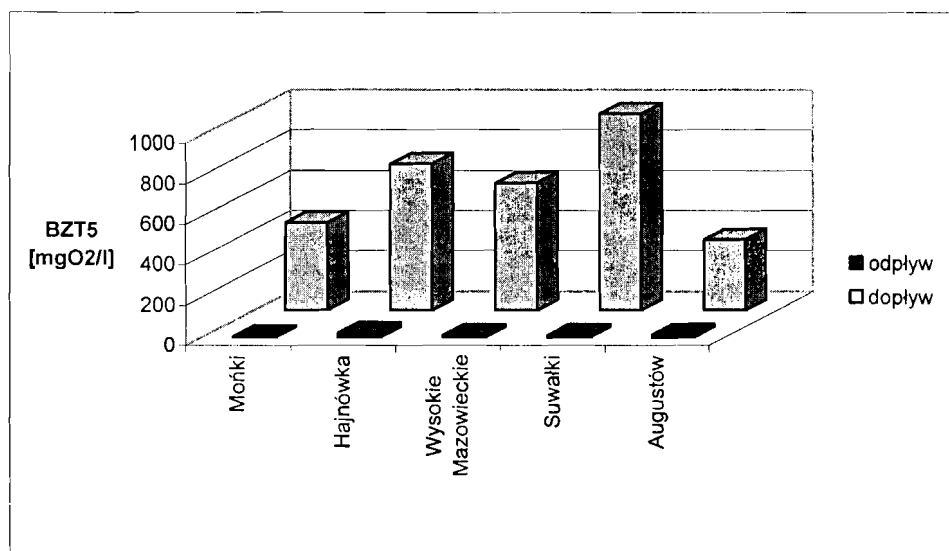
Wykres 5.5. Stężenie fosforu ogólnego na odpływie i dopływie ścieków w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem



Źródło: opracowanie własne.

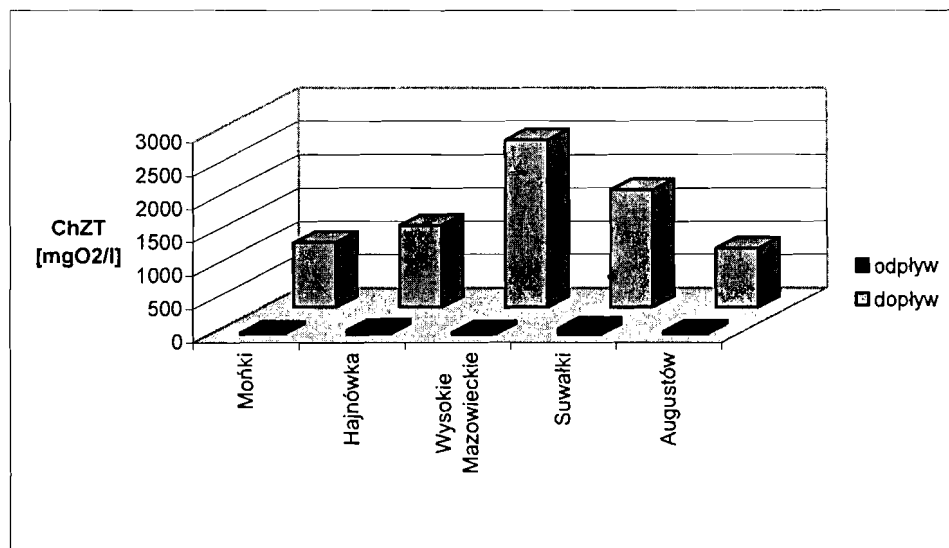
## 6. WARTOŚCI UŚREDNIONE

Wykres 6.1. Stężenie BZT<sub>5</sub> na odpływie i dopływie ścieków - wartości uśrednione



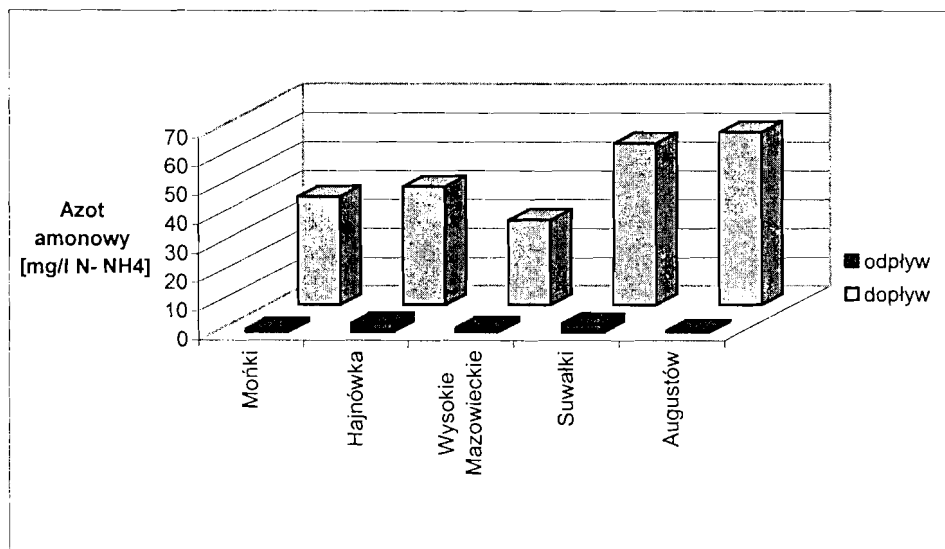
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 6.2. Stężenie ChZT na odpływie i dopływie ścieków - wartości uśrednione



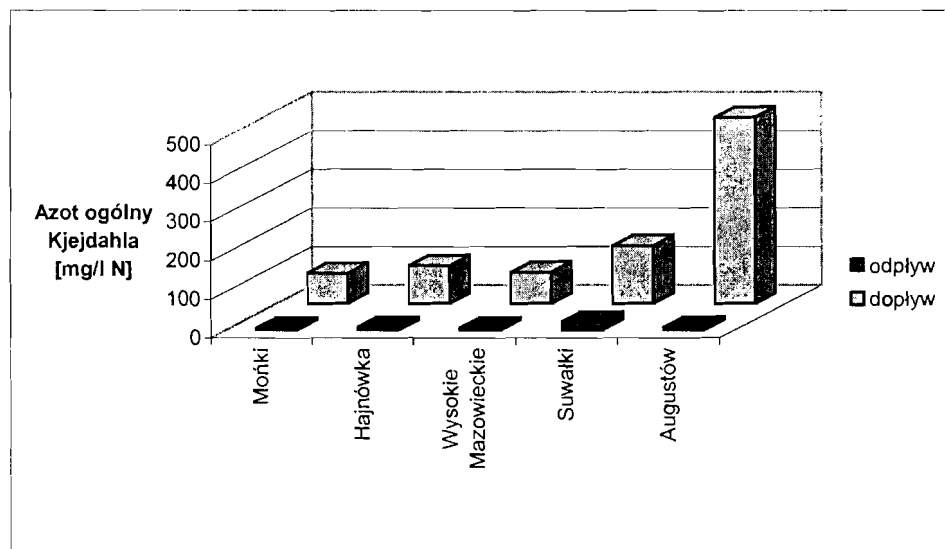
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 6.3. Stężenie azotu amonowego na odpływie i dopływie ścieków - wartości uśrednione



Źródło: opracowanie własne.

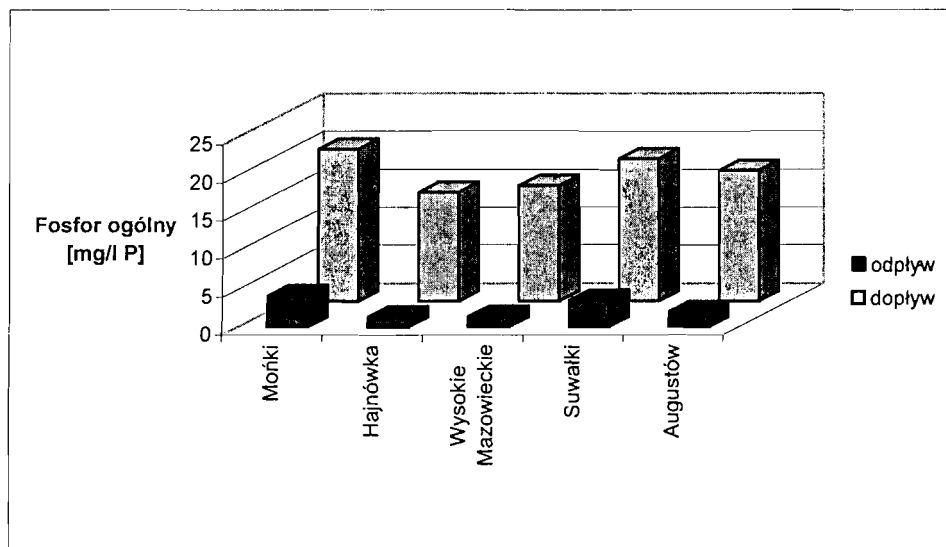
Wykres 6.4. Stężenie azotu ogólnego Kjejdahla na odpływie i dopływie ścieków - wartości uśrednione



Źródło: opracowanie własne.



Wykres 6.5. Stężenie fosforu ogólnego na odpływie i dopływie ścieków ścieków  
- wartości uśrednione



Źródło: opracowanie własne.

# BILANS MASY

## I. OCZYSZCZALNIA W MOŃKACH

Maksymalny dobowy przepływ zanieczyszczeń  $Q_{d\max} = 3400\text{ m}^3/\text{d}$

### Charakterystyka ścieków:

- średnia ilość BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 435\text{ mg/l}$
- średnia ilość zawiesiny w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 355\text{ mg/l}$
- średnia ilość azotu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 77\text{ mg/l}$
- średnia ilość fosforu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 20,1\text{ mg/l}$

### Charakterystyka osadów, skratek i piasku

Tabela 1.1. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Mońkach - seria I

| Próba                         | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-------------------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                               | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki                       | 19,1        | 1,91   | 0,65         | 0,07   | 4,02          | 1,84                                | 79,8  | 20,2       | 88,6        | 5,68 |
| piasek                        | 21,5        | 2,15   | 1,03         | 0,1    | 4,73          | 2,17                                | 79,5  | 20,5       | 62,9        | 5,8  |
| osad rec.                     | 30,2        | 3,02   | 0,6          | 0,06   | 28,0          | 12,8                                | 98,0  | 2,0        | 60,1        | 6,72 |
| osad nadmierny z zagęszczacza | 30,0        | 3,0    | 1,2          | 0,12   | 24,1          | 11,05                               | 97,0  | 3,0        | 70,0        | 6,7  |
| osad z OKF                    | 40,0        | 4,0    | 8,1          | 0,81   | 20,7          | 9,2                                 | 97,2  | 2,8        | 73,0        | 6,9  |
| osad odwodniony               | 42,1        | 4,21   | 2,82         | 0,28   | 14,1          | 6,46                                | 88,0  | 12,0       | 69,0        | 6,95 |
| osad odwodniony i wapnowany   | 36,0        | 3,6    | 1,6          | 0,16   | 11,6          | 5,32                                | 84,1  | 15,9       | 61,2        | 12,1 |

Tabela 1.2. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Mońkach - seria II

| Próba                         | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH    |
|-------------------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|-------|
|                               | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |       |
| skratki                       | 21,1        | 2,11   | 0,28         | 0,028  | 5,74          | 2,63                                | 84,7  | 15,3       | 86,7        | 6,15  |
| piasek                        | 25,6        | 2,56   | 0,59         | 0,059  | 6,29          | 2,88                                | 81,9  | 18,1       | 74,9        | 6,57  |
| osad rec.                     | 50,8        | 5,08   | 0,1          | 0,01   | 30,51         | 13,98                               | 98,99 | 1,01       | 69,0        | 6,6   |
| osad nadmierny z zagęszczacza | 51,5        | 5,15   | 1,37         | 0,14   | 28,14         | 12,89                               | 97,4  | 2,6        | 73,1        | 6,36  |
| osad z OKF                    | 60,5        | 6,05   | 10,90        | 1,09   | 24,78         | 11,36                               | 97,6  | 2,4        | 76,7        | 6,93  |
| osad odwodniony               | 62,7        | 6,27   | 2,63         | 0,26   | 21,11         | 9,68                                | 89,2  | 10,8       | 75,9        | 6,75  |
| osad odwodniony i wapnowany   | 39,8        | 3,98   | 1,96         | 0,2    | 13,58         | 6,22                                | 85,5  | 14,5       | 57,2        | 12,47 |

Tabela 1.3. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Mońkach - seria III

| Próba                         | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-------------------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                               | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki                       | 3,5         | 0,35   | 0,035        | 0,004  | 0,1           | 0,05                                | 82,8  | 17,2       | 67,0        | 6,36 |
| piasek                        | 0,27        | 0,027  | 0,024        | 0,002  | 0,19          | 0,09                                | 53,7  | 46,3       | 12,5        | 6,55 |
| osad rec.                     | 3,8         | 0,38   | 0,37         | 0,04   | 1,11          | 0,51                                | 99,05 | 0,95       | 51,5        | 6,54 |
| osad nadmierny z zagęszczacza | 6,8         | 0,68   | 0,11         | 0,011  | 8,2           | 3,76                                | 98,0  | 2,0        | 56,5        | 6,9  |
| osad z OKF                    | 14,0        | 1,4    | 1,7          | 0,17   | 2,5           | 1,14                                | 97,1  | 2,9        | 69,8        | 7,08 |
| osad odwodniony               | 31,12       | 0,31   | 2,18         | 0,21   | 14,6          | 6,69                                | 86,2  | 13,8       | 70,1        | 7,01 |
| osad odwodniony i wapnowany   | 26,1        | 0,26   | 1,1          | 0,11   | 8,2           | 3,76                                | 82,1  | 17,9       | 38,2        | 11,2 |

## Właściwości skratek

### IŁOŚĆ SKRATEK

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} [\text{kg/d}]$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{BZT_5} = 435 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{ChZT}$  – stężenie ChZT w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{ChZT} = 1780 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{zaw.} = 355 [\text{g/m}^3]$ )

$\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> na kracie ( $\eta_{BZT_5} = 10 [\%]$ )

$\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania ChZT na kracie ( $\eta_{ChZT} = 5 [\%]$ )

$\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na kracie ( $\eta_{zaw.} = 5 [\%]$ )

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 3400 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$$G = \frac{3400 \cdot 435 \cdot 0,1 + 3400 \cdot 355 \cdot 0,05 + 3400 \cdot 1780 \cdot 0,05}{1000} = 510,85 \text{ [kg s.m./d]}$$

## OBJĘTOŚĆ SKRATEK

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

G – sucha masa skratek ( $G = 510,85 \text{ [kg s.m./d]}$ )

$\rho$  – gęstość skratek ( $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ )

W – uwodnienie skratek ( $W = 80 \text{ [%]}$ )

$$V = \frac{510,85}{1000 \cdot (100 - 80)} \cdot 100 = 2,55 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

## Właściwości osadu z piaskownika

### ILOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} \text{ [kg/d]}$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{BZT_5} = 391,5 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )

$Z_{ChZT}$  – stężenie ChZT w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{ChZT} = 1691 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )

$Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{zaw.} = 337,5 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )

$\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> na piaskowniku ( $\eta_{BZT_5} = 23 \text{ [%]}$ )

$\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania ChZT na piaskowniku ( $\eta_{ChZT} = 52 \text{ [%]}$ )

$\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na piaskowniku ( $\eta_{zaw.} = 99,5 \text{ [%]}$ )

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 3400 \text{ [m}^3\text{/d]}$ )

$$G = \frac{3400 \cdot 391,5 \cdot 0,23 + 3400 \cdot 1691 \cdot 0,52 + 3400 \cdot 337,5 \cdot 0,05}{1000} = 3353,2 \text{ [kg s.m./d]}$$

### OBJĘTOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

G – sucha masa osady z piaskownika ( $G = 3353,2 \text{ [kg s.m./d]}$ )

$\rho$  – gęstość mokrego piachu ( $\rho = 1200 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ )

W – uwodnienie osadu ( $W = 60 \text{ [%]}$ )

$$V = \frac{3353,2}{1200 \cdot (100 - 60)} \cdot 100 = 7 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadów wtórnych

### IŁOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

$$G = Q_{d\max} \cdot S_B \cdot \eta_B \cdot \Delta m_B + Q_{d\max} \cdot S_C \cdot \eta_C \cdot \Delta m_C [\text{kg s.m./d}]$$

$Q_{d\max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d\max} = 3400 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$S_B$  – stężenie BZT<sub>5</sub> ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,3 [\text{kg}/\text{m}^3]$ )

$\Delta m_B$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego BZT<sub>5</sub> ( $\Delta m = 0,63 [\text{kg s.m.}/\text{kg BZT}_5]$ )

$\eta_B$  – efekt zatrzymania BZT<sub>5</sub> w części biologicznej ( $\eta_B = 93 [\%]$ )

$S_C$  – stężenie ChZT ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,82 [\text{kg}/\text{m}^3]$ )

$\Delta m_C$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego ChZT ( $\Delta m = 0,63 [\text{kg s.m.}/\text{kg ChZT}]$ )

$\eta_C$  – efekt zatrzymania ChZT w części biologicznej ( $\eta_C = 85 [\%]$ )

$$G = 3400 \cdot 0,3 \cdot 0,93 \cdot 0,63 + 3400 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 0,63 = 2090,6 [\text{kg s.m./d}]$$

### OBJĘTOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

Ponieważ uwodnienie osadu  $W > 90 [\%]$ , to gęstość osadu  $\rho = 1000 [\text{kg}/\text{m}^3]$ .

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

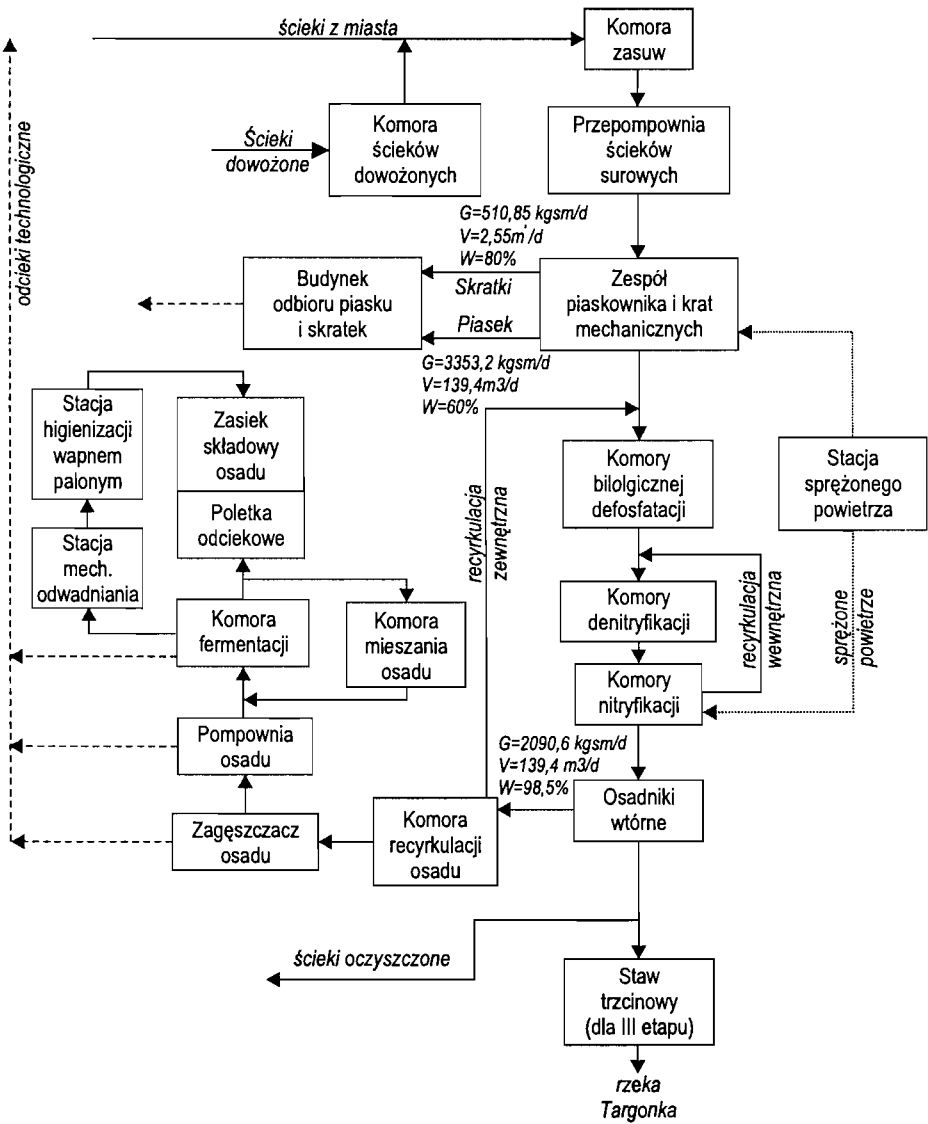
$G$  – sucha masa osadów wtórnych ( $G = 2090,6 [\text{kg}/\text{d}]$ )

$\rho$  – gęstość osadów z osadnika wtórnego ( $\rho = 1000 [\text{kg}/\text{m}^3]$ )

$W$  – uwodnienie osadu z osadnika wtórnego ( $W = 98,5 [\%]$ )

$$V = \frac{2090,6}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 139,4 [\text{m}^3/\text{d}]$$

Schemat 1.1. Osady w oczyszczalni ścieków w Mońkach



Źródło: opracowanie własne.

## 2. OCZYSZCZALNIA W HAJNÓWCE

Maksymalny dobowy przepływ zanieczyszczeń  $Q_{d \max} = 15000 \text{ m}^3/\text{d}$

### Charakterystyka ścieków

- średnia ilość BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 320 \text{ mg/l}$
- średnia ilość ChZT w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 1850 \text{ mg/l}$
- średnia ilość zawiesiny w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 270 \text{ mg/l}$
- średnia ilość azotu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 72,5 \text{ mg/l}$
- średnia ilość fosforu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 17,5 \text{ mg/l}$

### Charakterystyka osadów, skratek i piasku

Tabela 2.1. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Hajnówce - seria I

| Próba           | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-----------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                 | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki         | 28,0        | 2,80   | 0,03         | 0,003  | 6,3           | 2,91                                | 75,9  | 24,1       | 90,6        | 5,22 |
| piasek          | 8,6         | 0,86   | 0,16         | 0,016  | 2,80          | 1,3                                 | 55,1  | 44,9       | 23,3        | 5,58 |
| osad rec.       | 65,9        | 6,59   | 4,18         | 0,42   | 23,2          | 10,60                               | 99,27 | 0,73       | 64,7        | 6,61 |
| osad odwodniony | 48,6        | 4,86   | 0,03         | 0,003  | 15,69         | 7,19                                | 83,0  | 17,0       | 34,6        | 6,28 |

Tabela 2.2. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Hajnówce - seria II

| Próba           | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-----------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                 | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki         | 24,0        | 2,4    | 0,8          | 0,08   | 4,3           | 1,97                                | 72,0  | 38,0       | 80,1        | 5,8  |
| piasek          | 7,6         | 0,76   | 0,19         | 0,019  | 3,2           | 1,46                                | 51,0  | 49,0       | 25,2        | 6,1  |
| osad rec.       | 72,0        | 7,2    | 5,2          | 0,52   | 28,1          | 12,88                               | 99,8  | 0,2        | 69,0        | 6,48 |
| osad odwodniony | 60,0        | 6,0    | 0,98         | 0,099  | 39,0          | 17,86                               | 83,9  | 16,1       | 64,8        | 6,52 |

Tabela 2.3. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Hajnówce - seria III

| Próba           | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-----------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                 | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki         | 22,0        | 2,2    | 0,18         | 0,018  | 8,1           | 3,71                                | 76,0  | 24,0       | 82,0        | 5,8  |
| piasek          | 7,8         | 0,78   | 0,23         | 0,023  | 2,9           | 1,33                                | 58,0  | 42,0       | 26,8        | 6,2  |
| osad rec.       | 58,2        | 5,82   | 4,6          | 0,46   | 26,1          | 11,97                               | 99,36 | 0,64       | 68,0        | 6,42 |
| osad odwodniony | 52,0        | 5,2    | 0,8          | 0,08   | 21,0          | 9,63                                | 85,0  | 15,0       | 61,0        | 6,6  |

Właściwości skratek

IŁOŚĆ SKRATEK

$$G = \frac{Q_{d\max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d\max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} \text{ [kg/d]}$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{BZT_5} = 320 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )  
 $Z_{ChZT}$  – stężenie ChZT w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{ChZT} = 1850 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )  
 $Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{zaw.} = 270 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )  
 $\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> na kracie ( $\eta_{BZT_5} = 10 \text{ [%]}$ )  
 $\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania ChZT na kracie ( $\eta_{ChZT} = 5 \text{ [%]}$ )  
 $\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na kracie ( $\eta_{zaw.} = 5 \text{ [%]}$ )  
 $Q_{d\max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d\max} = 15000 \text{ [m}^3\text{/d]}$ )

$$G = \frac{15000 \cdot 320 \cdot 0,1 + 15000 \cdot 270 \cdot 0,05 + 15000 \cdot 1850 \cdot 0,05}{1000} = 2070 \text{ [kg s.m./d]}$$

OBJĘTOŚĆ SKRATEK

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

G – sucha masa skratek ( $G = 2070 \text{ [kg s.m./d]}$ )  
 $\rho$  – gęstość skratek ( $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ )  
W – uwodnienie skratek ( $W = 80 \text{ [%]}$ )

$$V = \frac{2070}{1000 \cdot (100 - 80)} \cdot 100 = 10,3 \text{ [m}^3\text{/d]}$$



## Właściwości osadu z piaskownika

### IŁOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} [\text{kg/d}]$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie  $BZT_5$  w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{BZT_5} = 304 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{ChZT}$  – stężenie  $ChZT$  w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{ChZT} = 1757 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{zaw.} = 256,5 [\text{g/m}^3]$ )

$\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania  $BZT_5$  na piaskowniku ( $\eta_{BZT_5} = 23 [\%]$ )

$\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania  $ChZT$  na piaskowniku ( $\eta_{ChZT} = 52 [\%]$ )

$\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na piaskowniku ( $\eta_{zaw.} = 99,5 [\%]$ )

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 15000 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$$G = \frac{15000 \cdot 304 \cdot 0,23 + 15000 \cdot 1757 \cdot 0,52 + 15000 \cdot 256,5 \cdot 0,05}{1000} = 14945,7 [\text{kg s.m./d}]$$

### OBJĘTOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

$G$  – sucha masa osady z piaskownika ( $G = 14945,7 [\text{kg s.m./d}]$ )

$\rho$  – gęstość mokrego piachu ( $\rho = 1200 [\text{kg/m}^3]$ )

$W$  – uwodnienie osadu ( $W = 60 [\%]$ )

$$V = \frac{14945,7}{1200 \cdot (100 - 60)} \cdot 100 = 31 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadów wtórnych

### IŁOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

$$G = Q_{d \max} \cdot S_B \cdot \eta_B \cdot \Delta m_B + Q_{d \max} \cdot S_C \cdot \eta_C \cdot \Delta m_C [\text{kg s.m./d}]$$

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 15000 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$S_B$  – stężenie  $BZT_5$  ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,3 [\text{kg/m}^3]$ )

$\Delta m_B$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego  $BZT_5$  ( $\Delta m = 0,63 [\text{kg s.m./kg BZT}_5]$ )

$\eta_B$  – efekt zatrzymania  $BZT_5$  w części biologicznej ( $\eta_B = 93 [\%]$ )

$S_C$  – stężenie ChZT ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,82$  [kg/m<sup>3</sup>])

$\Delta m_C$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający

na 1 [kg] usuniętego ChZT ( $\Delta m = 0,63$  [kg s.m./kg ChZT])

$\eta_C$  – efekt zatrzymania ChZT w części biologicznej ( $\eta_C = 85$  [%])

$G = 15000 \cdot 0,3 \cdot 0,93 \cdot 0,63 + 15000 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 0,63 = 10772,3$  [kg s.m./d]

## OBJĘTOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

Ponieważ uwodnienie osadu  $W > 90$  [%], to gęstość osadu  $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>].

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

$G$  – sucha masa osadów wtórnych ( $G = 10772,3$  [kg/d])

$\rho$  – gęstość osadów z osadnika wtórnego ( $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>])

$W$  – uwodnienie osadu z osadnika wtórnego ( $W = 98,5$  [%])

$$V = \frac{10772,3}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 718 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadu ze strącania fosforu

### ILOŚĆ OSADÓW PO CHEMICZNYM STRĄCANIU FOSFORU

$$G = \{Q \cdot [Z_p + \sum_{i=1}^n (D_i \cdot f_i + D_i \cdot k_i) - Z_K]\} / 1000 [\text{kg s.m./d}]$$

$Q_{d\max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d\max} = 15000$  [m<sup>3</sup>/d])

$Z_p$  – stężenie fosforu w ściekach doprowadzanych do miejsca dawkowania reagentów ( $Z_p = 7,2$  [g/m<sup>3</sup>])

$Z_K$  – stężenie fosforu w ściekach odprowadzanych po chemicznym strącaniu ( $Z_p = 0,65$  [g/m<sup>3</sup>])

$D_i$  – dawka  $\text{Al}_2\text{SO}_4$  w przeliczeniu na suchą masę substancji chemicznie czystszej i bezwodnej (73 [g/m<sup>3</sup>])

$k$  – współczynnik przeliczeniowy uwzględniający zawartość substancji nierozpuszczalnych w reagenzie ( $k = 1,4$  [%])

$f$  – współczynnik przeliczeniowy masy reagentu  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  w postaci czystszej i bezwodnej na produkt techniczny ( $f = 2,12$ )

$n$  – liczba stosowanych reagentów ( $n = 1$ )

$$G = \{15000 \cdot [7,2 + \sum_{i=1}^1 (73 \cdot 2,12 + 73 \cdot 0,014) - 0,65]\} / 1000 = 2470,7 [\text{kg s.m./d}]$$

## OBJĘTOŚĆ OSADÓW PO CHEMICZNYM STRĄCANIU FOSFORU

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

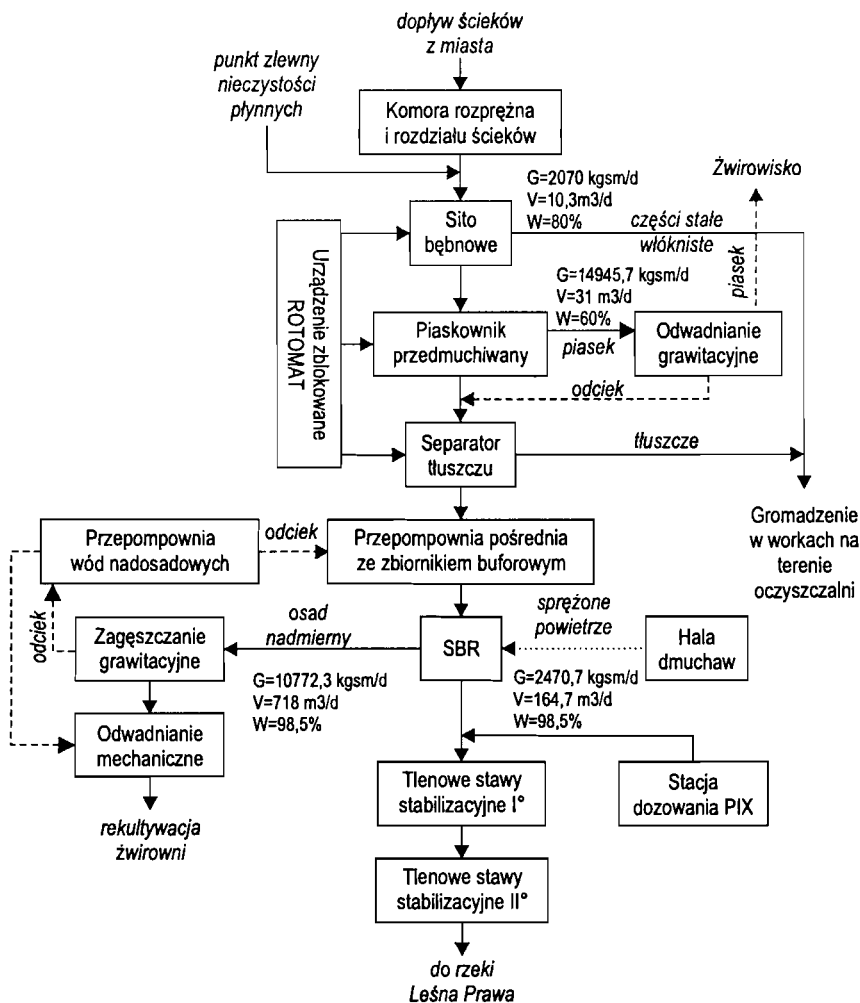
G – sucha masa osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $G = 2470,7$  [kg/d])

$\rho$  – gęstość osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>])

W – uwodnienie osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $W = 98,5$  [%])

$$V = \frac{2470,7}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 164,7 [\text{m}^3/\text{d}]$$

Schemat 2.1. Osady w oczyszczalni ścieków w Hajnówce



Źródło: opracowanie własne.

### 3. OCZYSZCZALNIA W SUWAŁKACH

Maksymalny dobowy przepływ zanieczyszczeń  $Q_{d\max} = 17393 \text{ m}^3/\text{d}$

#### Charakterystyka ścieków

- średnia ilość BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 1032,6 \text{ mg/l}$
- średnia ilość ChZT w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 1802,65 \text{ mg/l}$
- średnia ilość zawiesiny w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 682,25 \text{ mg/l}$
- średnia ilość azotu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 144,2 \text{ mg/l}$
- średnia ilość fosforu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 21,8 \text{ mg/l}$

#### Charakterystyka osadów, skratek i piasku

Tabela 3.1. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Suwałkach - seria I

| Próba                   | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-------------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                         | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki                 | 11,8        | 1,18   | 1,3          | 0,13   | 1,95          | 0,89                                | 43,5  | 56,5       | 90,5        | 6,78 |
| piasek                  | 7,8         | 0,78   | 0,46         | 0,046  | 1,68          | 0,77                                | 40,8  | 59,2       | 27,0        | 6,1  |
| osad podawany przed ZKF | 38,8        | 3,88   | 6,12         | 0,61   | 6,0           | 2,75                                | 82,7  | 17,3       | 46,7        | 8,1  |
| osad nadmierny          | 62,0        | 6,2    | 1,48         | 0,14   | 48,2          | 22,1                                | 86,1  | 13,9       | 42,0        | 6,92 |
| osad przed odwadnianiem | 68,0        | 6,8    | 6,6          | 0,66   | 51,1          | 23,44                               | 82,2  | 17,8       | 48,0        | 7,9  |
| osad odwodniony         | 23,4        | 2,34   | 3,76         | 0,38   | 15,32         | 7,02                                | 80,5  | 19,5       | 53,5        | 8,6  |
| osad po higienizacji    | 20,1        | 2,01   | 2,86         | 0,28   | 4,6           | 2,11                                | 78,0  | 32,0       | 46,0        | 9,6  |

Tabela 3.2. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Suwałkach - seria II

| Próba                   | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-------------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                         | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki                 | 13,0        | 1,3    | 0,1          | 0,01   | 3,12          | 1,43                                | 38,1  | 61,9       | 94,2        | 5,5  |
| piasek                  | 16,9        | 1,69   | 0,15         | 0,015  | 6,86          | 3,14                                | 46,8  | 53,2       | 27,8        | 6,25 |
| osad podawany przed ZKF | 35,4        | 3,54   | 5,07         | 0,51   | 16,59         | 7,6                                 | 96,4  | 3,6        | 80,0        | 5,95 |
| osad nadmierny          | 60,9        | 6,09   | 1,63         | 0,16   | 56,6          | 26,0                                | 98,9  | 1,1        | 76,3        | 6,93 |
| osad przed odwadnianiem | 93,5        | 9,35   | 28,0         | 2,8    | 59,5          | 27,3                                | 97,7  | 2,3        | 63,8        | 7,62 |
| osad odwodniony         | 72,0        | 7,2    | 7,36         | 0,74   | 51,1          | 23,4                                | 85,5  | 14,5       | 72,2        | 7,68 |
| osad po higienizacji    | 50,7        | 5,07   | 5,27         | 0,53   | 38,4          | 17,6                                | 81,1  | 18,9       | 63,0        | 9,59 |

Tabela 3.3. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Suwałkach - seria III

| Próba                   | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-------------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                         | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki                 | 11,0        | 1,1    | 0,08         | 0,008  | 2,83          | 1,29                                | 41,0  | 59,0       | 86,1        | 6,7  |
| piasek                  | 14,2        | 1,42   | 0,2          | 0,02   | 4,62          | 2,11                                | 36,0  | 64,0       | 22,1        | 6,1  |
| osad podawany przed ZKF | 36,2        | 3,62   | 4,06         | 0,4    | 12,8          | 5,87                                | 80,1  | 19,9       | 42,0        | 6,1  |
| osad nadmierny          | 61,0        | 6,1    | 1,8          | 0,18   | 42,1          | 19,3                                | 86,2  | 13,8       | 40,2        | 6,9  |
| osad przed odwadnianiem | 67,2        | 6,72   | 22,0         | 2,2    | 40,0          | 18,3                                | 84,1  | 15,9       | 41,0        | 7,1  |
| osad odwodniony         | 48,1        | 4,81   | 11,2         | 1,12   | 36,0          | 16,5                                | 78,6  | 11,4       | 43,6        | 7,2  |
| osad po higienizacji    | 30,8        | 3,08   | 8,26         | 0,82   | 24,1          | 11,08                               | 74,8  | 15,2       | 31,8        | 9,62 |

## Właściwości skratek

### IŁOŚĆ SKRATEK

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} \text{ [kg/d]}$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{BZT_5} = 1002 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )

$Z_{ChZT}$  – stężenie ChZT w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{ChZT} = 1802,65 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )

$Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{zaw.} = 682,25 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )

$\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> na kracie ( $\eta_{BZT_5} = 10 \text{ [%]}$ )

$\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania ChZT na kracie ( $\eta_{ChZT} = 5 \text{ [%]}$ )

$\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na kracie ( $\eta_{zaw.} = 5 \text{ [%]}$ )

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 17393 \text{ [m}^3\text{/d]}$ )

$$G = \frac{17393 \cdot 1002 \cdot 0,1 + 17393 \cdot 682,25 \cdot 0,05 + 17393 \cdot 1802,65 \cdot 0,05}{1000} = 3903,7 [\text{kg s.m./d}]$$

## OBJĘTOŚĆ SKRATEK

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

G – sucha masa skratek ( $G = 3903,7$  [kg s.m./d])

$\rho$  – gęstość skratek ( $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>])

W – uwodnienie skratek ( $W = 80$  [%])

$$V = \frac{3903}{1000 \cdot (100 - 80)} \cdot 100 = 19,5 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadu z piaskownika

### IŁOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} [\text{kg/d}]$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{BZT_5} = 1002$  [g/m<sup>3</sup>])

$Z_{ChZT}$  – stężenie ChZT w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{ChZT} = 1712,5$  [g/m<sup>3</sup>])

$Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{zaw.} = 648$  [g/m<sup>3</sup>])

$\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> na piaskowniku ( $\eta_{BZT_5} = 23$  [%])

$\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania ChZT na piaskowniku ( $\eta_{ChZT} = 52$  [%])

$\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na piaskowniku ( $\eta_{zaw.} = 99,5$  [%])

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 17393$  [m<sup>3</sup>/d])

$$G = \frac{17393 \cdot 1002 \cdot 0,23 + 17393 \cdot 1712,5 \cdot 0,52 + 17393 \cdot 648 \cdot 0,05}{1000} = 33479,7 [\text{kg s.m./d}]$$

### OBJĘTOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

G – sucha masa osady z piaskownika ( $G = 33479,7$  [kg s.m./d])

$\rho$  – gęstość mokrego piachu ( $\rho = 1200$  [kg/m<sup>3</sup>])

W – uwodnienie osadu ( $W = 60$  [%])

$$V = \frac{33479,7}{1200 \cdot (100 - 60)} \cdot 100 = 69,7 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadów wstępnych

### IŁOŚĆ OSADÓW WSTĘPNYCH

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{\text{BZT}_5} \cdot \eta_{\text{BZT}_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{\text{zaw.}} \cdot \eta_{\text{zaw.}} + Q_{d \max} \cdot Z_{\text{N}} \cdot \eta_{\text{N}} + Q_{d \max} \cdot Z_{\text{P}} \cdot \eta_{\text{P}}}{1000} [\text{kg/d}]$$

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 17393 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$Z_{\text{BZT}_5}$  – stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na osadnik wstępny ( $Z_{\text{BZT}_5} = 950 [\text{g}/\text{m}^3]$ )

$Z_{\text{ChZT}}$  – stężenie ChZT w ściekach dopływających na osadnik wstępny ( $Z_{\text{ChZT}} = 1333,3 [\text{g}/\text{m}^3]$ )

$Z_{\text{zaw.}}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na osadnik wstępny ( $Z_{\text{zaw.}} = 292,7 [\text{g}/\text{m}^3]$ )

$Z_{\text{N}}$  – stężenie azotu w ściekach dopływających na osadnik wstępny ( $Z_{\text{N}} = 144,2 [\text{g}/\text{m}^3]$ )

$Z_{\text{P}}$  – stężenie fosforu w ściekach dopływających na osadnik wstępny ( $Z_{\text{P}} = 21,8 [\text{g}/\text{m}^3]$ )

$\eta_{\text{BZT}_5}$  – sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> w osadniku wstępnym ( $\eta_{\text{BZT}_5} = 35 [\%]$ )

$\eta_{\text{ChZT}}$  – sprawność usuwania ChZT w osadniku wstępnym ( $\eta_{\text{ChZT}} = 30 [\%]$ )

$\eta_{\text{zaw.}}$  – sprawność usuwania zawiesiny w osadniku wstępnym ( $\eta_{\text{zaw.}} = 64 [\%]$ )

$\eta_{\text{N}}$  – sprawność usuwania azotu w osadniku wstępnym ( $\eta_{\text{N}} = 6 [\%]$ )

$\eta_{\text{P}}$  – sprawność usuwania fosforu w osadniku wstępnym ( $\eta_{\text{P}} = 4 [\%]$ )

$$G = \frac{17393 \cdot 950 \cdot 0,35 + 17393 \cdot 1333,3 \cdot 0,3 + 17393 \cdot 292,7 \cdot 0,64 + 17393 \cdot 144,2 \cdot 0,06 + 17393 \cdot 21,8 \cdot 0,04}{1000}$$

$$G = 16164 [\text{kg/d}]$$

### OBJĘTOŚĆ OSADÓW WSTĘPNYCH

Ponieważ uwodnienie osadu  $W > 90 [\%]$ , to gęstość osadu  $\rho = 1000 [\text{kg}/\text{m}^3]$ .

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

$G$  – sucha masa osadów wstępnych ( $G = 16164 [\text{kg/d}]$ )

$\rho$  – gęstość osadów z osadnika wstępnego ( $\rho = 1000 [\text{kg}/\text{m}^3]$ )

$W$  – uwodnienie osadu z osadnika wstępnego ( $W = 95 [\%]$ )

$$V = \frac{16164}{1000 \cdot (100 - 95)} \cdot 100 = 323,3 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadów wtórnych

### ILOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

$$G = Q_{d\max} \cdot S_B \cdot \eta_B \cdot \Delta m_B + Q_{d\max} \cdot S_C \cdot \eta_C \cdot \Delta m_C \text{ [kg s.m./d]}$$

$Q_{d\max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d\max} = 17393 \text{ [m}^3/\text{d]}$ )

$S_B$  – stężenie BZT<sub>5</sub> ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,3 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ )

$\Delta m_B$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego BZT<sub>5</sub> ( $\Delta m = 0,63 \text{ [kg s.m./kg BZT}_5\text{]}$ )

$\eta_B$  – efekt zatrzymania BZT<sub>5</sub> w części biologicznej ( $\eta_B = 93 \text{ [%]}$ )

$S_C$  – stężenie ChZT ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,82 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ )

$\Delta m_C$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego ChZT ( $\Delta m = 0,63 \text{ [kg s.m./kg ChZT]}$ )

$\eta_C$  – efekt zatrzymania ChZT w części biologicznej ( $\eta_C = 85 \text{ [%]}$ )

$$G = 17393 \cdot 0,3 \cdot 0,93 \cdot 0,63 + 17393 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 0,63 = 10772,3 \text{ [kg s.m./d]}$$

### OBJĘTOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

Ponieważ uwodnienie osadu  $W > 90 \text{ [%]}$ , to gęstość osadu  $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ .

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 \text{ [m}^3/\text{d]}$$

$G$  – sucha masa osadów wtórnych ( $G = 10694,6 \text{ [kg/d]}$ )

$\rho$  – gęstość osadów z osadnika wtórnego ( $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ )

$W$  – uwodnienie osadu z osadnika wtórnego ( $W = 98,5 \text{ [%]}$ )

$$V = \frac{10694,6}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 713 \text{ [m}^3/\text{d]}$$

## Właściwości osadu ze strącania fosforu

### ILOŚĆ OSADÓW PO CHEMICZNYM STRĄCANIU FOSFORU

$$G = \{Q \cdot [Z_p + \sum_{i=1}^n (D_i \cdot f_i + D_i \cdot k_i) - Z_k]\} / 1000 \text{ [kg s.m./d]}$$

$Q_{d\max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d\max} = 17393 \text{ [m}^3/\text{d]}$ )

$Z_p$  – stężenie fosforu w ściekach doprowadzanych do miejsca dawkowania reagentów ( $Z_p = 6,2 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )



$Z_K$  – stężenie fosforu w ściekach odprowadzanych po chemicznym strącaniu ( $Z_p = 1,6 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )  
 $D_i$  – dawka  $Al_2(SO_4)_3$  w przeliczeniu na suchą masę substancji chemicznie czystej i bezwodnej ( $73 \text{ [g/m}^3\text{]}$ )  
 $k$  – współczynnik przeliczeniowy uwzględniający zawartość substancji nierozpuszczalnych w reagenie ( $k = 1,4 \text{ [%]}$ )  
 $f$  – współczynnik przeliczeniowy masy reagentu  $Al_2(SO_4)_3$  w postaci czystej i bezwodnej na produkt techniczny ( $f = 2,12$ )  
 $n$  – liczba stosowanych reagentów ( $n = 1$ )

$$G = \{17393 \cdot [6,2 + \sum_{i=1}^1 (73 \cdot 2,12 + 73 \cdot 0,014) - 1,6]\} / 1000 = 2864,8 \text{ [kg s.m./d]}$$

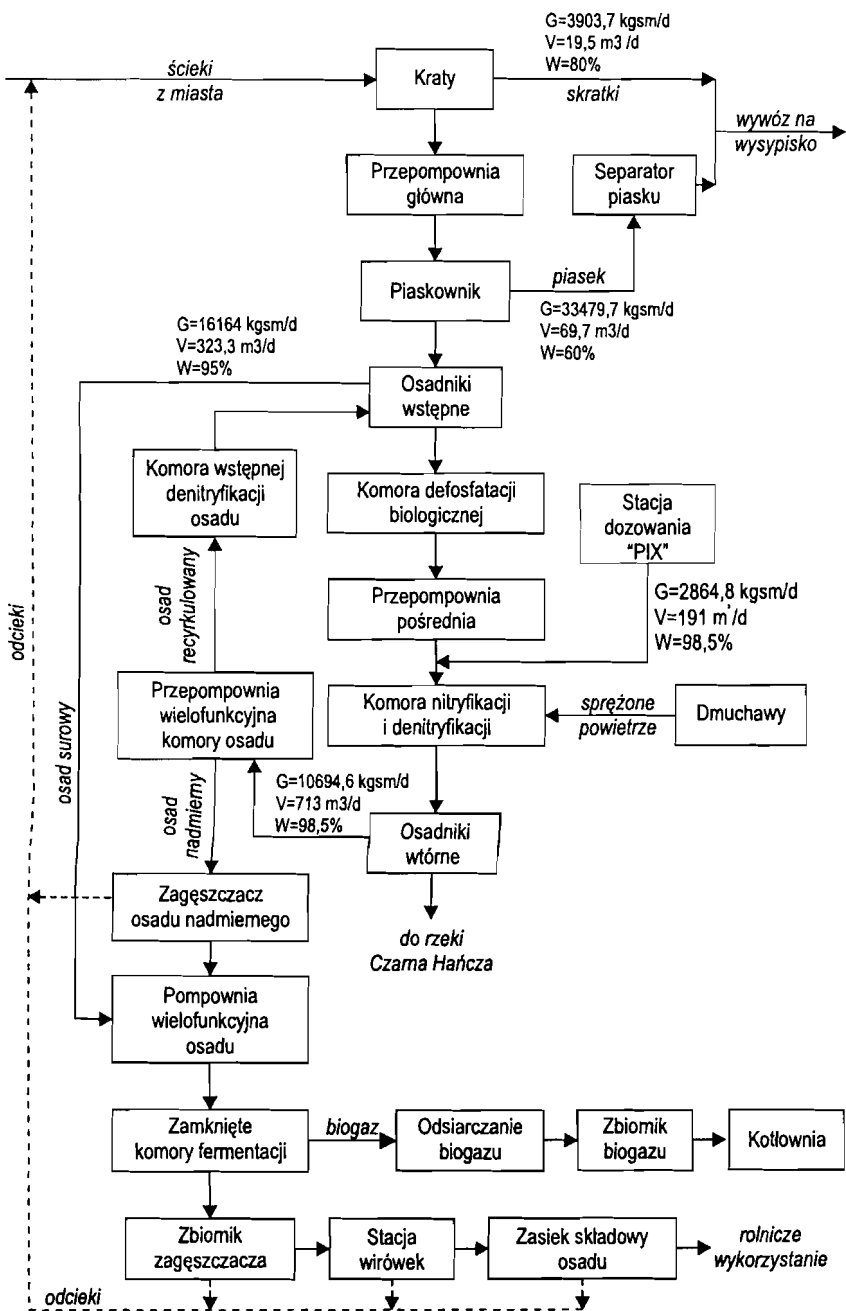
## OBJĘTOŚĆ OSADÓW PO CHEMICZNYM STRĄCANIU FOSFORU

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

$G$  – sucha masa osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $G = 2864,8 \text{ [kg/d]}$ )  
 $\rho$  – gęstość osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ )  
 $W$  – uwodnienie osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $W = 98,5 \text{ [%]}$ )

$$V = \frac{2864,8}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 191 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

Schemat 3.1. Osady w oczyszczalni ścieków w Suwałkach



Źródło: opracowanie własne.

## 4. OCZYSZCZALNIA W AUGUSTOWIE

Maksymalny dobowy przepływ zanieczyszczeń  $Q_{d\max} = 6350 \text{ m}^3/\text{d}$

### Charakterystyka ścieków

- średnia ilość BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 350 \text{ mg/l}$
- średnia ilość ChZT w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 880 \text{ mg/l}$
- średnia ilość zawiesiny w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 554 \text{ mg/l}$
- średnia ilość azotu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 96,6 \text{ mg/l}$
- średnia ilość fosforu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 31,8 \text{ mg/l}$

### Charakterystyka osadów, skratek i piasku

Tabela 4.1. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Augustowie - seria I

| Próba             | Azot gólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-------------------|------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                   | g/kg s.m.  | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki           | 17,0       | 1,70   | 0,05         | 0,005  | 3,56          | 1,63                                | 65,7  | 34,3       | 90,3        | 5,86 |
| piasek            | 10,0       | 1,00   | 0,05         | 0,005  | 5,17          | 2,37                                | 50,80 | 49,2       | 38,0        | 6,21 |
| osad rec.         | 64,0       | 6,40   | 0,61         | 0,061  | 33,32         | 15,27                               | 99,24 | 0,76       | 74,1        | 6,50 |
| osad po zagęszcz. | 52,7       | 5,27   | 0,53         | 0,053  | 30,14         | 13,81                               | 97,6  | 2,4        | 75,7        | 6,52 |
| osad po stab.     | 56,4       | 0,56   | 1,4          | 0,14   | 28,0          | 12,84                               | 97,5  | 2,5        | 67,0        | 7,1  |
| osad po prasie    | 21,2       | 2,12   | 0,5          | 0,05   | 7,1           | 3,24                                | 82,5  | 17,5       | 73,0        | 6,9  |

Tabela 4.2. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Augustowie - seria II

| Próba             | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                   | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki           | 58,2        | 5,82   | 0,04         | 0,004  | 1,78          | 0,82                                | 68,5  | 31,5       | 89,7        | 6,08 |
| piasek            | 5,2         | 0,52   | 0,05         | 0,005  | 1,66          | 0,76                                | 34,7  | 65,3       | 26,6        | 6,37 |
| osad rec.         | 52,0        | 5,2    | 0,7          | 0,07   | 30,1          | 13,8                                | 99,0  | 1,0        | 72,0        | 6,6  |
| osad po zagęszcz. | 48,1        | 0,48   | 0,6          | 0,06   | 26,2          | 12,0                                | 97,2  | 2,8        | 64,0        | 6,7  |
| osad po stab.     | 50,0        | 0,5    | 4,1          | 0,41   | 20,1          | 9,22                                | 96,0  | 4,0        | 67,2        | 6,75 |
| osad po prasie    | 27,2        | 2,72   | 0,59         | 0,059  | 6,12          | 2,80                                | 84,3  | 15,7       | 70,6        | 6,94 |

Tabela 4.3. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Augustowie - seria III

| Próba             | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH   |
|-------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|------|
|                   | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |      |
| skratki           | 12,2        | 0,12   | 0,1          | 0,01   | 4,1           | 1,88                                | 64,0  | 36,0       | 90,0        | 5,8  |
| piasek            | 3,4         | 0,34   | 0,5          | 0,005  | 9,12          | 4,18                                | 18,4  | 81,6       | 3,1         | 6,24 |
| osad rec.         | 60,4        | 6,04   | 6,36         | 0,64   | 41,70         | 19,1                                | 99,14 | 0,86       | 69,2        | 6,91 |
| osad po zagęszcz. | 55,2        | 5,52   | 4,79         | 0,48   | 39,30         | 18,0                                | 96,7  | 3,3        | 71,8        | 6,71 |
| osad po stab.     | 68,9        | 6,89   | 14,8         | 1,42   | 38,8          | 17,8                                | 97,5  | 2,5        | 68,3        | 7,58 |
| osad po prasie    | 24,1        | 0,24   | 1,2          | 0,12   | 6,9           | 3,16                                | 94,6  | 5,4        | 69,0        | 7,4  |

## Właściwości skratek

### IŁOŚĆ SKRATEK

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} [\text{kg/d}]$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{BZT_5} = 350 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{ChZT}$  – stężenie ChZT w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{ChZT} = 880 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na kratę ( $Z_{zaw.} = 554 [\text{g/m}^3]$ )

$\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> na kracie ( $\eta_{BZT_5} = 10 [\%]$ )

$\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania ChZT na kracie ( $\eta_{ChZT} = 5 [\%]$ )

$\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na kracie ( $\eta_{zaw.} = 5 [\%]$ )

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 6350 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$$G = \frac{6350 \cdot 350 \cdot 0,1 + 6350 \cdot 554 \cdot 0,05 + 6350 \cdot 880 \cdot 0,05}{1000} = 677,5 [\text{kg s.m./d}]$$

### OBJĘTOŚĆ SKRATEK

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

$G$  – sucha masa skratek ( $G = 677,5 [\text{kg s.m./d}]$ )

$\rho$  – gęstość skratek ( $\rho = 1000 [\text{kg/m}^3]$ )

$W$  – uwodnienie skratek ( $W = 80 [\%]$ )

$$V = \frac{677,5}{1000 \cdot (100 - 80)} \cdot 100 = 3,4 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadu z piaskownika

### ILOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{ChZT} \cdot \eta_{ChZT} + Q_{d \max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} [\text{kg/d}]$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{BZT_5} = 343 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{ChZT}$  – stężenie ChZT w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{ChZT} = 836 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{zaw.} = 526,3 [\text{g/m}^3]$ )

$\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> na piaskowniku ( $\eta_{BZT_5} = 23 [\%]$ )

$\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania ChZT na piaskowniku ( $\eta_{ChZT} = 52 [\%]$ )

$\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na piaskowniku ( $\eta_{zaw.} = 99,5 [\%]$ )

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 6350 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$$G = \frac{6350 \cdot 343 \cdot 0,23 + 6350 \cdot 836 \cdot 0,52 + 6350 \cdot 526,3 \cdot 0,05}{1000} = 3428,5 [\text{kg s.m./d}]$$

### OBJĘTOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

$G$  – sucha masa osady z piaskownika ( $G = 3428,5 [\text{kg s.m./d}]$ )

$\rho$  – gęstość mokrego piachu ( $\rho = 1200 [\text{kg/m}^3]$ )

$W$  – uwodnienie osadu ( $W = 60 [\%]$ )

$$V = \frac{3428,5}{1200 \cdot (100 - 60)} \cdot 100 = 7,1 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadów wtórnych

### ILOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

$$G = Q_{d \max} \cdot S_B \cdot \eta_B \cdot \Delta m_B + Q_{d \max} \cdot S_C \cdot \eta_C \cdot \Delta m_C [\text{kg s.m./d}]$$

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 6350 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$S_B$  – stężenie BZT<sub>5</sub> ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,3 [\text{kg/m}^3]$ )

$\Delta m_B$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego BZT<sub>5</sub> ( $\Delta m = 0,63 [\text{kg s.m./kg BZT}_5]$ )

$\eta_B$  – efekt zatrzymania BZT<sub>5</sub> w części biologicznej ( $\eta_B = 93 [\%]$ )

$S_C$  – stężenie ChZT ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,82 [\text{kg/m}^3]$ )

$\Delta m_C$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego ChZT ( $\Delta m = 0,63$  [kg s.m./kg ChZT])

$\eta_C$  – efekt zatrzymania ChZT w części biologicznej ( $\eta_C = 85$  [%])

$$G = 6350 \cdot 0,3 \cdot 0,93 \cdot 0,63 + 6350 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 0,63 = 10772,3 \text{ [kg s.m./d]}$$

## OBJĘTOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

Ponieważ uwodnienie osadu  $W > 90$  [%], to gęstość osadu  $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>].

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

$G$  – sucha masa osadów wtórnych ( $G = 5542,7$  [kg/d])

$\rho$  – gęstość osadów z osadnika wtórnego ( $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>])

$W$  – uwodnienie osadu z osadnika wtórnego ( $W = 98,5$  [%])

$$V = \frac{5542,7}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 369,5 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

## Właściwości osadu ze strącania fosforu

### ILOŚĆ OSADÓW PO CHEMICZNYM STRĄCANIU FOSFORU

$$G = \{Q \cdot [Z_p + \sum_{i=1}^n (D_i \cdot f_i + D_i \cdot k_i) - Z_K]\} / 1000 \text{ [kg s.m./d]}$$

$Q_{d\max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d\max} = 6350$  [m<sup>3</sup>/d])

$Z_p$  – stężenie fosforu w ściekach doprowadzanych do miejsca dawkowania reagentów ( $Z_p = 5,2$  [g/m<sup>3</sup>])

$Z_K$  – stężenie fosforu w ściekach odprowadzanych po chemicznym strącaniu ( $Z_p = 1,2$  [g/m<sup>3</sup>])

$D_i$  – dawka  $Al_2(SO_4)_3$  w przeliczeniu na suchą masę substancji chemicznie czystej i bezwodnej (73 [g/m<sup>3</sup>])

$k$  – współczynnik przeliczeniowy uwzględniający zawartość substancji nierozpuszczalnych w reagenzie ( $k = 1,4$  [%])

$f$  – współczynnik przeliczeniowy masy reagentu  $Al_2(SO_4)_3$  w postaci czystej i bezwodnej na produkt techniczny ( $f = 2,12$ )

$n$  – liczba stosowanych reagentów ( $n = 1$ )

$$G = \{6350 \cdot [5,2 + \sum_{i=1}^1 (73 \cdot 2,12 + 73 \cdot 0,014) - 1,2]\} / 1000 = 1045,9 \text{ [kg s.m./d]}$$

## OBJĘTOŚĆ OSADÓW PO CHEMICZNYM STRĄCANIU FOSFORU

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

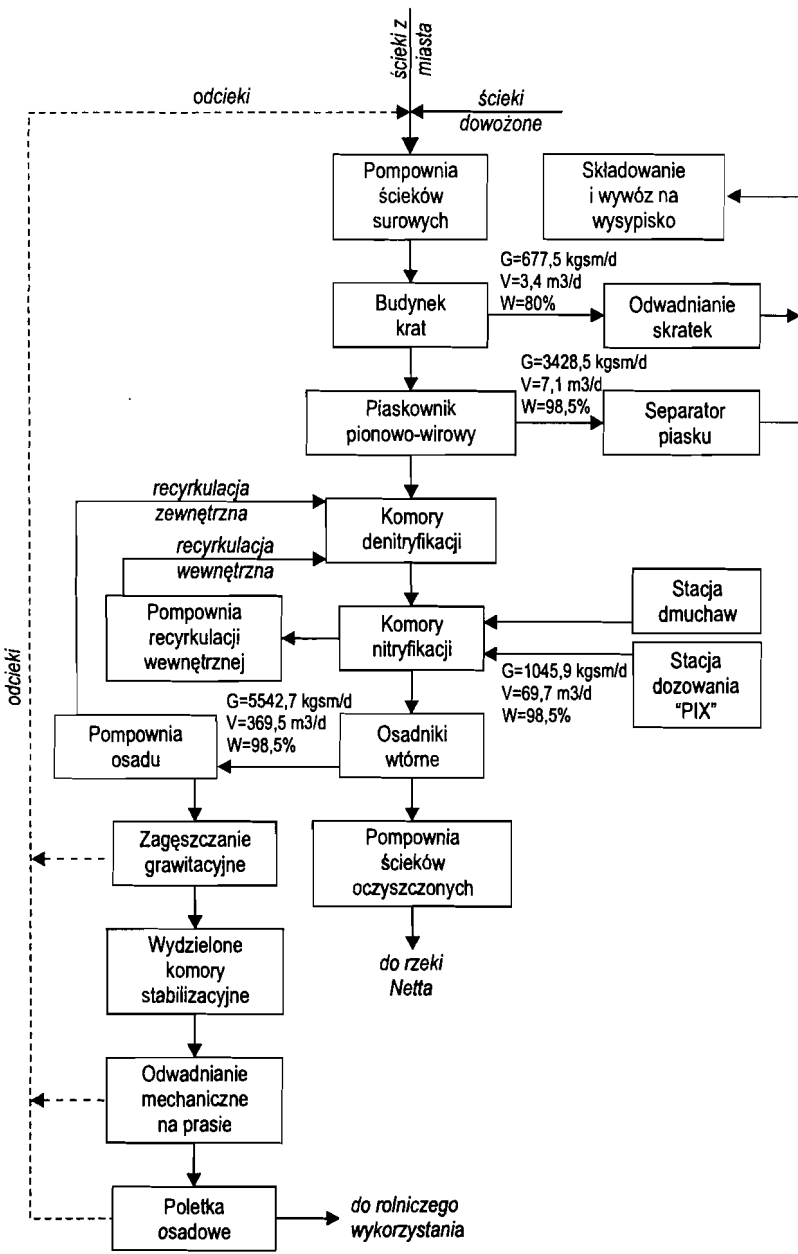
G – sucha masa osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $G = 1045,9$  [kg/d])

$\rho$  – gęstość osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>])

W – uwodnienie osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $W = 98,5$  [%])

$$V = \frac{1045,9}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 69,7 [\text{m}^3/\text{d}]$$

Schemat 4.1. Osady w oczyszczalni ścieków w Augustowie



Źródło: opracowanie własne.



# 5. OCZYSZCZALNIA W WYSOKIEM MAZOWIECKIEM

Maksymalny dobowy przepływ zanieczyszczeń  $Q_{d \max} = 4700 \text{ m}^3/\text{d}$

## Charakterystyka ścieków

- średnia ilość BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 1276 \text{ mg/l}$
- średnia ilość ChZT w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 3200 \text{ mg/l}$
- średnia ilość zawiesiny w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 490 \text{ mg/l}$
- średnia ilość azotu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 126 \text{ mg/l}$
- średnia ilość fosforu ogólnego w ściekach dopływających na oczyszczalnię  $s = 490 \text{ m}^3/\text{l}$

## Charakterystyka osadów, skratek i piasku

Tabela 5.1. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Wysokiem Mazowieckiem - seria I

| Próba                | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH    |
|----------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|-------|
|                      | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |       |
| skratki              | 10,1        | 0,1    | 0,9          | 0,09   | 8,2           | 0,82                                | 57    | 43         | 69          | 6,3   |
| piasek               | 3,89        | 0,38   | 0,5          | 0,05   | 4,0           | 0,4                                 | 48    | 52         | 48          | 6,4   |
| osad przed stab.     | 62,1        | 0,62   | 4,2          | 0,42   | 12,36         | 0,12                                | 97,2  | 2,8        | 65,0        | 6,9   |
| osad po stab.        | 78,76       | 0,78   | 9,12         | 0,91   | 19,6          | 0,19                                | 91,0  | 9,0        | 66,2        | 7,0   |
| osad odwodniony      | 76,26       | 7,63   | 0,1          | 0,01   | 18,9          | 8,66                                | 84,0  | 16,0       | 85,9        | 6,77  |
| osad po higienizacji | 55,5        | 5,55   | 0,78         | 0,08   | 8,92          | 4,09                                | 68,9  | 31,1       | 27,5        | 12,61 |

Tabela 5.2. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
- oczyszczalnia ścieków w Wysokiem Mazowieckiem - seria II

| Próba                | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH    |
|----------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|-------|
|                      | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |       |
| skratki              | 12,1        | 1,21   | 0,6          | 0,06   | 6,1           | 2,79                                | 66    | 34         | 84,0        | 6,1   |
| piasek               | 2,6         | 0,26   | 0,8          | 0,08   | 8,2           | 3,75                                | 50,8  | 49,2       | 32          | 6,21  |
| osad przed stab.     | 70,6        | 7,06   | 3,1          | 0,31   | 18,69         | 8,56                                | 95,9  | 4,1        | 79,7        | 6,76  |
| osad po stab.        | 77,5        | 7,75   | 8,79         | 0,88   | 19,39         | 8,88                                | 94,7  | 5,3        | 79,4        | 6,95  |
| osad odwodniony      | 68,0        | 6,8    | 0,9          | 0,09   | 16,1          | 7,37                                | 86,1  | 13,9       | 66,1        | 6,8   |
| osad po higienizacji | 65,0        | 6,5    | 0,88         | 0,088  | 17,0          | 7,79                                | 78,6  | 21,4       | 65,8        | 12,38 |

Tabela 5.3. Wyniki badań skratek, piasku i osadu  
 - oczyszczalnia ścieków w Wysokiem Mazowieckiem - seria III

| Próba                | Azot ogólny |        | Azot amonowy |        | Fosfor ogólny |                                     | Uwod. | Sucha masa | Subst. org. | pH    |
|----------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|-------------------------------------|-------|------------|-------------|-------|
|                      | g/kg s.m.   | % s.m. | g/kg s.m.    | % s.m. | g/kg s.m.     | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> s.m. | %     | %          | % s.m.      |       |
| skratki              | 6,8         | 0,68   | 0,8          | 0,08   | 5,4           | 2,47                                | 65    | 35         | 69,0        | 6,0   |
| piasek               | 3,1         | 0,31   | 0,5          | 0,05   | 6,2           | 2,84                                | 48,2  | 51,8       | 28,0        | 6,3   |
| osad przed stab.     | 93,6        | 9,36   | 2,91         | 0,29   | 22,5          | 10,31                               | 87,6  | 12,4       | 82,9        | 7,13  |
| osad po stab.        | 97,1        | 9,71   | 5,9          | 0,59   | 23,1          | 10,59                               | 96,22 | 3,78       | 83,1        | 7,01  |
| osad odwodniony      | 62,90       | 6,29   | 2,12         | 0,21   | 17,0          | 7,79                                | 86,2  | 3,8        | 62,0        | 6,9   |
| osad po higienizacji | 58,8        | 5,88   | 1,67         | 0,17   | 14,0          | 6,42                                | 81,5  | 18,5       | 52,6        | 12,71 |

## Właściwości skratek

### ILOŚĆ SKRATEK

$$G = \frac{Q_{d\max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d\max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} \text{ [kg/d]}$$

- Z<sub>BZT5</sub>– stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających na kratę (Z<sub>BZT5</sub> = 1276[g/m<sup>3</sup>])
- Z<sub>ChZT</sub>– stężenie ChZT w ściekach dopływających na kratę (Z<sub>ChZT</sub> = 3200 [g/m<sup>3</sup>])
- Z<sub>zaw.</sub>– stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na kratę (Z<sub>zaw.</sub> = 490 [g/m<sup>3</sup>])
- η<sub>BZT5</sub>– sprawność usuwania BZT<sub>5</sub> na kracie (η<sub>BZT5</sub> = 10 [%])
- η<sub>ChZT</sub>– sprawność usuwania ChZT na kracie (η<sub>ChZT</sub> = 5[%])
- η<sub>zaw.</sub>– sprawność usuwania zawiesiny na kracie (η<sub>zaw.</sub> = 5 [%])
- Q<sub>d max</sub> – maksymalny dobowy przepływ ścieków (Q<sub>d max</sub> = 4700 [m<sup>3</sup>/d])

$$G = \frac{4700 \cdot 1276 \cdot 0,1 + 4700 \cdot 3200 \cdot 0,05 + 4700 \cdot 490 \cdot 0,05}{1000} = 1466,9 \text{ [kg s.m./d]}$$

### OBJĘTOŚĆ SKRATEK

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

- G – sucha masa skratek (G = 1466,9 [kg s.m./d])
- ρ – gęstość skratek (ρ = 1000 [kg/m<sup>3</sup>])
- W – uwodnienie skratek (W = 80 [%])

$$V = \frac{1466,9}{1000 \cdot (100 - 80)} \cdot 100 = 7,3 \text{ [m}^3\text{/d]}$$

## Właściwości osadu z piaskownika

### IŁOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$G = \frac{Q_{d \max} \cdot Z_{BZT_5} \cdot \eta_{BZT_5} + Q_{d \max} \cdot Z_{zaw.} \cdot \eta_{zaw.}}{1000} [\text{kg/d}]$$

$Z_{BZT_5}$  – stężenie  $BZT_5$  w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{BZT_5} = 1021 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{ChZT}$  – stężenie  $ChZT$  w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{ChZT} = 3040 [\text{g/m}^3]$ )

$Z_{zaw.}$  – stężenie zawiesiny w ściekach dopływających na piaskownik ( $Z_{zaw.} = 465,5 [\text{g/m}^3]$ )

$\eta_{BZT_5}$  – sprawność usuwania  $BZT_5$  na piaskowniku ( $\eta_{BZT_5} = 23 [\%]$ )

$\eta_{ChZT}$  – sprawność usuwania  $ChZT$  na piaskowniku ( $\eta_{ChZT} = 52 [\%]$ )

$\eta_{zaw.}$  – sprawność usuwania zawiesiny na piaskowniku ( $\eta_{zaw.} = 99,5 [\%]$ )

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 6350 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$$G = \frac{4700 \cdot 1021 \cdot 0,23 + 4700 \cdot 3040 \cdot 0,52 + 4700 \cdot 465,5 \cdot 0,995}{1000} = 8642,8 [\text{kg s.m./d}]$$

### OBJĘTOŚĆ OSADÓW Z PIASKOWNIKA

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

$G$  – sucha masa osady z piaskownika ( $G = 8642,8 [\text{kg s.m./d}]$ )

$\rho$  – gęstość mokrego piachu ( $\rho = 1200 [\text{kg/m}^3]$ )

$W$  – uwodnienie osadu ( $W = 60 [\%]$ )

$$V = \frac{8642,8}{1200 \cdot (100 - 60)} \cdot 100 = 18 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadów wtórnych

### IŁOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

$$G = Q_{d \max} \cdot S_B \cdot \eta_B \cdot \Delta m_B + Q_{d \max} \cdot S_C \cdot \eta_C \cdot \Delta m_C [\text{kg s.m./d}]$$

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 4700 [\text{m}^3/\text{d}]$ )

$S_B$  – stężenie  $BZT_5$  ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,3 [\text{kg/m}^3]$ )

$\Delta m_B$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego  $BZT_5$  ( $\Delta m = 0,63 [\text{kg s.m./kg BZT}_5]$ )

$\eta_B$  – efekt zatrzymania  $BZT_5$  w części biologicznej ( $\eta_B = 93 [\%]$ )

$S_C$  – stężenie  $ChZT$  ścieków doprowadzanych na biologiczny stopień oczyszczania ( $S = 0,82 [\text{kg/m}^3]$ )

$\Delta m_c$  – jednostkowy przyrost masy osadu czynnego przypadający na 1 [kg] usuniętego ChZT ( $\Delta m = 0,63$  [kg s.m./kg ChZT])

$\eta_c$  – efekt zatrzymania ChZT w części biologicznej ( $\eta_c = 85$  [%])

$$G = 4700 \cdot 0,3 \cdot 0,93 \cdot 0,63 + 4700 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 0,63 = 2889,9 [\text{kg s.m./d}]$$

## OBJĘTOŚĆ OSADÓW WTÓRNYCH

Ponieważ uwodnienie osadu  $W > 90$  [%], to gęstość osadu  $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>].

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

$G$  – sucha masa osadów wtórnych ( $G = 2889,9$  [kg/d])

$\rho$  – gęstość osadów z osadnika wtórnego ( $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>])

$W$  – uwodnienie osadu z osadnika wtórnego ( $W = 98,5$  [%])

$$V = \frac{2889,9}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 192,7 [\text{m}^3/\text{d}]$$

## Właściwości osadu ze strącania fosforu

### IŁOŚĆ OSADÓW PO CHEMICZNYM STRĄCANIU FOSFORU

$$G = \{Q \cdot [Z_p + \sum_{i=1}^n (D_i \cdot f_i + D_i \cdot k_i) - Z_k]\} / 1000 [\text{kg s.m./d}]$$

$Q_{d \max}$  – maksymalny dobowy przepływ ścieków ( $Q_{d \max} = 4700$  [m<sup>3</sup>/d])

$Z_p$  – stężenie fosforu w ściekach doprowadzanych do miejsca dawkowania reagentów ( $Z_p = 49$  [g/m<sup>3</sup>])

$Z_k$  – stężenie fosforu w ściekach odprowadzanych po chemicznym strącaniu ( $Z_p = 1,9$  [g/m<sup>3</sup>])

$D_i$  – dawka  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  w przeliczeniu na suchą masę substancji chemicznie czystej i bezwodnej (73 [g/m<sup>3</sup>])

$k$  – współczynnik przeliczeniowy uwzględniający zawartość substancji nierozpuszczalnych w reagencie ( $k = 1,4$  [%])

$f$  – współczynnik przeliczeniowy masy reagentu  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  w postaci czystej i bezwodnej na produkt techniczny ( $f = 2,12$ )

$n$  – liczba stosowanych reagentów ( $n = 1$ )

$$G = \{4700 \cdot [49 + \sum_{i=1}^1 (73 \cdot 2,12 + 73 \cdot 0,014) - 1,9]\} / 1000 = 774,2 [\text{kg s.m./d}]$$

## OBJĘTOŚĆ OSADÓW PO CHEMICZNYM STRĄCANIU FOSFORU

$$V = \frac{G}{\rho \cdot (100 - W)} \cdot 100 [\text{m}^3/\text{d}]$$

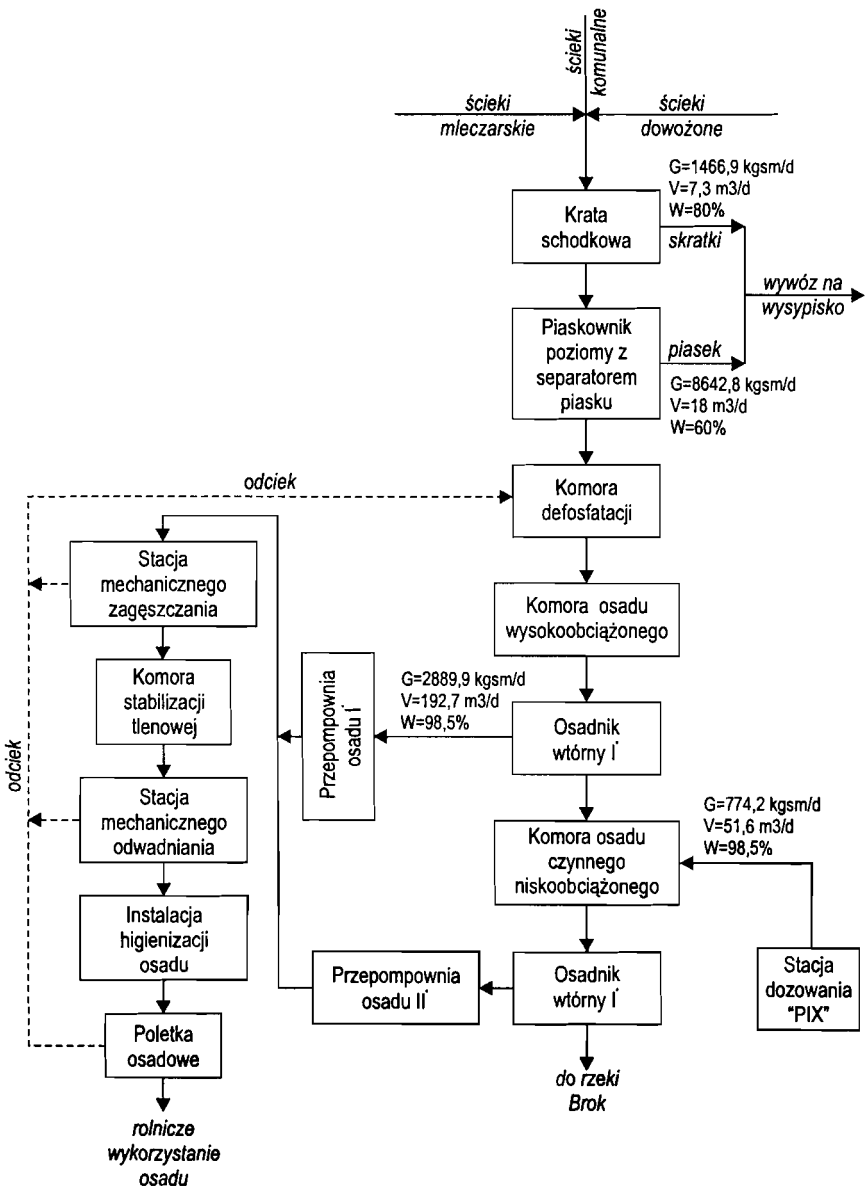
G – sucha masa osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $G = 774,2$  [kg/d])

$\rho$  – gęstość osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>])

W – uwodnienie osadów po chemicznym strącaniu fosforu ( $W = 98,5$  [%])

$$V = \frac{774,2}{1000 \cdot (100 - 98,5)} \cdot 100 = 51,6 [\text{m}^3/\text{d}]$$

Schemat 5.1. Osady w oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem



Źródło: opracowanie własne.

# OCENA EFEKTYWNOŚCI PRACY ANALIZOWANYCH OCZYSZCZALNI

## I. EFEKTY USUNIĘCIA WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW ZANIECZYSZCZEŃ

Efektywność pracy poszczególnych oczyszczalni mierzona procentowym obniżeniem poszczególnych wskaźników przedstawiono w poniższym zestawieniu w postaci tabelarycznej i rysunkowej.

Największe rozbieżności zaobserwowano w przypadku fosforu, efekt jego usunięcia w dużym stopniu warunkowany był stężeniem tego pierwiastka w ściekach surowych.

Efektywność usunięcia BZT<sub>5</sub> w analizowanych oczyszczalniach wynosi (%):

- Mońki: 97,60 – 99,60
- Hajnówka: 94,29 – 98,44
- Suwałki: 98,72 – 98,86
- Augustów: 92,00 – 97,00
- Wysokie Mazowieckie: 97,07 – 98,85

Efektywność usunięcia ChZT w analizowanych oczyszczalniach wynosi (%):

- Mońki: 94,28 – 99,98
- Hajnówka: 91,71 – 97,92
- Suwałki: 91,30 – 96,98
- Augustów: 88,73 – 97,90
- Wysokie Mazowieckie: 98,03 – 99,30

Tabela 5.1. Efekt usunięcia wybranych wskaźników zanieczyszczeń - oczyszczalnia ścieków w Mońkach

| Seria | BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | ChZT [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Azot amonowy [mg/l N- NH <sub>4</sub> ] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Azot ogólny Kjejdahla [mg/l N] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Fosfor ogólny [mg/l P] |        | Efekt<br>usunięcia [%] |
|-------|----------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------|--------|------------------------|-----------------------------------------|--------|------------------------|--------------------------------|--------|------------------------|------------------------|--------|------------------------|
|       | miejsce pomiarów                       |        |                        | miejsce pomiarów           |        |                        | miejsce pomiarów                        |        |                        | miejsce pomiarów               |        |                        | miejsce pomiarów       |        |                        |
|       | dopływ                                 | odpływ |                        | dopływ                     | odpływ |                        | dopływ                                  | odpływ |                        | dopływ                         | odpływ |                        | dopływ                 | odpływ |                        |
| I     | 625                                    | 5      | 99,2                   | 1200                       | 37,1   | 96,91                  | 70                                      | 0,3    | 99,57                  | 123,75                         | 5,1    | 95,88                  | 30                     | 3      | 90,0                   |
| II    | 250                                    | 5      | 98,0                   | 510                        | <0,1   | 99,98                  | 60,5                                    | 0,75   | 98,76                  | -                              | -      | -                      | 34,2                   | 5      | 85,38                  |
| III   | 500                                    | 2      | 99,6                   | 856                        | 49     | 94,28                  | 10                                      | 0,61   | 93,90                  | 7,6                            | 1,1    | 85,53                  | 20,9                   | 1,5    | 92,82                  |
| IV    | 300                                    | -      | -                      | 418                        | -      | -                      | 7,56                                    | -      | -                      | 49                             | -      | -                      | 3,1                    | -      | -                      |
| V     | 500                                    | 12     | 97,6                   | 1834                       | 45,1   | 97,54                  | 39,5                                    | 3,5    | 91,14                  | 138                            | 10     | 92,75                  | 12,2                   | 7,24   | 40,66                  |

DOPLYW - Ścieki surowe; ODPLYW - Ścieki oczyszczone uśrednione - odpływ z oczyszczalni

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.2. Efekt usunięcia wybranych wskaźników zanieczyszczeń - oczyszczalnia ścieków w Hajnówce

| Seria | BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt usunięcia [%] | ChZT [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt usunięcia [%] | Azot amonowy [mg/l N- NH <sub>4</sub> ] |        | Efekt usunięcia [%] | Azot ogólny Kjejdahla [mg/l N] |        | Efekt usunięcia [%] | Fosfor ogólny [mg/l P] |        | Efekt usunięcia [%] |
|-------|----------------------------------------|--------|---------------------|----------------------------|--------|---------------------|-----------------------------------------|--------|---------------------|--------------------------------|--------|---------------------|------------------------|--------|---------------------|
|       | miejsce pomiarów                       |        |                     | miejsce pomiarów           |        |                     | miejsce pomiarów                        |        |                     | miejsce pomiarów               |        |                     |                        |        |                     |
|       | dopływ                                 | odpływ |                     | dopływ                     | odpływ |                     | dopływ                                  | odpływ |                     | dopływ                         | odpływ |                     | dopływ                 | odpływ |                     |
| I     | 900                                    | 14     | 98,44               | 1033                       | 37     | 96,42               | 22,5                                    | 3,45   | 84,67               | 39                             | 10     | 74,36               | 17                     | 0,23   | 98,65               |
| II    | 702                                    | 15     | 97,86               | 1200                       | 25     | 97,92               | 75                                      | 2,1    | 97,2                | 110                            | 7,3    | 93,36               | 21                     | 3,2    | 84,76               |
| III   | 700                                    | 40     | 94,29               | 1138                       | 50     | 95,61               | 38                                      | 4,1    | 89,21               | 150                            | 7      | 95,33               | 8,3                    | 1      | 87,95               |
| IV    | 600                                    | 25     | 95,83               | 1520                       | 126    | 91,71               | 28,8                                    | 2,7    | 90,63               | 98                             | 8      | 91,84               | 11,2                   | 1,15   | 89,73               |

DOPLYW - Ścieki surowe z komory rozdziatu; ODPLYW - Ścieki oczyszczone na wylocie z oczyszczalni.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.3. Efekt usunięcia wybranych wskaźników zanieczyszczeń - oczyszczalnia ścieków w Suwałkach

| Seria | BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | ChZT [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Azot amonowy [mg/l N- NH <sub>4</sub> ] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Azot ogólny Kjejdahla [mg/l N] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Fosfor ogólny [mg/l P] |        | Efekt<br>usunięcia [%] |
|-------|----------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------|--------|------------------------|-----------------------------------------|--------|------------------------|--------------------------------|--------|------------------------|------------------------|--------|------------------------|
|       | miejsce pomiarów                       |        |                        | miejsce pomiarów           |        |                        | miejsce pomiarów                        |        |                        | miejsce pomiarów               |        |                        | miejsce pomiarów       |        |                        |
|       | dopływ                                 | odpływ |                        | dopływ                     | odpływ |                        | dopływ                                  | odpływ |                        | dopływ                         | odpływ |                        | dopływ                 | odpływ |                        |
| I     | 1250                                   | 16     | 98,72                  | 2189                       | 90     | 95,89                  | 58                                      | 1,65   | 97,16                  | 244                            | 36     | 85,25                  | 17,4                   | 3,2    | 81,61                  |
| II    | -                                      | -      | -                      | 1459                       | 44     | 96,98                  | 80,5                                    | 1,9    | 97,64                  | -                              | -      | -                      | 19                     | 7      | 63,16                  |
| III   | 700                                    | 8      | 98,86                  | 1632                       | 142    | 91,3                   | 30                                      | 5      | 83,33                  | 57                             | 6,1    | 89,3                   | 20                     | 0,43   | 97,85                  |

DOPLYW - Ścieki z miasta; ODPLYW - Ścieki oczyszczone

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 5.4. Efekt usunięcia wybranych wskaźników zanieczyszczeń - oczyszczalnia ścieków w Augustowie

| Seria | BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | ChZT [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Azot amonowy [mg/l N- NH <sub>4</sub> ] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Azot ogólny Kjejdahla [mg/l N] |        | Efekt<br>usunięcia [%] | Fosfor ogólny [mg/l P] |        | Efekt<br>usunięcia [%] |
|-------|----------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------|--------|------------------------|-----------------------------------------|--------|------------------------|--------------------------------|--------|------------------------|------------------------|--------|------------------------|
|       | miejsce pomiarów                       |        |                        | miejsce pomiarów           |        |                        | miejsce pomiarów                        |        |                        | miejsce pomiarów               |        |                        | miejsce pomiarów       |        |                        |
|       | dopływ                                 | odpływ |                        | dopływ                     | odpływ |                        | dopływ                                  | odpływ |                        | dopływ                         | odpływ |                        | dopływ                 | odpływ |                        |
| I     | -                                      | -      | -                      | 676                        | 17     | 97,49                  | 83                                      | 0,0    | 100,0                  | 52                             | 4      | 92,31                  | 10,6                   | 4      | 62,26                  |
| II    | 400                                    | 12     | 97,0                   | 858                        | 68     | 92,07                  | 71,5                                    | 0,2    | 99,72                  | 181                            | 17,4   | 90,39                  | 11,4                   | 1,4    | 87,72                  |
| III   | -                                      | -      | -                      | 1049                       | 22     | 97,90                  | 52                                      | 2,15   | 95,87                  | 90                             | 8      | 91,11                  | 29,4                   | 3,3    | 88,78                  |
| IV    | 200                                    | 16     | 92,0                   | 1066                       | 26     | 97,56                  | 36                                      | 0,72   | 98,0                   | 55                             | 2,1    | 96,18                  | 19,8                   | 0,9    | 95,45                  |
| V     | 450                                    | 14     | 96,89                  | 754                        | 85     | 88,73                  | 60                                      | 0,1    | 99,83                  | 105                            | 4,9    | 95,33                  | 15                     | 0,8    | 94,67                  |

DOPŁYW - Ścieki surowe - z przepompowni; ODPLYW - Ścieki po osadniku oczyszczone

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.5. Efekt usunięcia wybranych wskaźników zanieczyszczeń - oczyszczalnia ścieków w Wysokiem Mazowieckiem

| Seria | BZT <sub>5</sub> [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt usunięcia [%] | ChZT [mgO <sub>2</sub> /l] |        | Efekt usunięcia [%] | Azot amonowy [mg/l N- NH <sub>4</sub> ] |        | Efekt usunięcia [%] | Azot ogólny Kjejdahla [mg/l N] |        | Efekt usunięcia [%] | Fosfor ogólny [mg/l P] |        | Efekt usunięcia [%] |
|-------|----------------------------------------|--------|---------------------|----------------------------|--------|---------------------|-----------------------------------------|--------|---------------------|--------------------------------|--------|---------------------|------------------------|--------|---------------------|
|       | miejsce pomiarów                       |        |                     | miejsce pomiarów           |        |                     | miejsce pomiarów                        |        |                     | miejsce pomiarów               |        |                     | miejsce pomiarów       |        |                     |
|       | dopływ                                 | odpływ |                     | dopływ                     | odpływ |                     | dopływ                                  | odpływ |                     | dopływ                         | odpływ |                     | dopływ                 | odpływ |                     |
| I     | 330                                    | 7      | 97,88               | 3835                       | 27     | 99,30               | 50                                      | 1,05   | 97,90               | 86,2                           | 4,5    | 94,78               | 0,9                    | 0,1    | 88,89               |
| II    | 1300                                   | 15     | 98,85               | 2099                       | 40     | 98,09               | 64                                      | 1,28   | 98,00               | 105                            | 4,1    | 96,10               | 11,1                   | 1,4    | 87,39               |
| III   | 420                                    | 12     | 97,14               | 2645                       | 52     | 98,03               | 18                                      | 1,79   | 90,06               | 24                             | 6      | 75,00               | 33,5                   | 1,7    | 94,93               |
| IV    | 410                                    | 12     | 97,07               | 1206                       | 20     | 98,34               | 5,1                                     | 1,3    | 74,51               | 177                            | 7      | 96,05               | 24,3                   | 2,8    | 88,48               |
| V     | 700                                    | 15     | 97,86               | 2735                       | 35     | 98,72               | 9,8                                     | 2,5    | 74,49               | 18                             | 8      | 55,56               | 6,5                    | 1,36   | 79,08               |

DOPŁYW- Ścieki młeczarskie i komunalne po mechanicznym oczyszczaniu; ODPLYW - Ścieki po osadniku wtórnym i strącaniu chemicznym

Źródło: opracowanie własne.

Efektywność usunięcia azotu amonowego w analizowanych oczyszczalniach wynosi (%):

- Mońki: 91,14 – 99,57
- Hajnówka: 84,67 – 97,20
- Suwałki: 83,33 – 97,64
- Augustów: 95,87 – 100,00
- Wysokie Mazowieckie: 74,49 – 98,00

Efektywność usunięcia azotu ogólnego Kjelดาห์la w analizowanych oczyszczalniach wynosi (%):

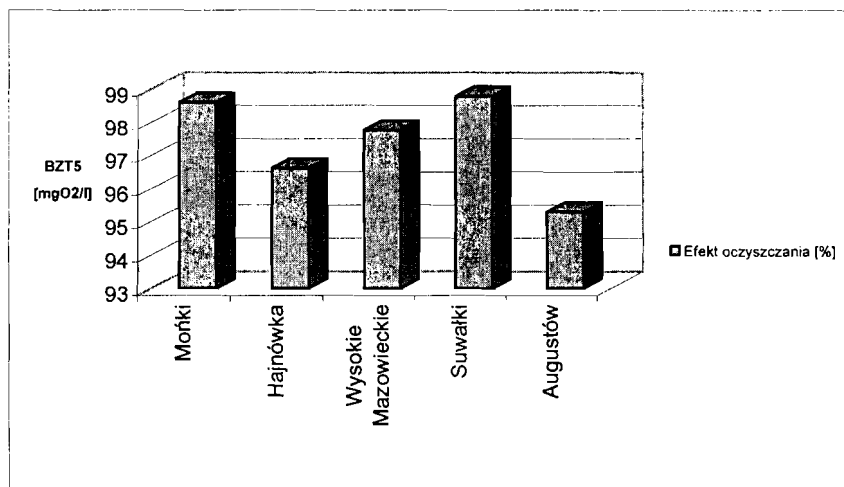
- Mońki: 85,53 – 95,88
- Hajnówka: 74,36 – 95,33
- Suwałki: 85,25 – 89,30
- Augustów: 90,39 – 96,18
- Wysokie Mazowieckie: 55,56 – 96,10

Efektywność usunięcia fosforu ogólnego w analizowanych oczyszczalniach wynosi (%):

- Mońki: 40,66 – 92,82
- Hajnówka: 84,76 – 98,65
- Suwałki: 63,16 – 97,85
- Augustów: 62,26 – 95,45
- Wysokie Mazowieckie: 79,08 – 94,93

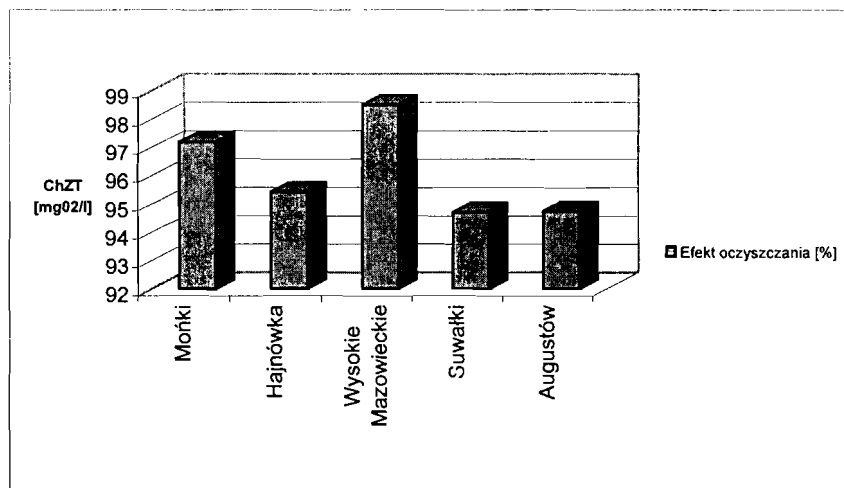
## 2. WARTOŚCI UŚREDNIONE EFEKTYWNOŚCI USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ

Wykres 5.1. Efektywność usuwania - BZT<sub>5</sub> - wartości uśrednione



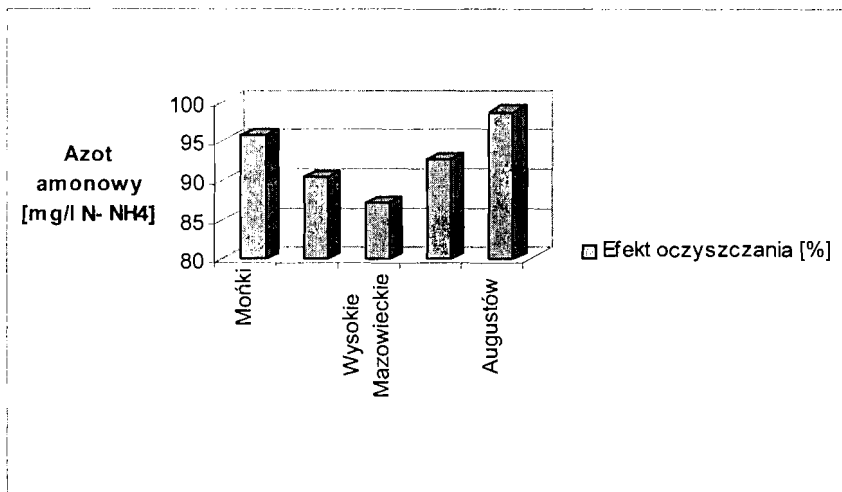
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5.2. Efektywność usuwania - ChZT - wartości uśrednione



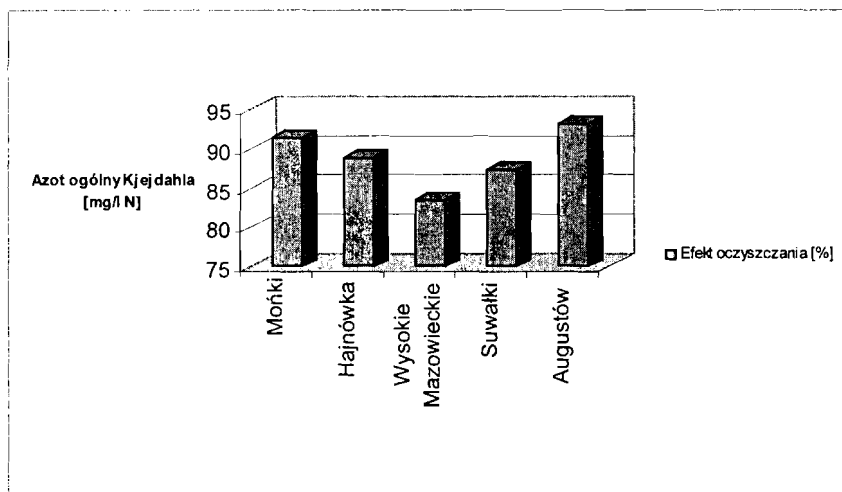
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5.3. Efektywność usuwania - azot amonowy  
- wartości uśrednione



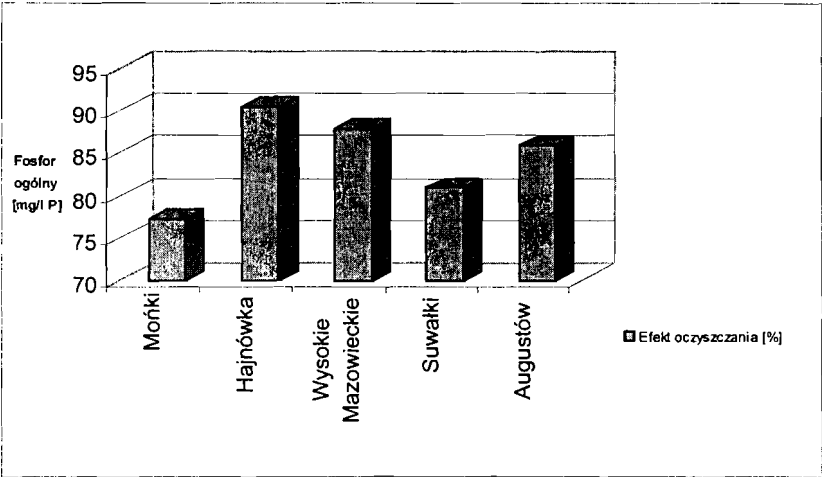
Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5.4. Efektywność usuwania - azot ogólny Kjedahla  
- wartości uśrednione



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 5.5 Efektywność usuwania - fosfor ogólny  
- wartości uśrednione

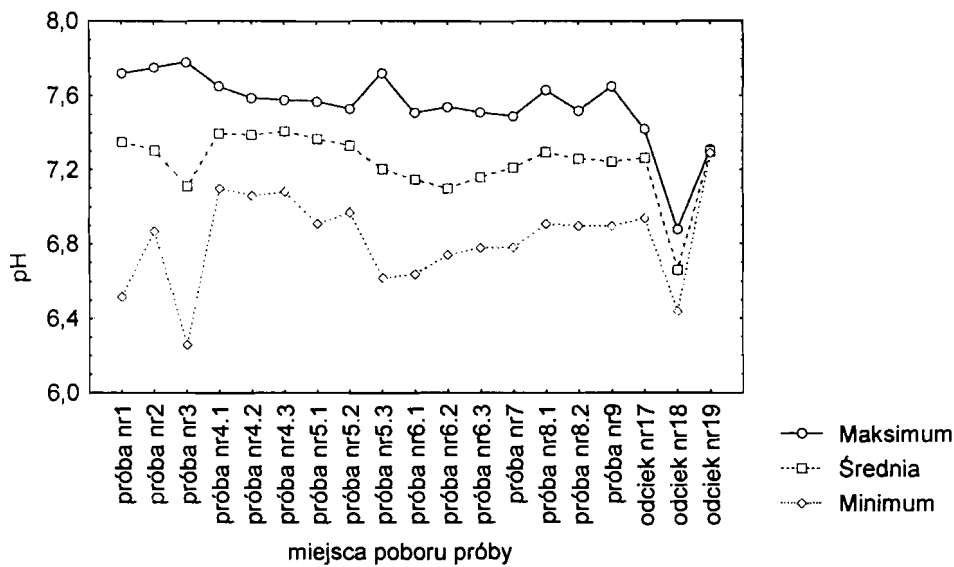


Źródło: opracowanie własne.

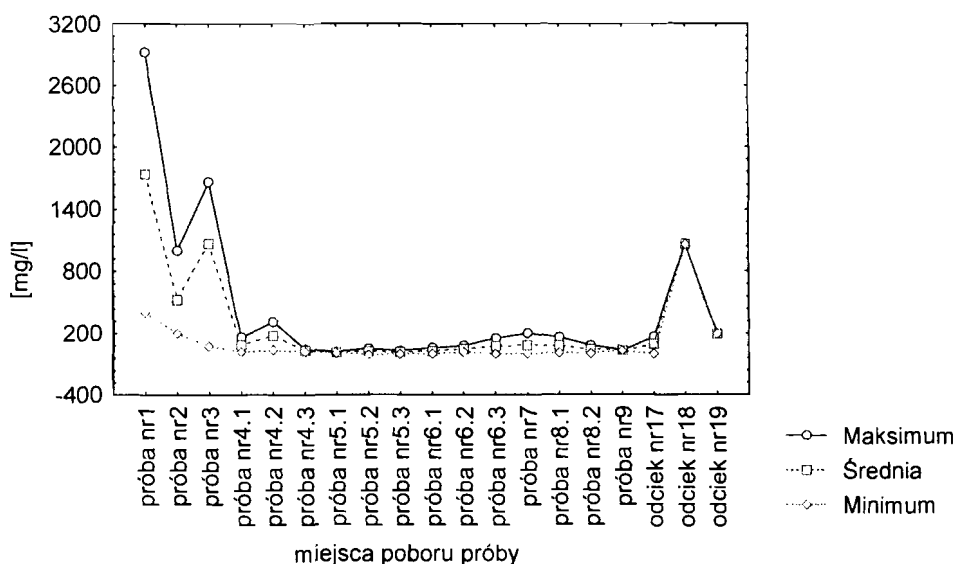
# PRAKTYCZNA ANALIZA DANYCH I WYNIKÓW BADAŃ

## I. SYSTEM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W MOŃKACH

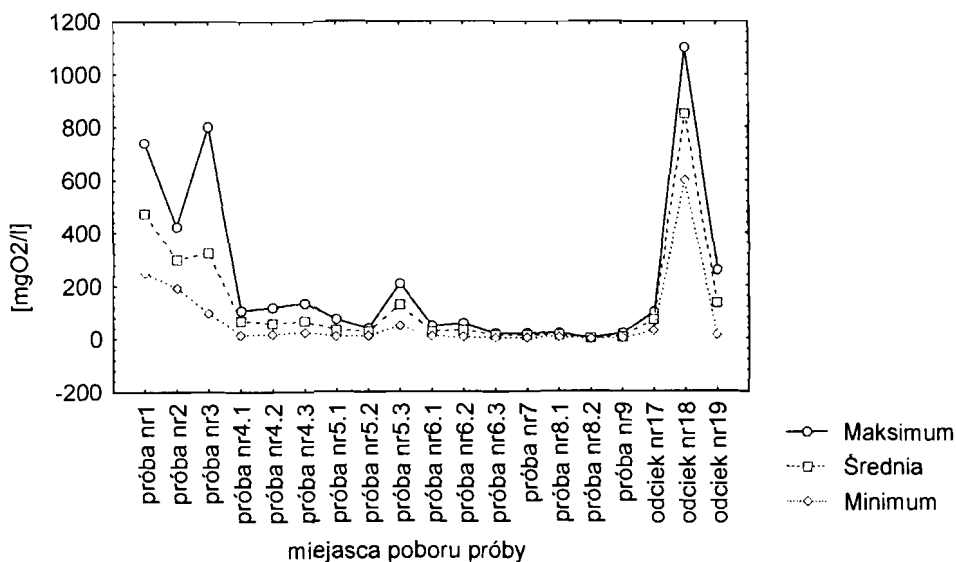
Wykres 1.1. Wartości pH w oczyszczalni ścieków w Mońkach



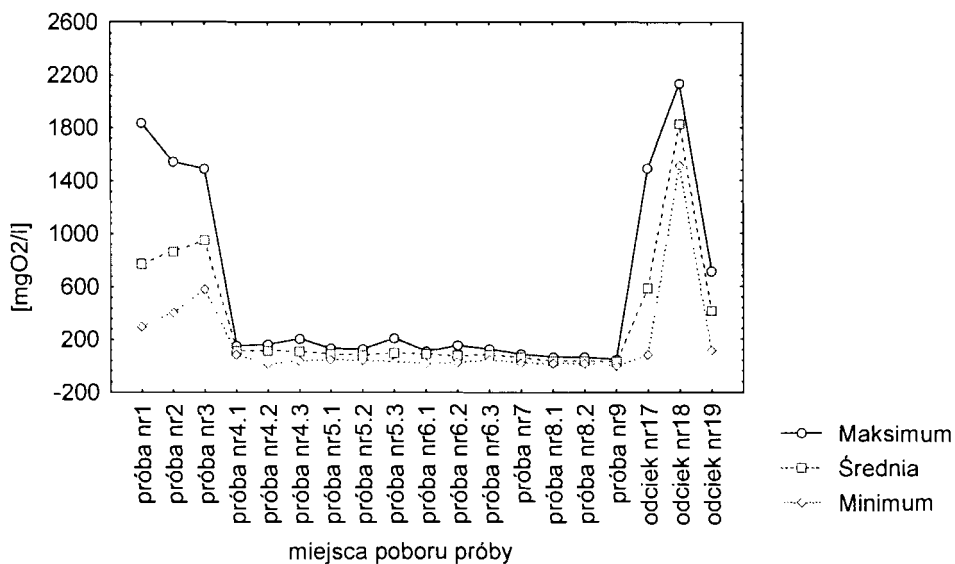
Wykres 1.2. Zawartość zawiesiny w oczyszczalni ścieków w Mońkach



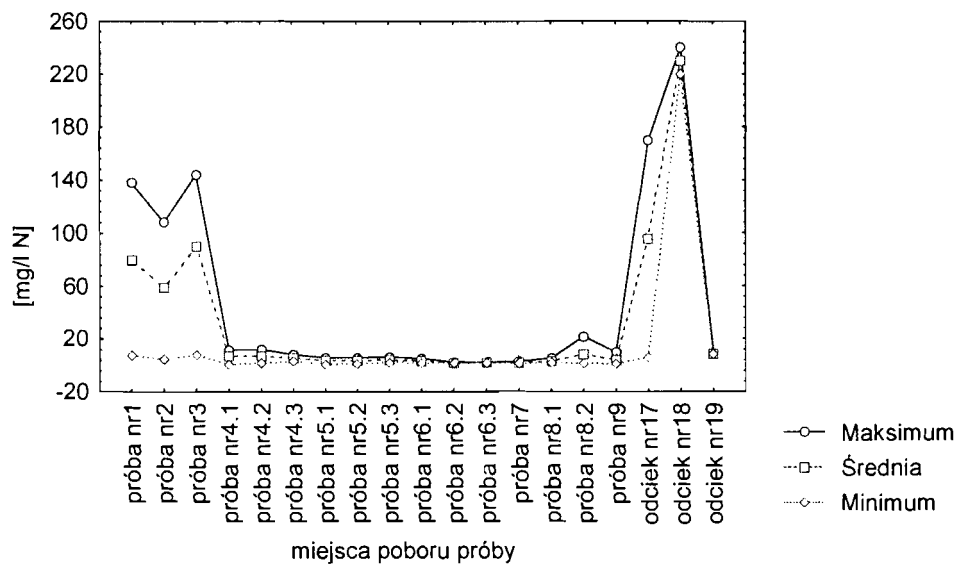
Wykres 1.3. Stężenia BZT<sub>5</sub> w oczyszczalni ścieków w Mońkach



Wykres 1.4. Stężenia ChZT w oczyszczalni ścieków w Mońkach

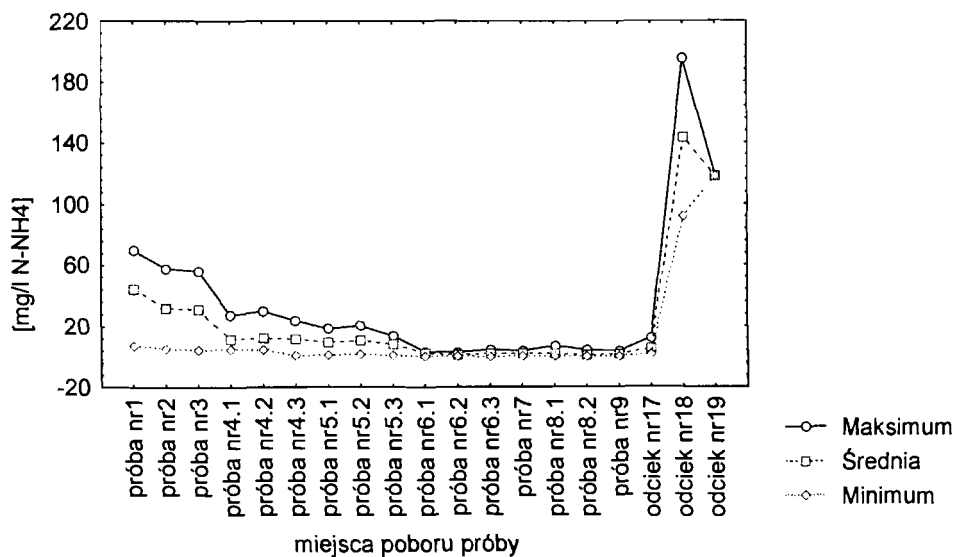


Wykres 1.5. Stężenia Azotu ogólnego w oczyszczalni w Mońkach

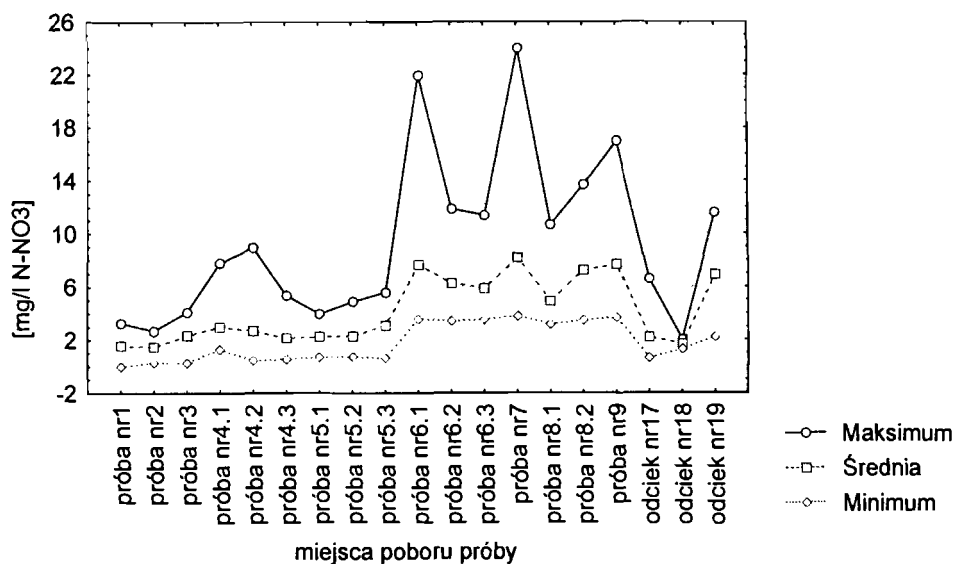




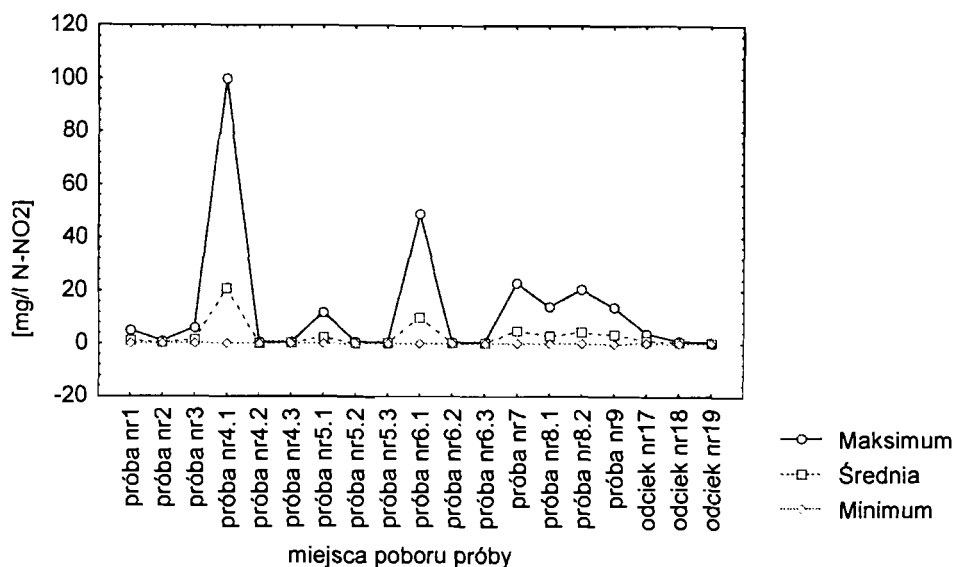
Wykres 1.6. Stężenia Azotu amonowego w oczyszczalni w Mońkach



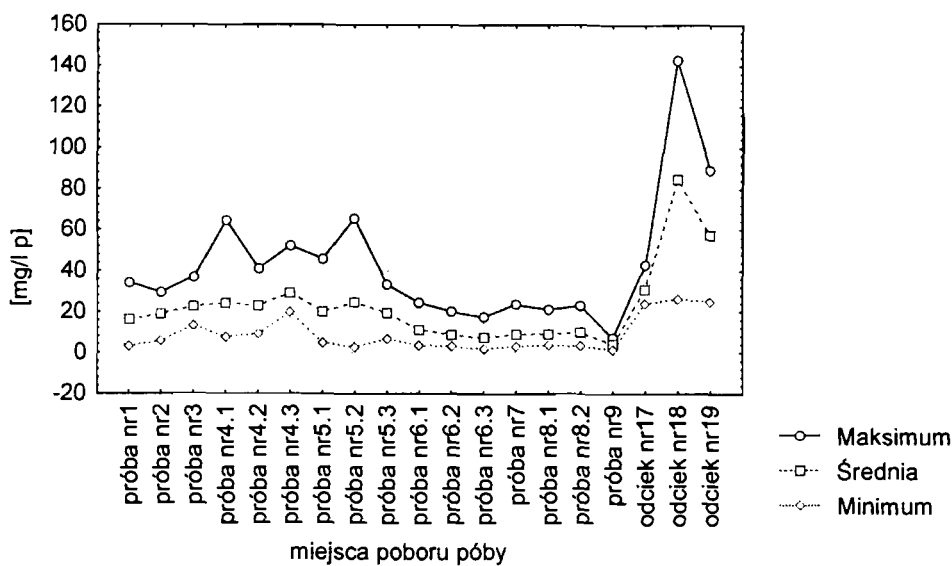
Wykres 1.7. Stężenia Azotu azotanowego w oczyszczalni w Mońkach



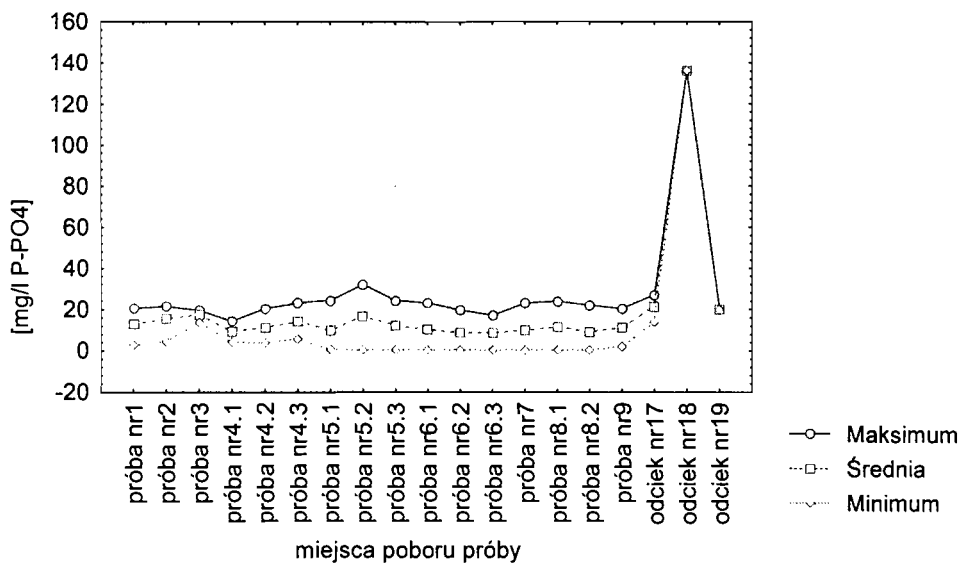
Wykres 1.8. Stężenia Azotu azotynowego w oczyszczalni w Mońkach



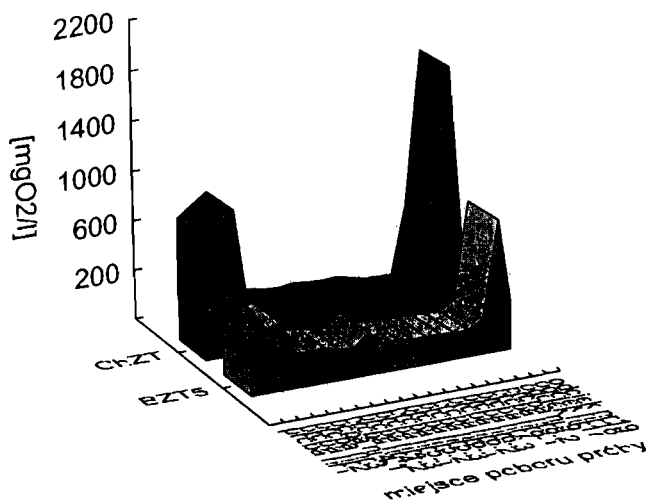
Wykres 1.9. Stężenia Fosforu ogólnego w oczyszczalni w Mońkach



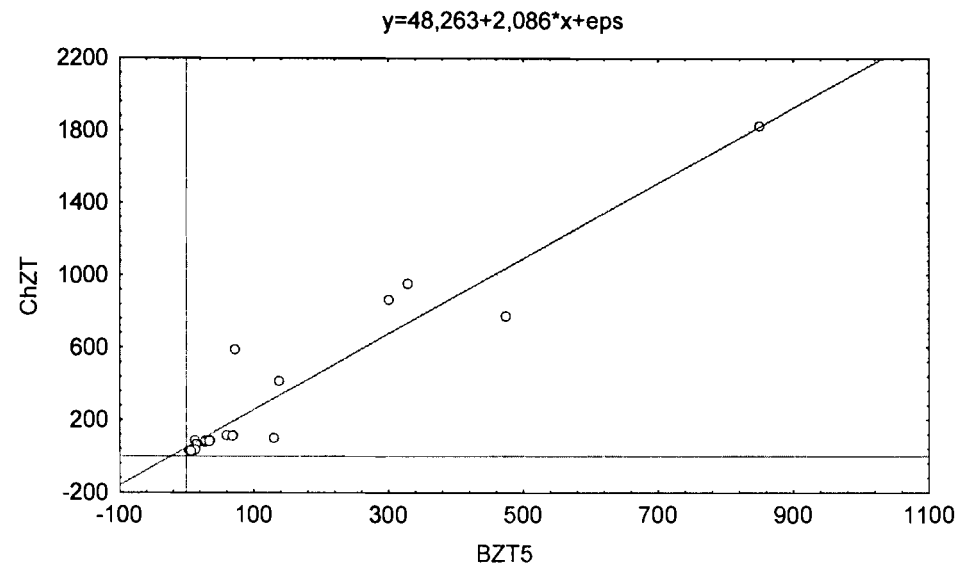
Wykres 1.10. Stężenie fosforanów w oczyszczalni ścieków w Mońkach



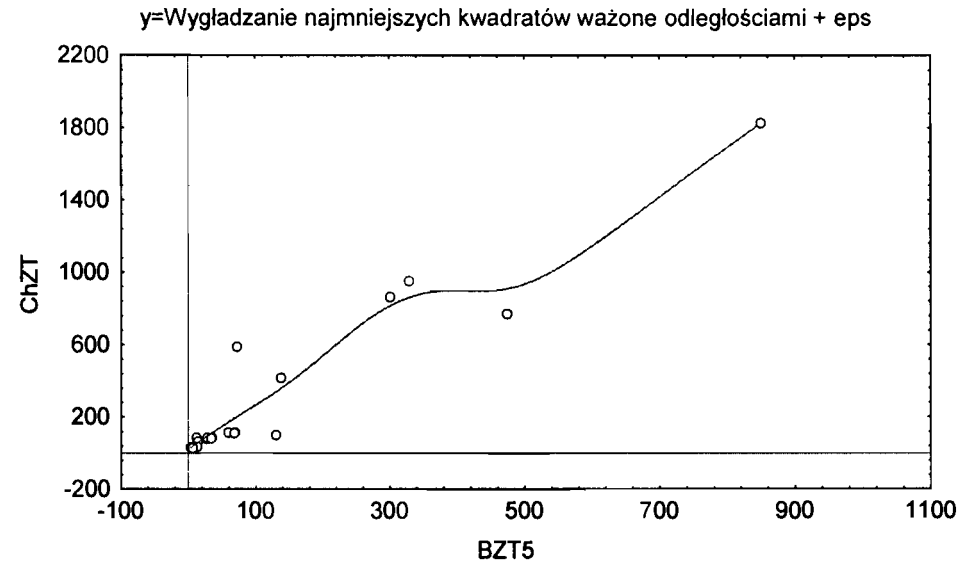
Wykres 1.11. Porównanie stężeń BZT<sub>5</sub> i ChZT dla wart. śr. w oczyszczalni w Mońkach



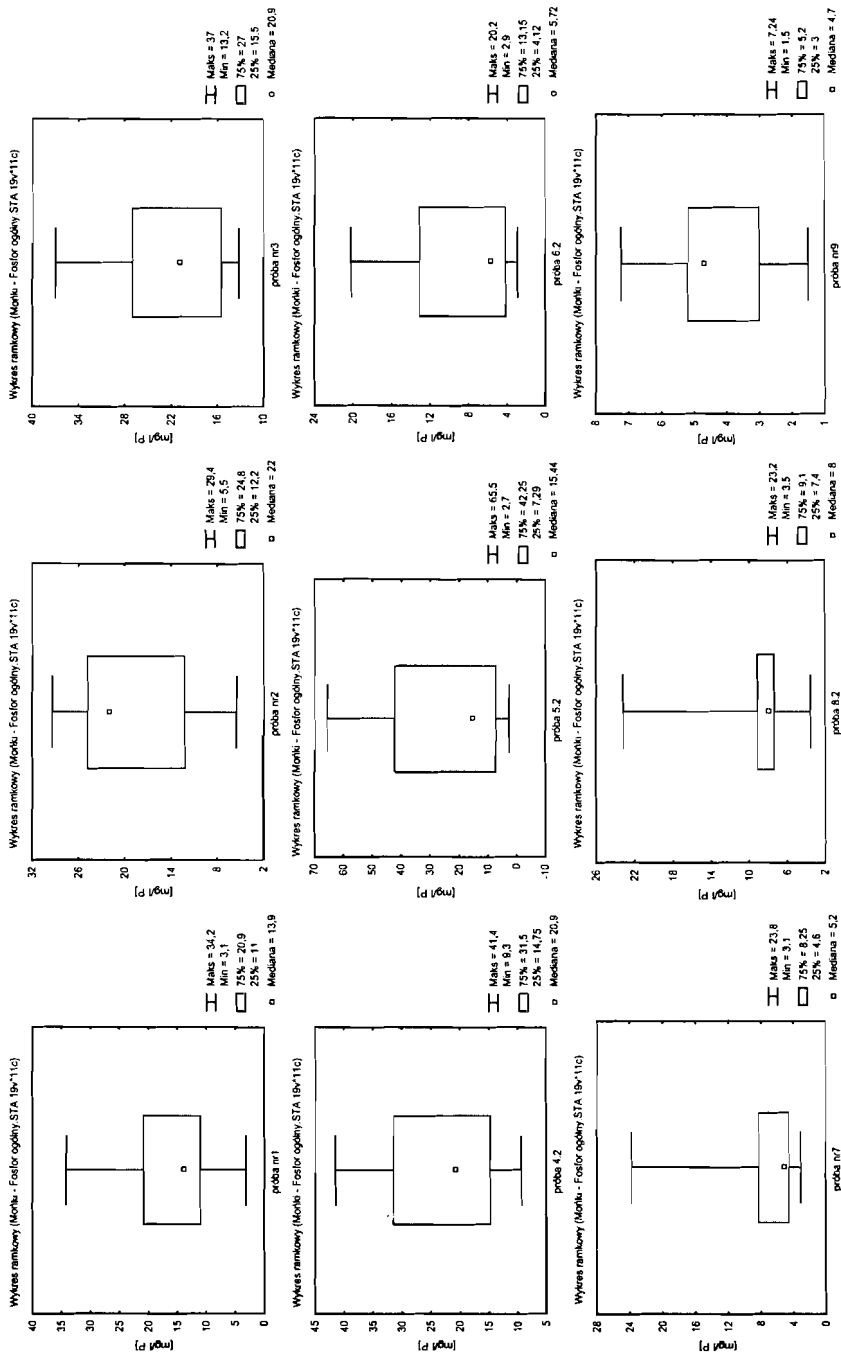
Wykres 1.12. Zależność między wartościami średnimi BZT<sub>5</sub> i ChZT w oczyszczalni w Mońkach



Wykres 1.13. Wykres rozrzutu (Mońki.STA 3v\*21c)



Wykres 1.14. Przedstawienie mediany, dolnego kwartylu (25%), górnego kwartylu(75%), maksimum i minimum



Analizując wyniki otrzymane na drodze badań laboratoryjnych z oczyszczalni ścieków w Mońkach można stwierdzić, że ścieki oczyszczane w tym obiekcie charakteryzują się:

- bardzo dużym zróżnicowaniem pod względem stężenia na dopływie do oczyszczalni i w części mechanicznej takich parametrów jak: pH, zawiesina, BZT<sub>5</sub>, ChZT, Azot ogólny i amonowy,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

| po mechanicznym oczyszczaniu |        | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| Zawiesina                    | 38,6%  | Zawiesina                  | 98%   |
| BZT <sub>5</sub>             | 30,7%  | BZT <sub>5</sub>           | 98,6% |
| ChZT                         | -23,3% | ChZT                       | 95,8% |
| Azot ogólny                  | -12,2% | Azot ogólny                | 94,7% |
| Azot amonowy                 | 29,7%  | Azot amonowy               | 96,6% |

Wartości ujemne wynikają prawdopodobnie z doprowadzania odcieków przed część mechaniczną.

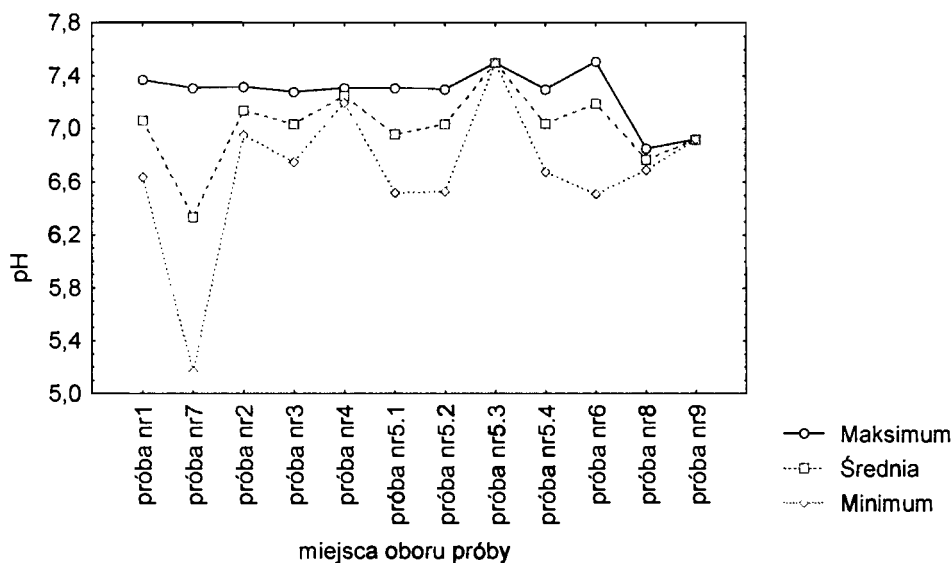
- dość stałymi wielkościami stężeń na wlocie i w części mechanicznej oraz dużymi wahaniami w części biologicznej takich parametrów jak: Azot azotanowy, Azot azotynowy, Fosfor ogólny oraz fosforany,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

| po mechanicznym oczyszczaniu |        | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| Azot azotanowy               | -51,9% | Azot azotanowy             | -392% |
| Azot azotynowy               | -29,9% | Azot azotynowy             | -252% |
| Fosfor ogólny                | -40,3% | Fosfor ogólny              | 74,1% |
| Fosforany                    | -33,3% | Fosforany                  | 13,6% |

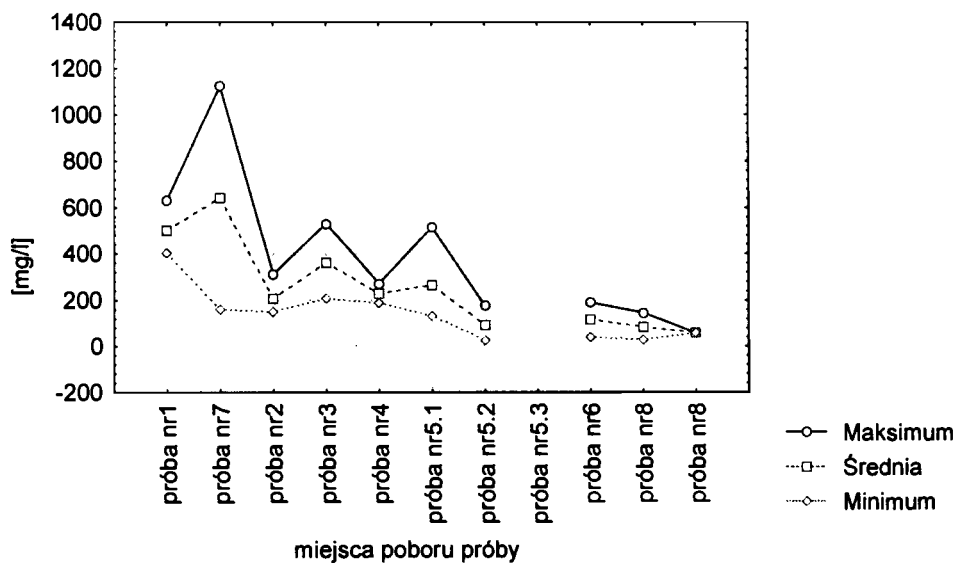
Wartości ujemne wynikają z faktu, iż w ściekach surowych formy rozpuszczone praktycznie nie występują, powstają natomiast w wyniku przemian azotowych i fosforowych w cyklu oczyszczania ścieków, a także za sprawą odcieków.

## 2. SYSTEM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W HAJNÓWCE

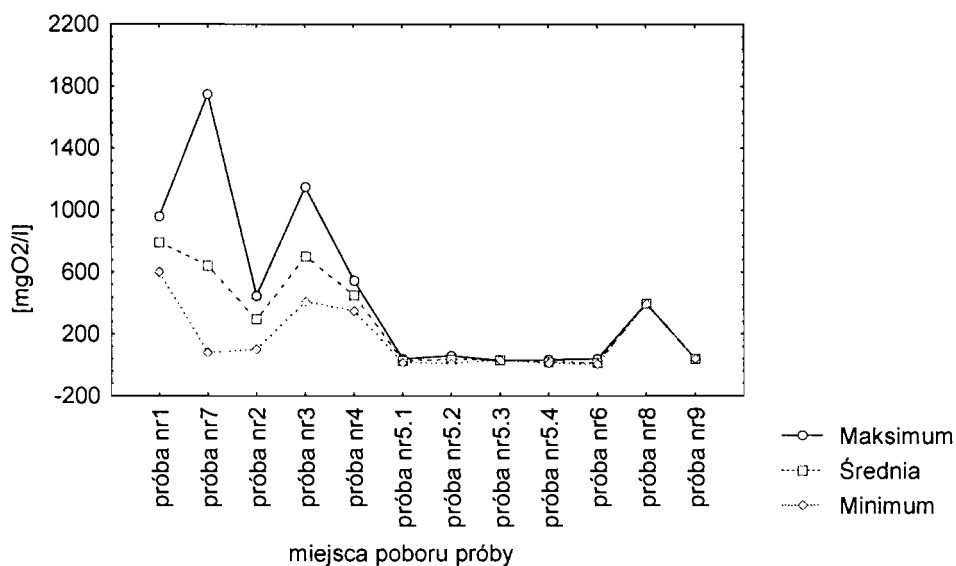
Wykres 2.1. Wartości pH w oczyszczalni w Hajnówce



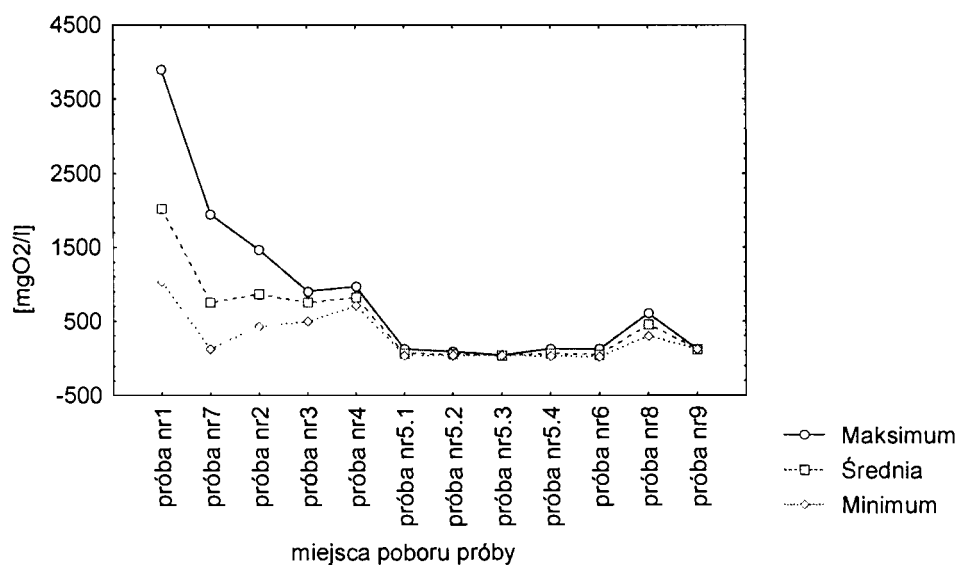
Wykres 2.2. Zawartość zawiesin w oczyszczalni w Hajnówce



Wykres 2.3. Stężenia BZT<sub>5</sub> w oczyszczalni w Hajnówce

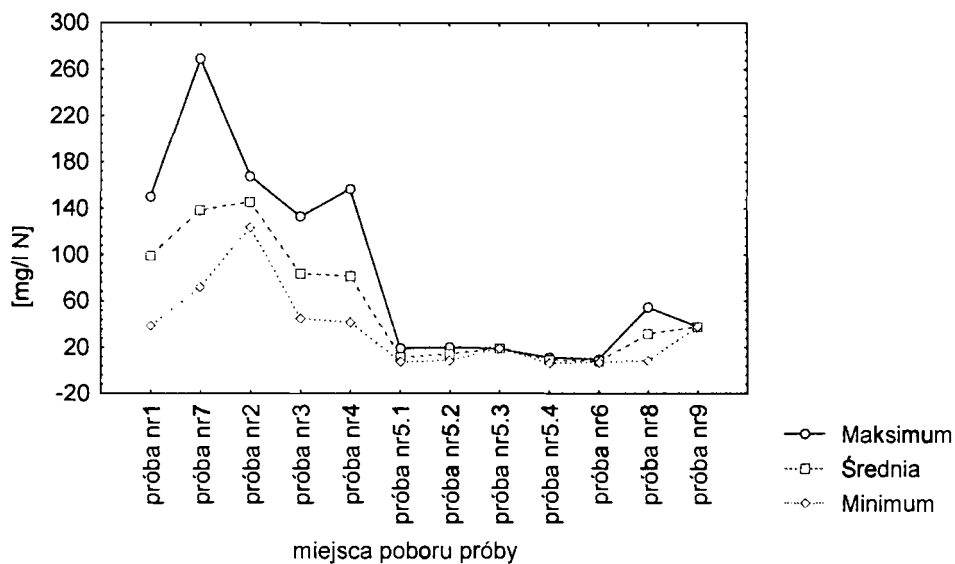


Wykres 2.4. Stężenia ChZT w oczyszczalni w Hajnówce

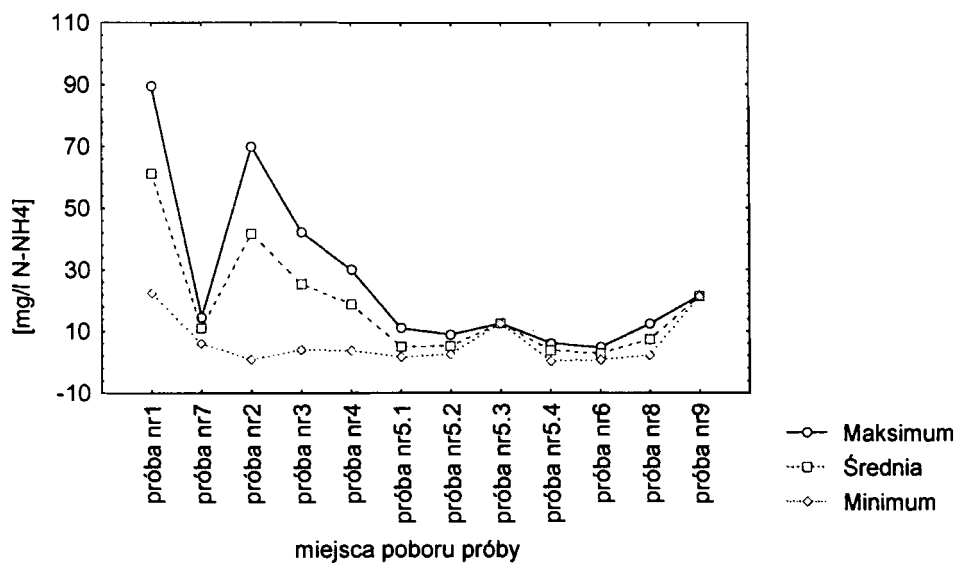




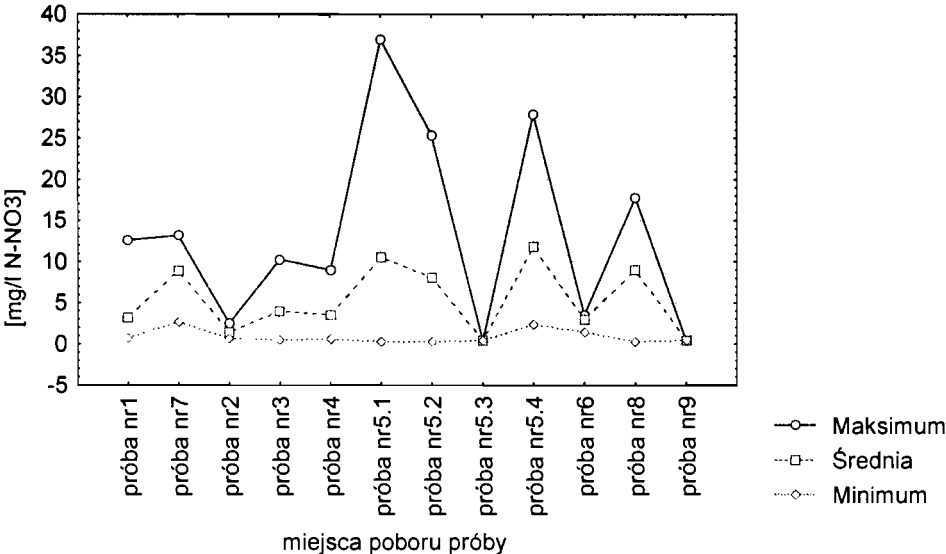
Wykres 2.5. Stężenia Azotu ogólnego w oczyszczalni w Hajnówce



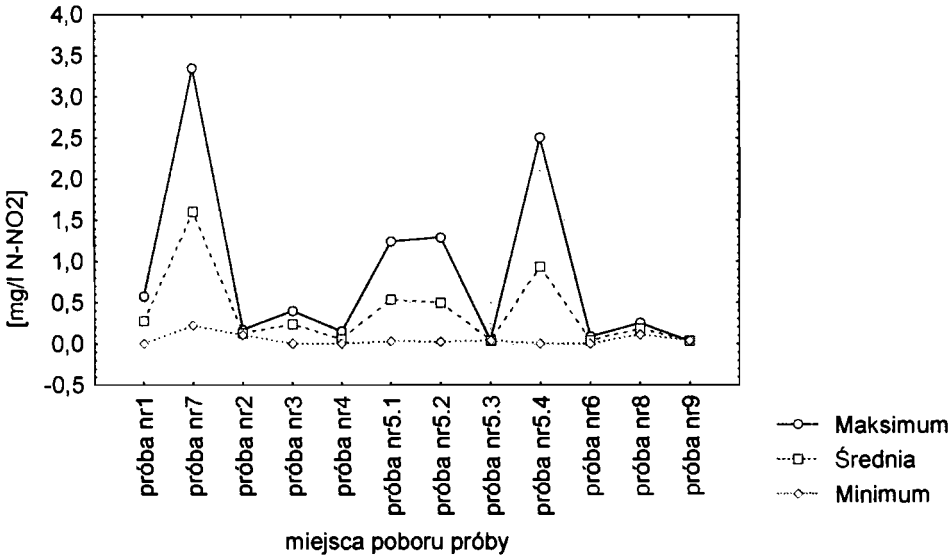
Wykres 2.6. Stężenia Azotu amonowego w oczyszczalni w Hajnówce



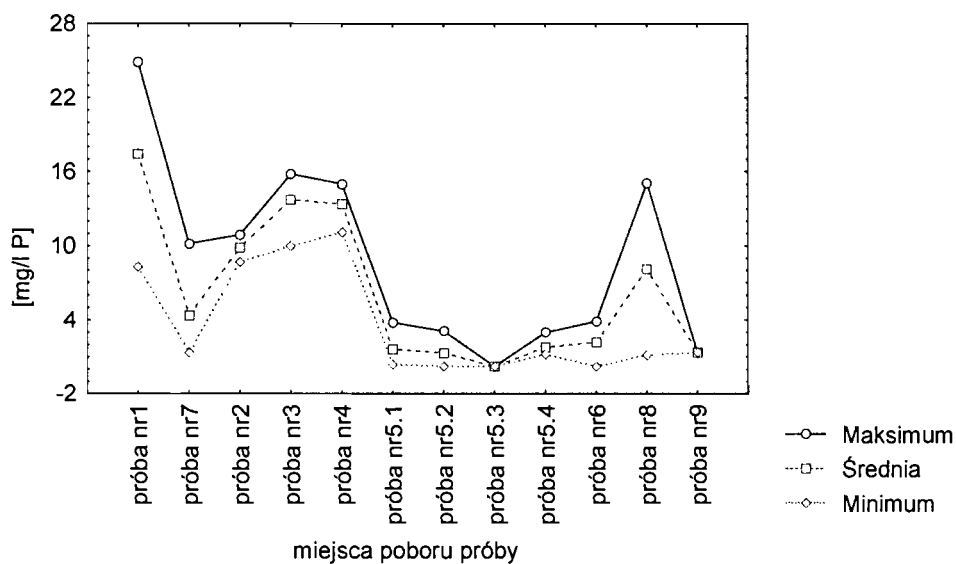
Wykres 2.7. Stężenia Azotu azotanowego w oczyszczalni w Hajnówce



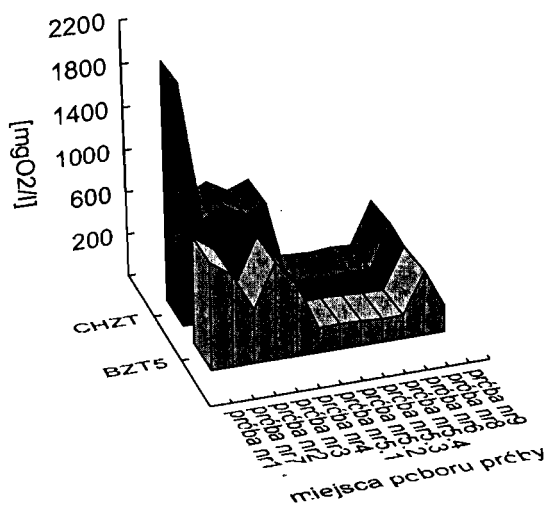
Wykres 2.8. Stężenia Azotanu azotynowego w oczyszczalni w Hajnówce



Wykres 2.9. Stężenia Fosforu ogólnego w oczyszczalni ścieków w Hajnówce

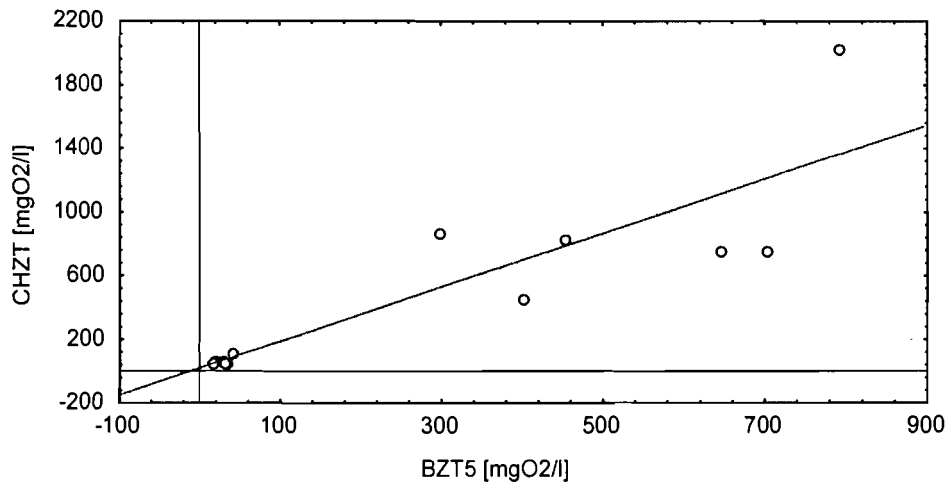


Wykres 2.10. Porównanie stężeń BZT<sub>5</sub> i ChZT dla wartości średnich w oczyszczalni w Hajnówce



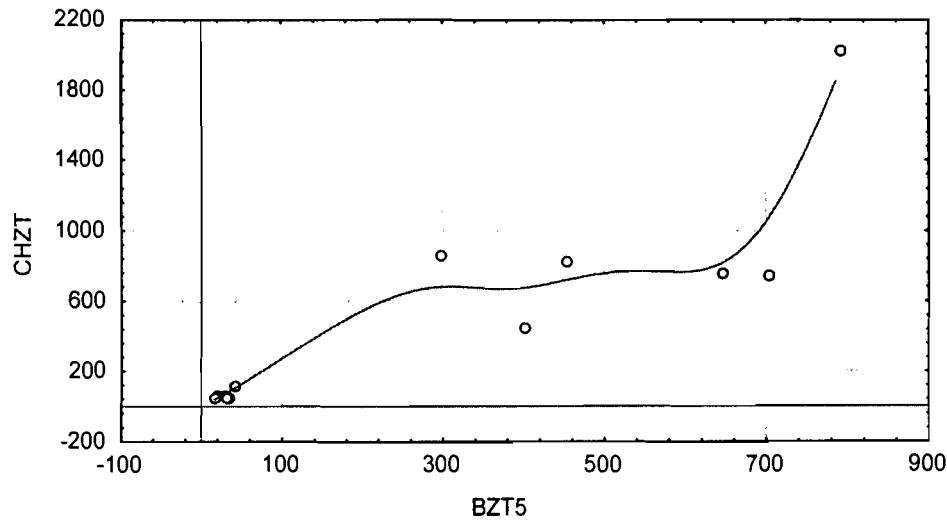
Wykres 2.11. Zależność między wart. śr. BZT<sub>5</sub> i ChZT w oczyszczalni w Hajnówce

$y=20,527+1,695\cdot x+\text{eps}$   
wsp. korelacji = 0,865398

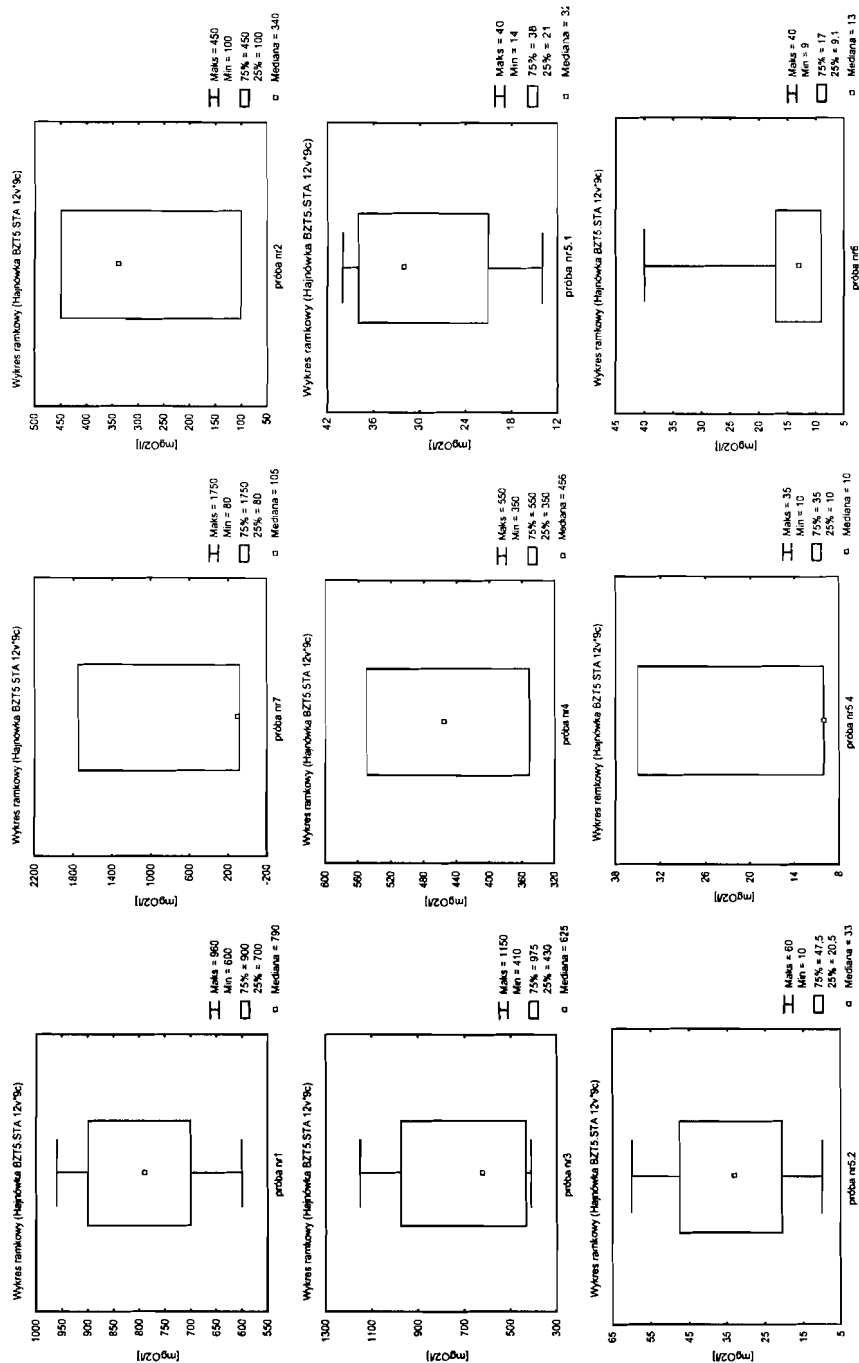


Wykres 2.12. Wykres rozrzutu (BZT<sub>5</sub>-ChZT.STA 4v\*12c)

y=Wygładzanie najmniejszych kwadratów ważone odległościami + eps



Wykres 2.13. Przedstawienie mediany, dolnego kwartylu (25%), górnego kwartylu (75%), maksimum i minimum



Analizując wyniki otrzymane na drodze badań laboratoryjnych z oczyszczalni ścieków w Hajnówce można stwierdzić, że ścieki oczyszczane w tym obiekcie charakteryzują się:

- dość znacznym zróżnicowaniem pod względem stężenia w całym cyklu oczyszczania takich parametrów jak: pH, zawiesina, Azot azotanowy i Azot azotynowy oraz Fosfor ogólny,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

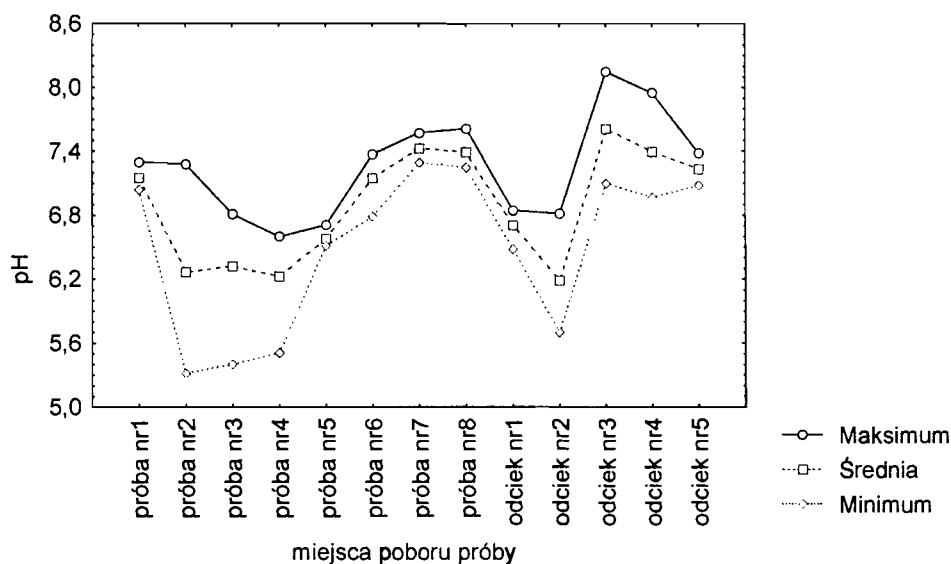
| po mechanicznym oczyszczaniu |       | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| Zawiesina                    | 28,3% | Zawiesina                  | 88,4% |
| Azot azotanowy               | 23,2% | Azot azotanowy             | 7,7%  |
| Azot azotynowy               | 11,1% | Azot azotynowy             | 82,6% |
| Fosfor ogólny                | 21%   | Fosfor ogólny              | 87,6% |

- dość znacznym zróżnicowaniem stężeń na wlocie i w części mechanicznej oraz w miarę stałymi w części biologicznej takich parametrów jak: BZT<sub>5</sub>, ChZT, Azot amonowy, Azot ogólny,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

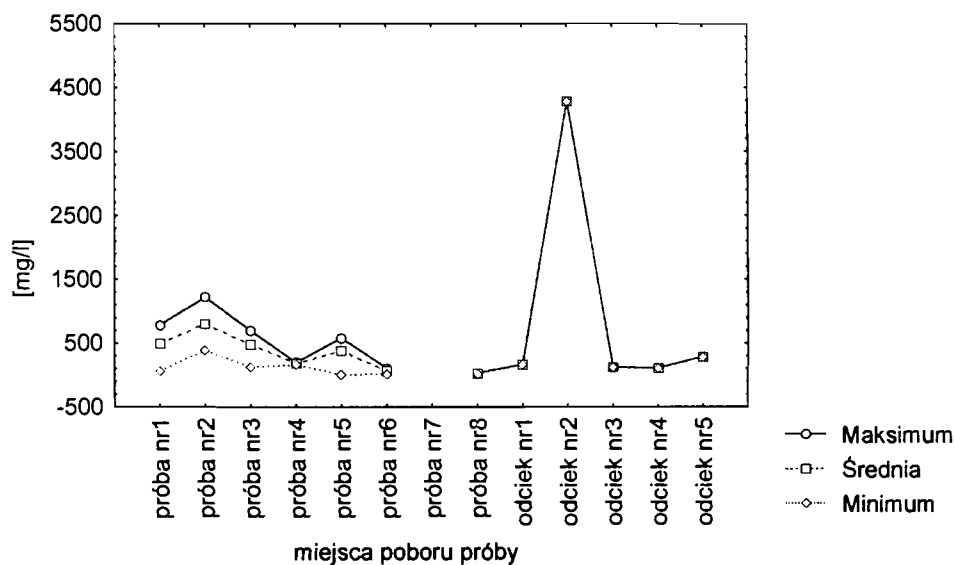
| po mechanicznym oczyszczaniu |       | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| BZT <sub>5</sub>             | 11,1% | BZT <sub>5</sub>           | 97,9% |
| ChZT                         | 62,8% | ChZT                       | 97,3% |
| Azot amonowy                 | 58,5% | Azot amonowy               | 95,1% |
| Azot ogólny                  | 15,7% | Azot ogólny                | 91,6% |

### 3. SYSTEM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W SUWAŁKACH

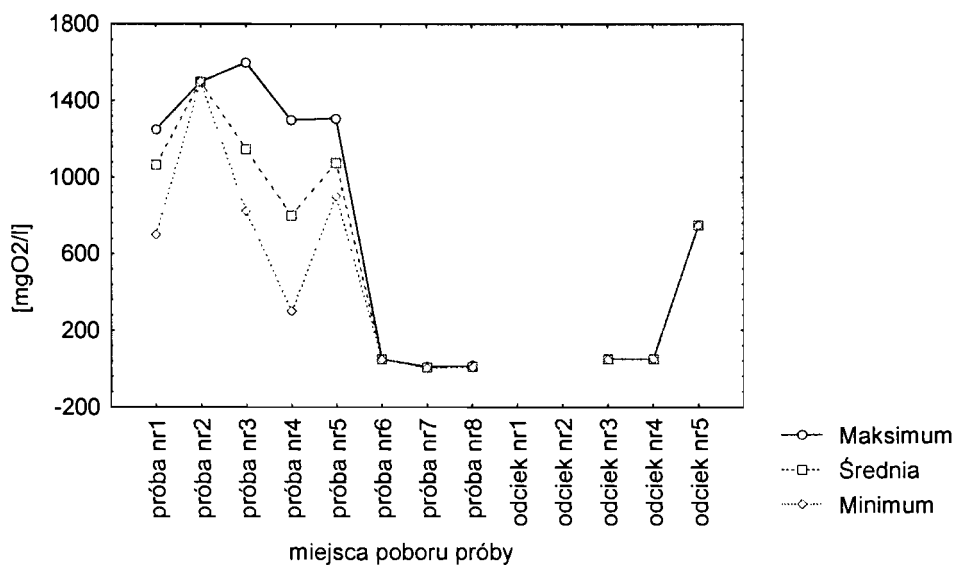
Wykres 3.1. Wartości pH w oczyszczalni w Suwałkach



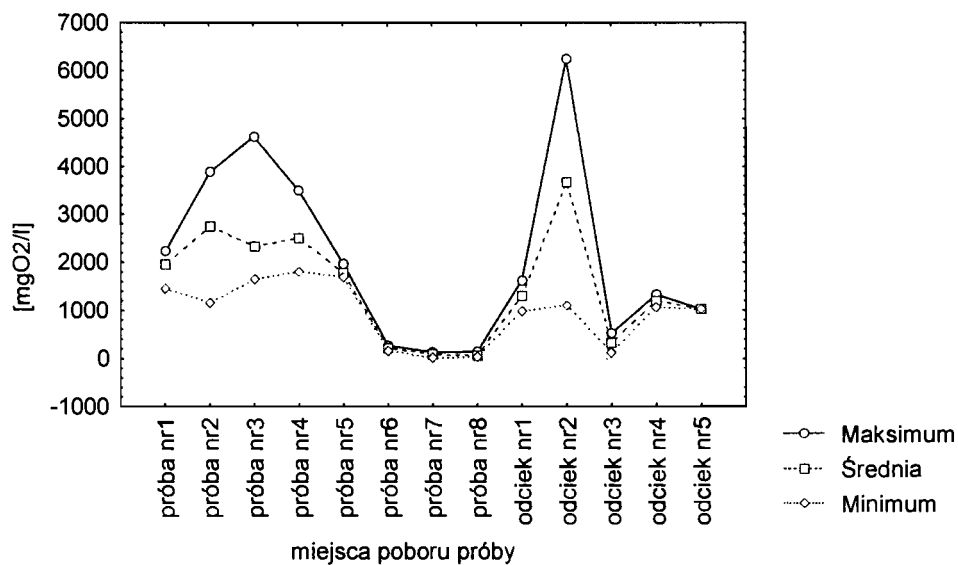
Wykres 3.2. Zawartość zawiesiny w oczyszczalni w Suwałkach



Wykres 3.3. Stężenia BZT<sub>5</sub> w oczyszczalni w Suwałkach

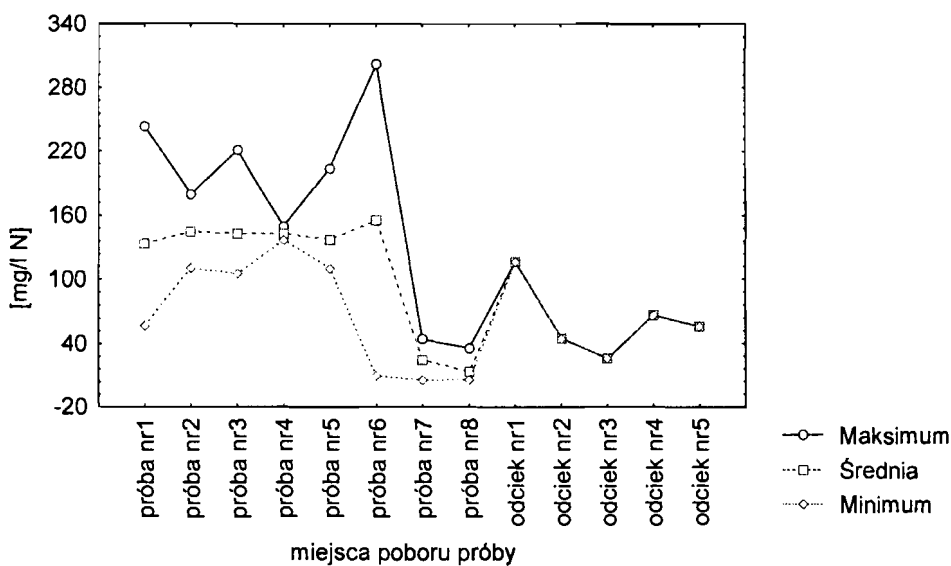


Wykres 3.4. Stężenia ChZT w oczyszczalni w Suwałkach

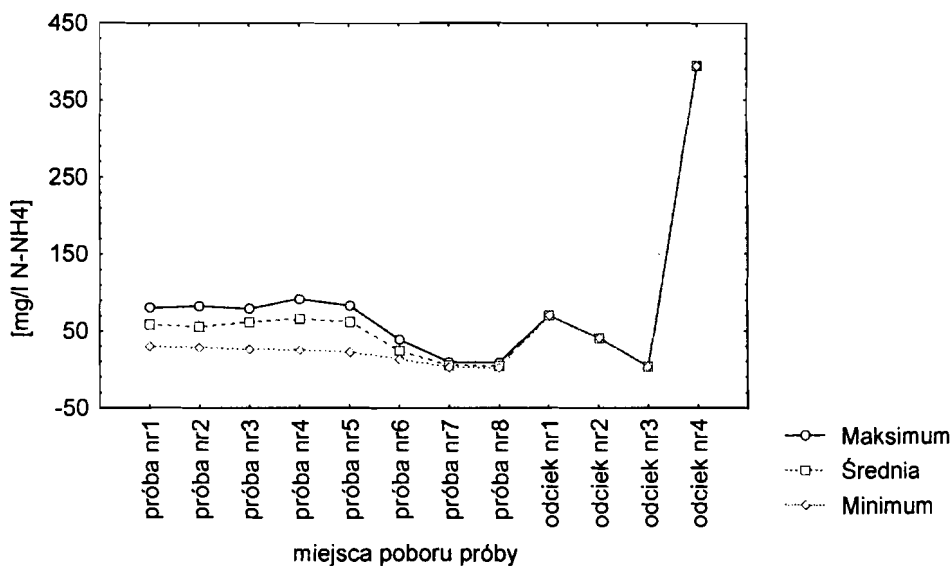




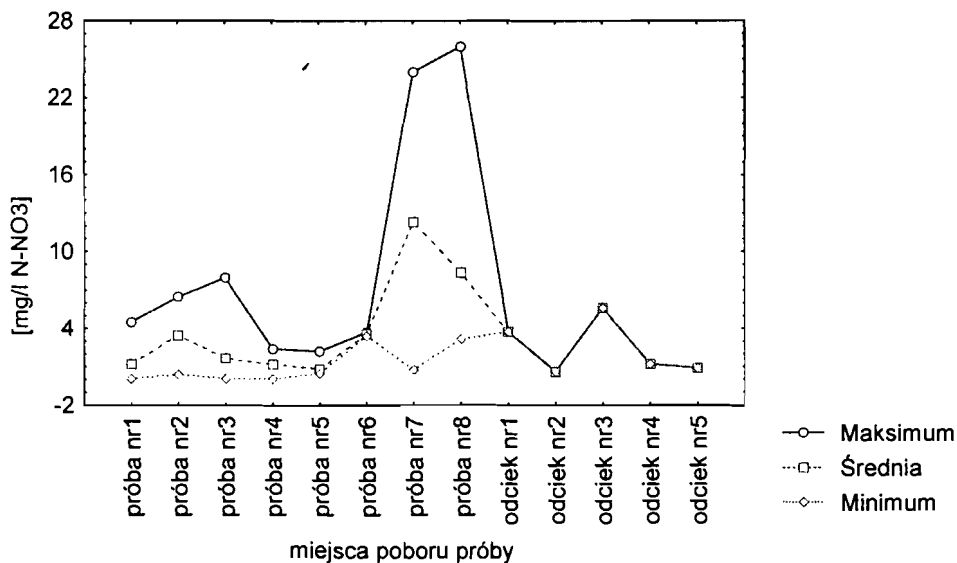
Wykres 3.5. Stężenia Azotu ogólnego w oczyszczalni w Suwałkach



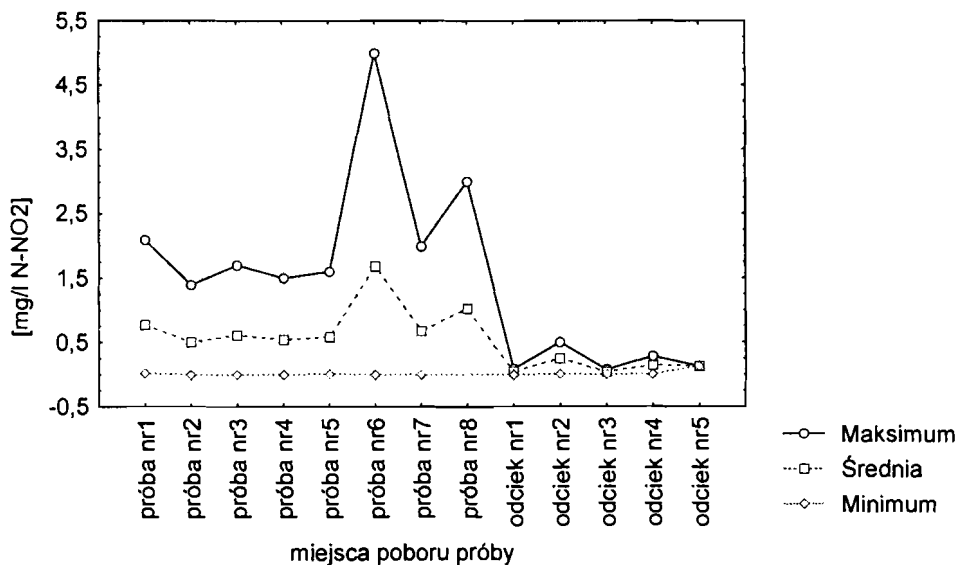
Wykres 3.6. Stężenia Azotu amonowego w oczyszczalni w Suwałkach



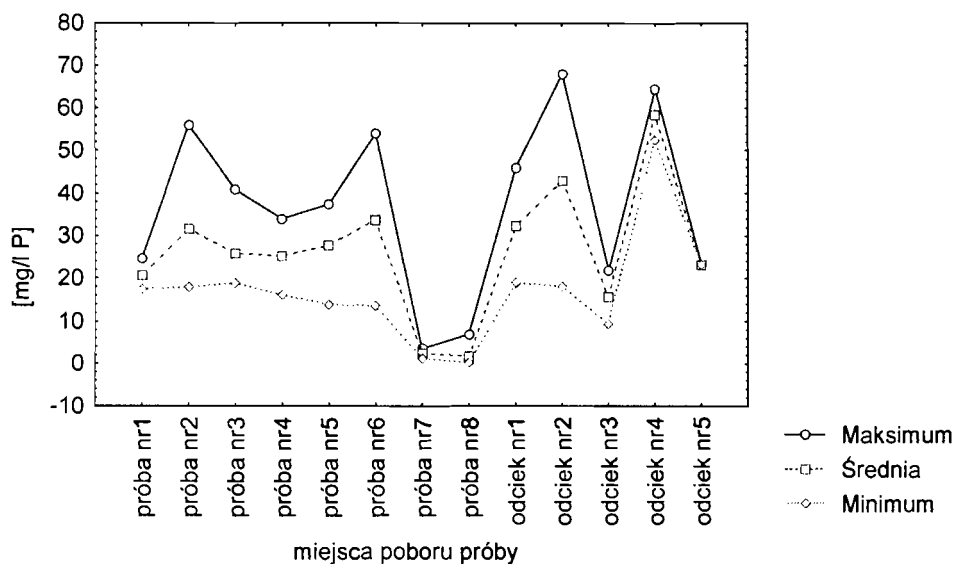
Wykres 3.7. Stężenia Azotu azotanowego w oczyszczalni w Suwałkach



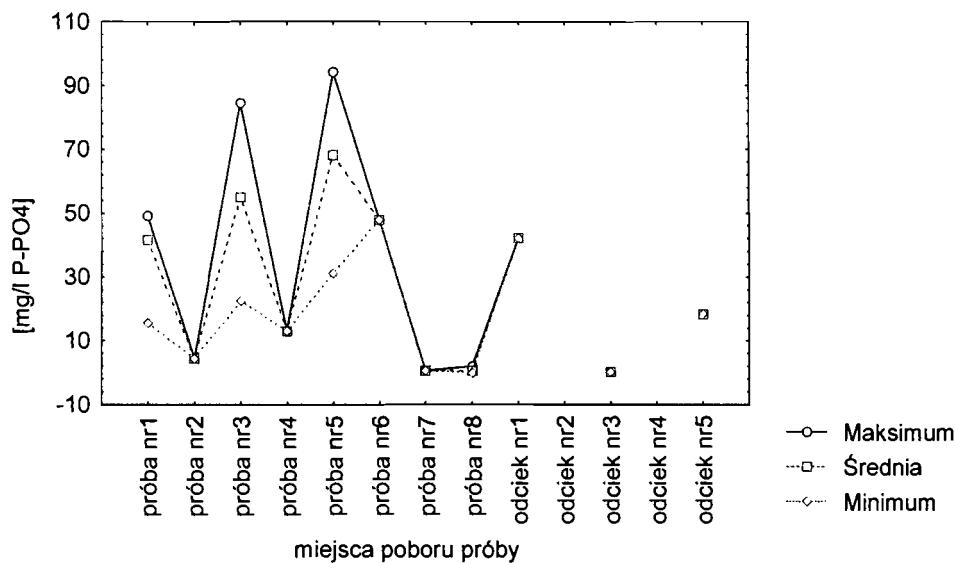
Wykres 3.8. Stężenia Azotu azotynowego w oczyszczalni w Suwałkach



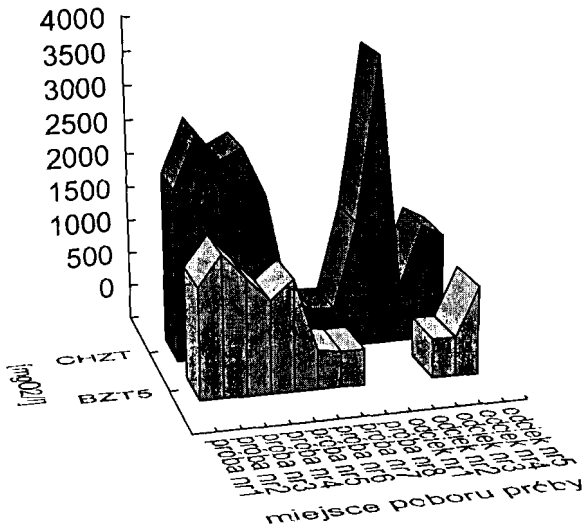
Wykres 3.9. Stężenia Fosforu ogólnego w oczyszczalni w Suwałkach



Wykres 3.10. Stężenia fosforanów w oczyszczalni w Suwałkach



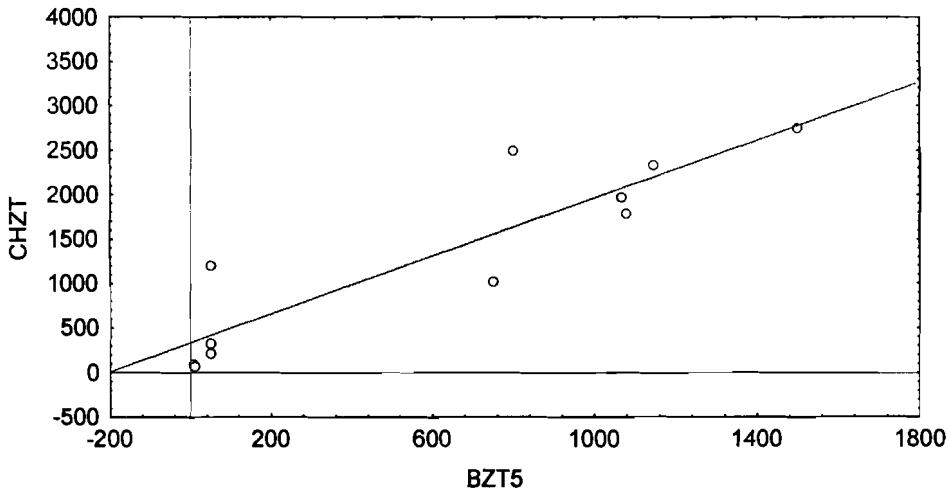
Wykres 3.11. Porównanie stężeń BZT<sub>5</sub> i ChZT dla wartości średnich w oczyszczalni w Suwałkach



Wykres 3.12. Zależność między wartościami średnimi BZT<sub>5</sub> i ChZT w oczyszczalni w Suwałkach

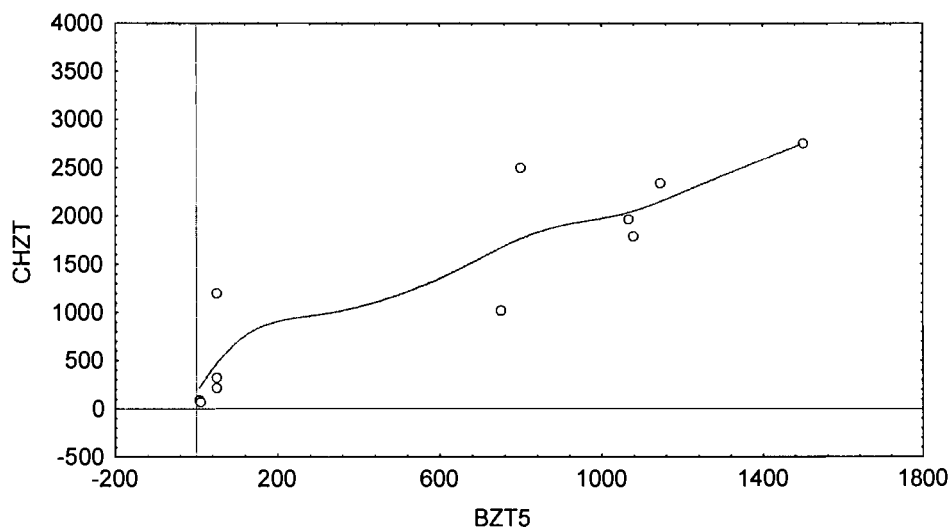
$$y=334,89+1,627 \cdot x+\text{eps}$$

współczynnik korelacji 0,901769

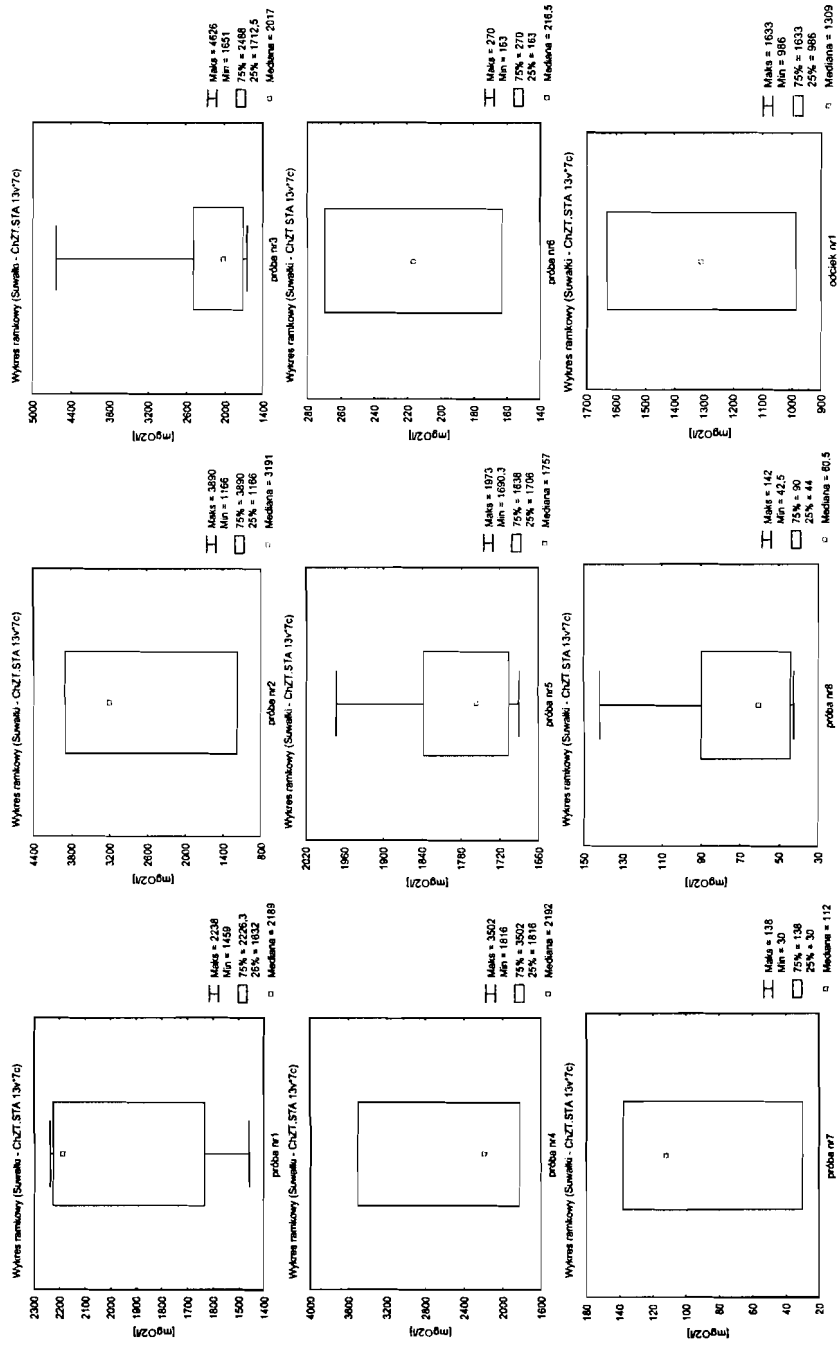


Wykres 3.13. Wykres rozrzutu (BZT<sub>5</sub>-ChZT.STA 5v\*13c)

y=Wygładzanie najmniejszych kwadratów ważone odległościami + eps



Wykres 3.14. Przedstawienie mediany, dolnego kwartylu (25%), górnego kwartylu (75%), maksimum i minimum



Analizując wyniki otrzymane na drodze badań laboratoryjnych z oczyszczalni ścieków w Suwałkach można stwierdzić, że ścieki oczyszczane w tym obiekcie charakteryzują się:

- dość znacznym zróżnicowaniem stężeń pod względem stężenia w całym cyklu oczyszczania takich parametrów jak: Azot ogólny, Azot azotanowy i Azot azotynowy oraz Fosfor ogólny,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

| po mechanicznym oczyszczaniu |        | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| Azot ogólny                  | -2,7%  | Azot ogólny                | 89,9% |
| Azot azotanowy               | 34,9%  | Azot azotanowy             | -584% |
| Azot azotynowy               | 24,7   | Azot azotynowy             | -32%  |
| Fosfor ogólny                | -34,8% | Fosfor ogólny              | 90,9% |

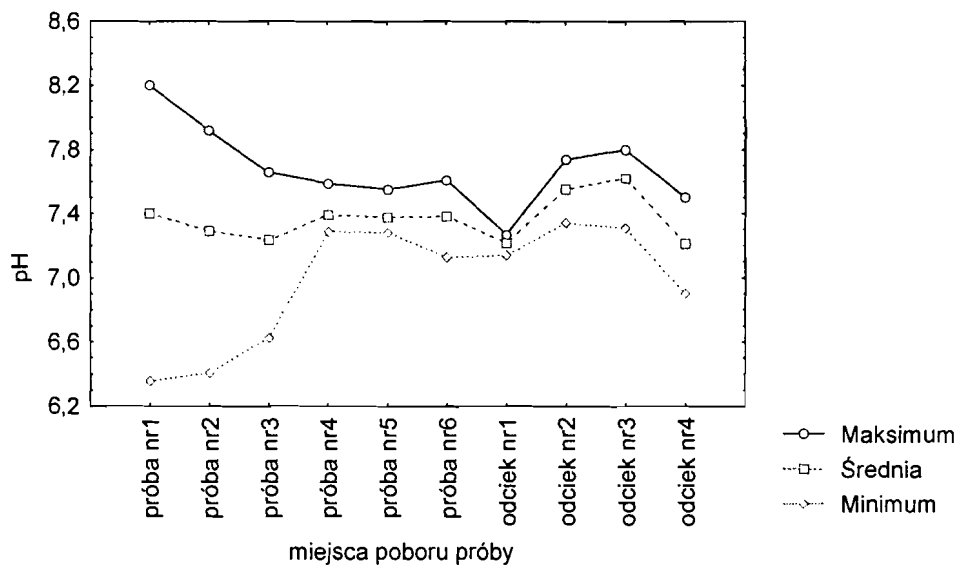
Wartości ujemne wynikają z faktu, iż w ściekach surowych formy rozpuszczone praktycznie nie występują, powstają natomiast w wyniku przemian azotowych i fosforowych w cyklu oczyszczania ścieków, a także za sprawą odcieków:

- dość znacznym zróżnicowaniem stężeń na wlocie i w części mechanicznej oraz w miarę stałymi w części biologicznej takich parametrów jak: BZT<sub>5</sub>, ChZT, odczyn, fosforany, azot amonowy, zawiesina,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

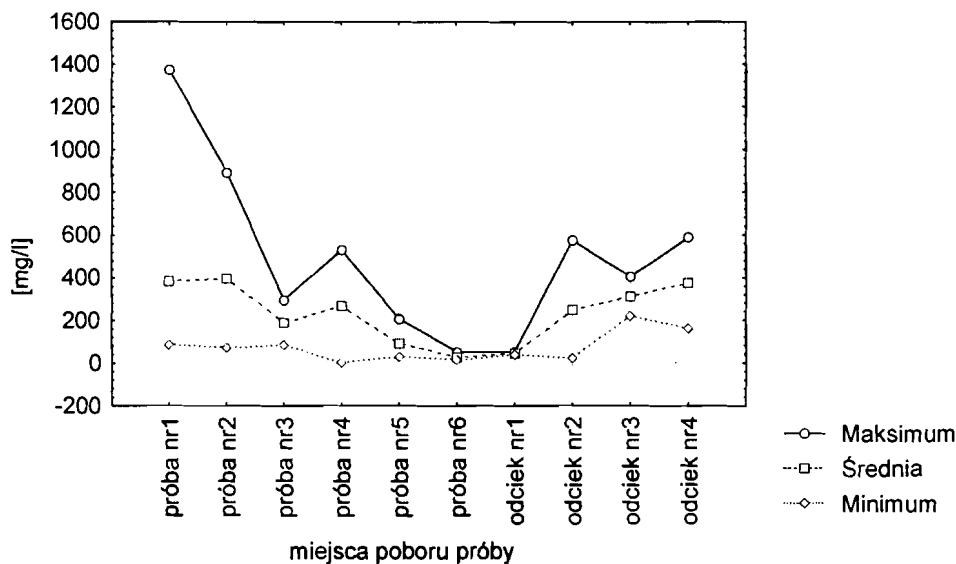
| po mechanicznym oczyszczaniu |        | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| BZT <sub>5</sub>             | -1,1%  | BZT <sub>5</sub>           | 99%   |
| ChZT                         | 8,9%   | ChZT                       | 96,3% |
| Azot amonowy                 | -5,7%  | Azot amonowy               | 92,7% |
| fosforany                    | -63,8% | fosforany                  | 98,5% |
| zawiesina                    | 23,8%  | Zawiesina                  | 96,4% |

## 4. SYSTEM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W AUGUSTOWIE

Wykres 4.1. Wartości pH w oczyszczalni w Augustowie

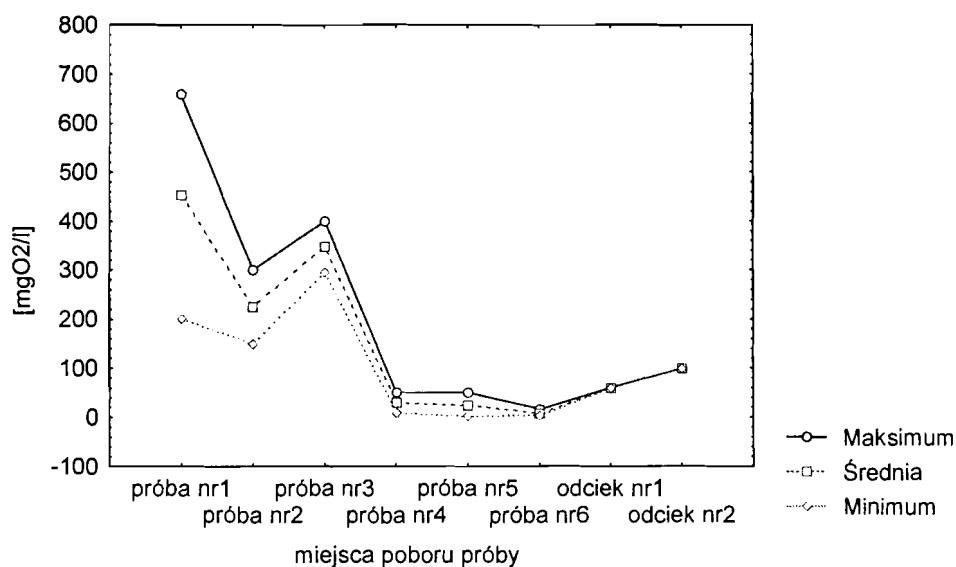


Wykres 4.2. Zawartość zawiesiny w oczyszczalni w Augustowie

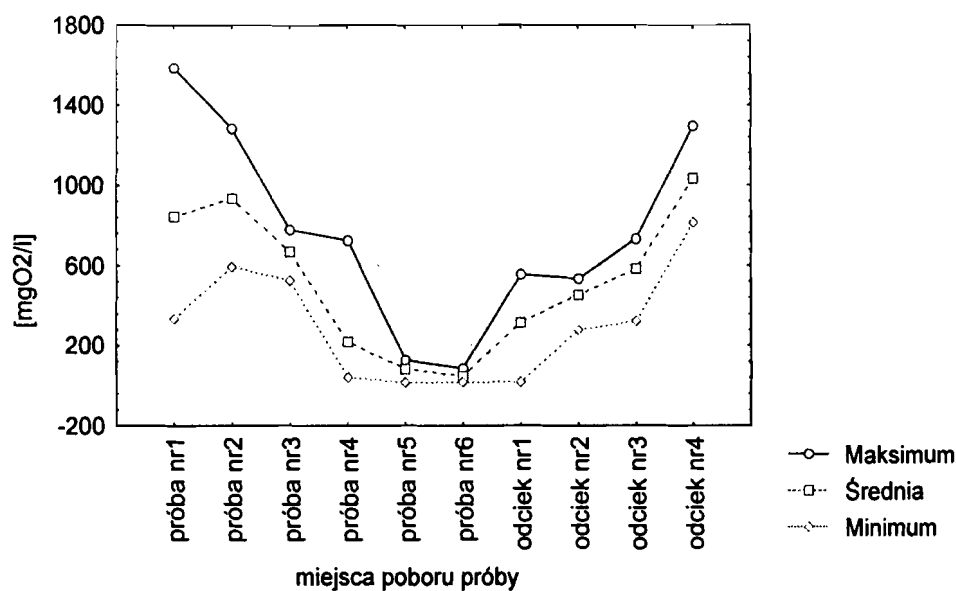




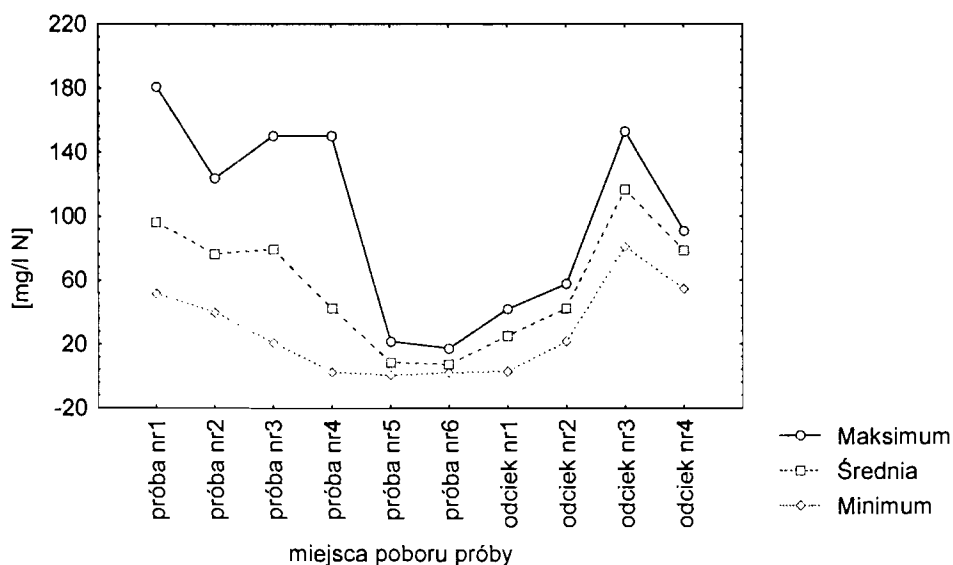
Wykres 4.3. Stężenia BZT<sub>5</sub> w oczyszczalni w Augustowie



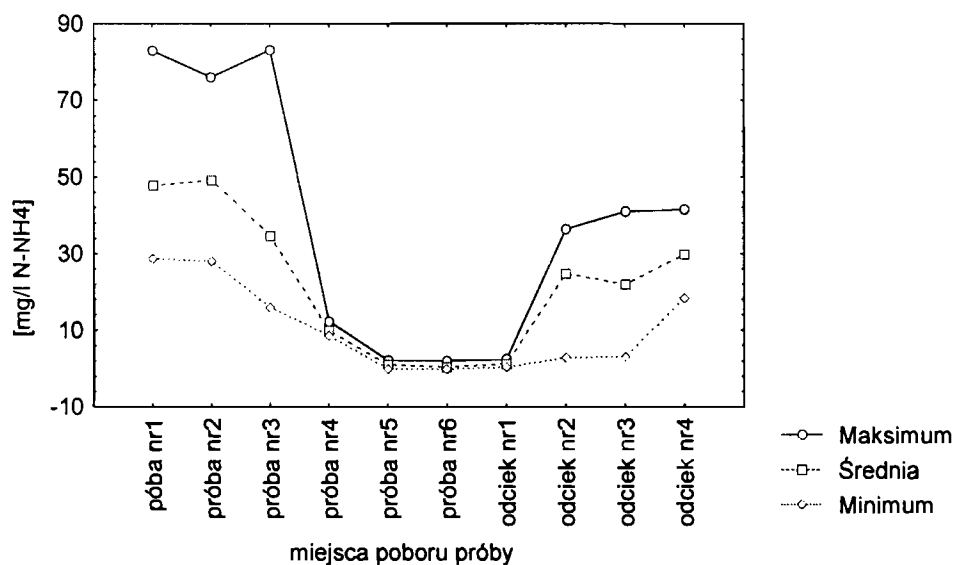
Wykres 4.4. Stężenia ChZT w oczyszczalni w Augustowie



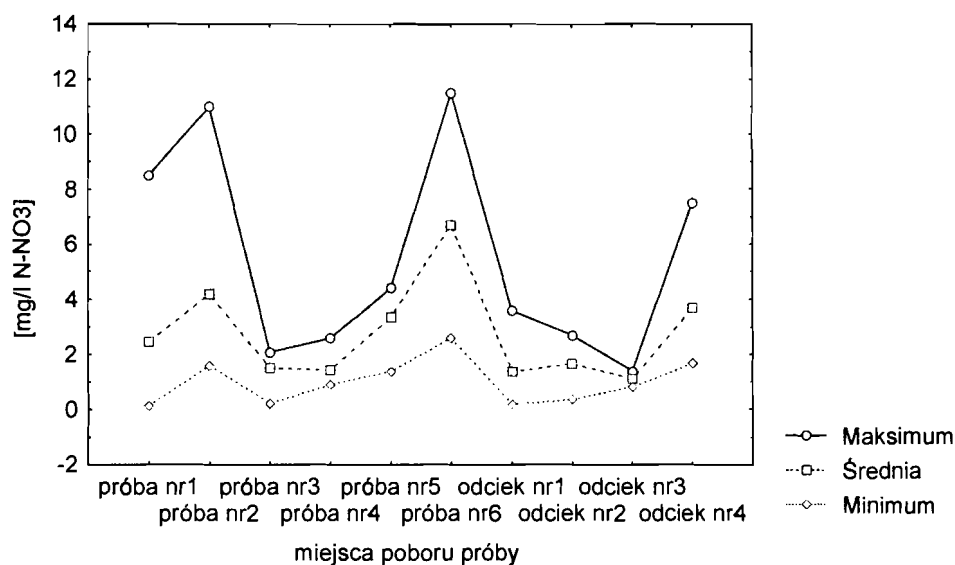
Wykres 4.5. Stężenia Azotu ogólnego w oczyszczalni w Augustowie



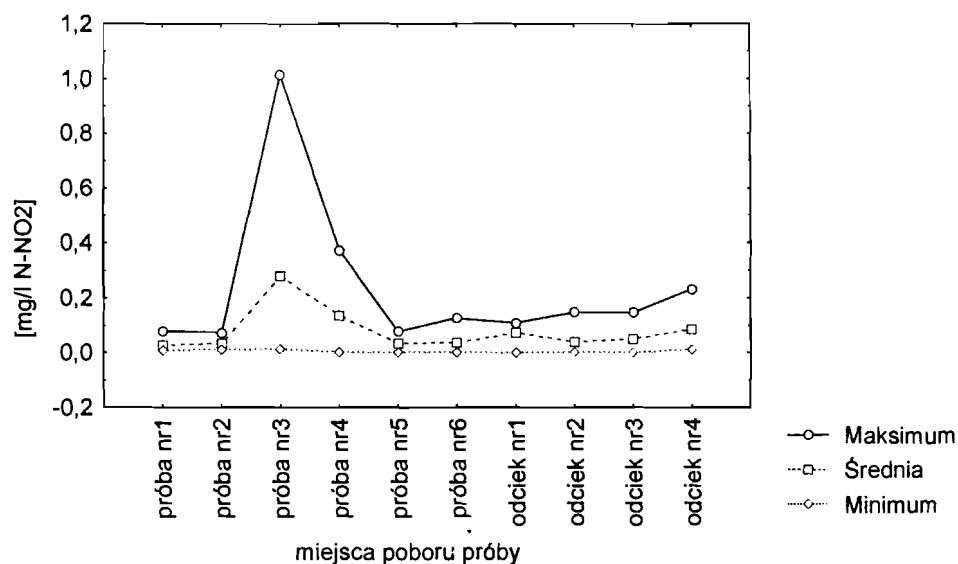
Wykres 4.6. Stężenia Azotu amonowego w oczyszczalni w Augustowie



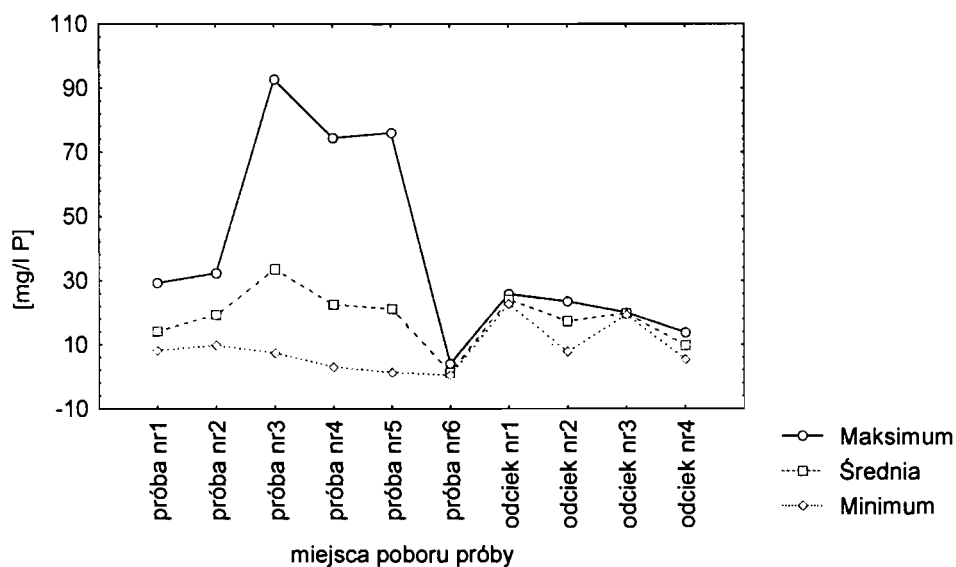
Wykres 4.7. Stężenia Azotu azotanowego w oczyszczalni w Augustowie



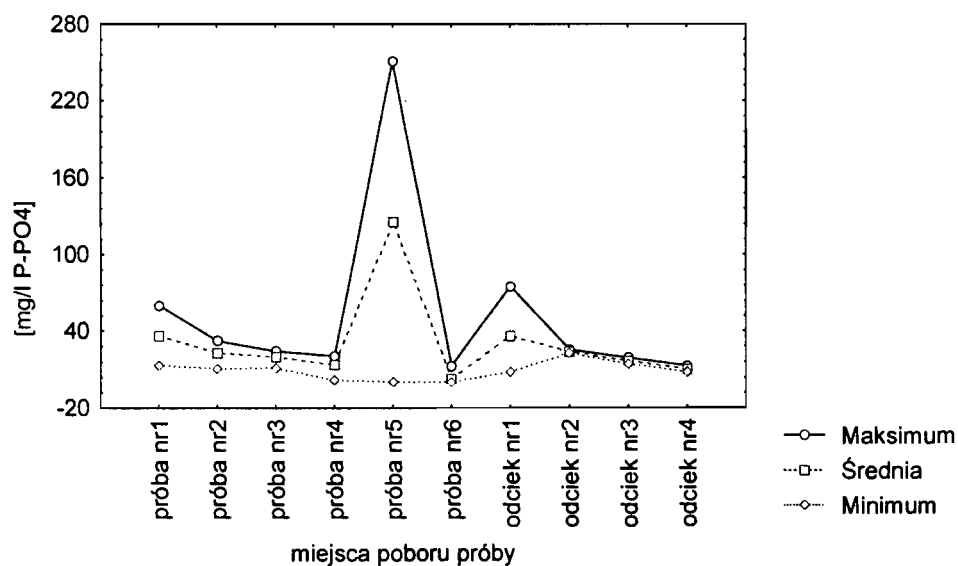
Wykres 4.8. Stężenia Azotu azotynowego w oczyszczalni w Augustowie



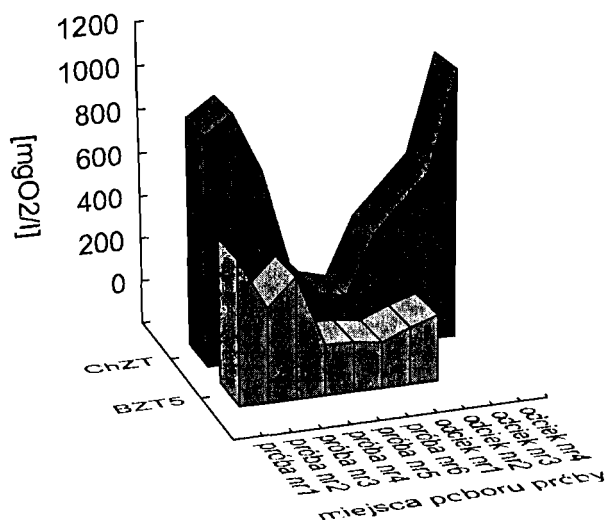
Wykres 4.9. Stężenia Fosforu ogólnego w oczyszczalni w Augustowie



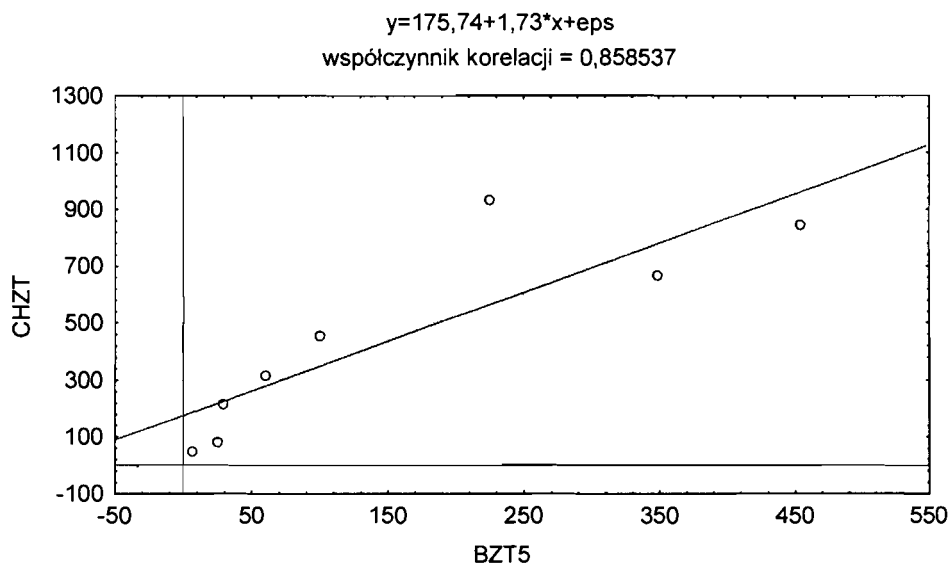
Wykres 4.10. Stężenia fosforanów w oczyszczalni w Augustowie



Wykres 4.11. Porównanie stężeń BZT<sub>5</sub> i ChZT dla wartości średnich w oczyszczalni w Augustowie

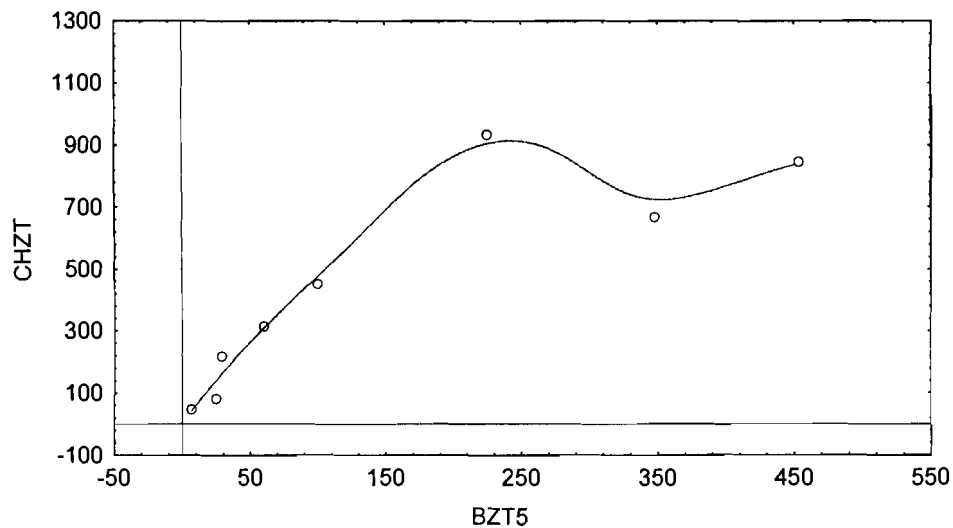


Wykres 4.12. Zależność między wartościami średnimi BZT<sub>5</sub> i ChZT w oczyszczalni w Augustowie

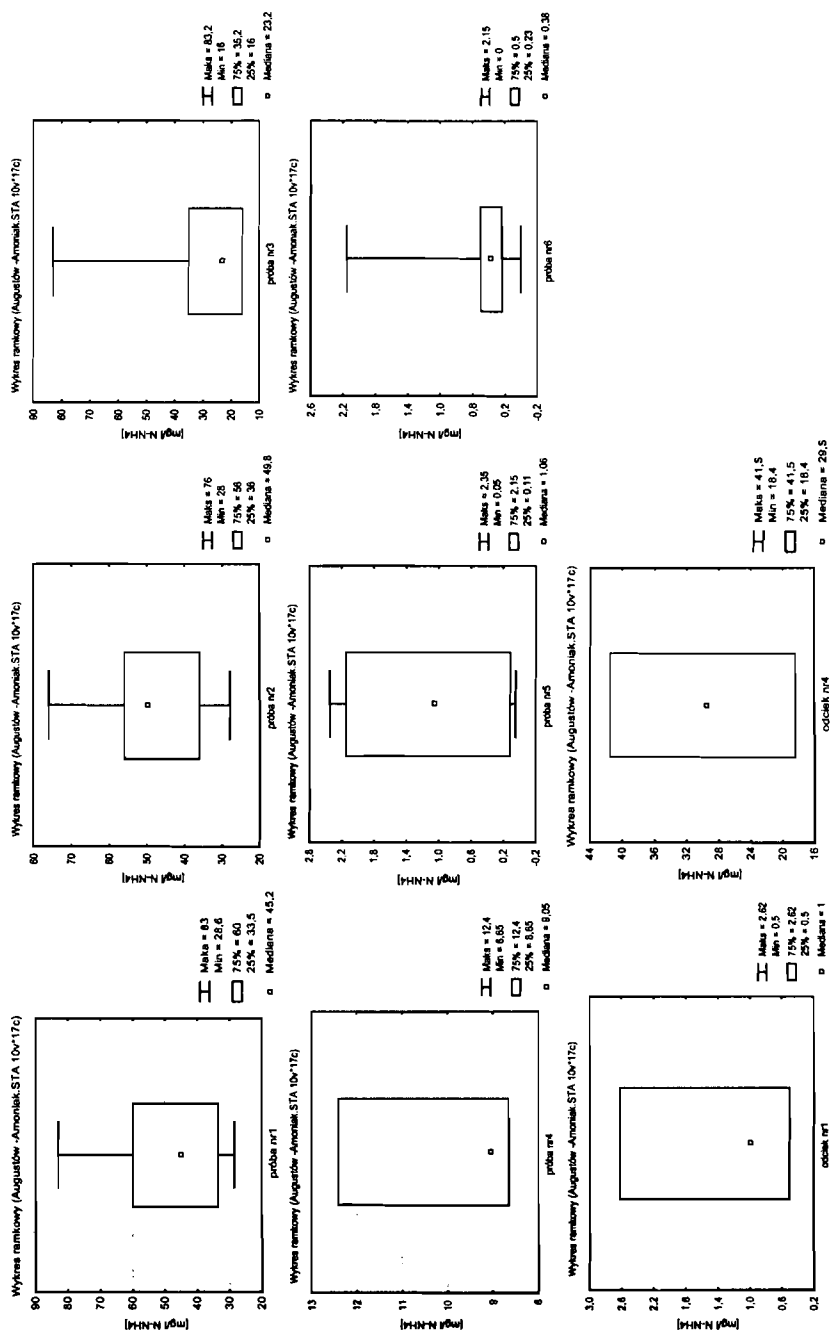


Wykres 4.13. Wykres rozrzutu (Augustów.STA 3v\*12c)

y=Wygładzanie najmniejszych kwadratów ważone odległościami + eps



Wykres 4.14. Przedstawienie mediany, dolnego kwartylu (25%), górnego kwartylu (75%), maksimum i minimum



Analizując wyniki otrzymane na drodze badań laboratoryjnych z oczyszczalni ścieków w Augustowie można stwierdzić, że ścieki oczyszczane w tym obiekcie charakteryzują się:

- dość znacznym zróżnicowaniem stężeń pod względem stężenia w całym cyklu oczyszczania takich parametrów jak: zawiesina, Azot azotanowy i Azot ogólny oraz Fosfor ogólny, a także w części tylko biologicznej fosforany,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

| po mechanicznym oczyszczaniu |       | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| Zawiesina                    | 50,5% | Zawiesina                  | 92,8% |
| Azot ogólny                  | 18%   | Azot ogólny                | 92,7% |
| Fosfor ogólny                | -137% | Fosfor ogólny              | 91,8% |
| Azot azotanowy               | 38,5% | Azot azotanowy             | -169% |
| Fosforany                    | 44,1% | Fosforany                  | 92,1% |

Wartości ujemne wynikają z faktu, iż w ściekach surowych formy rozpuszczone praktycznie nie występują, powstają natomiast w wyniku przemian azotowych i fosforowych w cyklu oczyszczania ścieków, a także za sprawą odcieków.

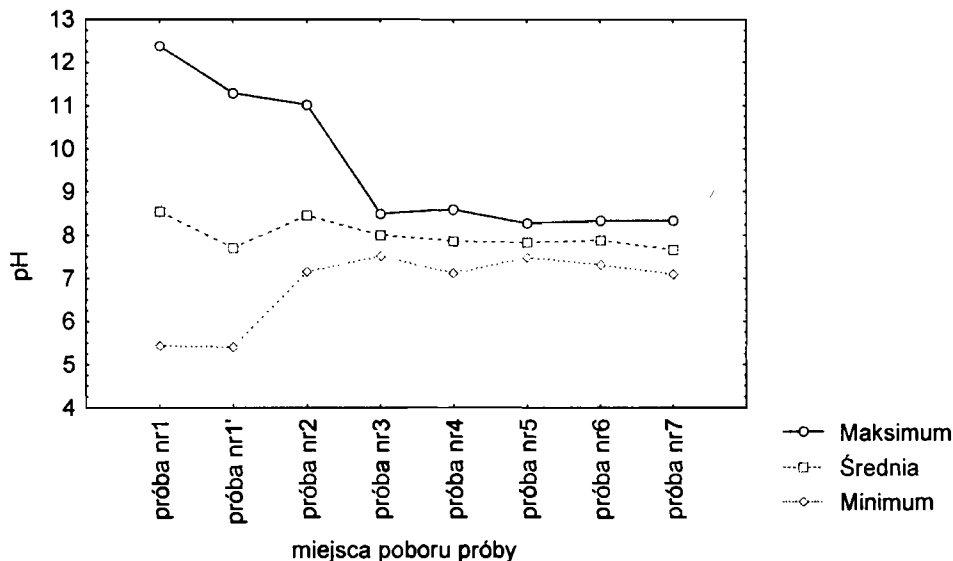
- dość znacznym zróżnicowaniem stężeń na wlocie i w części mechanicznej oraz w miarę stałymi w części biologicznej takich parametrów jak: BZT<sub>5</sub>, ChZT, azot amonowy, azot azotynowy,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

| po mechanicznym oczyszczaniu |       | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| BZT <sub>5</sub>             | 23,3% | BZT <sub>5</sub>           | 98,5% |
| ChZT                         | 21,1% | ChZT                       | 94,3% |
| Azot amonowy                 | 27,4% | Azot amonowy               | 99%   |
| Azot azotynowy               | -937% | Azot azotynowy             | -37%  |

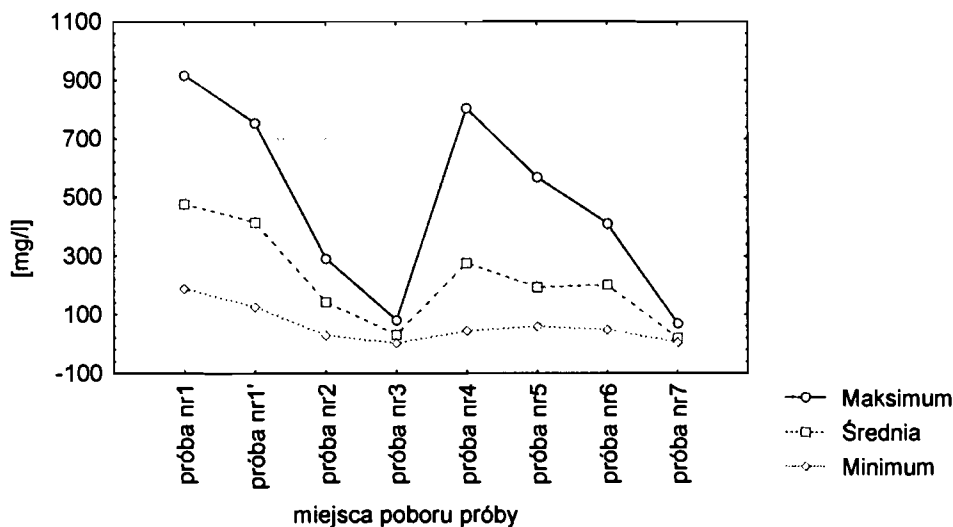


## 5. SYSTEM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W WYSOKIEM MAZOWIECKIEM

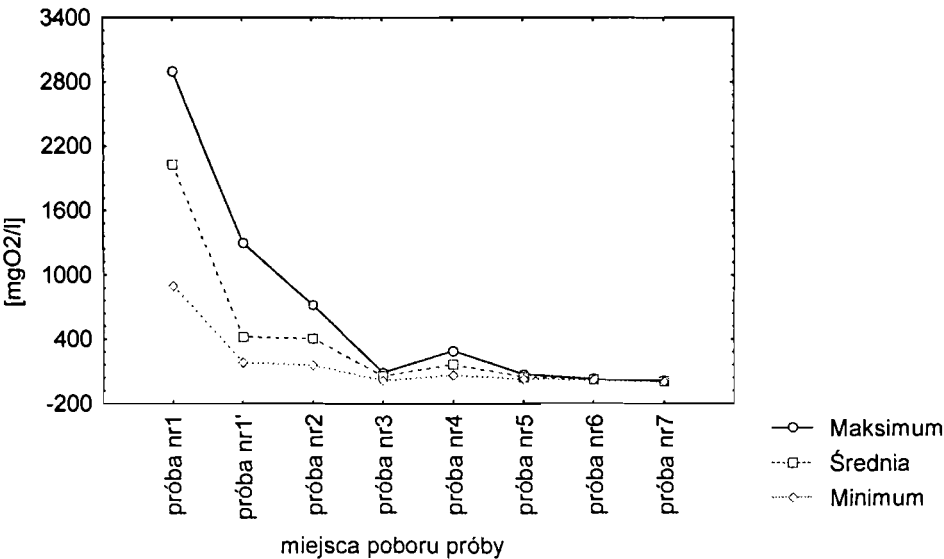
Wykres 5.1. Wartości pH w oczyszczalni w Wysokiem Mazowieckiem



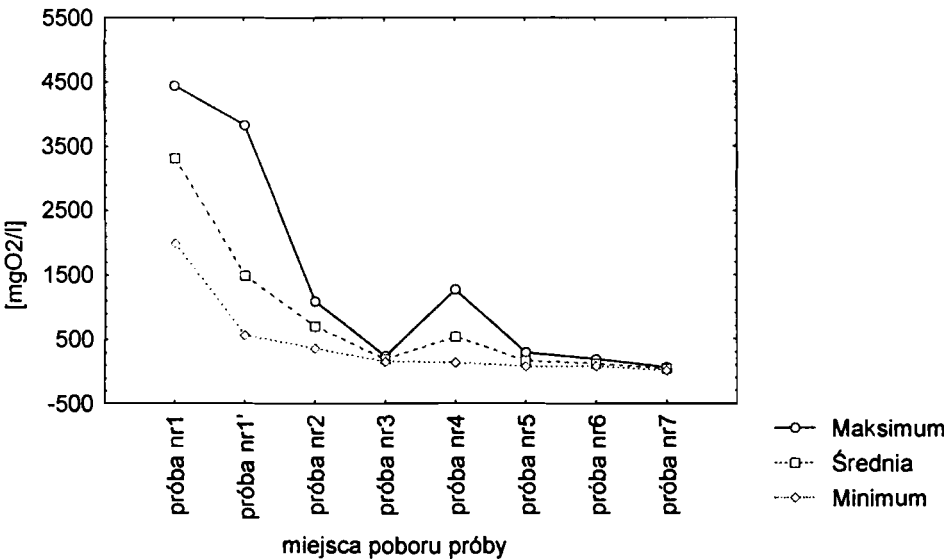
Wykres 5.2. Zawartość zawiesiny w oczyszczalni w Wysokiem Mazowieckiem



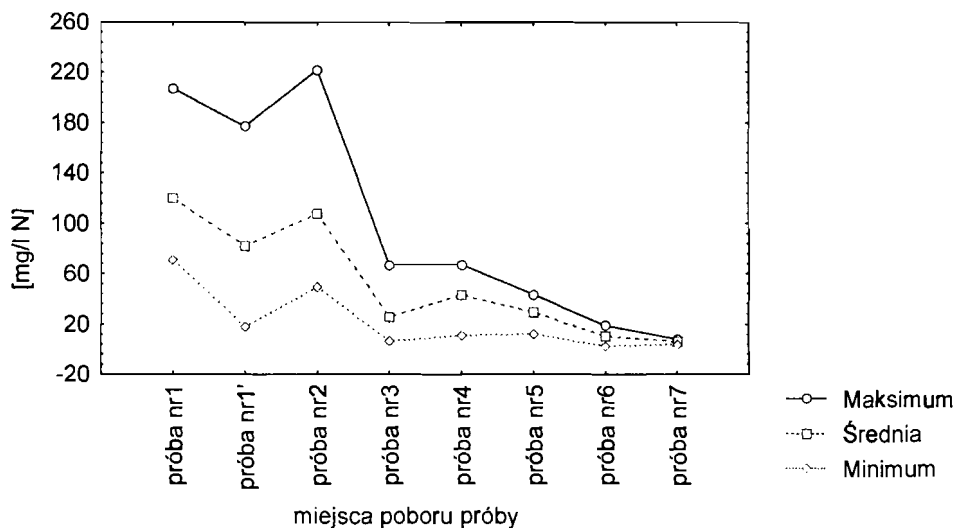
Wykres 5.3. Stężenia BZT<sub>5</sub> w oczyszczalni w Wysokim Mazowieckiem



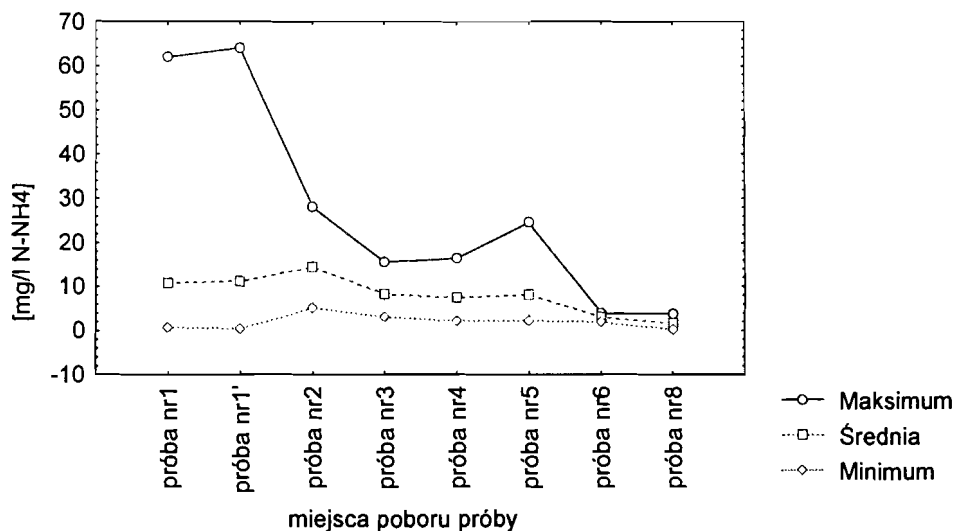
Wykres 5.4. Stężenia ChZT w oczyszczalni w Wysokim Mazowieckiem



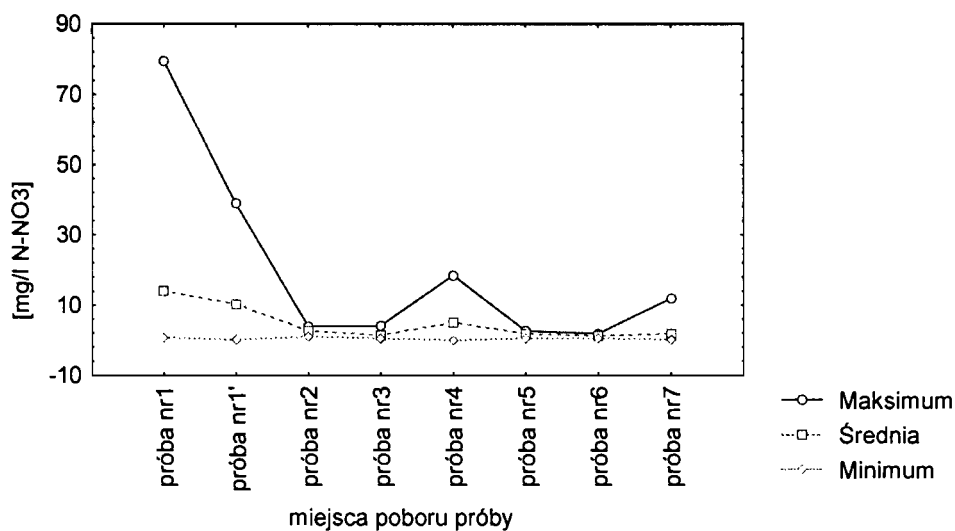
Wykres 5.5. Stężenia Azotu ogólnego w oczyszczalni w Wysokim Mazowieckiem



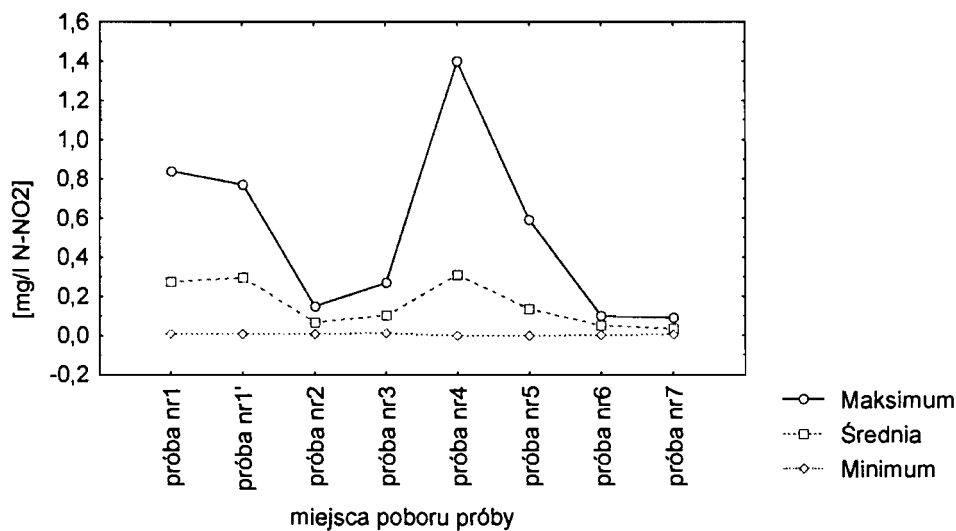
Wykres 5.6. Stężenia Azotu amonowego w oczyszczalni w Wysokim Mazowieckiem



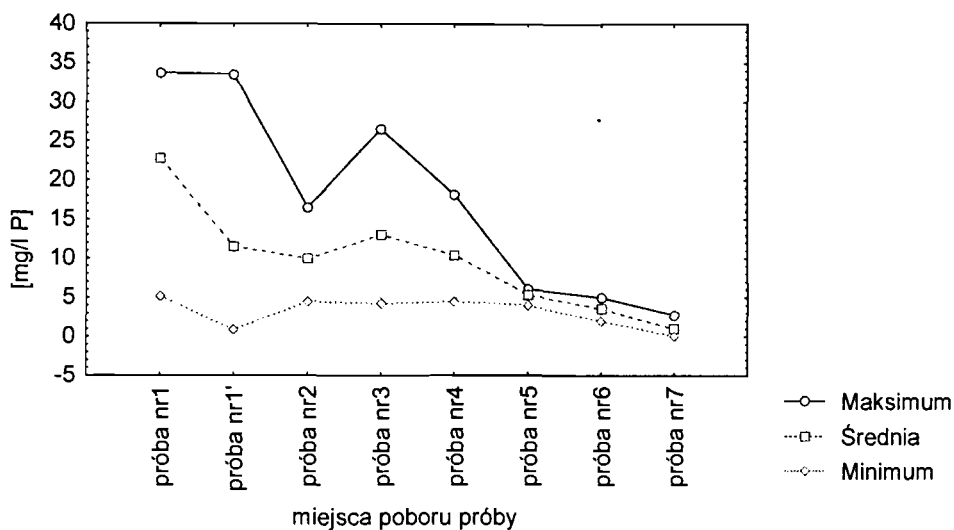
Wykres 5.7. Stężenia Azotu azotanowego w oczyszczalni w Wysokiem Mazowieckiem



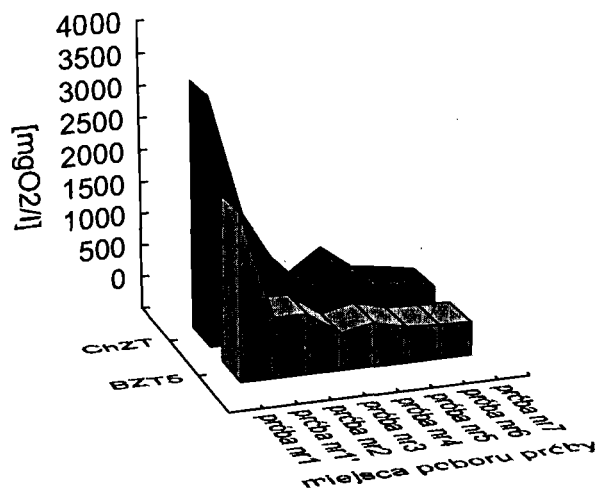
Wykres 5.8. Stężenia Azotu azotynowego w oczyszczalni w Wysokiem Mazowieckiem



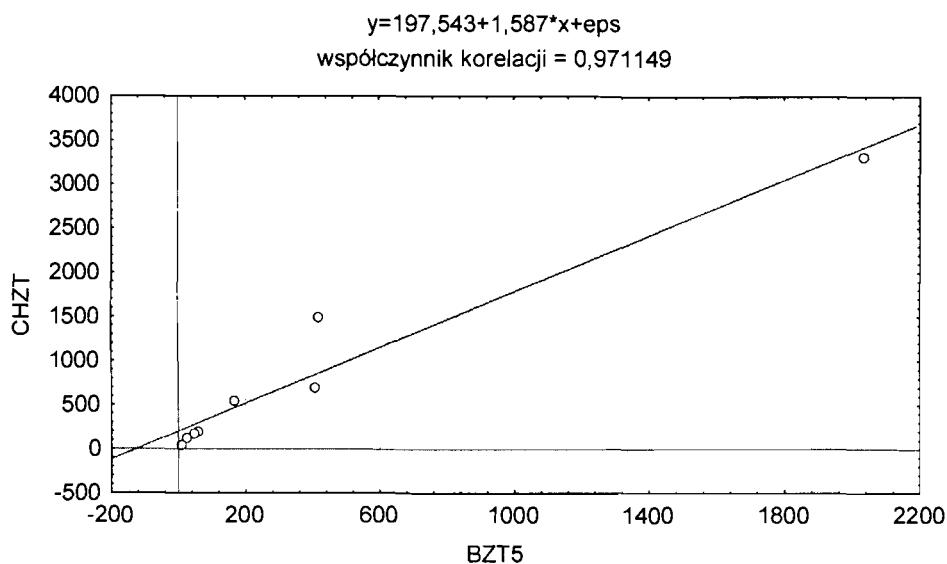
Wykres 5.9. Stężenia Fosforu ogólnego w oczyszczalni w Wysokiem Mazowieckiem



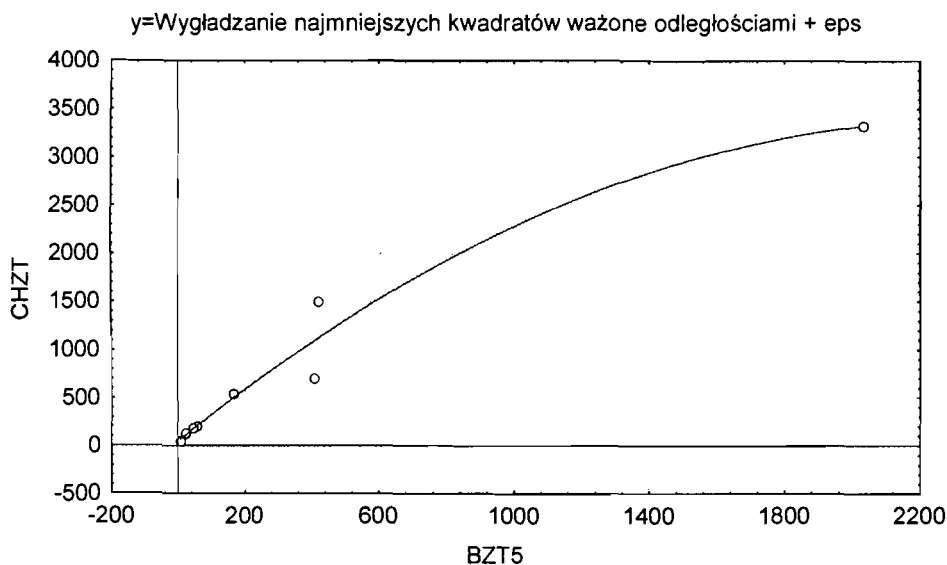
Wykres 5.10. Porównanie stężeń BZT<sub>5</sub> i ChZT dla wartości średnich w oczyszczalni w Wysokiem Mazowieckiem



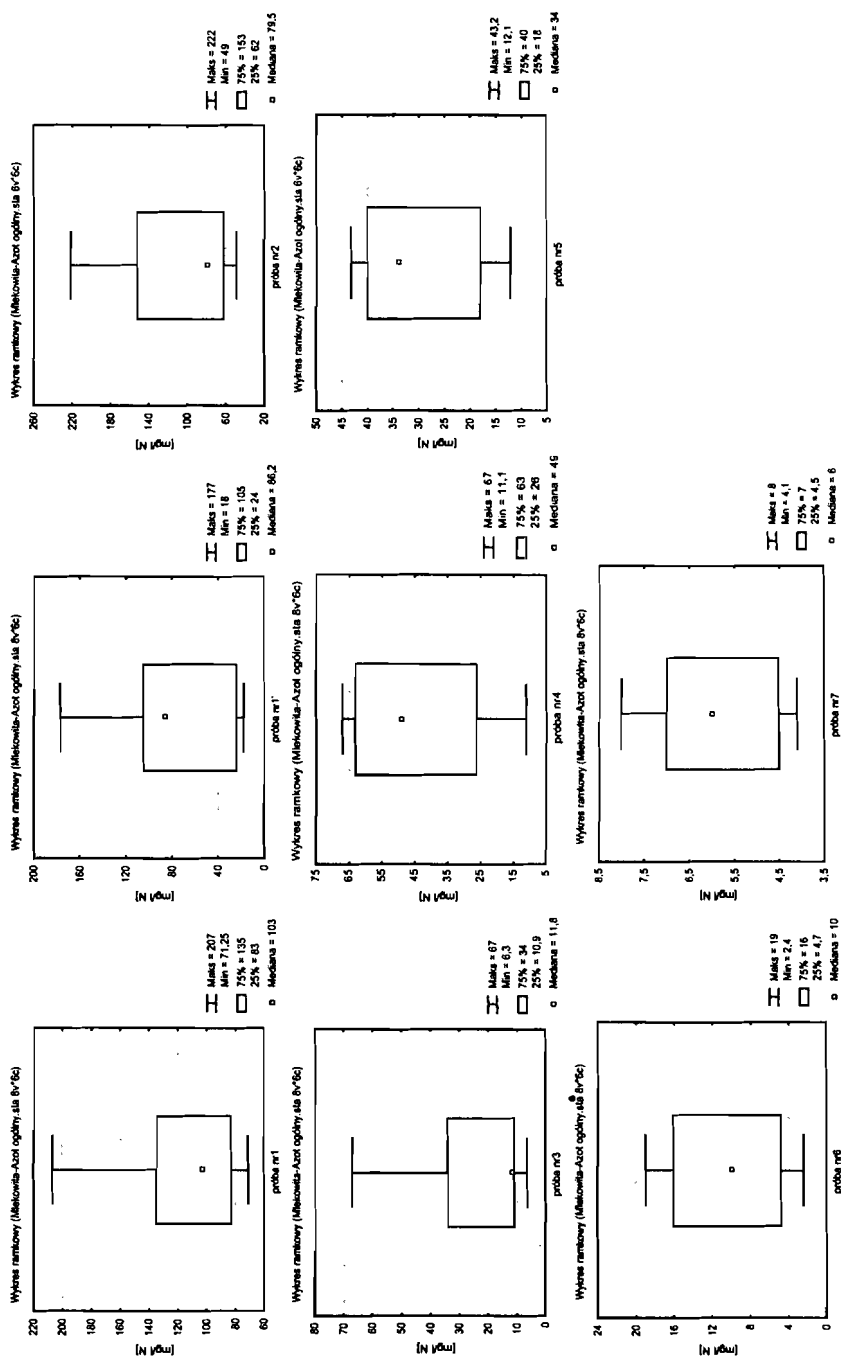
Wykres 5.11. Zależność między wartościami średnimi BZT<sub>5</sub> i ChZT w oczyszczalni w Wysokim Mazowieckiem



Wykres 5.12. Wykres rozrzutu (Wysokie Mazowieckie.STA 5v\*8c)



Wykres 5.13. Przedstawienie mediany, dolnego kwartylu (25%), górnego kwartylu (75%), maksimum i minimum



Analizując wyniki otrzymane na drodze badań laboratoryjnych z oczyszczalni ścieków w Wysokiem Mazowieckiem można stwierdzić, że ścieki oczyszczane w tym obiekcie charakteryzują się:

- dość znacznym zróżnicowaniem pod względem stężenia w całym cyklu oczyszczania takich parametrów jak: zawiesina, Azot azotynowy i Azot ogólny oraz Azot amonowy,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

| po mechanicznym oczyszczaniu |        | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|--------|----------------------------|-------|
| Zawiesina                    | 69,7%  | Zawiesina                  | 95,8% |
| Azot ogólny                  | 10,3%  | Azot ogólny                | 95,1% |
| Azot amonowy                 | -33,5% | Azot amonowy               | 85,3% |
| Azot azotynowy               | 75,3%  | Azot azotynowy             | 85,7% |

- dość znacznym zróżnicowaniem stężeń na wlocie i w części mechanicznej oraz w miarę stałymi w części biologicznej takich parametrów jak: odczyn, BZT<sub>5</sub>, ChZT, azot azotanowy oraz Fosfor ogólny,
- średni stopień usunięcia tych parametrów wynosi odpowiednio:

| po mechanicznym oczyszczaniu |       | w całym cyklu oczyszczania |       |
|------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| BZT <sub>5</sub>             | 80,4% | BZT <sub>5</sub>           | 99,6% |
| ChZT                         | 79%   | ChZT                       | 98,6% |
| Azot azotanowy               | 81,3% | Azot azotanowy             | 86,9% |
| Fosfor ogólny                | 56,2% | Fosfor ogólny              | 95,4% |



# PODSUMOWANIE

Negatywne oddziaływanie związków biogenych zawartych w ściekach na wody odbiornika jest znane i szeroko opisane w literaturze. Procesy eutrofizacji zagrażają wodom powierzchniowym, które stanowią element środowiska niezbędny do funkcjonowania człowieka. Ochrona wód wymaga doskonalenia procesów związanych z intensywnym biologicznym i chemicznym oczyszczaniem ścieków.

Badania wykonane przez zespół autorski prezentowane w niniejszym opracowaniu miały na celu opracowanie schematu obiegu związków biogenych w oczyszczalniach ścieków. Konieczne było przeprowadzenie szeregu analiz ścieków, osadów, odcieków, a także takich „produktów” oczyszczania, jak np. piasek lub skratki. Wyniki, którymi dysponowali eksploatacyjni poszczególnych obiektów dotyczyły głównie ścieków oczyszczonych oraz osadów ściekowych. Całkowity obraz pracy systemów wymagał długotrwałych badań w całym ciągu oczyszczania poszczególnych obiektów. Osiągnięte wyniki badań potwierdzają konieczność indywidualnej analizy poszczególnych obiektów. Przedstawione rezultaty są obecnie wykorzystywane przez obsługę oczyszczalni do zwiększenia efektu oczyszczania i zapewnienia stabilnej pracy całych systemów bądź wybranych urządzeń. Umożliwiły one między innymi bezpieczną zmianę wybranych parametrów pracy elementów systemów; w szczególności dotyczy to komór osadu czynnego przystosowanych do intensywnego oczyszczania biologicznego. Poznanie obiegu biogenów umożliwiło optymalizację pracy oczyszczalni. Niemal dwuletni cykl badań został zakończony. W chwili obecnej trwa obróbka i przetwarzanie pozyskanych wyników celem stworzenia ogólnego modelu obiegu związków azotu i fosforu, który będzie uniwersalny i możliwy do adaptacji dla obiektów nieobjętych badaniami. Umożliwiają to programy komputerowe wykorzystywane do analizy działających systemów i stosowane do projektowania nowych i modernizowanych oczyszczalni z wykorzystaniem metody osadu czynnego. Z drugiej strony można zauważyć, iż optymalizacja każdego systemu może być prowadzona po uprzednim pozyskaniu odpowiedniej ilości danych wyjściowych. Nie da się stworzyć całkowicie uniwersalnego modelu, który wyeliminuje konieczność specjalistycznych badań związanych z charakterem ścieków, osadów, odcieków – ich zakres można określić na podstawie prezentowanego opracowania. Badania związane ze stworzeniem odrębnych modeli będą kontynuowane między innymi w odniesieniu do systemów oczyszczania ścieków z przemysłu spożywczego ze względu na dużą liczbę tego typu oczyszczalni pracujących na terenach nieurbanizowanych północno-wschodniej Polski.

# PIŚMIENNICTWO

- Anielak A.M., *Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków*, Koszalin 1998.
- Bever J., Stein A., Teichmann H., *Zawansowane metody oczyszczania ścieków*, Projprzem-EKO, Bydgoszcz 1997.
- Bień J.B., *Gospodarka odpadami w oczyszczalniach ścieków*, Częstochowa 1999.
- Bień J.B., *Osady ściekowe: teoria i praktyka*, Warszawa 2002.
- Bień J.B.: *Problemy gospodarki osadowej w ochronie środowiska*, Częstochowa 1998.
- Boruszko D., Dąbrowski W., Magrel L., *Bilans ścieków i osadów ściekowych w oczyszczalniach ścieków województwa podlaskiego*, FEŚiZN, Białystok 2002.
- Boruszko D., Wierzbicki T.L., *Charakterystyka wód nadosadowych powstających na oczyszczalniach ścieków oraz ich wpływ na pracę oczyszczalni i środowisko*, Częstochowa 1997.
- Dymaczewski Z., Oleszkiewicz J.A., Sozański M.M., *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, PZiTS, Poznań 1997.
- Heidrich Z., *Wodociągi i kanalizacja. Kanalizacja*, Warszawa 1999.
- Józwiak J., Podgórski J., *Statystyka od podstaw*, PWE, Warszawa 1997.
- Kempa E.S., *Modelowy osad ściekowy – teoretyczne uwarunkowania a techniczna realność*, Częstochowa 1995.
- Łomotowski J., Szpindor A., *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*, Warszawa 1999.
- Magrel L., *Uzdatnianie wody i oczyszczanie ścieków – urządzenia, procesy, metody*, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 2000.
- Makać W., Urbanek-Krzysztofiak D., *Metody opisu statystycznego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1999.
- Ochrona środowiska 2001*, GUS, Warszawa 2001.
- Oleszkiewicz J., *Gospodarka osadami ściekowymi. Poradnik decydenta*, LEM s.c., Kraków 1998.
- Starzyńska W., *Statystyka praktyczna*, PWN, Warszawa 2000.

# WYKAZ PUBLIKACJI ZWIĄZANYCH ZE ZREALIZOWANYM TEMATEM BADAWCZYM

- Boruszko D., Dąbrowski W., Magrel M., *Sewage sludge characteristic, methods and facilities for its treatment in wastewater treatment plants located in eastern part of Poland*, 5-th International Conference Environmental Engineering, Vilnius 2002.
- Boruszko D., Dąbrowski W., Magrel M., *Utylizacja osadów ściekowych pochodzących z terenów niezurbanizowanych na przykładzie województwa podlaskiego*, materiały konferencyjne *Gospodarka odpadami komunalnymi*, Koszalin 2002.
- Boruszko D., Dąbrowski W., Magrel M., *Woda ścieki i odpady w małych miejscowościach województwa podlaskiego w kontekście integracji Polski z Unią Europejską*, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 2002.
- Boruszko D., Dąbrowski W., Niedziałkowski A., *Osady ściekowe jako element gospodarki odpadami komunalnymi na terenie gmin dolnej Biebrzy*, materiały konferencyjne *Gospodarka odpadami komunalnymi*, Koszalin 2002.
- Boruszko D., *Development of small municipal W.W.T.P. working in rural areas of podlaskie province*, International Conference. *Constructed and Riverine Wetlands for Optimal Control of Wastewater at Catchment Scale* Tartu, 29 September – 2 October, Estonia 2003.
- Boruszko D., *Gospodarka odpadami z małych oczyszczalni ścieków komunalnych*, materiały konferencyjne *Gospodarka odpadami komunalnymi*, Kołobrzeg-Kopenhaga-Oslo 2003.
- Boruszko D., *Gospodarka wodami osadowymi – aspekty techniczno-ekonomiczne*, materiały konferencyjne *Gospodarka wodno-ściekowa w regionach rolniczo-przemysłowych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Inżynieria Środowiska, z. 16, Białystok 2003.
- Boruszko D., *Procesy i urządzenia stosowane w węzłach osadowych a obciążenie zwrotne z przeróbki osadów ściekowych*, materiały konferencyjne *Nowe spojrzenie na osady ściekowe-odnawialne źródła energii*, Wydawnictwa Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2003.
- Dąbrowski W., Kajurek M., *Przeróbka i zagospodarowanie osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków mleczarskich na przykładzie S.M. Mlekovita*, materiały konferencyjne, Częstochowa 2003.
- Dąbrowski W., *Przeróbka oraz zagospodarowanie osadów z oczyszczalni ścieków przemysłu rolno-spożywczego w województwie podlaskim*, Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Inżynieria Środowiska z. 16, Białystok 2003.

- Dąbrowski W., *Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych na przykładzie województwa podlaskiego*, materiały konferencyjne *Gospodarka odpadami komunalnymi*, Kołobrzeg-Kopenhaga-Oslo 2003.
- Dąbrowski W., *Wastewater and sludge management on the dairy wastewater treatment plant*, 5-th International Conference Environmental Engineering, Vilnius 2002.
- Dąbrowski W., Wierzbicki T.L., *Charakterystyka oraz zagospodarowanie osadów z indywidualnych oczyszczalni ścieków mleczarskich Polski północno wschodniej*, monografia, I kongres Inżynierii Środowiska, PAN, Lublin 2002.
- Removal of nitrogen and phosphorus in small municipal W.W.T.P. using sludge activated system and constructed wetlands in rural areas of Poland*, International Conference Tartu, Estonia 2003.