

Anita Zajączkowska-Stemplowska

Praca doktorska

390938

Inv. Cont. (Water)
Pr

043:546.48'226; 546.56'226; 546.74'226; 628.356

Anita Zajączkowska-Stemplowska

Wpływ wybranych związków toksycznych
miedzi, niklu i kadmu
na przebieg procesu oczyszczania ścieków
za pomocą osadu czynnego
w warunkach konwencjonalnych

*Praca doktorska
wykonana
w Zakładzie Technologii Wody i Ścieków
Politechniki Warszawskiej*

Promotor pracy: prof. Adam Chojnacki

Warszawa, wrzesień 1969 r.

Wydawnictwo Literackie

Wpływ wyobraźni i wyobraźni
na rozwój myśli i działania
na rozwój myśli i działania
na rozwój myśli i działania
na rozwój myśli i działania

Wydawnictwo Literackie
Wydawnictwo Literackie
Wydawnictwo Literackie
Wydawnictwo Literackie



2017-10-10
Panu Profesorowi Adamowi Chojnackiemu

składam serdeczne podziękowanie

za kierowanie niniejszą pracą.

SPIS TREŚCI

	str.
WPROWADZENIE	3
1. Istota oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego	7
1.1. Ogólne wiadomości o oczyszczaniu ścieków metodą osadu czynnego	7
1.2. Skuteczność zabiegów tokacyjnych w procesach biologicznych	10
2. Charakterystyka procesu osadu czynnego	13
2.1. Skład osadu czynnego	13
2.2. Rola mikroorganizmów w procesie oczyszczania ścieków	14
2.3. Wpływ temperatury na rozwój mikroorganizmów	15
2.4. Wpływ odczynu środowiska na rozwój mikroorganizmów	17
2.5. Przemiany biochemiczne związków organicznych w procesie oczyszczania ścieków osadem czynnym	18
2.6. Parametry technologiczne procesu osadu czynnego	26
2.6.1. Czas napowietrzania	26
2.6.2. Obciążenie osadu czynnego	26
2.6.3. Obciążenie objętości komory napowietrzania	
Zadaniem BZT ₅	29
2.6.4. Zawartość osadu w komorze napowietrzania	29
2.6.5. Wiek osadu	30
2.6.6. Katalizowanie osadu czynnego	30
3. Przebieg badań nad wpływem miedzi, niklu i kadmu na proces oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych	32
3.1. Ścieki stosowane w badaniach	32

	str.
3.2. Modele doświadczalne	34
3.3. Metodyka doświadczalna	36
3.4. Budowory substancji toksycznych stosowane w doświadczeniach	37
3.5. Zakres prowadzonej kontroli procesu	37
3.5.1. Przyjęte kontrolne oznaczenia fizyko-chemiczne	37
3.5.2. Przyjęte kontrolne oznaczenia technologiczne	38
3.5.3. Przyjęte kontrolne oznaczenia biologiczne	38
3.6. Metodyka kontroli analitycznej procesu	38
3.7. Omówienie wyników doświadczeń	40
3.7.1. Koncepcja prowadzenia badań	40
3.7.2. Wpływ stężenia miedzi zawartego w ściekach na efekt ich oczyszczania osadami czynnymi	42
3.7.3. Wpływ stężenia niklu zawartego w ściekach na efekt ich oczyszczania osadami czynnymi	56
3.7.4. Wpływ stężenia kadmu zawartego w ściekach na efekt ich oczyszczania osadami czynnymi	70
3.7.5. Wpływ stężenia miedzi, niklu i kadmu dawkowanych łącznie do ścieków, na efekt ich oczyszczania osad- ami czynnymi	82
3.7.6. Określenie toksyczności stężenia miedzi, niklu i kadmu metodą testową	85
4. Podsumowanie	87
5. Wnioski	91
PIKIEROWNICTWO	93
TABLICE	

WPROWADZENIE

Problemy ochrony wód przed zanieczyszczeniem w Polsce, znaczą się w związku ze stale wzrastającym zapotrzebowaniem wody. Wzrost zużycia wody wywołany szybkim rozwojem przemysłu i postępującą urbanizacją kraju, znacząco wyprzedza prace związane z oczyszczaniem powstających ścieków. Należy się liczyć z tym, że nadchodzące lata przyniosą dalszy rozwój przemysłu i miast i w związku z tym sprawy ochrony wód przed zanieczyszczeniem wyjdą się na czoło problemów wymagających natychmiastowego rozwiązania I-II, I-II, I-III.

To też równolegle z wymagającymi nakładami inwestycyjnymi na budowę oczyszczalni ścieków, wzrasta również potrzeba dalszych badań nad ustaleniem najefektywniejszych pod względem ekonomicznym i technologicznym metod oczyszczania ścieków.

Oczyszczanie ścieków o charakterze bytowo-gospodarczym, ze względu na prawie jednaki ich skład jest znacznie łatwiejsze. Natomiast oczyszczanie ścieków przemysłowych ze względu na różnorodność ich składu w każdym przypadku wymaga indywidualnie opracowanej koncepcji ich oczyszczania. Biorąc to pod uwagę, że udział ścieków przemysłowych w zanieczyszczeniu odbiorników jest prawie czterokrotnie większy niż ścieków bytowo-gospodarczych oraz że ładunek zawarty w nich zanieczyszczeń

I rodzaj szkód jest wielokrotnie większy, więcej uwagi wymagać będzie problem oczyszczania ścieków przemysłowych.

Wpływ ścieków przemysłowych na czystość odbiornika w porównaniu ze ściekami bytowo - gospodarczymi wyraża się przede wszystkim w szkodliwym oddziaływaniu związków toksycznych w nich zawartych. To też odprowadzenie do odbiorników ścieków zarówno przemysłowych jak i miejskich z zawartością substancji o działaniu toksycznym jest karygodne ze względu na ogromne straty wyrządzane gospodarce wodnej. Z tego powodu, w chwili obecnej stwierdzić można, że wiele odbiorników jest pozbawione ryb, utraciło już swą zdolność do samooczyszczania, a wody ich są nieprzydatne do celów gospodarczych rolniczych i przemysłowych. [4],[5],[6].

Śród stosowanych metod biologicznego oczyszczania ścieków, szczególnie zainteresowanie budzi nadal oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego, znajdując dziś coraz szersze zastosowanie w technologii oczyszczania ścieków.

Proces biologicznego oczyszczania ścieków osadem czynnym zaleca się obecnie stosować do oczyszczania małych jak i bardzo znacznych ilości ścieków i to zarówno bytowo - gospodarczych, jak i mieszanych ze ściekami przemysłowymi, jak również dla ścieków przemysłowych.

Istnieje wiele modyfikacji metody oczyszczania osadem

czynnym, jednakże jako kryterium porównawcze dla nich przyjęto metodę oczyszczania ścieków osadem czynnym w warunkach konwencjonalnych.

Ten sposób oczyszczania osadem czynnym zapewnia wysoką redukcję zanieczyszczeń organicznych zawartych w ściekach która występuje wskutek biologicznego rozkładu tych zanieczyszczeń w wyniku działalności mikroorganizmów.

Biologiczny rozkład substancji organicznych może być utrudniony lub zahamowany przez obecność w ściekach toksycznych substancji wśród których wyróżnić można najczęściej spotykane cjanki, związki metali i cały szereg związków organicznych. [7],[8],[9].

W ostatnich latach obserwuje się w kraju rozwój przemysłu maszynowego. Przy produkcji obrabiarek, dźwigów, traktorów samochodów, przyrządów i różnego rodzaju części mechanicznych, ścieki na skutek stosowanych podobnych operacji przeważnie mają ten sam charakter. Znaczna część produkowanych elementów, również przez przemysł metalowy, wymaga pokrycia warstwą ochronną metalu bardziej szlachetnego. Jako proces wstępny stosuje się wytrawianie ich dokonywane w roztworach kwasów - najczęściej siarkowego, solnego rzadziej azotowego.

Jeśli wziąć pod uwagę, że na 1 tonę wytrawianych materiałów żelaznych zużywa się od 30 - 50 kg kwasu głównie siarkowego, a dla wytrawiania metali nieżelaznych kąpiele trawienne stanowią 60% kwasu siarkowego, to w skład ścieków w zależności od wytrawianych metali mogą wchodzić przede wszystkim siarczany Cu, Ni, Cd, Pb, Sn i inne.

I galwanizerni natomiast przede wszystkim obok Cu ścieki zawierają głównie Cu, Cd, Ni i inne. Biorąc to pod uwagę, do przebadania wpływu toksycznego na procesy biologiczne, w pracy przyjęto sole miedzi, niklu i kadmu. Obecność związków tych metali oddziałująco szkodliwie na biocenozę bądź to osadu czynnego, bądź to biocenozę rzeki. I101, I111, I121. Dostające się do ścieków sole metali, nawet w małych ilościach, wywołują zakłócenia w procesie ich oczyszczania osadem czynnym, jak również w procesach samoczyszczania się wód odbiorników I131, I141. Metale te wpływają hamując na procesy biochemicznego utleniania, zachodzące pod wpływem mikroorganizmów zasiedlających osad czynny I151, I161, I171, I181, I191. Wg danych z piśmiennictwa I201, I211, I221, I231 do najbardziej toksycznych spośród soli metali, które zawierają ścieki przemysłowe, zaliczyć należy siarczany miedzi, siarczany niklu, siarczany kadmu.

To też w niniejszej pracy jako cel określone przebadanie wpływu tych soli zawartych w ściekach miejskich na przebieg procesu oczyszczania i uzyskiwane efekty tj.:

- określenie wpływu stężenia siarczanych tych metali zawartych w ściekach, na przebieg rozkładu zanieczyszczeń organicznych w procesie osadu czynnego,
- ustalenie dopuszczalnych stężeń soli tych metali w ściekach doprowadzanych do oczyszczalni biologicznej
- określenie wpływu stężenia tych metali zawartych w oczyszczanych ściekach na aktywność osadu czynnego

1. Istota oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego.

1.1. Ogólne wiadomości o oczysz- czaniu ścieków metodą osadu czynnego.

Oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego polega na zatrzymaniu części zanieczyszczeń doprowadzanych ze ściekami, na powierzchniach mikroorganizmów względnie ich skupisk, które stanowią kłaczek osadu czynnego. Część zatrzymanych zanieczyszczeń ulega bezpośredniemu biologicznemu utlenieniu do dwutlenku i wody, pozostała zaś część asymilowana jest w postaci przeyrosta żywej masy mikroorganizmów, która następnie ulega samoutlenieniu.

W ostatnich latach zaobserwowano dość wyjątkowe zainteresowanie tym procesem oczyszczania ścieków.

Zadecydowano o tym szeregu czynników, a mianowicie:

- powstało szereg nowych i ekonomicznych rozwiązań dotyczących urządzeń do napowietrzania ścieków; ugruntowało to efektywność ekonomiczną metody i umożliwiło zastosowanie szeregu ciekawych rozwiązań technologicznych,
- zwięższył się zakres stosowania metody oczyszczania ścieków osadem czynnym i to zarówno dla niskich obciążeń osadu i komór napowietrzania, jak również i dla warunków wysokich obciążeń osadu.

Najważniejszym warunkiem uzyskania dobrych efektów

oczyszczania ścieków jest pozbawienie osadu procesem, uniemożliwienie właściwego prowadzenia i eksploatacji urządzeń w których proces ten przebiega.

Na uśrednionie przyjęty jako konwencjonalny schemat oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego w sposób ciągły, składają się następujące procesy: osadzanie wtórne, napowietrzanie mieszaniny ścieków z osadem czynnym, oddzielenie ścieków od osadu czynnego przez osadzanie wtórne oraz recykulację osadu czynnego z osadnika wtórnego. W praktyce eksploatacyjnej ścieki surowe najczęściej dopiero po mechanicznym oczyszczeniu kierowane są do komory napowietrzania, w której w mieszaniu z osadem czynnym są poddawane przez pewien czas napowietrzaniu. Następnie mieszanina ta przepływa do osadnika wtórnego. Część zatrzymanego w osadniku wtórnym osadu, jest przetłaczana ponownie do komory napowietrzania, a biologicznie oczyszczone ścieki pozbawione osadu czynnego odpływają do odbiornika.

W procesie biologicznego oczyszczania ścieków osadem czynnym, dzięki asymilacji następuje przyrost masy osadu czynnego, którego nadmiar jako "osad nadmierny" usuwany jest poza oczyszczalnię.

Warunkiem uzyskania dobrych efektów oczyszczania ścieków jest utrzymywanie odpowiednich parametrów pracy urządzeń przede wszystkim takich jak: właściwego obciążenia objętości komór napowietrzania redukcją zanieczyszczeń, wielkość obciążenia osadu czynnego i czasu

napowietrzania.

Przy oczyszczaniu ścieków osadów czynnych w warunkach konwencjonalnych przyjmuje się jako podstawowe parametry w następującym zakresie :

- czas napowietrzania 6 - 12 godz.
- zawartość osadu w komorze napowietrzania 1500-3000 g/m³
- wiek osadu ok. 3,5 doby
- przeciętne obciążenie objętości komór napowietrzania redukcją zanieczyszczeń 500-1000 g BZT₅/ m³ dn
- obciążenie osadu czynnego 0,1 - 0,7 g BZT₅/ g dn

W tych warunkach uzyskuje się ponad 90% redukcji BZT₅ w oczyszczanych ściekach.

1.2. szkodliwość substancji toksycznych w procesach biologicznych,

Stały rozwój przemyśle i związany z tym wzrost ilości ścieków przemysłowych, stanowi poważne zagrożenie dla zdolności samooczyszczania i czystości odbiorników. Odprowadzanie ścieków przemysłowych do odbiorników, może spowodować:

- deficyt tlenu
- zanieczyszczenie zawiesinami i substancjami, powodującymi powstawanie osadów dennych
- zasolenie wody
- zmianę odczynu
- pogorszenie właściwości organoleptycznych wody
- zniszczenie flory i fauny odbiornika.

Do najbardziej niebezpiecznych zanieczyszczeń w ściekach przemysłowych należą sole metali. Już niewielkie ich stężenie może spowodować zahamowanie procesu samooczyszczania się odbiornika lub biologicznego oczyszczania ścieków na oczyszczalni.

Znalazło to swój wyraz w Rozporządzeniu Prezesa Rady Ministrów z dnia 28 lutego 1962 roku, które określa warunki jakim powinny odpowiadać ścieki odprowadzane do odbiorników.¹²⁴ I wymagania te odnośnie stężeń metali są następujące: łączna zawartość metali takich jak Zn, Cr, Ag, Cu, Hg, Cd, Se, Pb, Ni, nie powinna przekraczać wartości 5 mg/l, natomiast pojedyncze - 1 mg/l.

Stężenia dopuszczalne związków metali zawartych w ściekach, które wywołują zakłócenia przy ich oczyszczaniu

biologicznym są obecnie przedmiotem badań.

Badania przeprowadzone przez Buchateaga ¹⁸ i wykazały na przykład, że stężenie 0,03 mg/l $CuSO_4$ hamujące wpływało na procesy biochemicznego zapotrzebowania tlenu.

Stwierdzono równocześnie, że wielkość stężenia innych metali, przy których następowało zahamowanie procesu biodegradacji wahała się od 0,1 - 3,8 mg/l.

Podobne badania prowadzone w Instytucie Roberta A. Tafta przez Geralda H. Dermotta i innych ¹⁹ i nad wpływem zawartości związków niklu na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym wykazały, że nikiel obecny w ściekach w ilości 2,5 mg/l nie powoduje obniżenia efektów oczyszczania ścieków o ok. 5%. Wykorzystując uzyskane dane, autorzy dochodzą do wniosku, że wielkość dawki niklu nie wywołująca szkodliwego wpływu na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym waha się w granicach od 1 - 2,5 mg/l.

Ponadto autorzy wyrazili pogląd, że osad czynny nie absorbuje związków niklu zawartych w ściekach, w związku z tym stosunkowo duża jego ilość porostaje jeszcze w oczyszczonych ściekach.

Z przeglądu zebranych danych z piśmiennictwa ¹⁸ ¹⁹ ²⁰ ²¹ ²² ²³ ²⁴ wynika, że ścieki zawierające sole metali w pewnych określonych stężeniach, można oczyszczać metodą osadu czynnego, uzyskując zadowalające efekty oczyszczania.

Istotnym czynnikiem przy oczyszczaniu ścieków z zawartością związków metali metodą osadu czynnego jest przestrzeganie dopuszczalnych stężeń metali, to jest takich których wielkość jeszcze nie oddziałuje wyraźnie szkodliwie na

mikroorganizmy osadu czynnego I²⁶I, w celu uniknięcia zakłóceń w pracy oczyszczalni, co może spowodować pogorszenie onkogenych efektów oczyszczania.

To też nając powyższe na uwadze, jeżeli zachodzi konieczność doprowadzenia do oczyszczalni biologicznej ścieków ścieków o wysokim ładunku związków toksycznych, należy ścieki odpowiednio przygotować, zmniejszając ich stężenia do dopuszczalnych granic przez ich wstępne podczyszczanie lub w razie potrzeby wyrównując ich stężenia w zbiorniku wyrównawczym.

Oczyszczalnie biologiczne są stosunkowo czułe na zawartość związków toksycznych w ściekach. To też dla wymaganej często wysokiego stopnia oczyszczania ścieków, z punktu widzenia ochrony wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem, należy przestrzegać wymogów stawianych ściekom doczynajacym na oczyszczalnie.

2. Charakterystyka procesu osadu czynnego

2.1. Skład osadu czynnego

Oczyszczanie ścieków osadem czynnym jest procesem złożonym, uzależnionym od szeregu zjawisk fizykochemicznych i biologicznych.

Sam proces oczyszczania polega ogólnie na zatrzymaniu części zawieszonych w doprowadzanych ściekach zanieczyszczonych na powierzchniach mikroorganizmów stanowiących osad czynny.

Osad czynny stanowi kłaczkowatą zawiesinę barwy śółto-brązowej o strukturze gąbczastej. ¹²⁷ I

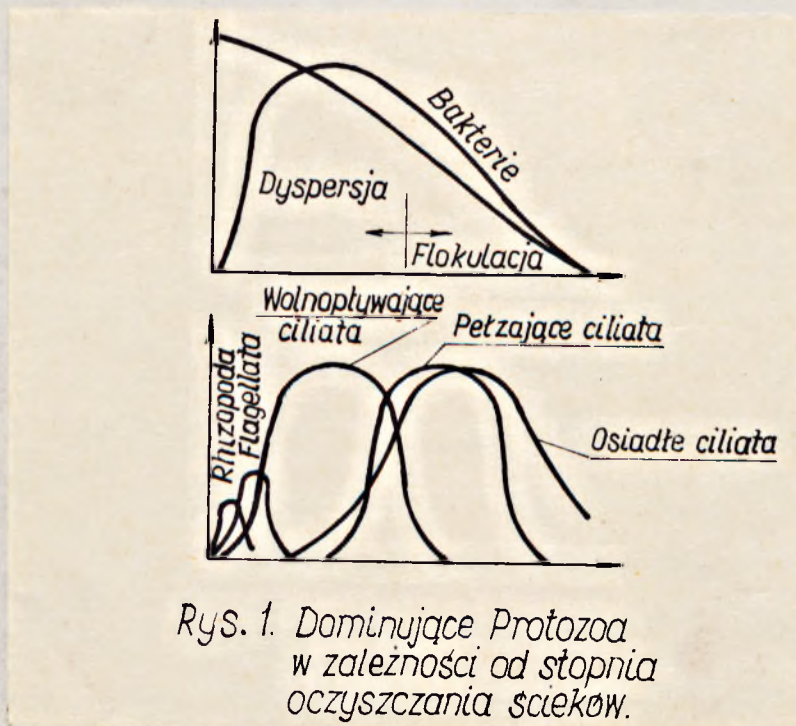
Najbardziej istotną częścią składową osadu czynnego są bakterie, występujące przede wszystkim jako skupiska zooglealne. ¹²⁵ I W skupiskach zooglealnych występuje duża różnorodność pospolitych bakterii znajdujących się w wodzie i glebie.

Oprócz bakterii zooglealnych spotyka się w osadzie czynnym także bakterie nitkowate. Najpospolitszą bakterią nitkowatą spotykaną w osadzie czynnym jest *Sphaerotilus natans* ¹²⁸ I. Od działalności fizjologicznych bakterii należy w dużej mierze efektywność metody osadu czynnego. Drugą częścią składową osadu czynnego są pierwotniaki. Są one jak gdyby regulatorami ilości bakterii.

Niekiedy w osadzie występują wrotki, rzadziej nicienie i skąposzczęty.

Kaliss i Suchecka ¹²⁹ I podają zestawienie organizmów występujących w osadzie czynnym.

Na rys. 1 podano wg Mc Kinneya i Grama I 30 I dominujące Protozoa w zależności od stopnia oczyszczania ścieków.



Rys. 1. Dominujące Protozoa w zależności od stopnia oczyszczania ścieków.

2.2. Rola mikroorganizmów w procesie oczyszczania ścieków.

Mikroorganizmy spotykane w osadzie czynnym spełniają określone funkcje w procesie usuwania związków organicznych ze ścieków. Ich rola w rozkładzie związków organicznych jest różna.

Dotychczasowe badania prowadzone przez wielu autorów [27 i 129 i, i 30 i, i 31 i, i 32 i, nie pozwoliły na ustalenie jednak w sposób jednoznaczny roli poszczególnych mikroorganizmów w procesie oczyszczania ścieków osadem czynnym.

Badania Mc Kinney'a i Grama [30 i nad współzależnością pierwotników i bakterii w osadzie czynnym wykazały, że większość znajdujących się w osadzie pierwotników odżywia się w zasadzie bakteriami, jednakże mogą również wykorzystać

etywać bezpośrednio substancję organiczną zawartą w ściekach. Sudgen i Lloyd i 33 i oraz inni uważają, że obecność pierwotniaków w osadzie czynnym wzusza bakterie do wydzielania galaretowatej osłonki chroniącej je przed pierwotniakami. Sudgen i Lloyd stwierdzili ponadto, że wynoczek pochłaniają rozpuszczoną substancję nieorganiczną i wydzielają ją następnie w postaci zlepionej w grudki. Wyjaśnić to można tym, że wynoczek osiedle wydzielają z aparatu rzęskowego na zewnętrzne pasemka śluzu, do których przyklepia się zdyspergowana substancja organiczna znajdująca się w ściekach, co powoduje przyspieszenie ich koagulacji.

Podstawowe jednak znaczenie w procesie oczyszczania ścieków osadom czynnym spełniają tlenowe bakterie zoogloalne. Pierwotniaki natomiast odgrywają rolę drugorzędą, a mianowicie stymulatorów procesu rozwoju bakterii.

2.3. Wpływ temperatury na rozwój mikroorganizmów.

Procesy życiowe drobnoustrojów dają się już zauważyć w niskiej temperaturze. Z miarą jednak wzrostu temperatury środowiska procesy życiowe drobnoustrojów nasilają się i w temperaturze optymalnej osiągają swój punkt szczytowy rozwoju. Przy dalszym wzroście temperatury środowiska intensywność procesów życiowych drobnoustrojów maleje, a w wysokiej temperaturze procesy te całkowicie ustają.

Z zależności od wpływu temperatury na rozwój drobnoustrojów można je podzielić na trzy grupy :

- a. psychrofilowe /niskotemperaturowe/ - mikroorganizmy, których minimalna temperatura rozwoju wynosi $0 - 5^{\circ}\text{C}$. Optymalna znajduje się w granicach $10 - 20^{\circ}\text{C}$, a maksymalna temperatura przy których jeszcze występuje ich rozwój wynosi ok. 30°C .
- b. mezofilowe - /średniotemperaturowe/ - stanowią najliczniejszą grupę drobnoustrojów, do których należą drobnoustroje saprofityczne i chorobotwórcze. Minimalny rozwój dla drobnoustrojów mezofilowych zaczyna się w temperaturze 10°C , optymalny w granicach $25 - 40^{\circ}\text{C}$, a maksymalna temperatura dla ich rozwoju wynosi 45°C .
- c. termofilowe /wysokotemperaturowe/ - temperatura minimalna przy której występuje ich rozwój wynosi ok. 40°C , optymalna $50 - 60^{\circ}\text{C}$, a maksymalna ok. 70°C . Są to bakterie żyjące głównie w glebie, nawozie, gorących źródłach. Wszystkie one wykazują zdolność do tworzenia form przetrwalnikowych.
- W procesie oczyszczania ścieków osadom czynnym, zakres temperatur wywierający wpływ na wzrost bakterii biologicznych udział w tym procesie, obejmuje temperatury od $0 - 75^{\circ}\text{C}$. Zmiany temperatury w zakresie od $5 - 20^{\circ}\text{C}$ nie wykazują szkodliwego wpływu na biocenozę pierwotniaków, natomiast temp. 50°C niszczy tę biocenozę.

2.4. Wpływ odczynu środowiska na rozwój mikroorganizmów.

Wpływ odczynu środowiska na procesy życiowe drobnoustrojów jest nie mniej ważny niż wpływ temperatury.

Hg. Liebmanna I 34 I optymalna pH dla osadu ulega się w granicach 7,2 - 7,4. Osad czynny wykazuje wówczas największe zróżnicowanie gatunków.

W środowisku o odczynie w granicach pH 6,5 - 8,5 bakterie są organizmami dominującymi w porównaniu z drożdżami i pleśniami.

Niskie pH środowiska hamuje w osadzie czynnym rozwój bakterii zooglokalnych i nitryfikacyjnych.

Wrażliwość drobnoustrojów na odczyn środowiska można by ogólnie scharakteryzować jak poniżej :

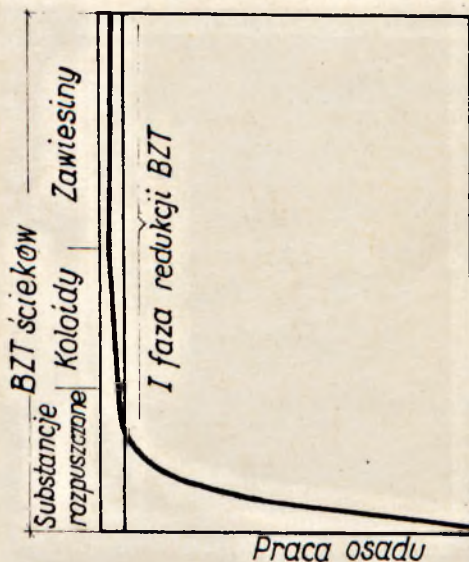
Drobnoustroje rozkładające związki azotowe, najchętniej rozwijają się w środowisku obojętnym, jednakże tolerują również środowiska alkaliczne.

Natomiast dla mikroorganizmów rozkładających węglowodany bardziej odpowiednio jest środowisko kwaśne. Podczas rozkładu związków azotowych często wytwarzany jest azot amonowy, który alkalizuje środowisko, natomiast węglowodany utleniające się przechodzą w kwasy organiczne lub CO_2 , co powoduje zakwaszenie środowiska.

W przypadku osadu czynnego, gdzie populacja mieszana występuje w równowadze, a mikroorganizmy rozkładają związki organiczne, następuje samoregulacja i silne zbuferowanie środowiska do odczynu prawie obojętnego I 34 I.

2.5. Przemiany biochemiczne związków organicznych w procesie oczyszczania ścieków osadami czynnymi.

Wg. współczesnych poglądów oczyszczanie ścieków osadami czynnymi zachodzi pod wpływem szeregu złożonych procesów fizyko-chemicznych i biologicznych przebiegających z różną prędkością w zależności od wytworzonych warunków. Garret i Sawyer I 35 I a następnie Eckenfelder i McCabe I 36 I sformułowali dwufazową teorię usuwania z roztworu, zanieczyszczeń organicznych w procesach biochemicznych. Wg. Eckenfeldera I 37 I przemiany biochemiczne zachodzące podczas redukcji biochemicznego zapotrzebowania tlenu w procesie oczyszczania ścieków osadami czynnymi zachodzą w dwóch fazach dla których kinetyka przebiegających procesów jest różna. Zależność ta dla ścieków miejskich przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Redukcja BZT ścieków miejskich przy oczyszczaniu metodą osadu czynnego.

2. przebiegu krzywej wynika, iż pierwsza faza redukcji BZT przebiega z dużą prędkością, gdyż w wyniku kontaktu ścieków z osadem czynnym następuje prawie natychmiastowe uwalnianie ze ścieków substancji organicznych w postaci

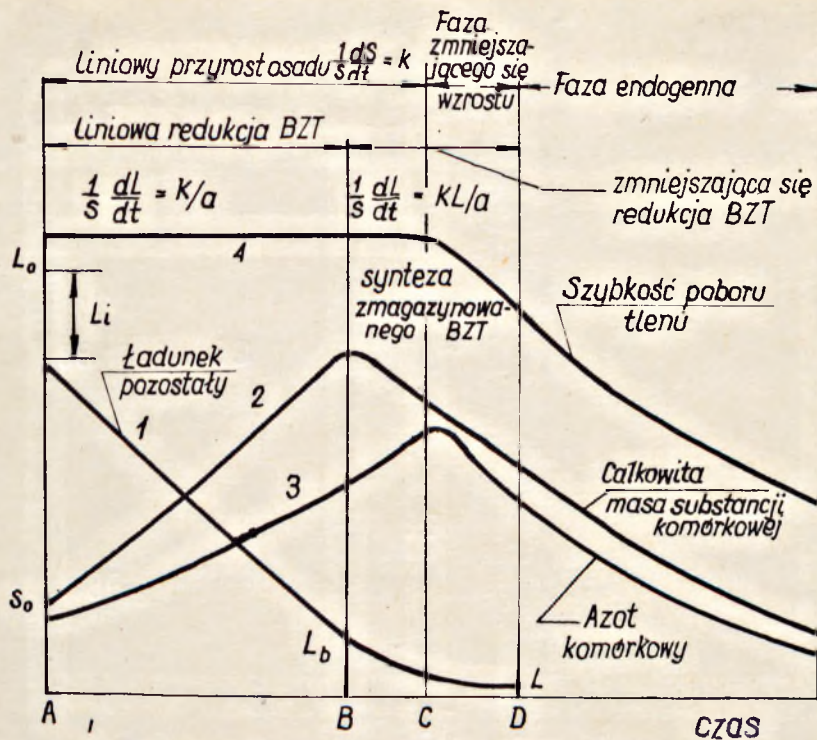
rospuszczonej i koloidalnej na skutek adsorpcji przez mikroorganizmy. Przewodzą tutaj zjawiska natury fizykochemicznej. Ponieważ biochemiczne zapotrzebowanie tlenu w ściwkach związane jest z obecnością substancji organicznych występujących głównie w postaci koloidalnej i zawiesin I 38 I, I 39 I, spadek BZT w ściwkach po krótkim czasie ich kontaktu z osadem czynnym osiąga od 80 - 90%.

Małe napowietrzanie ściwków z osadem czynnym powoduje rozpuszczanie i rozkład uniesiatego BZT.

Druga faza redukcji BZT /wolniejsza/ zależy głównie od zjawisk biochemicznych.

Jak wykazały badania Goudy I 40 I a także Englebrechts I Mc Kinney'a I 41 I oraz Mc Whortera i Haukelokiana I 42 I cyt. przez Eckenfeldera i Gloyne I 38 I, szybkość usuwania substancji organicznych ze ściwków wyrażająca się redukcją BZT zależy od szybkości przyrostu masy osadu czynnego.

W warunkach ciągłego napowietrzania szybkość sorpcji powierzchniowej komórek bakterii będzie malała wraz ze spadkiem stężenia BZT ściwków. W punkcie, w którym szybkość sorpcji zrówna się z szybkością rozkładu substancji komórkowej, osad zawiera jeszcze nie przerobiony węgiel organiczny i rozkład przebiegać będzie nadal z maksymalną szybkością, dopóki nadmiar węgla organicznego nie zostanie wyczerpany w procesie tworzenia się nowej masy komórkowej. Proces ten daje w wyniku szybkie zmniejszenie się masy komórkowej i węgla komórkowego z równoczesnym wzrostem azotu komórkowego. Szczegółowy przebieg tych zjawisk jest pokazany na rys. 3.



Rys. 3. Schemat usuwania BZT, przyrostu i utleniania osadu.

Jak widać faza spadku redukcji BZT zaczyna się w pkt. B w którym masa osadu jest największa.

Zmagazynowane węglowodory służyłone są przez komórki jeszcze w czasie odpowiadającym przedziałowi B-C, dając w rezultacie wzrost ilości azotu komórkowego. Ilość azotu komórkowego jest największa w punkcie C. Na odcinku C-D występuje spadek ilości masy komórkowej, w wyniku czego zmniejsza się masa osadu. Zależnie od wielkości stężenia BZT pozostałego w ściekach w punkcie C, masa osadu czynnego może pozostawać stała lub wykazywać lekką tendencję wzrostową, podczas gdy ilość azotu komórkowego będzie nadal stała.

Poza punktem D proces samoutleniania powoduje spadek zarówno masy komórkowej jak i azotu.

Zużycie tlenu na jednostkę masy komórkowej przy maksymalnej szybkości reakcji w czasie fazy logarytmicznego wzrostu jest stałe, ilość substratu nie jest ograniczona i szybkość rozkładu określa ogólną szybkość reakcji.

Przemiany biochemiczne zachodzące w procesie biologicznego oczyszczania ścieków Weston i Eckenfelder I 43 I ujęli w postaci równań stechiometrycznych jak poniżej :

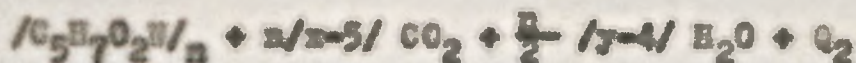
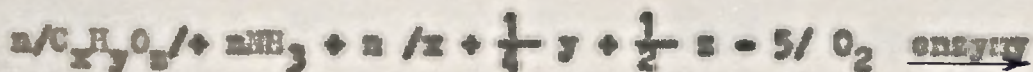
1. Równanie bezpośredniego enzymatycznego utleniania związków organicznych



$C_xH_yO_z$ - najprostsz wzór zastępczy dla związków organicznych uważanych ze ścieków.

Q_1 - efekt energetyczny reakcji.

2. Równanie biosyntezy komórek /równanie asymilacji/ :

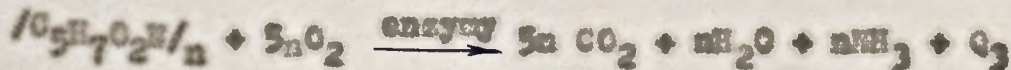


gdzie :

$/C_5H_7O_2N/n$ - najprostsz wzór zastępczy dla substancji komórkowej mikroorganizmów biorących udział w rozkładzie substancji organicznych

Q_2 - efekt energetyczny reakcji.

3. Równanie samoutlenienia substancji komórkowej



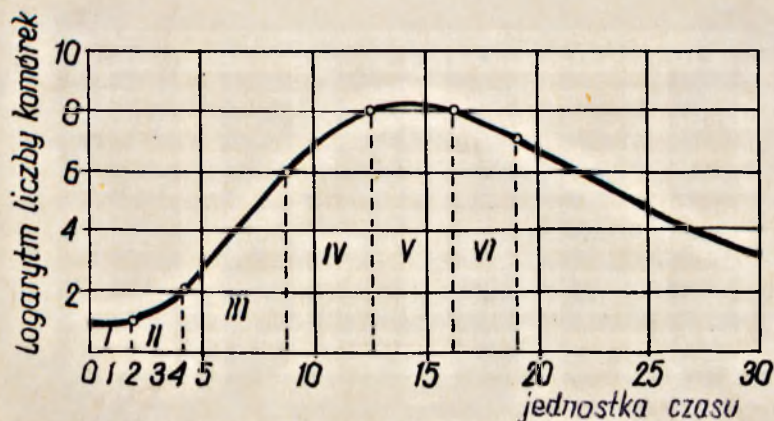
gdzie :

Q_3 - efekt energetyczny reakcji.

Powyższe równania przyjąć należy, że jedynie w sposób uproszczony przedstawiają przebieg procesu utleniania i rozkładu związków organicznych jako na miejsce w procesie biologicznego oczyszczania ścieków. Wymienione tutaj te trzy przemiany związków organicznych przedstawione w postaci równań stechiometrycznych, zachodzą przy współudziale enzymów ; Enzymy te są produktami mikroorganizmów biorących udział w biologicznym oczyszczaniu ścieków, od rozwoju więc mikroorganizmów w osadzie czynnym zależy w znacznym stopniu przebieg owych reakcji.

Stąd przyjęto, że istnieje ściśle zależność między ilością mikroorganizmów biorących udział w oczyszczaniu ścieków, a uzyskiwanym efektem ich oczyszczania 125 l.

W odpowiednich optymalnych warunkach środowiska tzn. wystarczające ilości substancji pożywienia, odpowiedniej wilgotności, temperaturze i odżywieniu, mikroorganizmy rozmnażają się bardzo szybko. Wg Buchanana I 44 I rozróżnia można siedem faz rozwoju kultur mikroorganizmów.



Rys. 4. Krzywa wzrostu bakterii

Pierwszą fazą wzrostu jest faza wstępna, w której nie obserwuje się podziału komórek, jak również ich wzrostu.

Drugą fazą jest faza spóźniona, podział komórek występuje stowarzyskowo rzadko, lecz nie obserwuje się zahamowania ich rozwoju. Trzecią jest faza logarytmicznego wzrostu komórek. W fazie tej wszystkie komórki ulegają podziałowi.

Czwartą fazą jest faza zwolniona, czyli faza zmniejszającej się szybkości wzrostu. Szybkość wzrostu i rozmnażania komórek zaczyna maleć. Po wyczerpaniu się substancji pokarmowych, średni czas życia jednego pokolenia wzrasta, co w połączeniu z innymi czynnikami daje w efekcie zmniejszoną szybkość wzrostu.

Kolejną piątą fazą jest faza stanu nasycenia, w której maleje szybkość rozmnażania mikroorganizmów, a jednocześnie zwiększa się liczba komórek obumierających.

Czas trwania tej fazy zależy od ilości substancji pokarmowych. Szóstą fazą jest faza przypiętzonego samierania komórek, które następnie przechodzi kolejno w siódmą fazę - określoną jako logarytmiczną fazę samierania komórek.

Fazy VI i VII uważa się jako stan charakterystyczny dla przebiegu wewnątrzkomórkowego utleniania, kiedy frakcja substancji pokarmowej dla nowych populacji są organizmy poprzednio wytworzone.

Burswell, Long, Ageradong, Hatfield i Barrit I 45 I, I 46 I, I 47 I, obserwując hodowlę osadu czynnego stwierdzili, że podczas rozwoju osadu czynnego następuje określona sukcesja ugrupowań gatunków pierwotniaków: na początku hodowli osadu czynnego występuje duże stężenie substancji pokarmo-

wych, a populacja każdej grupy mikroorganizmów są nieliczne. Konkurencją z nimi bakterie, jako bardzo małe organizmy, mają stosunkowo dużą powierzchnię do pobierania pokarmu i dzięki temu bardzo szybko się rozmnażają, pochłaniając coraz to większe ilości materii organicznej. Na skutek tego zjawiska konkurencji zmniejsza się w znacznym stopniu ilość substancji pierwiastkowej. W czasie gdy ilość bakterii dość znacznie wzrasta, pogarszają się składowe warunki, których ilość wzrasta aż do chwili osiągnięcia równowagi z ilością bakterii.

W procesie oczyszczania ścieków osadem czynnym, określa się wzrost liczby populacji na podstawie oznaczenia masy mikroorganizmów.



Rys.5. Krzywa wzrostu populacji

Rozpatrując powyższą krzywą można wyodrębnić trzy fazy :
- fazę logarytmiczną przyrostu masy osadu. Faza ta charakteryzuje się szybką nadmierem substancji pokarmowej w ściekach.

W tym zakresie wzrost mikroorganizmów zależy od zapotrzebowania tlenu. Populacja osiąga maksymalną prędkość rozwoju pod koniec fazy logarytmicznej.

W miarę wzrostu populacji w ściwkach jest coraz mniej substancji pokarmowych, powoduje to zmniejszenie prędkości wzrostu mikroorganizmów i następuje druga faza - zanikającego przyrostu masy osadu czynnego z chwilą gdy ilość substancji pokarmowych staje się minimalna, mikroorganizmy przestają się rozwijać.

Wchodzi wtedy w trzecią fazę tzw. wewnątrzkomórkowego utleniania, czyli samoutleniania. Mikroorganizmy zaczynają zużywać materiały zapasowe własnej protoplazmy.

2.6. Parametry technologiczne procesu osadu czynnego.

2.6.1. Czas napowietrzania

Czas napowietrzania ścieków z osadem czynnym do niedawna uważano za podstawowy parametr procesu. Jednakże rozważania Stewart'a wykazały, iż wymagany czas napowietrzania ścieków powyżej pewnej granicy nie ma wpływu na sprawność procesu I48I. Czas napowietrzania ścieków z osadem czynnym waha się w zakresie od 0,5 - 15 godz., w zależności od sposobu prowadzenia procesu. I25I

W procesie osadu czynnego prowadzonym w warunkach konwencjonalnych, czas napowietrzania ścieków z osadem czynnym wynosi przeciętnie od 6 - 12 godz. Czas napowietrzania ścieków oblicza się z ilorazu objętości komór napowietrzania i natężenia przepływu ścieków.

$$t = \frac{V}{q}$$

gdzie : t - czas napowietrzania w godzinach

V - objętość komór napowietrzania m^3

q - natężenie przepływu ścieków m^3/h .

2.6.2. Obciążenie osadu czynnego.

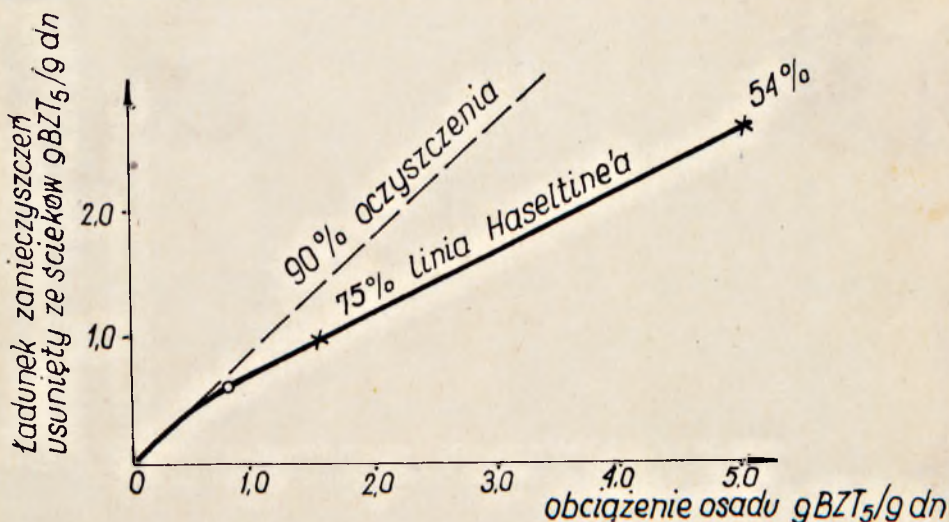
Obciążenie osadu czynnego jest jednym z najważniejszych parametrów procesu osadu czynnego. I48I, I50I, I5II. Wyrażone jest ilością $g\ BZT_5/g$ suchej masy osadu na dobę.

W zależności od warunków w jakich proces osadu

czynnego jest prowadzony, obciążenie osadu czynnego zmienia się od 0,05 do 5,0 g BBT₅/g d. Obciążeniom tym odpowiadają różne szybkości przyrostu masy osadu czynnego i różne procesy metabolizmu organizmów biorących udział w procesie oczyszczania ścieków. W sposobach wysokiego obciążenia osadu przebiega intensywna synteza białej a utlenianie substancji komórkowej jest nieznaczne, co powoduje duży przyrost osadu nadmiernego. Natomiast w procesie osadu czynnego prowadzonego w warunkach konwencjonalnych charakteryzującego się niskim obciążeniem osadu i przedłużonym czasem napowietrzania, ilość substancji pokarmowych jest mała, osad głoduje i w związku z tym przyrost osadu jest tutaj niski. Wielkość obciążenia osadu czynnego ma nie tylko wpływ na ilość wytworzonego osadu nadmiernego, ale także na jego jakość np. zdolność do sedymentacji. Miara tej własności jest indeks osadu zwany także indeksem Kohnana I52I. Osad czynny w procesie oczyszczania prowadzonym w warunkach konwencjonalnych po półgodzinnej sedymentacji powinien posiadać uwodnienie 98,5% H₂O czyli zawartość w nim substancji stałych powinna wynosić 1,5% I53I. Przeciążenie osadu czynnego może powodować jego upiecznienie, co jest zjawiskiem niekorzystnym. Od obciążenia więc osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń zależy również ogólna sprawność procesu oczyszczania ścieków.

Czyn mniejsze obciążenie osadu tym lepszy efekt oczyszczania ścieków.

Zależność wyników oczyszczania ścieków od obciążenia osadu czynnego przedstawia graficznie rys. 6.



Rys. 6. Zależność wyników oczyszczania ścieków od obciążenia osadu

W zakresie tzw. obciążeń konwencjonalnych tzn. od 0,1 do 0,7 g BZT₅/g dn przy oczyszczaniu ścieków osadem czynnym efekty oczyszczania osiąga się na ogół powyżej 90%. Na rys. 6 przedstawiono linię przerywaną 90% efekt oczyszczania ścieków wyrażony w redukcji BZT. Z wykresu widać, że do obciążenia osadu do 0,6 g BZT₅/g dn, linia ta pokrywa się z linią Haseltine'a I54I. Poniżej jednak w miarę wzrostu obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń wyrażonym w BZT, sprawność procesu maleje np. przy obciążeniu 1,5 g BZT₅/g dn uzyskuje się tylko 75% redukcji BZT₅, a przy obciążeniu równym 5,0 g BZT₅/g dn efekt oczyszczania wyraża się w 54% redukcji BZT₅.

Odpowiednio intensywne napowietrzanie zawartości komór napowietrzania i właściwa turbulencja środowiska, pozwala niejednokrotnie na uzyskanie lepszych efektów niż to wynika z krzywej Haseltine'a.

2.6.3. Obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem BZT_5 wg BZT_5/m^3 komory na dobę.

Zakres stosowanych wielkości obciążeń objętości komór napowietrzania jest podstawą podziału sposobów prowadzenia procesu osadu czynnego i może wynosić od kilkadziesiąt gramów w sposobie konwencjonalnym, do kilkunastu tysięcy gramów ładunku - w sposobie wysokoobciążeniowym I25I.

2.6.4. Zawartość osadu w komorze napowietrzania.

Parametr ten, tak jak i poprzednio zależy od sposobu oczyszczania ścieków. Dla utrzymania wskazanej ilości osadu w komorze napowietrzania, stosuje się recyrkulację pewnej ilości osadu w osadnikach wtórnych do komór napowietrzania. Stopień recyrkulacji waha się najczęściej w granicach od 30 - 100% ścieków doprowadzonych do komór napowietrzania.

Przeprowadzona przez Eckenfeldera I36I analiza danych uzyskanych z różnych sposobów oczyszczania ścieków niejakich metodą osadu czynnego wykazała, iż procesy, w których otrzymano różne wartości iloczynu zawartości suchej masy osadu i czasu napowietrzania dawały jednakowe efekty oczyszczania.

2.6.5. W i e k o s a d u.

Wiek osadu I55I, I56I określa średni czas w dobach w jakim kłaczek osadu czynnego poddawany jest napowietrzaniu w komorze. Istnieje kilka definicji i sposobów określania wieku osadu I50I, I53I, I57I. Najczęściej przez wiek osadu należy rozumieć, stosunek ilości osadu w komorze napowietrzania, do dobowej objętości osadu nadmiernego. Wiek osadu wg Linder'a I57I można określić wg wzoru :

$$W.O. = \frac{V \cdot X_n}{q_n \cdot X_n} \quad \text{Idni}$$

gdzie :

V - pojemność komory napowietrzania m^3

q_n - osad nadmierny m^3/dni

X_n - stężenie osadu w ściekach g/m^3

X_n - stężenie osadu w osadzie nadmierzym g/m^3

Wielkość ta jest jedną z danych określających stosunek ilości mikroorganizmów biorących udział w procesie osadu czynnego, do wielkości obciążenia komory napowietrzania. Określa ona również własności sorbowyjne kłaczków i ich charakterystykę sedymentacji. Przy oczyszczaniu ścieków osadem czynnym sposobem konwencyjonalnym, za osady odznaczające się dobrą sedymentacją uważa się osady o wieku 3 - 5 Idni

2.6.6. N a t l e n i a n i e o s a d u c z y n n e g o

Powietrze doprowadzone do komór napowietrzania czynnego, odgrywa w nich podwójną rolę. Stanowi źródło dostarczanego tlenu, który jest substratem

biochemicznych reakcji utleniania doprowadzonych do komór zanieczyszczonych, służy jako czynnik wywołujący odpowiednią turbulencję ścieków w komorze napowietrzania I25I.

Każde urządzenie napowietrzające charakteryzuje określona zdolność natleniania.

Sformułowana przez Kessenera i Ribbnisa 158I zdolność natleniania 159I zwana w skrócie OC/ oxygenation capacity / jest definiowana jako zmiana zawartości tlenu przy całkowitym deficycie początkowym $C_s - C_0 = 0$ w temperaturze 10°C i przy ciśnieniu barometrycznym 760 mmHg. Wielkość OC można obliczyć ze wzoru :

$$OC = 26,1 \frac{1}{t_1 - t_0} \lg \frac{C_s - C_2}{C_s - C_t} \sqrt{\frac{k_{10}}{k_t}}$$

w którym:

$$26,1 = 2,303 \cdot 11,33$$

gdzie 11,33 odpowiada zawartości tlenu w wodzie w stanie nasycenia w temp. 10°C i pod ciśnieniem 760 mm słupa rtęci

C_s - zawartość tlenu przy całkowitym nasyceniu wody tlenem

C_0 - początkowa zawartość tlenu w wodzie odtlenionej

C_t - zawartość tlenu w wodzie po przeprowadzeniu natleniania

$t_1 - t_0$ - czas napowietrzania

k_{10}/k_t - mnożnik przeliczeniowy na warunki standardowe 159I

Wielkość OC wyraża się w $\text{g O}_2/\text{h m}^3$ komory napowietrzania lub $\text{g O}_2/\text{h}$ na jednostkową wielkość urządzenia do napowietrzania.

3. Przebieg badań nad wpływem miedzi, niklu i kadmu na proces oczyszczania ścieków metoda osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych.

3.1. Ścieki stosowane w badaniach.

Materiałem wyjściowym stosowanym do badań były ścieki przygotowane syntetycznie. Skład ścieków przyjęto wg sposobu podanego przez Akademię Komunalnego Chłojajstwa w Moskwie. IANChI 1601. Wybór ten został dokonany na podstawie przeprowadzonych badań z kilkoma rodzajami ścieków zalecanymi w piśmiennictwie i przygotowywanymi syntetycznie I611, I621, I631, I641.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że ścieki przygotowane według zaleceń podanych przez ANCh składu swym i stężeniem zanieczyszczeń odpowiadają najczęściej spotykanym u nas ściekom bytowo-gospodarczym po mechanicznym oczyszczeniu.

Ponadto wielokrotnie przeprowadzone badania wykazały, że przy tak przygotowanych ściekach czad czynny wykazuje ogólnie zadowalające właściwości, dobrze sedymentuje, posiada strukturę gąbczastą, a proces oczyszczania ścieków przebiega prawidłowo.

Przyjęcie do badań ścieków przygotowanych syntetycznie pozwalało na utrzymywanie stałego składu i stężenia ścieków we wszystkich seriach doświadczeń, co pozwoliło na możliwość porównywania otrzymanych wyników z przeprowadzonych badań.

Charakterystykę tych ścieków podano w tablicy I

Tablica I

Skład składników syntetycznych
stosowanych do badań

Składnik	Ilość	Charakterystyka składników wg AKCh
pepton	300 mg/l	BET= 280 mg/l _{O₂}
octan sodowy /CH ₃ COONa	100 mg/l	ChZT= 350 mg/l _{O₂}
fosforan dwupotasowy /K ₂ HPO ₄ /	50 mg/l	utlenialność = 100 mg/l _{O₂}
Kwasny węglan sodowy /NaHCO ₃ /	50 mg/l	Azot ogólny 40 mg/l _{O₂}
fosforan diamonowy /(NH ₄) ₂ HPO ₄ /	50 mg/l	
siarczan magnezowy	5 mg/l	
chlorek sodowy /NaCl/	5 mg/l	

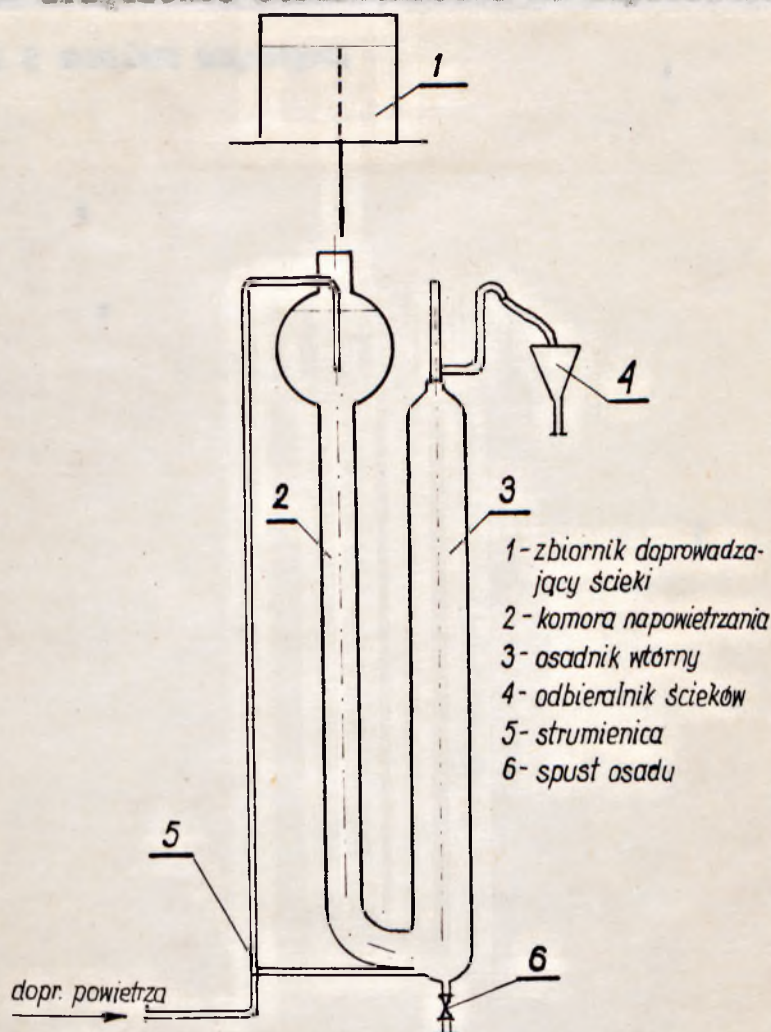
3.2. Modelo doświadczalne

Badania przeprowadzone w skali laboratoryjnej w modelach doświadczalnych stanowiących trzy jednakowe zestawy. 1 rys. 71



Rys. 7. Modele doświadczalne stosowane do badań
W skład każdego zestawu wg załączonego schematu na rys. 8,
wchodziły: 1- zbiornik doprowadzający ciekłą po mechanicznym
oczyszczeniu o pojemności 40 l,

2- komora napowietrzania o pojemności 4 l, 3- osadnik wtórny o pojemności 5 l, 4- odbieralnik ścieków oczyszczonych, 5- urządzenie strumieniowe do napowietrzania ście



Rys. 8. Schemat zestawu doświadczalnego

Sposób strumieniowego napowietrzania ścieków w komorze z osadem czynnym, zastosowane na podstawie rozcznienia przeprowadzonego w piśmiennictwie 1651, 1661, 1671.

To wyjątkowo duże zastosowanie zawdzięcza strumieniom prostej konstrukcji, niezawodności i wieloczynnościowemu działaniu. W procesie biologicznego oczyszczania ścieków

osadu czynnym, strumienica może spełniać równocześnie rolę urządzenia do napowietrzenia, mieszania i recyrkulacji osadu czynnego.

Doświadczenia przeprowadzone w kraju przez Górną 1681 potwierdziły celowość zastosowania strumienicy oraz wykazały, że dzięki jej działaniu uzyskuje się intensywną burzliwość osadka, dużą kinetykę natleniania i brak martwych przestrzeni w komorze napowietrzania, w których mogłoby zachodzić gnicie osadu.

3.3. M e t o d y k a d o ś w i a d e s a l n a

Badania nad wpływem zawartych w soliach soli miedzi, niklu i kadmu na proces oczyszczania ścieków przed czynnym przeprowadzono w 1 seriach. Czasokres każdej z serii badań wynosił 10 - 14 dob. Z każdym okresie 10 - 14 dniowym na podstawie wstępnych badań pierwsze 3 - 4 dni przyjęto jako okres przyzwyyczajania się osadu do dawki związku toksycznego, a pozostały okres przyjmowano jako właściwą pracę komory napowietrzania przy danym stężeniu metalu.

Doświadczenia podczas każdej serii prowadzone równolegle w trzech zestawach. Jeden z zestawów służył jako zestaw kontrolny, do którego dawkowano soleki surowe bez dodatku soli metali, a do pozostałych dwóch oznaczonych literami A i B dawkowano soleki z odpowiednią zawartością soli badanego metalu. Osad czynny do badań przygotowany z Zakładu Badawczego oczyszczania ścieków w Warszawie.

Przywołany osad czynny każdorazowo przystosowywano do pracy ze ściekami syntetycznymi. Jako kryterium dla ustalenia zadowalającego wpracowania osadu czynnego było uzyskanie redukcji BZT_5 w przyjętych do badań ściekach syntetycznych w granicach 90 - 95%, uzyskanie niskiego indeksu osadu poniżej 100 ml/g oraz dobrego składu jakościowego osadu czynnego. Z chwilą, kiedy osad odpowiadał w/w warunkom, rozpoczynano do ścieków z zawartością tego osadu czynnego dawowanie substancji toksycznych. Doświadczenie prowadzono w temperaturze pokojowej w zakresie 18-20°C.

3.4. Roztwory substancji toksycznych stosowane w doświadczeniach.

- roztwór wzorcowy siarczanu miedzi o stężeniu
1 ml - 0,1 mg/l Cu
- roztwór wzorcowy siarczanu niklu o stężeniu
1 ml - 0,1 mg/l Ni
- roztwór wzorcowy siarczanu kadmu o stężeniu
1 ml - 0,1 mg/l Cd

3.5. Zakres prowadzonej kontroli procesu.

3.5.1. Przyjęte kontrolne oznaczenia fizyko - chemiczne w celu określenia efektu oczyszczania badanych ścieków podczas wszystkich doświadczeń wykonywano w ściekach następujące oznaczenia fizyko-chemiczne: odczyn, BZT_5 , $ChZT$, utlenialność, zasadowość, azot amonowy, azot azotanowy, azot azotynowy i zawartość metali.

3.5.2. Przyjęta kontrola technologiczna.

Badania kontrolne procesu oczyszczania badanych ścieków za pomocą osadu czynnego prowadziły się do określania następujących parametrów technologicznych: indeks osadu, zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania, czas napowietrzania, obciążenie osadu, obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem śanieczyszczącym, obciążenie hydrauliczne modelu, zawartość tlenu w komorze napowietrzania.

3.5.3. Przyjęte kontrolne oznaczenia biologiczne.

Podczas każdej serii badań kontrolowane 2-3 krotnie jakościowy i ilościowy skład osadu czynnego oraz oznaczano aktywność osadu.

3.6. Metodyka kontroli analitycznej procesu.

Oznaczenia analityczne podane w niniejszym opracowaniu dla kontroli przebiegu procesu, wykonywane wg ogólnie stosowanych metod analitycznych 1691, 1701

- oznaczenia BZT₅ ścieków wykonywane metodą manometryczną Warburga 1701

- chemiczne zapotrzebowanie tlenu ChZT w ściekach oznaczane metodą dwuchromianową, polegającą na utlenieniu w temperaturze wrzenia związków organicznych, za pomocą mieszaniny dwuchromianu potasowego i kwasu siarkowego, oraz odmiareczkowaniu nadmiaru dwuchromianu siarczanem telazowo-anonowym wobec ferroiny 1701

- utlenialność siłek oznaczano metodą nadmanganianową 1691
 - Elen rozpuszczony w siłkach oznaczano zmodyfikowaną metodą Winklera 1691
 - Azot organiczny - metoda Kjeldahla 1701
 - Azot azonowy określano metodą bezpośredniej nessleryzacji 1691
 - Azot azotanowy - metodą kolorymetryczną z kwasem fenolem-sulfanowym 1691
 - Azot azotynowy - kolorymetrycznie z kwasem sulfanowym i - naftyloaminą
 - Miedź - oznaczano metodą kolorymetryczną z dimetylo-dwutiotkarbamiiną - modyfikacja wersenianowa 1701
 - Nikiel - oznaczano metodą kolorymetryczną z dimetyloglikoliznem. Nikiel z dimetyloglikoliznem tworzy barwy kompleksu, który ekstrahuje się chloroformem po uprzednim salinizowaniu próbki siłek. 1701
 - Soda w siłkach oznaczano metodą kolorymetryczną, ditiozonowo - cyjankową 1701
 - Zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania oznaczano wagowo, przez suszenie do stałej masy w temperaturze 105°C 1691
 - Indeks osadu czynnego - metodą Mohlana 1691
 - Aktywność osadu czynnego oznaczano metodą TTC polegającą na wykorzystaniu redukcji utleniania trójfenylotetrazoniowego chlorku bezbarwnego do postaci formozanu - związku barwnego.
- Przy zastosowaniu metody kolorymetrycznej określano intensywność barwy, która jest wprost proporcjonalna do aktywności osadu 1711, 1721

3.7. Omówienie wyników doświadczeń

3.7.1. Koncepcja prowadzenia badań.

Badania wpływu stężenia siarczanów miedzi, niklu i kadmu zawartych w ściekach, na efekt ich oczyszczania za pomocą osadu czynnego przeprowadzone zostały w Laboratorium Zakładu Technologii Wody i Ścieków Politechniki Warszawskiej w latach 1967 i 1968.

W czasie prowadzonych badań wykonano ogółem 5220 oznaczeń analitycznych. Uzyskane wyniki zestawiono w postaci 71 wykresów i rysunków oraz 110 tablic.

Przedmiot i zakres zaprogramowanych doświadczeń przedstawia tablica II.

Tabl.II

Kolejna seria doświadczeń		Data	Stężenie soli metalu
I etap	I seria	18.III.-30.III.68.	0,2; 0,4 mg/l Cu
	II seria	29.IV. -11.V.68.	0,5; 0,6 mg/l Cu
	III seria	20.V.- 30.V. 68.	0,7; 0,8 mg/l Cu
II etap	IV seria	22.VI.-1.VII.68.	0,1; 0,2 mg/l Ni
	V seria	20.VII.-1.VIII.68.	0,4; 0,6 mg/l Ni
	VI seria	20.VIII-31.VIII.68	0,8; 0,9 mg/l Ni
I etap	VII seria	16.IX.-25.IX.68.	0,2; 0,4 mg/l Cd
	VIII seria	21.X.-31.X.68.	0,6; 0,8 mg/l Cd
	IX seria	18.XI.- 27.XI.68.	0,9; 1,0 mg/l Cd
	X seria	10.XII.-20.XII.68.	0,3mg/l Cu, 0,3 mg/l Ni 0,3 mg/l Cd

Jak podano w pkt. 3.3. całość doświadczeń obejmowała trzy etapy składające się z dziewięciu serii. I etap dotyczył badań nad ustaleniem wpływu siarczanu miedzi zawartego w ściekach na efekt ich oczyszczania metodą osadu czynnego, II etap obejmował badania nad ustaleniem wpływu siarczana niklu i III etap dotyczył ustalenia wpływu kadmu na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym. I seria dotyczyła badań nad ustaleniem wpływu siarczanu miedzi, niklu i kadmu dawkowanych łącznie do ścieków na efekt ich oczyszczania.

Czasokres każdej z serii wynosił 10 - 14 dni. Doświadczenia prowadzono w warunkach optymalnych ustalonych doświadczalnie dla przyjętego składu ścieków Ipatrz pkt. 3.1. I czas napowietrzania wynosił 6 godzin, zawartość osadu czynnego wahała się od 2000 - 3000 g/m³, temperatura 18-20°C, prędkość przepływu od 12 - 16 l/ dobę, intensywność napowietrzania 80l/h.

Podczas każdej serii badań obserwowano zmiany w zachowaniu się osadu czynnego oraz określano redukcję wskaźników zanieczyszczeń w badanych ściekach. W tym celu w odpływających ściekach oczyszczonych wykonywano sędziennie następujące oznaczenia fizyko - chemiczne : odczyn, zasadowość, BZT₅, ChZT, utlenialność, azot amonowy, azot azotanowy, azot azotynowy, oznaczenie metalu pozostałego w ściekach oczyszczonych oraz kontrolę parametrów technologicznych wykonywano trzykrotnie dla każdej serii badań.

Równocześnie prowadzono kontrolę biologiczną samego osadu czynnego, która obejmowała obserwacje mikroskopowe osadu, oraz oznaczenie aktywności osadu.

Obserwacje te prowadzono 2 - 3 krotnie podczas każdej serii badań.

3.7.2. Wpływ stężenia miedzi zawartego w ściekach na efekt ich oczyszczania metodą osadu czynnego. Badanie nad wpływem stężenia miedzi na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym obejmowały trzy serie badań, które różniły się między sobą ilością dawkowanej soli miedzi do oczyszczonych ścieków. Przebadany zakres stężeń miedzi w badanych ściekach był następujący :

0,0 : 0,2 : 0,4 : 0,5 : 0,6 : 0,7 : 0,8 mg/l Cu

Stężenie miedzi dawkowane do ścieków w sposób ciągły dodając odpowiednią objętość roztworu wzorcowego (patrz pkt.

3.4.1. Do właściwych badań technologicznych przystąpiono po upracowaniu osadu czynnego z urządzeniami modelowymi.

Okres upracowania osadu czynnego trwał ok. 5 tygodni.

Znajdujący się w zestawach osad w tym okresie, dzięki intensywnemu napowietrzeniu w mieszaninie ze ściekami przygotowanymi syntetycznie, zabrał barwę z ciemnoszarej na żółto-brunatną. Równocześnie wzbogaciła się biogeniczność osadu czynnego, zaobserwowano licznie występujące w nim pierwotniki.

Po spełnieniu przez osad kryteriów stawianych osadowi upracowanemu (patrz pkt. 3.3.1) rozpoczęto dawkowanie do ścieków w poszczególnych zestawach roztworu siarczana miedzi. Każdą serię doświadczeń prowadzono jednocześnie w trzech zestawach (patrz pkt. 3.3. z których jeden był zestawem kontrolnym.

a) I S e r i a b a d a n i a .

Podczas I serii doświadczeń do ścieków w zestawie A dawковано siarczany miedzi w ilości 0,2 mg/l Cu, a do ścieków w zestawie B - siarczany miedzi w ilości 0,4 mg/l Cu.

Parametry technologiczne utrzymywane w czasie I serii doświadczeń zestawiono w tablicach 1,3,5,.

Analizując je można zauważyć, że :

- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania we wszystkich zestawach ulegała tylko nieznacznej zmianie tj. wahała się od 2100 - 2500 g/m³
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń również zmieniło się nieznacznie w granicach od 0,44 do 0,50 g BZT₅/g d
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczeń utrzymywało się w granicach 1000 - 1100 g BZT₅/ m³ d
- indeks osadu w zestawie kontrolnym zmienił się od 86 - 94 ml/g ,w zestawie A od 92 - 103 i w zestawie B od 112 - 120 ml/g

Uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków podczas I serii doświadczeń zestawiono w tablicach 2,4,6.

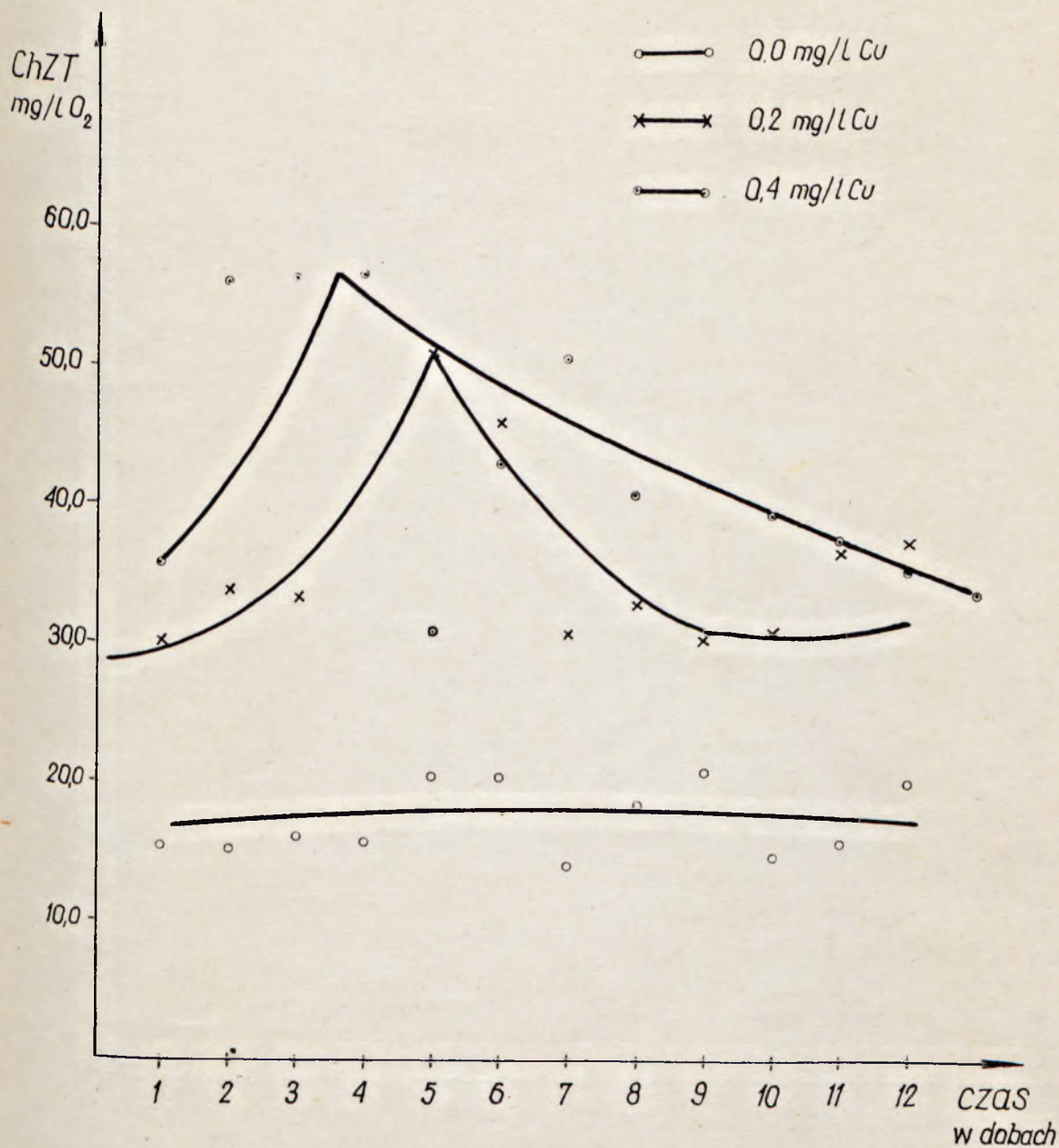
W ściekach w zestawie A, do którego dawковано 0,2 mg/l Cu zaobserwowano spadek redukcji BZT₅ o ok. 1% w porównaniu z efektami uzyskanymi w zestawie kontrolnym w zestawie B natomiast do którego dawковано 0,4 mg/l Cu redukuje BZT₅ w ściekach spada o ok. 5% w porównaniu z BZT ścieków w zestawie kontrolnym.

Równocześnie daje się zauważyć wyrafiny spadek redukcji utlenialności w ściekach oczyszczonych. Podczas gdy w zestawie kontrolnym redukcja utlenialności wynosiła średnio 90%, to w zestawie A redukcja ta spadła do 75,7% a w ściekach w zestawie B nawet do 69,1 %.

Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością CuSO_4 podczas I serii doświadczeń przedstawiono graficznie na rys. 9. Obserwuje się tu nieznaczne pogorszenie efektu oczyszczania ścieków wyrażone w ChZT w zestawie A i B w porównaniu z uzyskanymi efektami oczyszczania w zestawie kontrolnym. Charakterystycznym dla obu krzywych /1 - 0,2 mg/l Cu i 2 - 0,4 mg/l Cu / jest występujący na nich punkt zafasowania. Zjawisko to występuje po upływie 5 - dnia od zapoczątkowania doświadczeń. Z dnia tym nastąpiło zdecydowane pogorszenie efektów oczyszczania ścieków. Stężenie oczyszczonych ścieków wyrażone w ChZT w zestawie A w pierwszym dniu doświadczeń wynosiło 30,2 mg/l O_2 a w piątym aż 51,2 mg/l O_2 . Podobnie w zestawie B w pierwszym dniu doświadczeń ChZT oczyszczonych ścieków wynosiło 35,8 mg/l O_2 , a w następnych dniach wartość ta rosła do 56,4 mg/l O_2 , podczas gdy w zestawie kontrolnym wielkość ta wynosiła poniżej 20,0 mg/l O_2 .

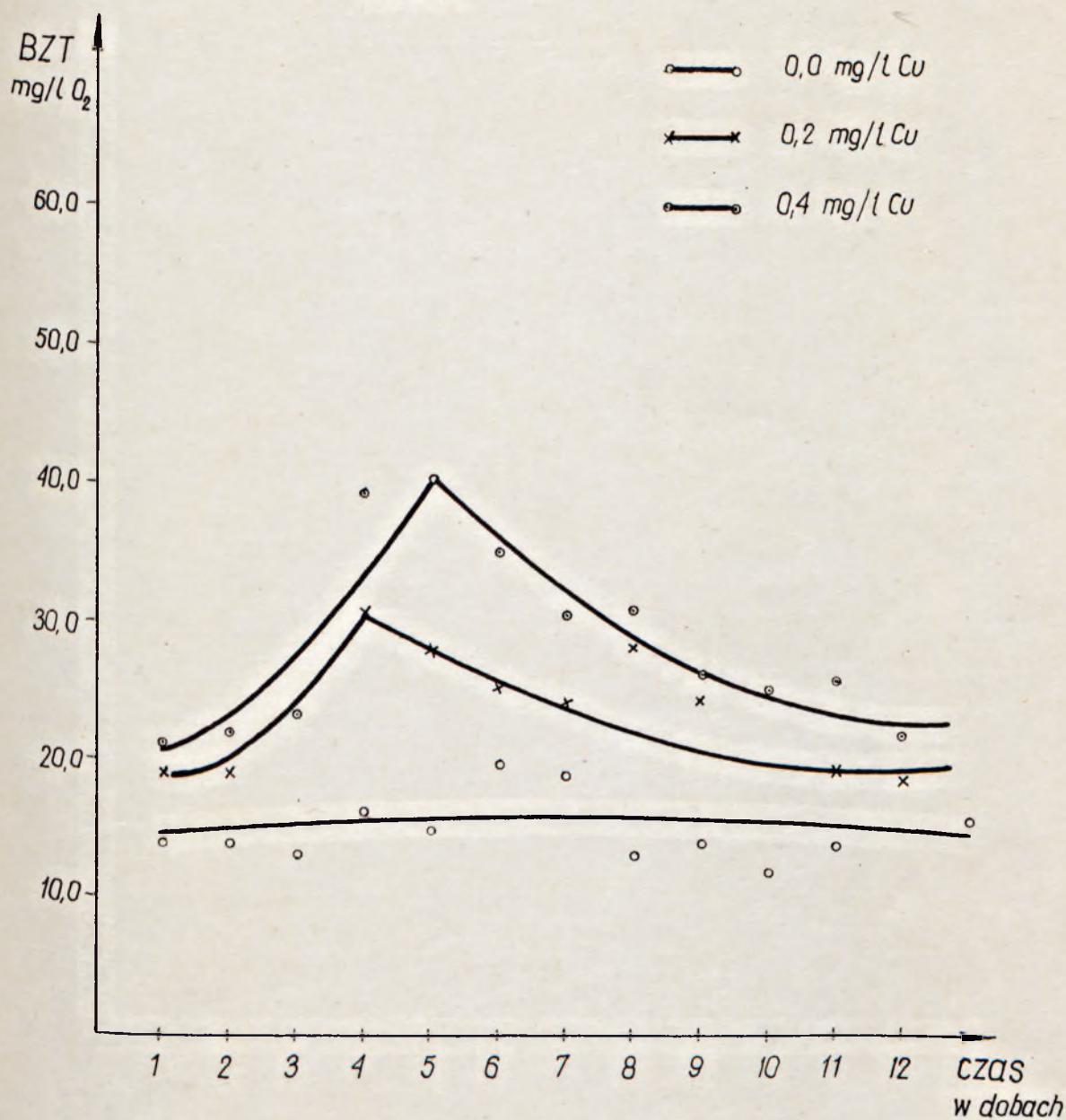
Podobny przebieg krzywych można zaobserwować na rysunkach 10 i 11 przedstawiających graficznie wpływ czasu trwania procesu na BZT₅ i utlenialność ścieków oczyszczonych. Wielkość BZT₅ w ściekach warstwa w zestawie A z 19,1 mg/l O_2 do 38,1 mg/l O_2 , a w zestawie B z 21,4 mg/l O_2 do 40,1 mg/l O_2 ; w zestawie kontrolnym BZT₅ wynosiło średnio około 15,0 mg/l O_2 .

I seria



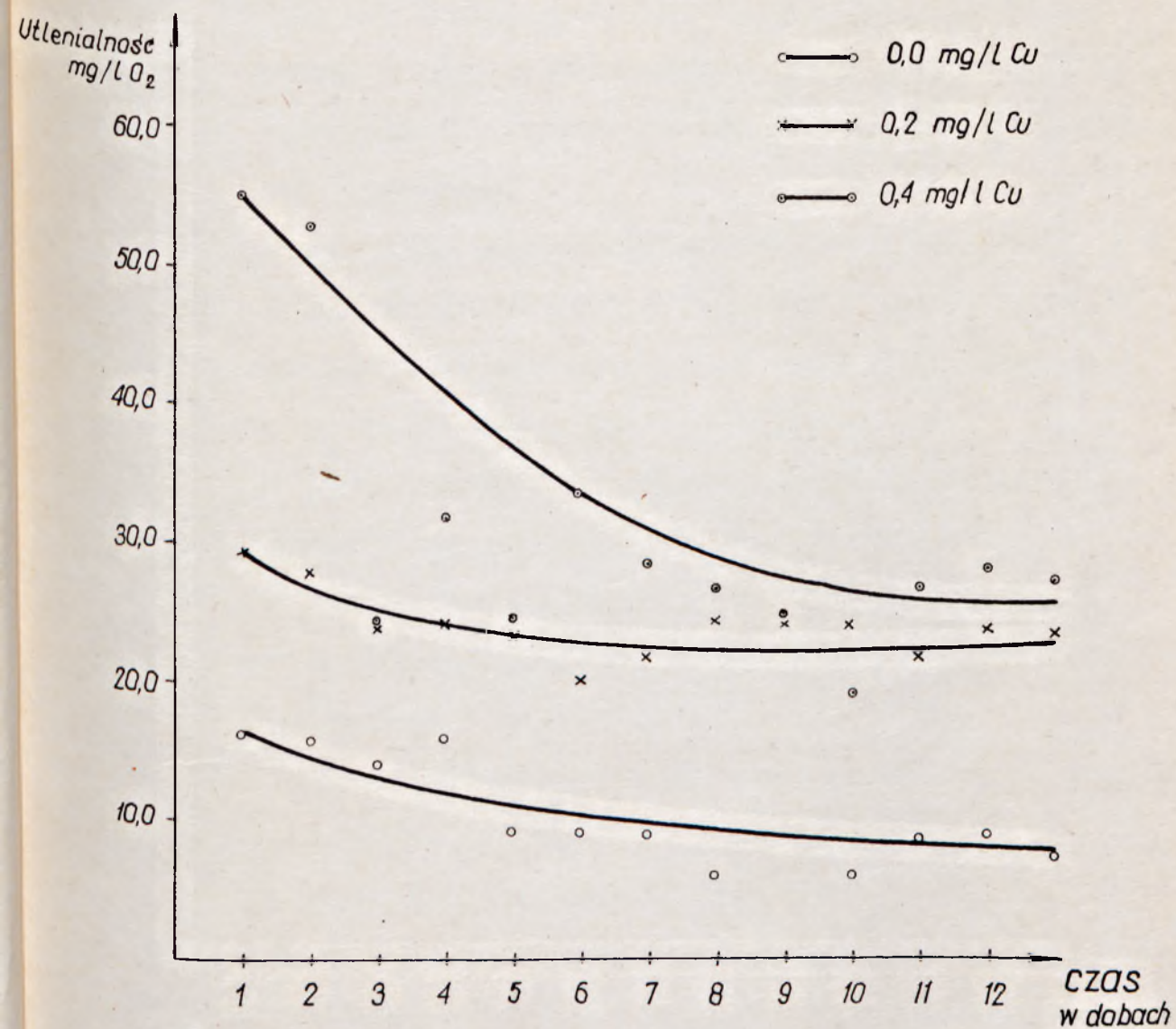
Rys. 9. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością CuSO₄.

I seria



Rys. 10. Wpływ czasu trwania procesu na BZT ścieków z zawartością CuSO_4

I seria



Rys. 11. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością CuSO₄

Na rys. 11 przedstawiająca wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków podczas I serii doświadczeń, zwiększone stężenie utlenialności w ściekach oczyszczonych obserwuje się w pierwszym i w drugim dniu doświadczeń. W miarę upływu czasu wskaźnik utlenialności ścieków obniża się i w końcowym efekcie nie różni się wiele od wielkości ustalonych w zestawie kontrolnym.

Ilość azotu amonowego w ściekach oczyszczonych zmniejsza się nieznacznie i wynosiła w zestawach A i B średnio 25,0 mg/l NH_4 , a w zestawie kontrolnym średnio ok. 20,0 mg/l NH_4 Irys. 12I

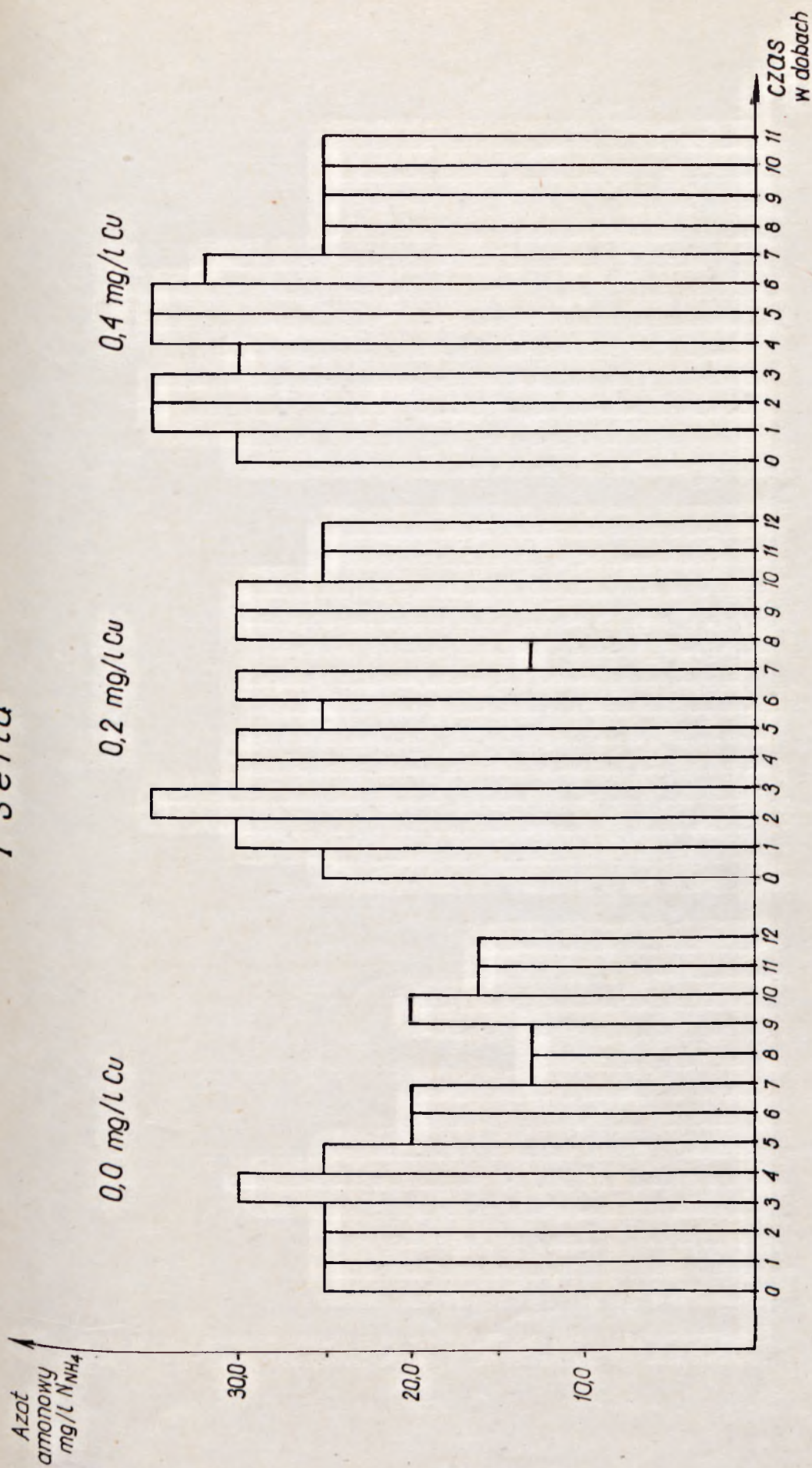
W miarę upływu czasu obserwuje się w ściekach oczyszczonych prądy azotanów od 0,1 do 1,2 mg/l HNO_3 a w zestawie kontrolnym od 0,1 - 1,1 w ściekach oczyszczonych w zestawie A.1 od 0,12 - 0,2 w ściekach w zestawie B Irys. 13I.

Ilość azotynów w ściekach w zestawie kontrolnym wynosiła średnio 1,0 mg/l HNO_2 , w zestawie A 1,5 mg/l HNO_2 natomiast w zestawie B 0,7 mg/l HNO_2 Irys. 14I.

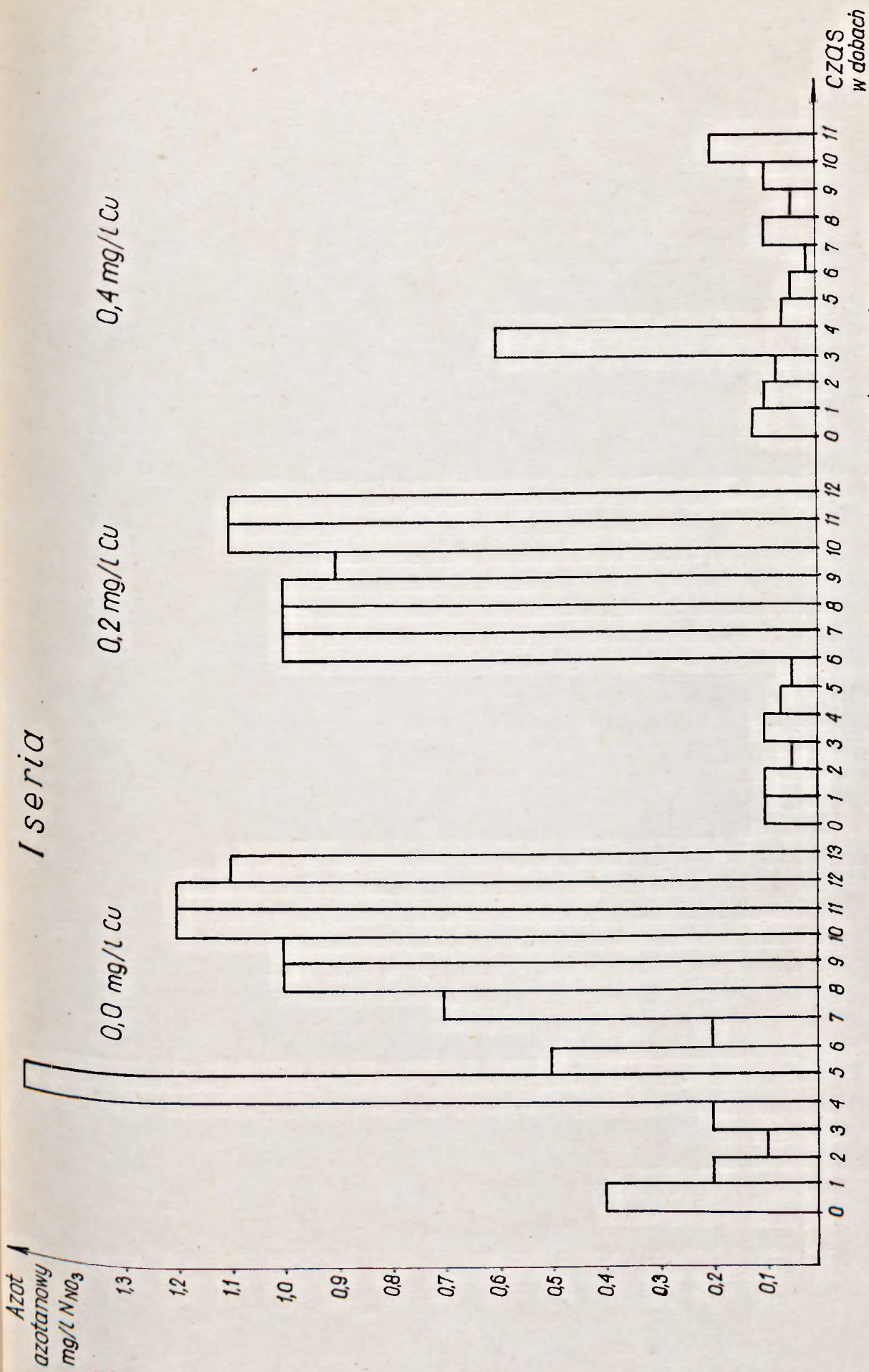
Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że dawki 0,2 i 0,4 mg/l Cu nie wywierały hamującego wpływu na procesy nitryfikacji.

Zawartości miedzi w oczyszczonych ściekach w czasie I serii doświadczeń kontrolowano trzykrotnie. Redukcja miedzi w ściekach w zestawie A była dość znaczna i wynosiła przy końcu serii 70% natomiast w zestawie B redukcji miedzi w tym samym dniu wynosiła 50.

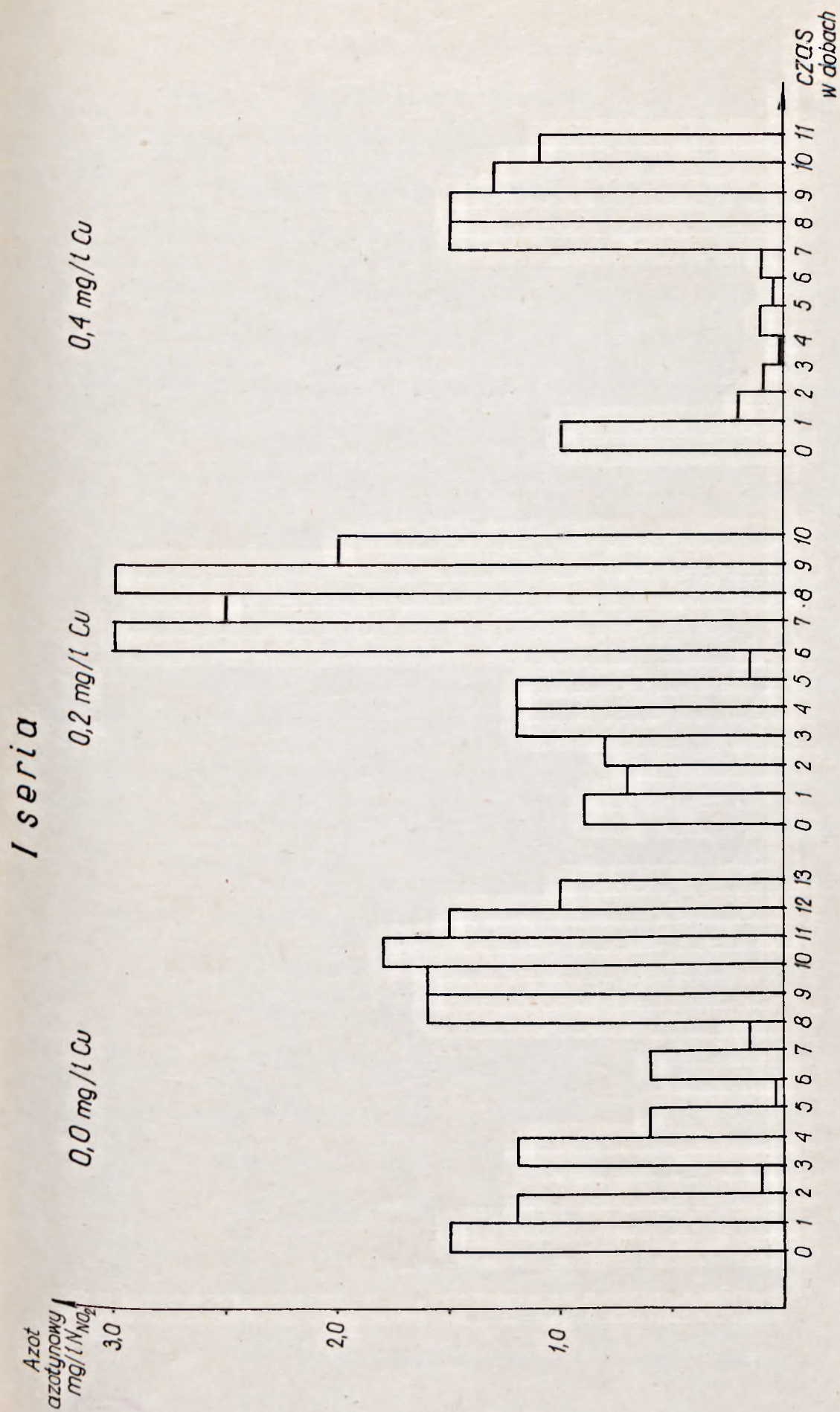
I seria



Rys 12. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego w ściekach z zawartością CuSO_4



Rys.13. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego w ściekach z zawartością CuSO₄



Rys. 14. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego w ściekach z zawartością CuSO_4

Jak widać w miarę wzrostu stężenia miedzi w ściekach surowych, redukuje jej w ściekach oczyszczonych zawartość. W celu otrzymania możliwie pełnego obrazu zjawisk zachodzących podczas trwania procesu oczyszczania ścieków osadem czynnym, prowadzono okresowe obserwacje mikroskopowe biocenoty osadu. Badania mikroskopowe polegały na identyfikacji charakterystycznych organizmów wskaźnikowych oraz na oszacowaniu ich ilości w 1 ml osadu. Podczas trwania I serii doświadczeń, obserwacje mikroskopowe prowadzono dwukrotnie - na początku i w ostatnim dniu. Wyniki zestawiono w tablicach 7 - 12. Ilość osobników w 1 ml osadu w zestawie kontrolnym wynosiła 1720, w zestawie A - 1300, w zestawie B - 1290. Obserwacje dokonywane podczas całego okresu trwania I serii wskazują, że osad czynny posiadał strukturę gąszczastą o barwie złoto-brunatnej i dobrze sedymentował o czym świadczą niskie indeksy osadu (patrz tablica 1, 3, 5).

Równocześnie zaobserwowano w osadzie obecność pierwotniaków i innych organizmów zwierzęcych, wskazującą na dobrą jakość osadu.

Ogólnie więc można stwierdzić, że wyniki oczyszczania ścieków z zawartością 0,2 mg/l Cu i 0,4 mg/l Cu, otrzymane podczas I serii doświadczeń, w świetle obowiązujących przepisów są zadowalające dla oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych. Nie stwierdzono wyraźnego wpływu dawkowanych stężeń miedzi w tym zakresie na procesy biochemiczne i nityfikacji.

b. II s e r i a b a d a n i a.

Podczas II serii badań do ściągów w zestawie A dawowano siarczany miedzi w ilości 0,5 mg/l Cu, a do ściągów w zestawie B - siarczany miedzi w ilości 0,6 mg/l Cu.

Parametry technologiczne podczas II serii doświadczeń kontrolowane podobnie jak w I serii - trzykrotnie. Wyniki przeprowadzonej kontroli zestawiono w tablicach 13,15,17. Analizując je można zaobserwować, że w czasie tej serii badań:

- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania uległa tylko nieznacznym zmianom w porównaniu z zawartością osadu w I serii i wynosiła we wszystkich zestawach od 2210 do 2600 g/m³
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń również zmieniło się nieznacznie i wahało się w granicach od 0,40 - 0,52 g BZT₅/g d
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczeń utrzymywało się w granicach 1040 - 1125 g BZT₅/m³ d
- indeks osadu w zestawie kontrolnym zmienił się od 37 - 102 ml/g, w zestawie A od 110 do 129 ml/g i w zestawie B od 110 do 143 ml/g

Efekty oczyszczania ściągów uzyskiwane podczas II serii doświadczeń zestawiono w tablicach 14,16,18.

W zestawie A do którego dawowano ściąg eurowe z zawartością 0,5 mg/l Cu, zaobserwowano spadek redukcji BZT₅ o ok. 3% w porównaniu z efektami uzyskiwanymi w zestawie kontrolnym.

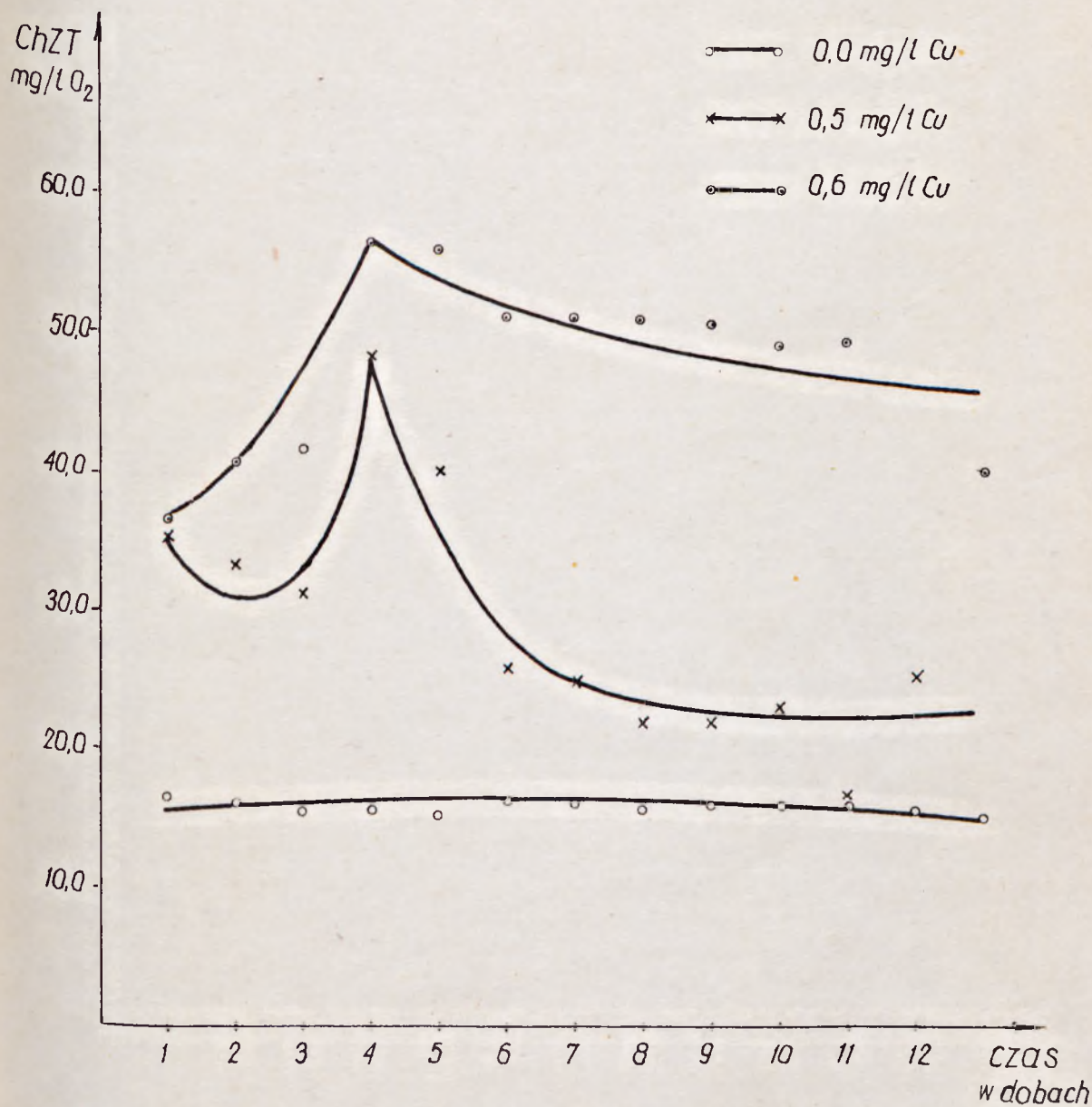
W zestawie B natomiast, do którego dawano ścieki z zawartością $0,6 \text{ mg/l Cu}$, redukcja BZT_5 spadła o ok. 7% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

Równocześnie daje się zauważyć w ściekach oczyszczonych wyrafiny spadek w nich redukcji ChZT i utlenialności.

I tak redukcja ChZT w zestawie kontrolnym wynosiła średnio 95%, natomiast w zestawie A spadła do 90%, i w zestawie B do 86%. Efekty oczyszczania ścieków wyrażone w % redukcji utlenialności wynosiły średnio w zestawie kontrolnym - 89%, w zestawie A - 81%, w zestawie B - 80%. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością CuSO_4 podczas II serii doświadczeń przedstawiono graficznie na rys. 15. Obserwuje się tu wyrafinę pogorszenie wyników oczyszczania ścieków wyrażonych w ChZT w zestawie A i B w porównaniu z wynikami uzyskanymi w zestawie kontrolnym. Charakterystyczna dla obu krzywych I i 2-0,5 mg/l Cu i 2-0,6 mg/l Cu jest występujący na nich punkt załamania. Zjawisko to występuje w tym przypadku po 4-tej dobie prowadzenia doświadczeń. Stężenie oczyszczonych ścieków wyrażone w ChZT w zestawie A w pierwszym dniu doświadczeń wynosiło 35,2 mg/l O_2 , a w czwartym dniu aż 48,3 mg/l O_2 . Podobnie w zestawie B w pierwszym dniu doświadczeń ChZT oczyszczonych ścieków wynosiło 36,7 mg/l O_2 , a w czwartym - 56,8 mg/l O_2 , podczas gdy w zestawie kontrolnym wartość ta wynosiła ok. 16,0 mg/l O_2 .

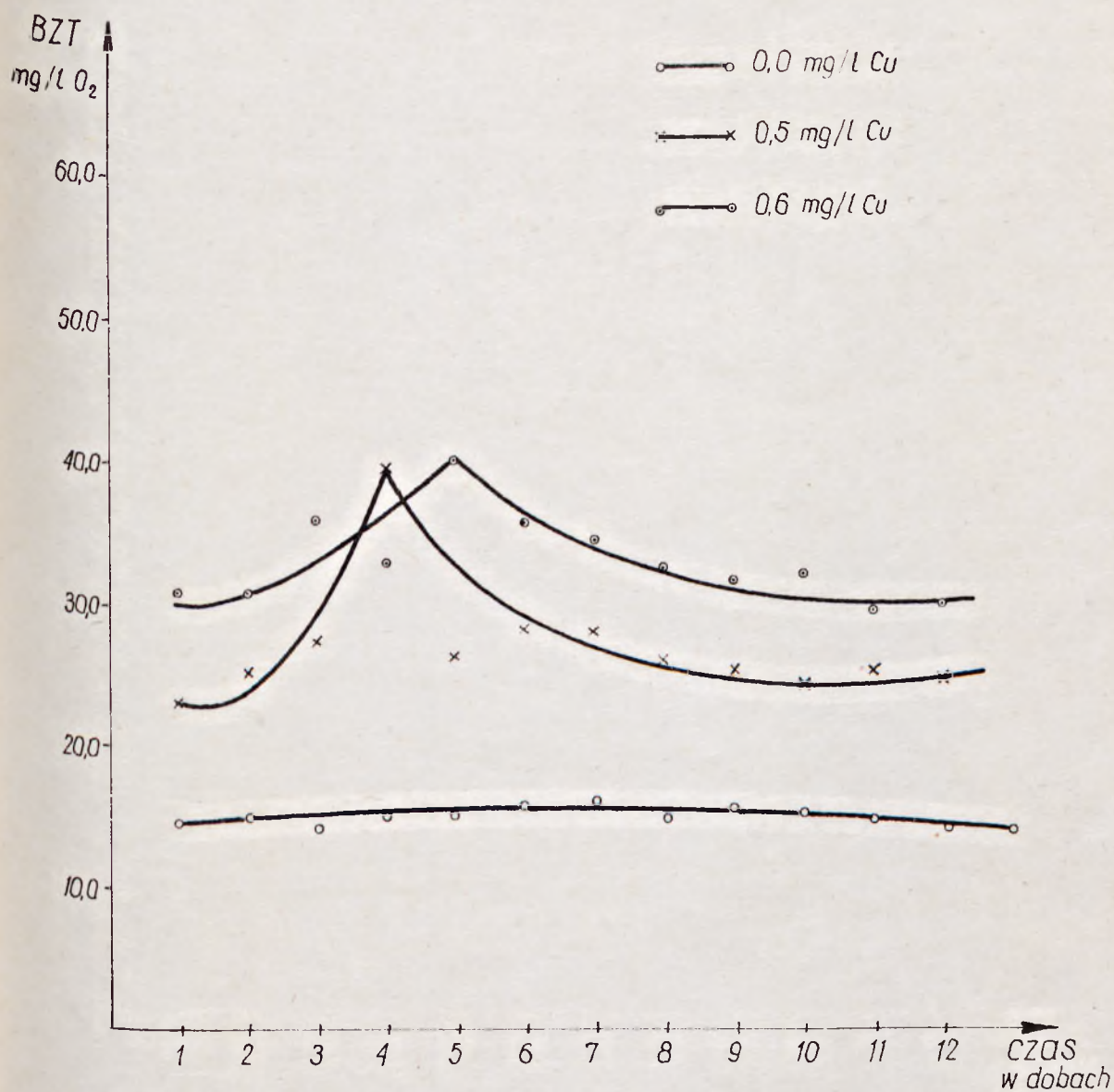
Podobny przebieg krzywych można zaobserwować na rys. 16 przedstawiającym graficznie wpływ czasu trwania procesu na BZT_5 ścieków oczyszczonych. Wielkość BZT_5 w ściekach wzrosła w zestawie A z 23,3 do 39,5 mg/l O_2 ; w zestawie B z 31,0 do 40,3 mg/l O_2 .

II seria



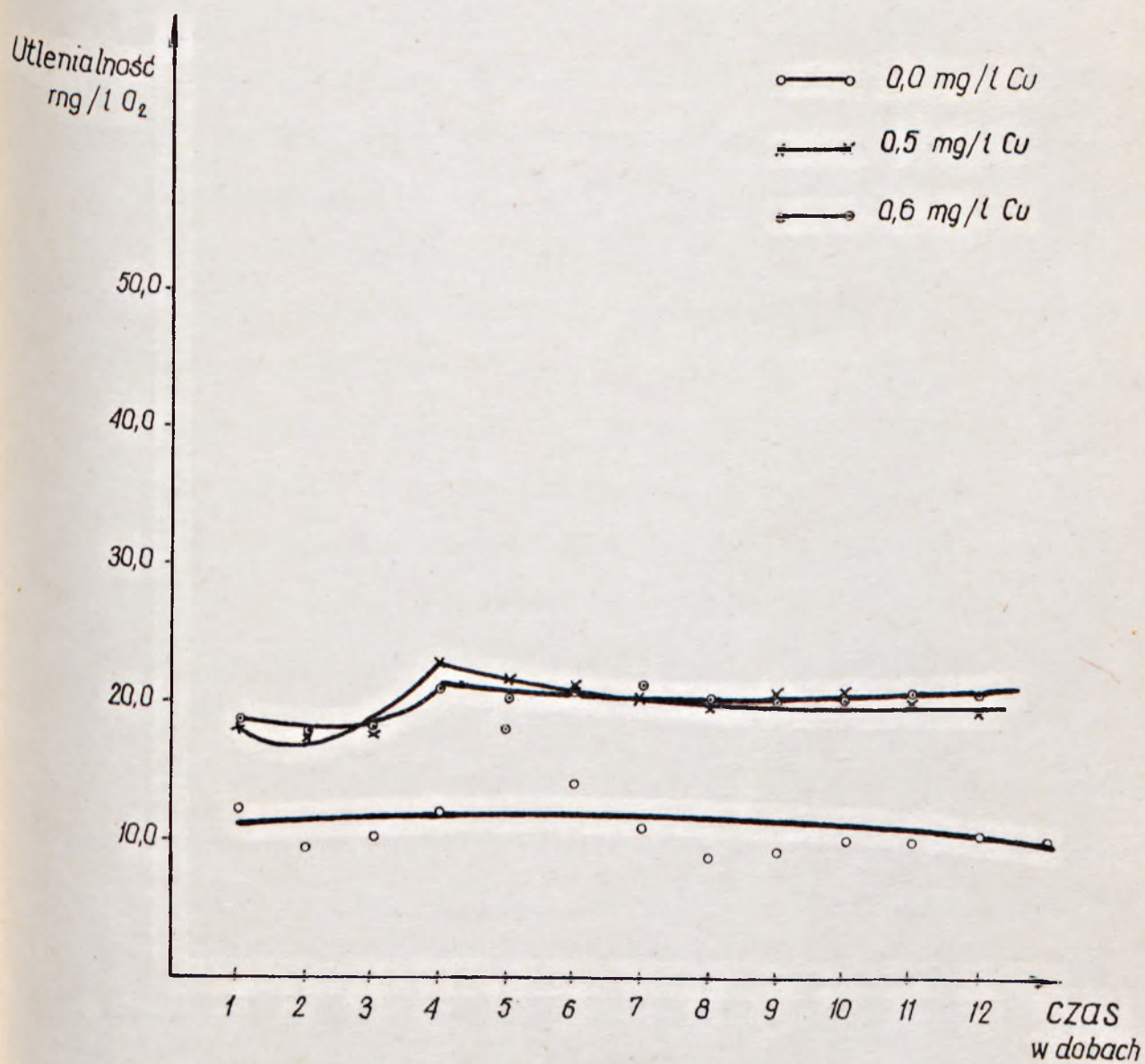
Rys. 15. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT
ścieków z zawartością CuSO₄.

II seria



Rys. 16. Wpływ czasu trwania procesu na BZT
ścieków z zawartością CuSO_4 .

II seria



Rys. 17. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność
ścieków z zawartością CuSO₄

podobne gdy w zestawie kontrolnym BZT_5 wynosiło średnio $15,0 \text{ mg/l } O_2$.

Na rys. 17 przedstawiająca wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków podczas II serii doświadczeń zwiększone stężenia utlenialności obserwuje się w czwartym dniu prowadzenia doświadczeń. I tak w zestawie A utlenialność wzrosła z $10,2 \text{ mg/l } O_2$ do $22,4 \text{ mg/l } O_2$; w zestawie B z $10,2$ do $21,3 \text{ mg/l } O_2$; w zestawie kontrolnym wielkość ta wynosiła ok. $10,0 \text{ mg/l } O_2$.

Ilość azotu azotanowego w ściekach oczyszczonych zmieniła się znacząco i wynosiła kolejno: w zestawie kontrolnym średnio $20 \text{ mg/l } N_{NH_4}$, w zestawie A - $15,0 \text{ mg/l } N_{NH_4}$; w zestawie B - średnio $15,0 \text{ mg/l } N_{NH_4}$ Irys. 18I.

Ilość azotanów w zestawie kontrolnym wynosiła ok.

$2,5 \text{ mg/l } N_{NO_3}$, w zestawie A średnio również $2,5 \text{ mg/l } N_{NO_3}$, natomiast w zestawie B obserwuje się obniżenie ilości azotanów do $0,8 \text{ mg/l } N_{NO_3}$ Irys. 19I.

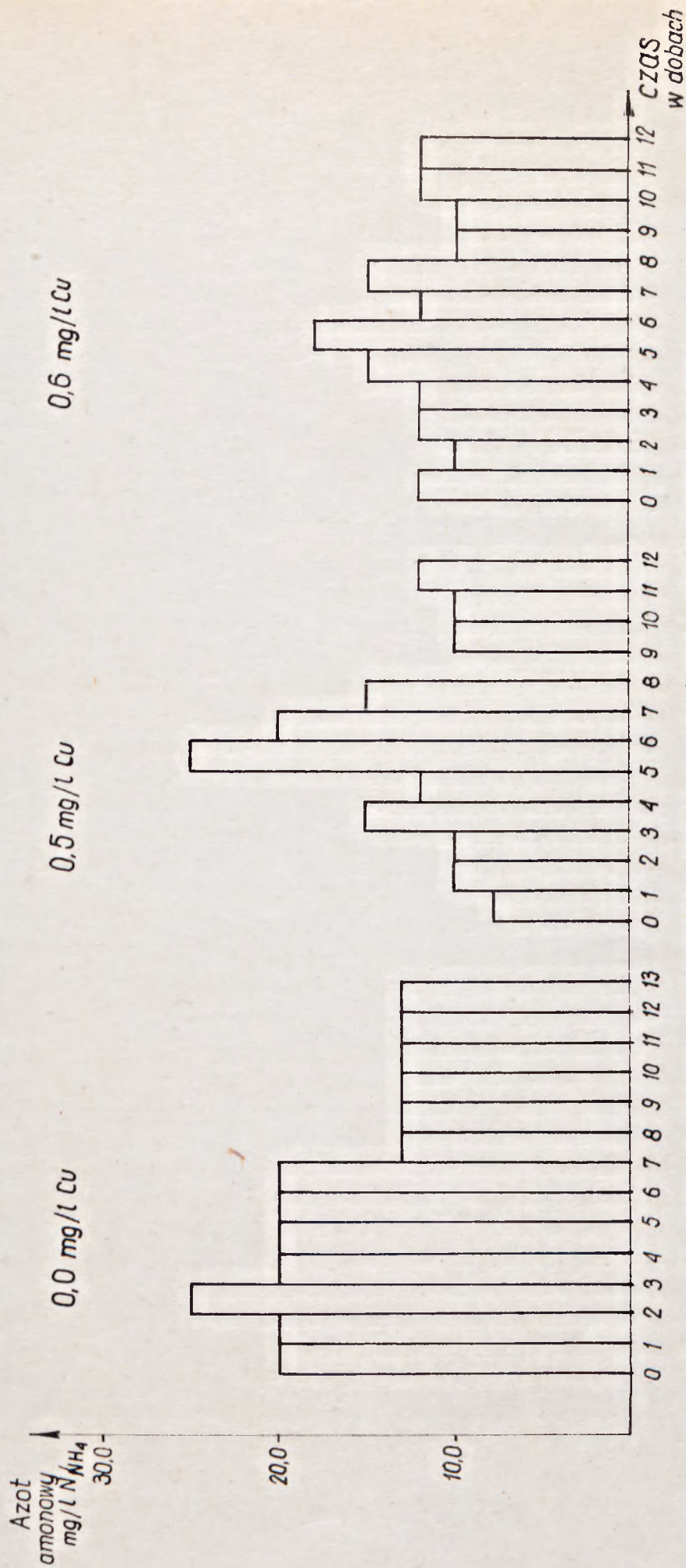
Z miarą upływu czasu, obserwuje się zmniejszenie ilości azotynów w ściekach oczyszczonych w zestawie A do

$1,2 \text{ mg/l } N_{NO_2}$ (wartość średnia), podczas gdy w zestawie kontrolnym wartość ta wynosiła średnio $1,6 \text{ mg/l } N_{NO_2}$, a w zestawie B średnio $2,3 \text{ mg/l } N_{NO_2}$ Irys. 20I.

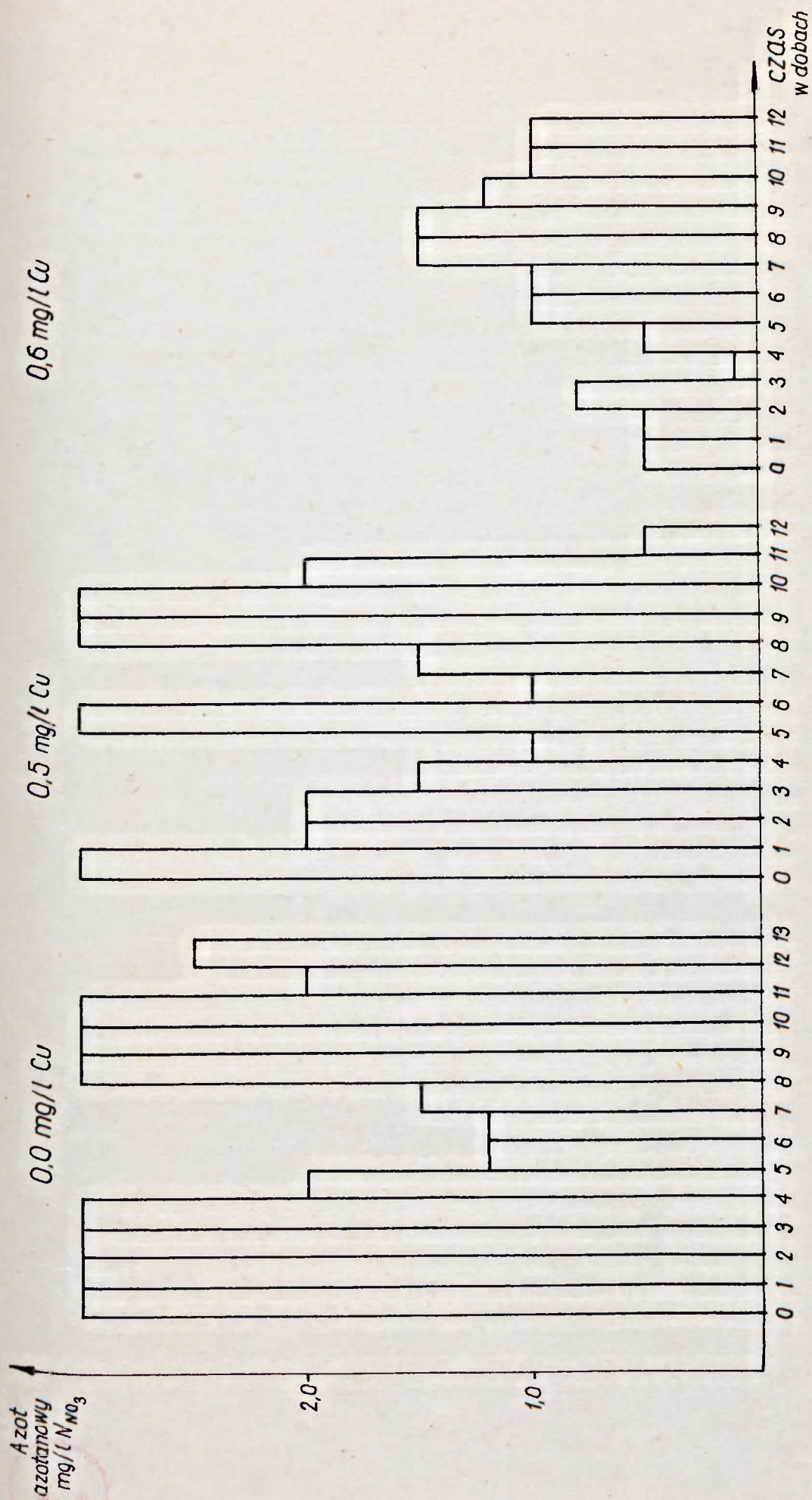
Stężenie miedzi w oczyszczonych ściekach w czasie II serii doświadczeń kontrolowano trzykrotnie.

Redukcja miedzi w chwili zakończenia II serii badań tj. po 12 dobach, była dość znaczna i wynosiła w zestawie A - 80% a w zestawie B - 50%.

II seria

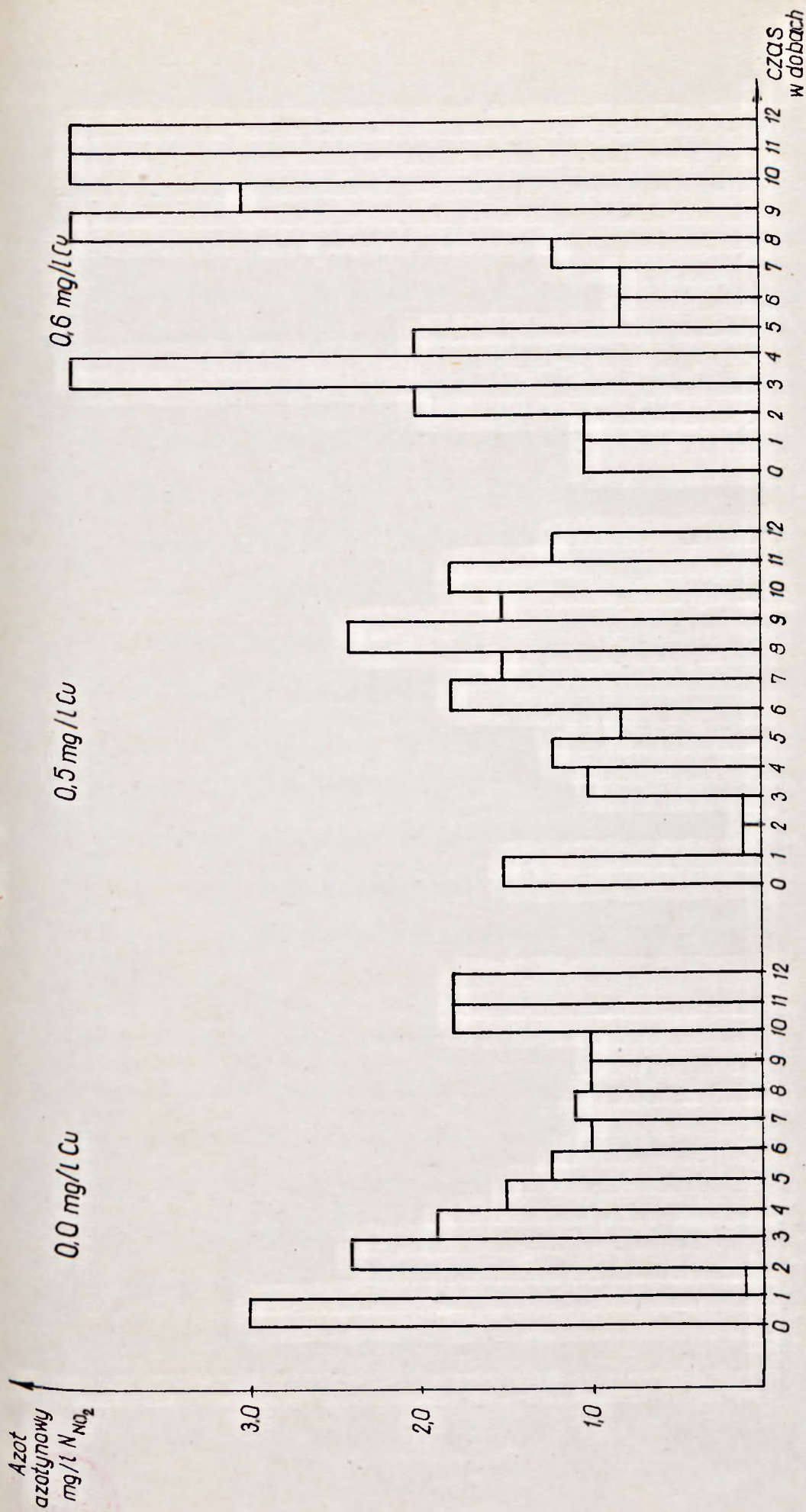


Rys. 18. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego w sciekach z zawartością $CuSO_4$



Rys. 19. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego w ściekach z zawartością $CuSO_4$

II seria



Rys. 20. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego w ściekach z zawartością CuSO₄

Podobnie jak w I serii doświadczeń, prowadzono okresowe obserwacje mikroskopowe biocenozy osadu czynnego.

Obserwacje te prowadzono dwukrotnie na początku i na końcu przeprowadzonej serii badań. Wyniki zestawiono w tablicach 19-24. Ilość osobników w 1 ml osadu w zestawie kontrolnym wynosiła 1350, w zestawie A - 530, w zestawie B - 360.

Podczas całego okresu trwania II serii doświadczeń osad w zestawie kontrolnym i w zestawie A posiadał strukturę pęczastą i zabarwienie szare - brązowe, natomiast w zestawie B barwa osadu zmieniła się na brązową. Pogorszyły się również własności sedymentacyjne osadu, o czym świadczą zwiększone indeksy osadu (patrz tablica 171).

Ogólnie więc, na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że przy dawkowaniu do ścieków siarczanu miedzi w ilości 0,5 i 0,6 mg/l Cu daje się zauważyć wpływ miedzi, zarówno na procesy biochemiczne i nitryfikacji jak i na biocenozę osadu. Jednakże wpływ ten jest jeszcze nieznaczny, o czym świadczą zadowalające efekty oczyszczania ścieków.

c. III s e r i a b a d a n.

Podczas III serii badań do ścieków w zestawie A dawkowano siarczan miedzi w ilości 0,7 mg/l Cu, a do ścieków w zestawie B - siarczan miedzi w ilości 0,8 mg/l Cu.

Parametry technologiczne uzyskiwane w III serii badań zestawiono w tablicach 25, 27, 29,.

Analizując je można zauważyć, że:

- zawartość osadu czynnego w komorach napowietrzania uległa dość znacznym zmianom a mianowicie w zestawie kontrolnym wynosiła od 2990 - 3100 g/m³, w zestawie A zmieniła się od 2700-2340 g/m³.

w zestawie B od 2300 - 1820 g/m³.

- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczonych ulegało również dużym wahaniom. W zestawie kontrolnym wynosiło od 0,35 - 0,37 g BZT₅/g d, w zestawie A od 0,42 - 0,50 , w zestawie B 0,50 - 0,60 g BZT₅/g d.
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczonych utrzymywało się w granicach od 1070 - 1160 g BZT₅/m³ d.
- indeks osadu uległ wyraźnemu pogorszeniu. I tak : w zestawie kontrolnym wynosił od 105 - 121 ml/g, w zestawie A od 127 - 150 ml/g , natomiast w zestawie B wynosił 218 ml/g.

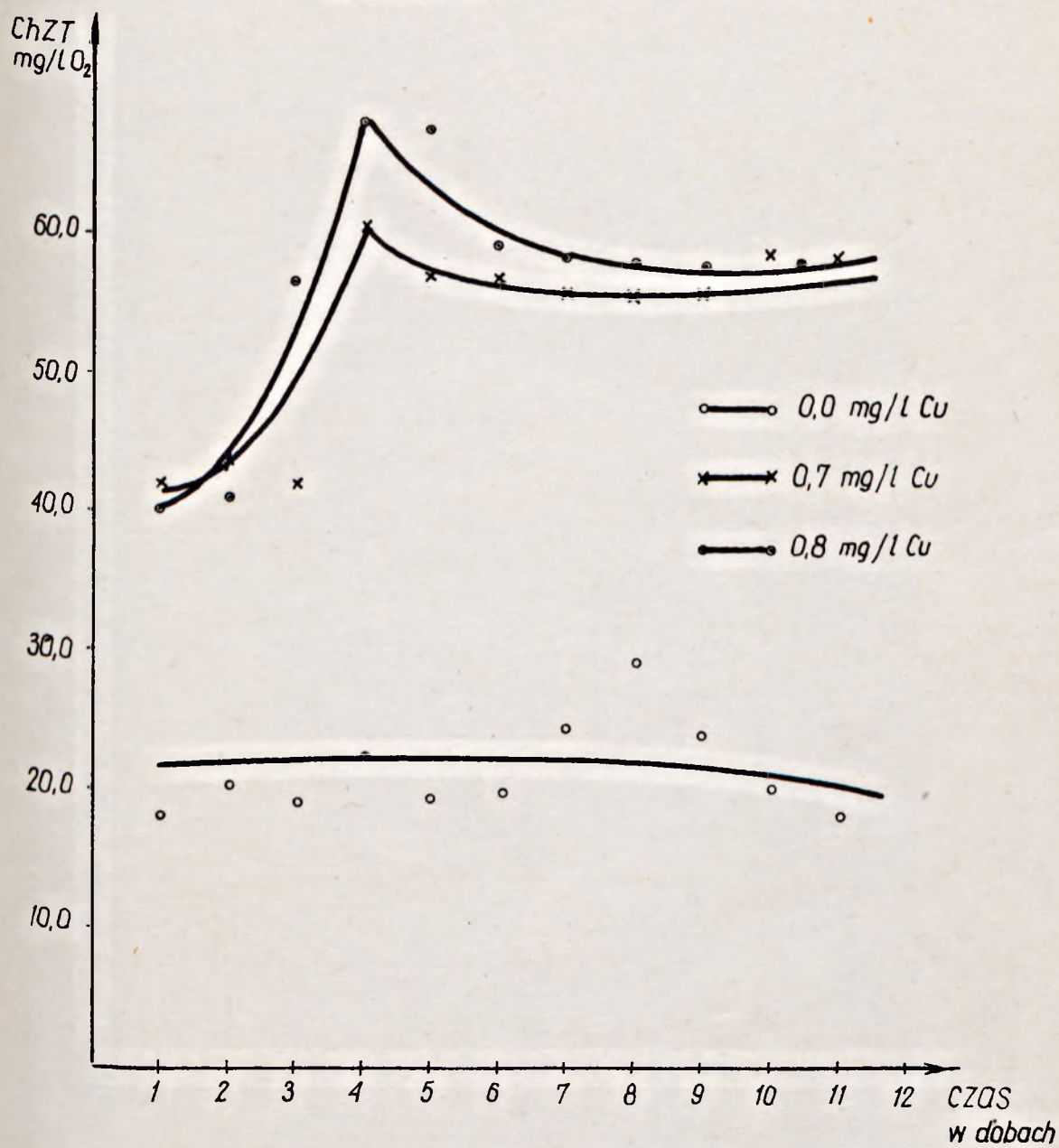
Efekty oczyszczania ścieków uzyskiwane podczas III serii doświadczeń zestawiono w tablicach 26,28,30.

W zestawie A ,do którego dawkowano ścieki surowe z zawartością 0,7 mg/l Cu zaobserwowano spadek redukcji BZT₅ o ok. 7% w porównaniu z efektami uzyskiwanymi w zestawie kontrolnym. W zestawie B natomiast redukcja BZT₅ spadła aż ok. 10% w porównaniu z zestawem kontrolnym. Równocześnie zaobserwowano wyraźny spadek redukcji ChZT i utlenialności w ściekach oczyszczonych. Redukcja ChZT w ściekach oczyszczonych w zestawie A obniżyła się ok. 10% w porównaniu z zestawem kontrolnym, a w zestawie B o 11% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

Podobnie efekty oczyszczania ścieków wyrażono w utlenialności obniżyły się w zestawie A o ok. 14%, a w zestawie B o ok. 16% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

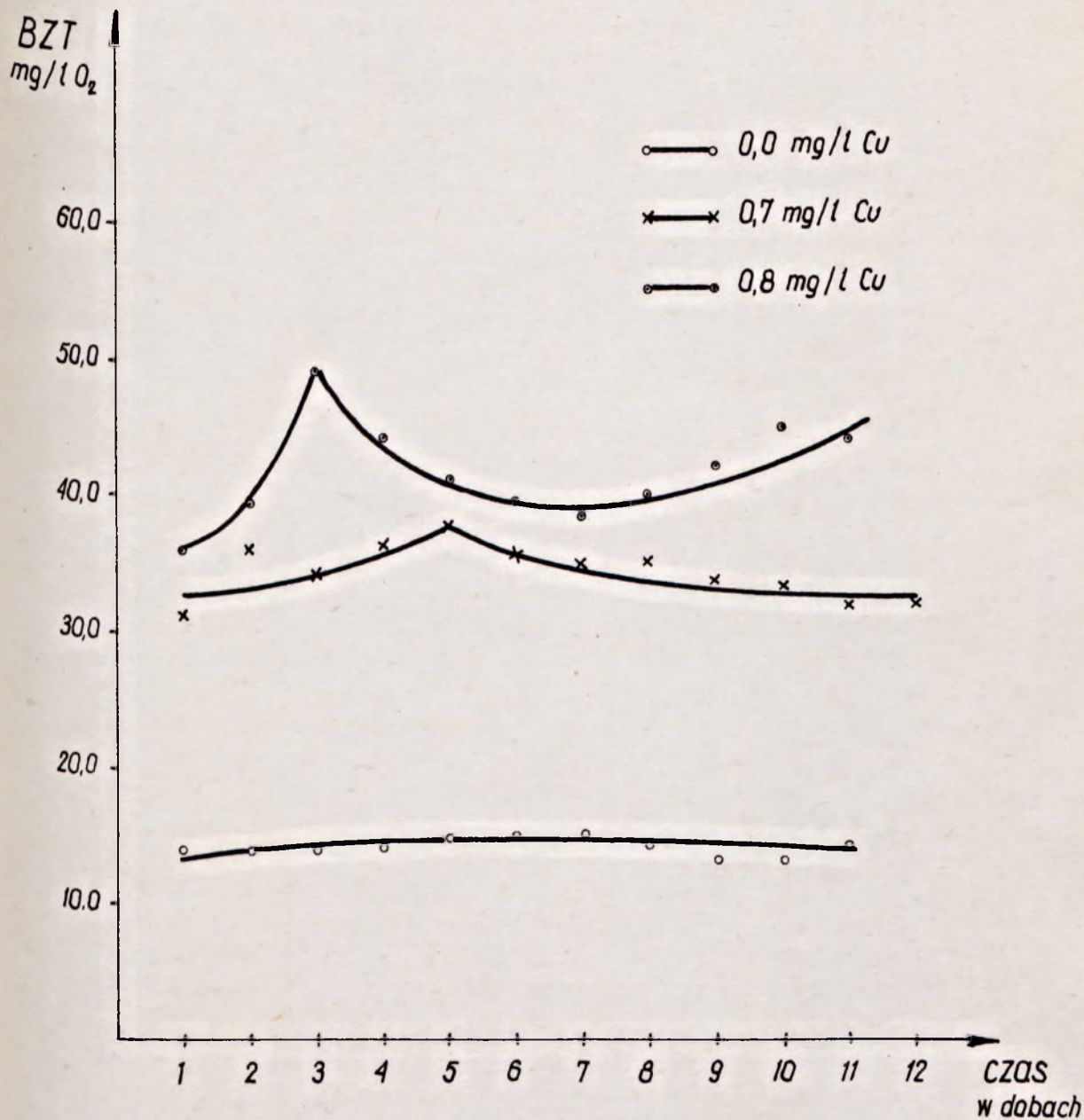
Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością CuSO₄ podczas III serii doświadczeń przedstawiono graficznie na rys. 21.

III seria



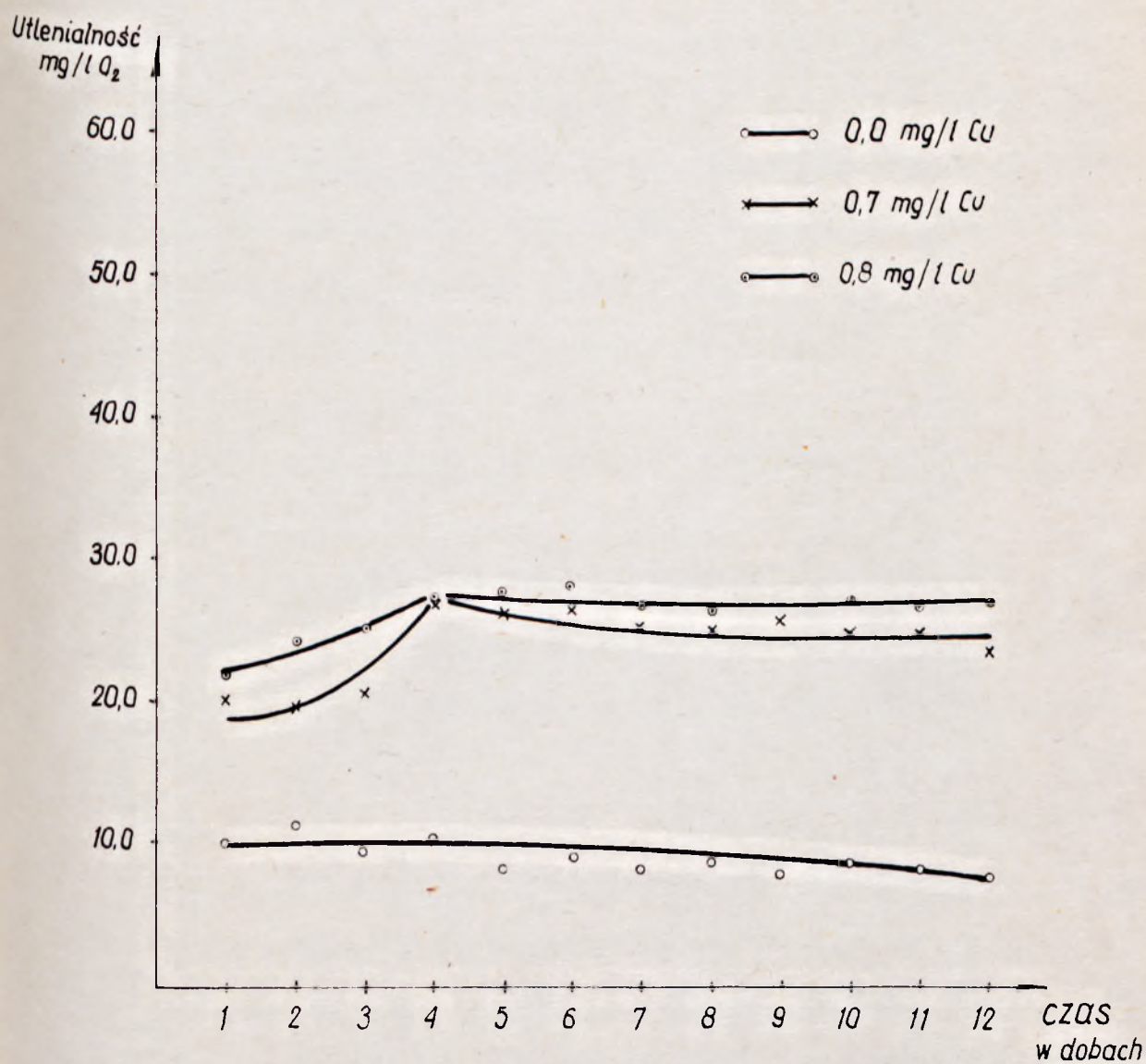
Rys. 21. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT
ścieków z zawartością CuSO_4

III seria



Rys. 22. Wpływ czasu trwania procesu na BZT ścieków z zawartością CuSO_4 .

III seria



Rys. 23. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością $CuSO_4$.

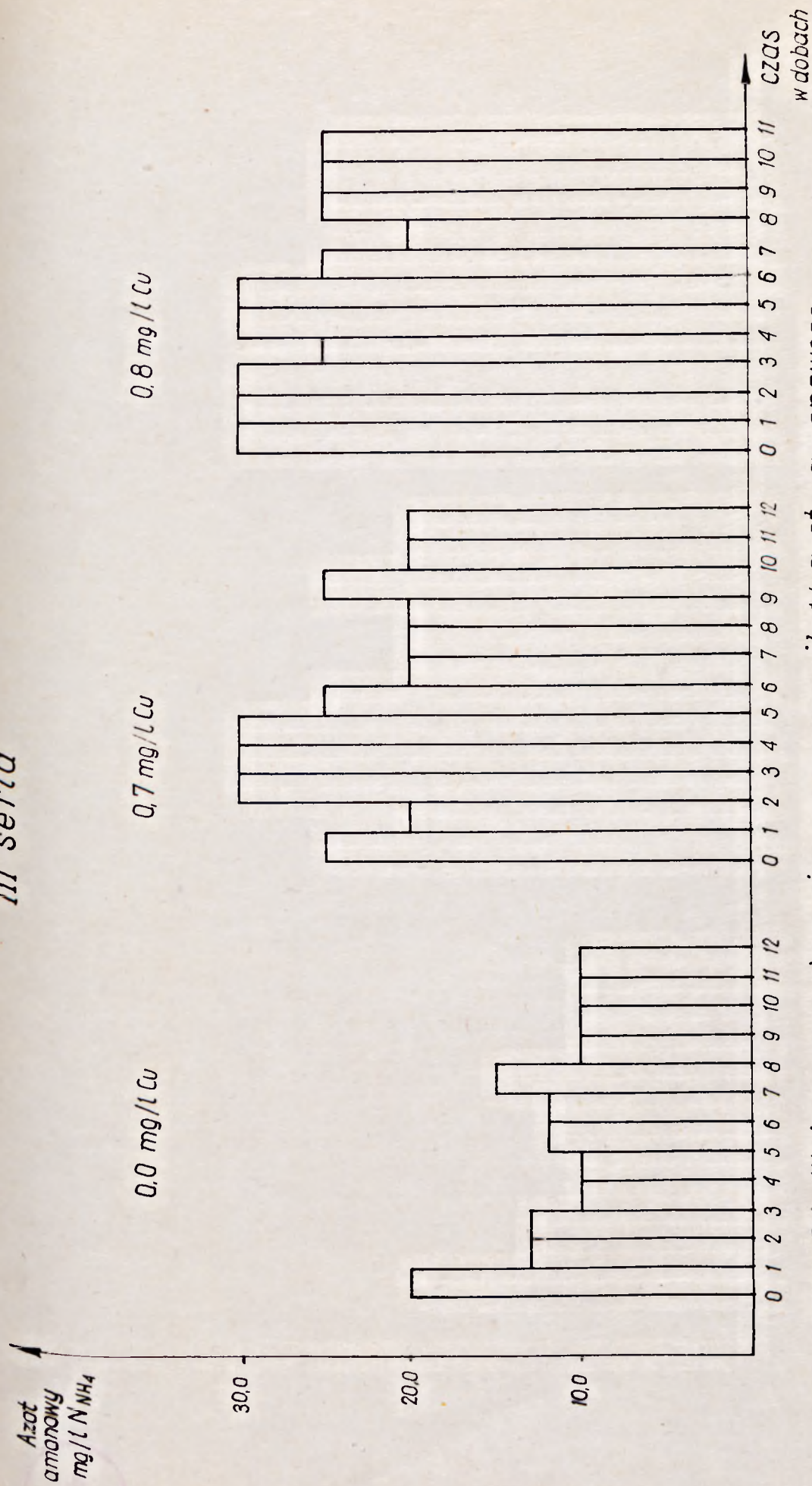
Jak widać na rysunku, przebieg krzywych tu jest odmien-
ny niż to miało miejsce w poprzednich seriach. W czwartym
dniu prowadzenia doświadczeń występuje charakterystyczny
punkt szamania, stężenie ChZT w zestawie A podwyższa
się z 42,3 do 60,8 mg/l O_2 , a w zestawie B z 40,4 do
68,4 mg/l O_2 . (w zestawie kontrolnym ChZT wynosi ok.
20,0 mg/l O_2) Jednakże wyniki uzyskiwane w następnych
dniach doświadczeń nie ulegają poprawie, co świadczy
o toksycznym wpływie dawek 0,7 i 0,8 mg/l Cu na proces
oczyszczania ścieków osadem czynnym.

Wpływ czasu trwania procesu na BZT_5 ścieków z zawartością
 CuSO_4 podczas III serii badań przedstawiono graficznie
na rys. 22.

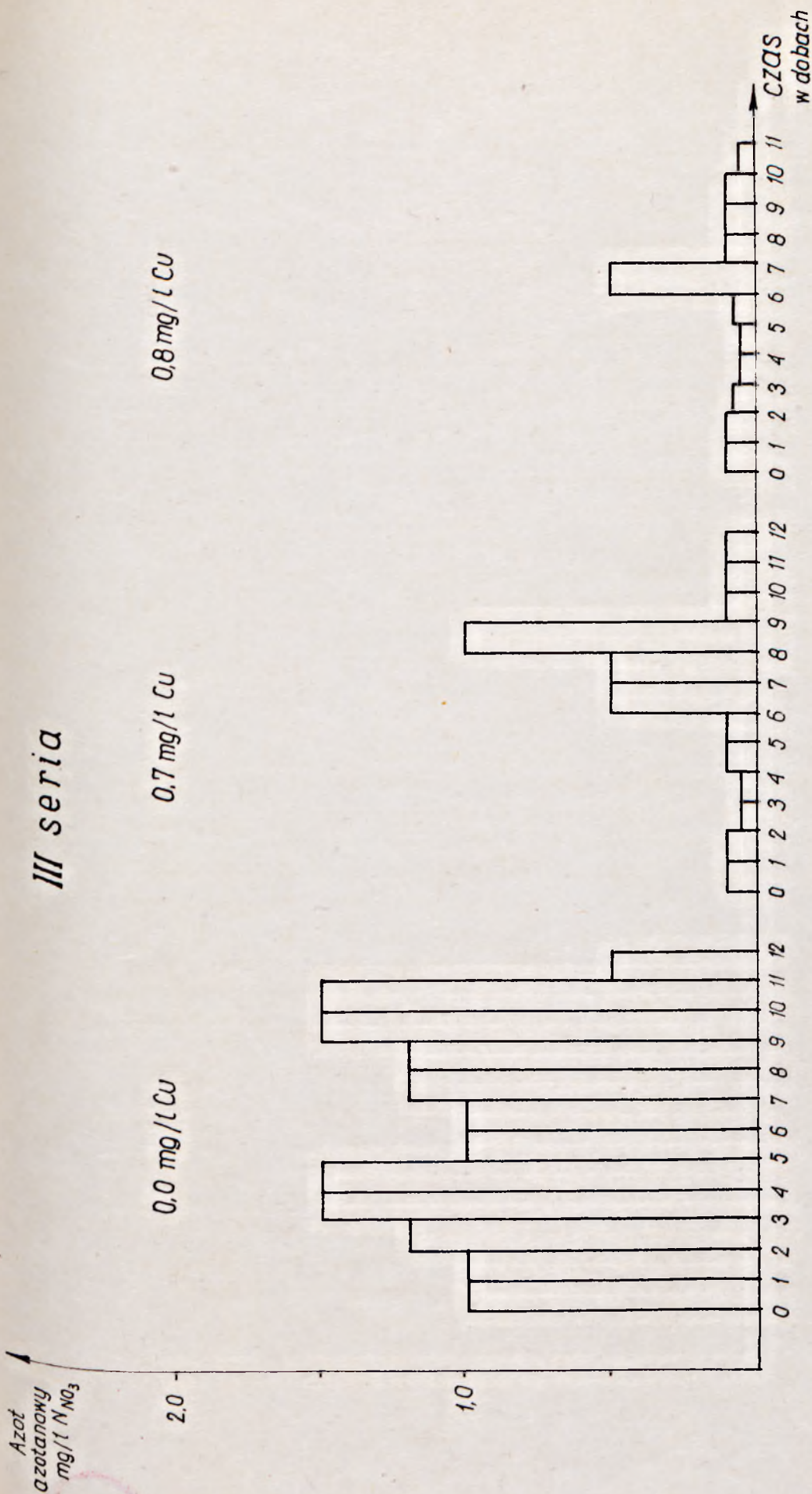
Wielkość BZT_5 w ściekach w zestawie A wzrosła z 30,9 mg/l O_2
do 37,1 mg/l O_2 ; w zestawie B z 36,2 do 44,3 mg/l O_2 .
podczas gdy w zestawie kontrolnym wartość ta wynosiła
14,0 mg/l O_2 .

Podwyższone stężenie BZT_5 w oczyszczonych ściekach
wystąpiło w piątym dniu prowadzenia doświadczeń, po czym
w zestawie A w następnych dniach wyniki oczyszczania
ścieków ulegają poprawie, natomiast w zestawie B w miarę
upływu czasu nie zanotowano żadnej poprawy efektu
oczyszczania, co świadczy o dużej toksyczności dawki
0,8 mg/l Cu na biocenozę osadu czynnego, oczywiście nie
pozostaje to bez wpływu na efekty oczyszczania ścieków
osadem czynnym.

III seria

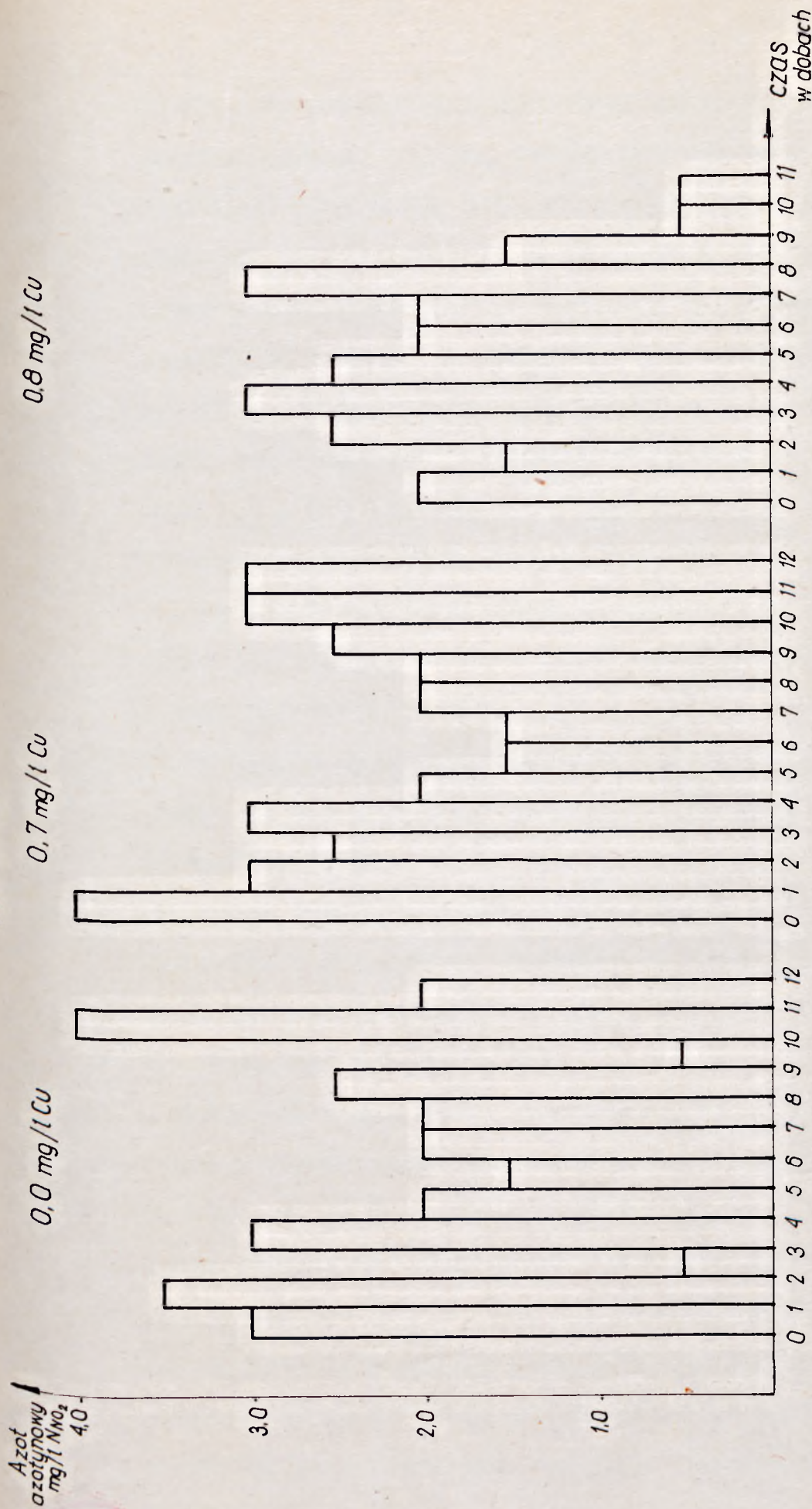


Rys. 24. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego w ściekach z zawartością CuSO_4 .



Rys. 25. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego w ściekach z zawartością CuSO_4

III seria



Rys. 26. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego w ściekach z zawartością CuSO_4

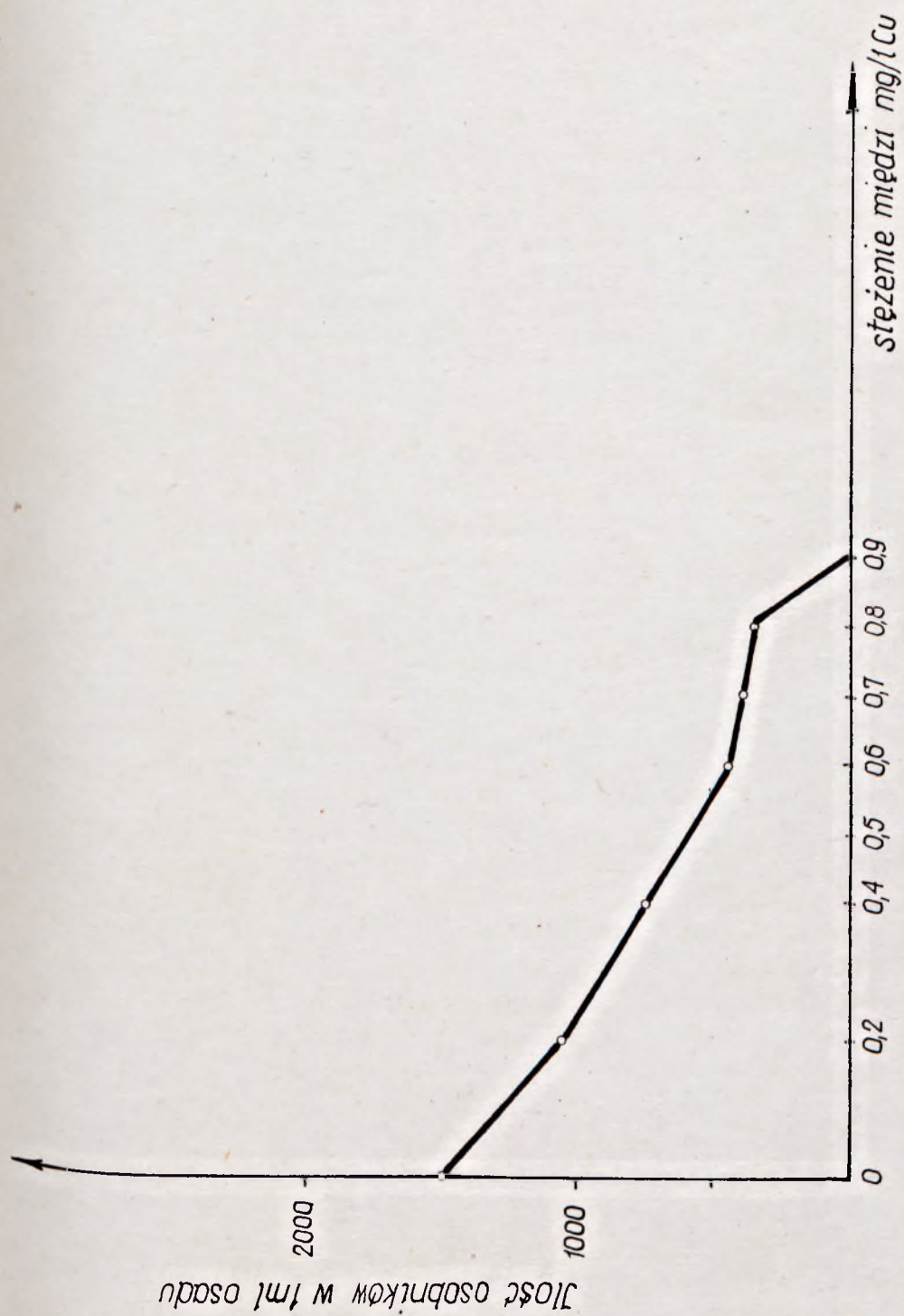
Na rys. 23 przedstawiającym wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków, zwiększone stężenie utlenialności w ściekach oczyszczonych, obserwuje się w czwartym dniu doświadczeń i takie utrzymują się do końca serii. Jednocześnie obserwuje się przyrost azotu amonowego ściekach w zestawie A i B. W zestawie kontrolnym ilość azotu amonowego wynosiła średnio $13,0 \text{ mg/l } \text{NH}_4$, natomiast w zestawie A wartość ta wzrosła do $24,0 \text{ mg/l } \text{NH}_4$, a w zestawie B do $28,0 \text{ mg/l } \text{NH}_4$. Irys. 24 Wyraźnym zanieższeniem uległa ilość azotanów w zestawie A i B, natomiast ilość azotu azotynowego zmieniła się nieznacznie w zestawach A i B w porównaniu z zestawem kontrolnym Irys. 25, 261.

Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że dawki $0,7$ i $0,8 \text{ mg/l Cu}$ powodowały zahamowanie procesów nitryfikacyjnych.

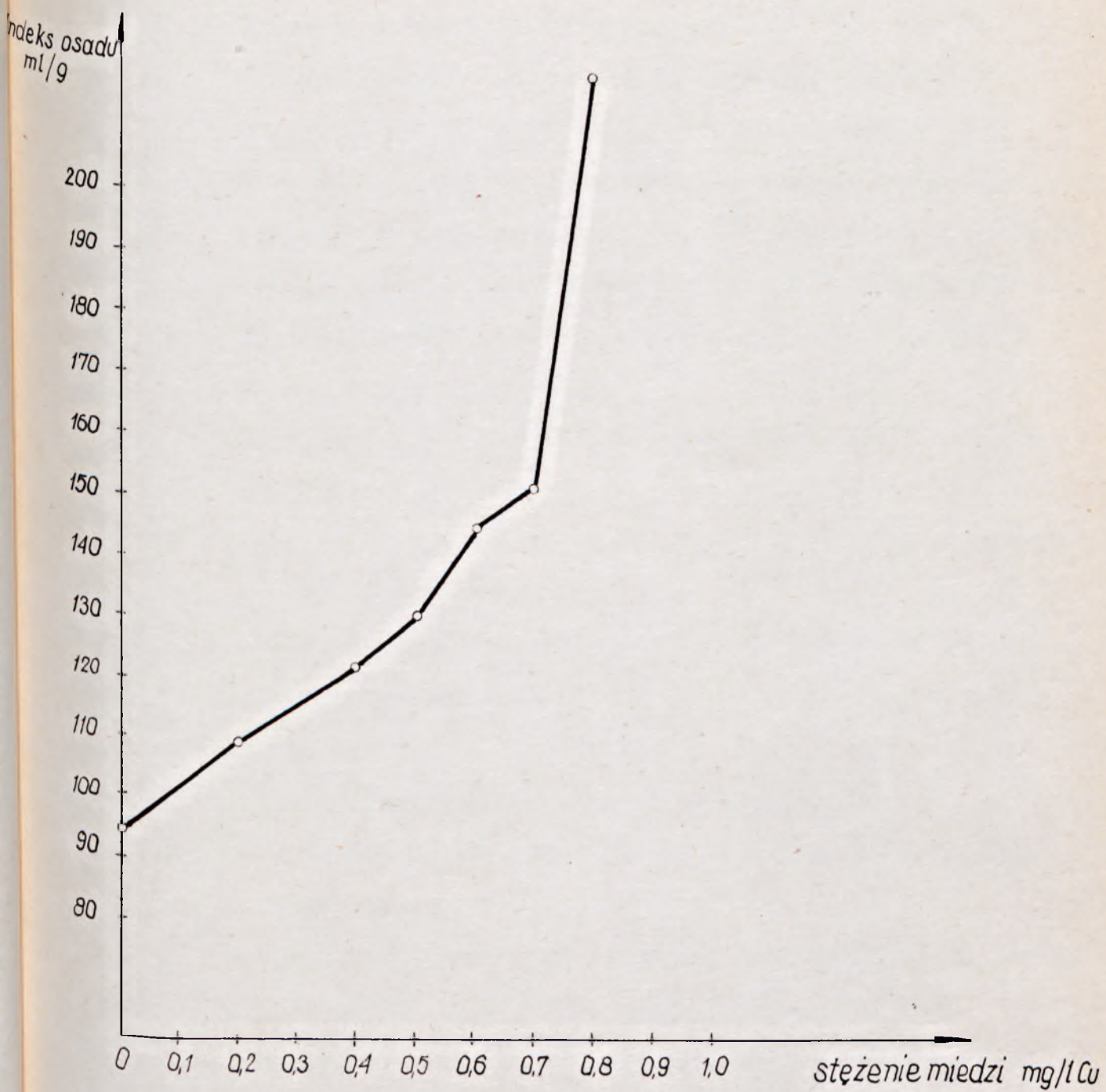
Zawartość miedzi w oczyszczonych ściekach w czasie III serii kontrolowano trzykrotnie. Redukcja miedzi w chwili zakończenia serii badań wynosiła, w zestawie A - 42% , w zestawie B - 36% .

Podczas III serii badań dwukrotnie prowadzono obserwacje makro i mikroskopowe biocenozy osadu czynnego, wyniki których zestawiono w tablicach 31, 32, 33.

Ilość osobników w 1 ml osadu czynnego w zestawie kontrolnym wynosiła 1240 , w zestawie A do którego dawkowano $0,7 \text{ mg/l Cu}$ ilość ta na początku serii wynosiła 440 , natomiast w zestawie B, do którego dawkowano siarczan miedzi w ilości $0,8 \text{ mg/l Cu}$, ilość osobników na początku serii wynosiła 320 .



Rys. 27. Wpływ ścieków z zawartością CuSO_4 na ilość osadników w osadzie czynnym.



Rys. 28. Wpływ ścieków z zawartością CuSO_4 na indeks osadu.

Osad w zestawie A posiadał zabarwienie szare, a w zestawie B zabarwienie ciemno-szare.

Obserwacje mikroskopowe osadu czynnego prowadzone w ostatnim dniu doświadczeń III serii, stwierdziły brak ruchu u organizmów zwierzęcych w zestawie B, podczas gdy w zestawie A było ich niewiele w znikomej postaci. Osad posiadał zabarwienie ciemno-szare nie sedimentował, indeks osadu w zestawie B wynosił ok. 218 ml/g.

Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że zawartość miedzi w ściekach surowych w ilości 0,6 mg/l Cu dawkowanej w sposób ciągły w postaci siarczanu miedzi wpływa jak poniżej :

- wyraźnie hamując wpływa na procesy biochemiczne, o czym świadczą uzyskane niskie efekty oczyszczania ścieków
- powoduje zakłócenia w procesie nitryfikacji
- powoduje pogorszenie się warunków sedimentacyjnych osadu czynnego i rys. 26 I
- toksycznie wpływa na biocenozę osadu czynnego powodując śmierć organizmów zwierzęcych w osadzie.

Zależność ilości osobników od stężenia miedzi przedstawia graficznie rys. 27.

Reasumując powyższe można sądzić, że dopuszczalna dawka miedzi przy biologicznym oczyszczaniu ścieków metodą osadu czynnego nie powinna przekroczyć wartości 0,6 mg/l Cu

Przy dawkowaniu do ścieków siarczanu miedzi w ilości 0,6 mg/l Cu , uzyskiwano efekty oczyszczania w granicach 90% redukcji BZT₅, ChZT i utlenialności.

Przy wszystkich seriach doświadczeń nad wpływem siarczanu miedzi na proces oczyszczania ścieków, zaobserwowano hamujący wpływ miedzi na II fazę procesu nitryfikacji, co świadczy o szczególnej wrażliwości bakterii nitryfikacyjnych na działanie nawet niskich stężeń metalu. Przy dawkach początkowych wystąpiły pewne wahania, które są wynikiem przyzwyczajania się bakterii do nowych warunków.

3.7.3. Wpływ siarczanu niklu zawartego w ściekach na efekt ich oczyszczania metodą osadu czynnego.

Doświadczenia nad wpływem siarczanu niklu na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym obejmowały trzy serie badań, które różniły się między sobą ilością dawkowanej soli niklu do oczyszczonych ścieków.

Przebadany zakres stężeń niklu w badanych ściekach był następujący : 0,0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 0,9 mg/l Ni.

Siarczan niklu dawkowano do ścieków w sposób ciągły dodając odpowiednią objętość roztworu wzorcowego I pkt. 3.4.I Do właściwych badań technologicznych przystąpiono po wpracowaniu osadu czynnego w modelach doświadczalnych. Okres wpracowania osadu czynnego trwał 3 tygodnie czasokres ten przyjęto jako wystarczający, osad spełnia kryteria stawiane osadowi wpracowanemu I patrz pkt.3.3I i rozpoczęto dawkowanie do ścieków roztworu siarczanu niklu.

a. IV seria badań.

Podczas IV serii doświadczeń w zestawie A dawkowano siarczan niklu w ilości 0,1 mg/l Ni ; a do ścieków w zestawie B - siarczan niklu w ilości 0,2 mg/l Ni.

Parametry technologiczne utrzymywane w czasie IV serii doświadczeń zestawiono w tablicach 34,36,38.

Analizując je można było stwierdzić, że :

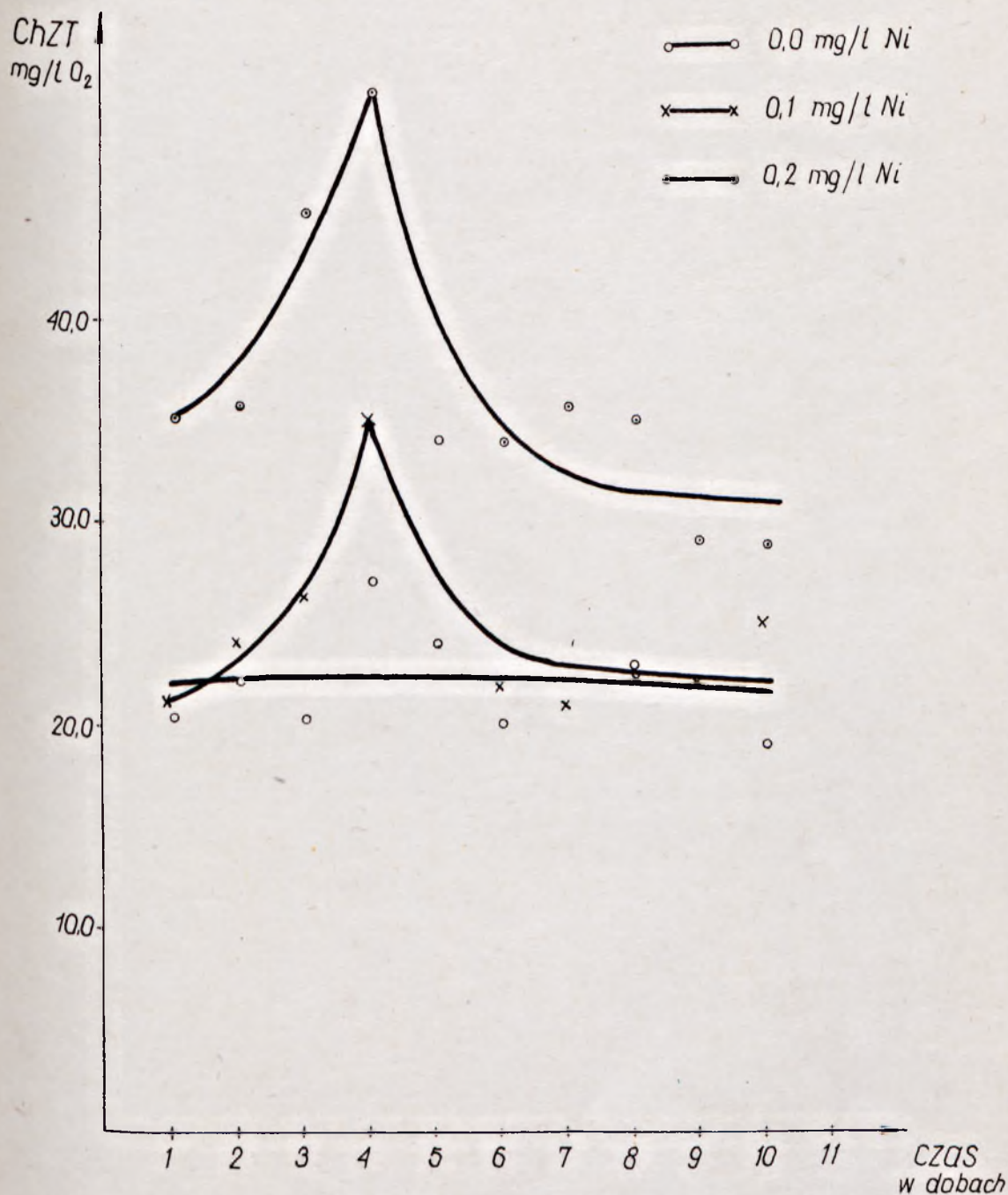
- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania wynosiła średnio 3500 g/m^3
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń zmieniało się od 0,28 do 0,33 $\text{g BZT}_5/\text{g d}$
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczeń utrzymywało się w granicach $1075 \text{ g BZT}_5/\text{m}^3 \text{ d}$
- indeks osadu w zestawie kontrolnym zmieniał się od 76 do 73 ml/g , w zestawie A od 84 - 85 i w zestawie B od 85 - 104 ml/g

Uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków podczas IV serii doświadczeń zestawiono w tablicach 35, 37, 39. Jak wynika z tablic, redukcja podstawowego wskaźnika zanieczyszczeń jakim jest BZT_5 była prawie jednokrotna, zarówno w zestawie kontrolnym jak i w zestawach do których dawkowano siarczan nikiel wynosiła powyżej 90%.

Redukcja ChZT obniżyła się nieznacznie w zestawie A i B i nie przekroczyła 1% w porównaniu z zestawem kontrolnym. Równocześnie daje się zauważyć nieznaczny spadek redukcji utlenialności w zestawie B o ok. 2% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

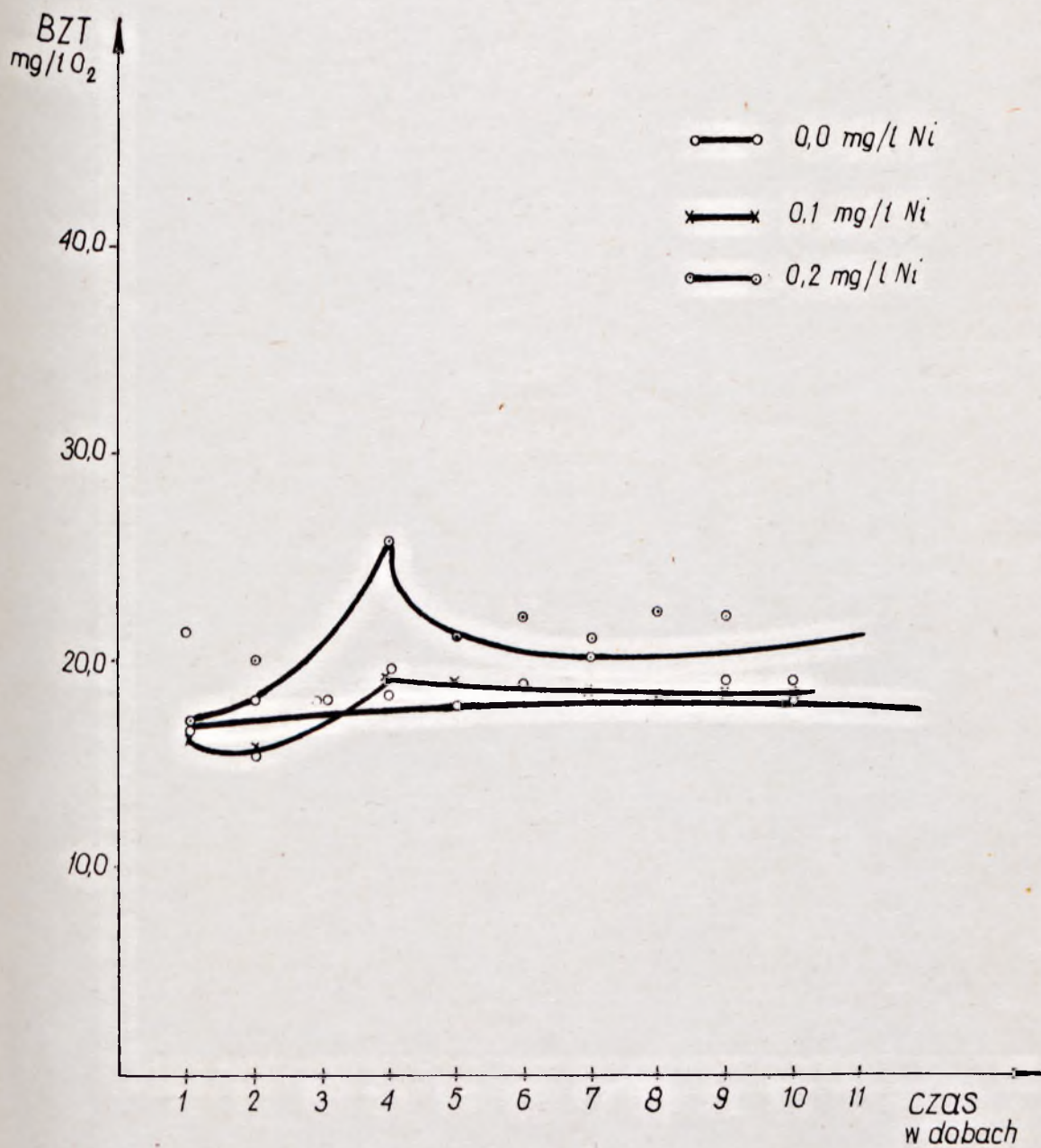
Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością NiSO_4 podczas IV serii przedstawiono graficznie na rys. 29.

IV seria



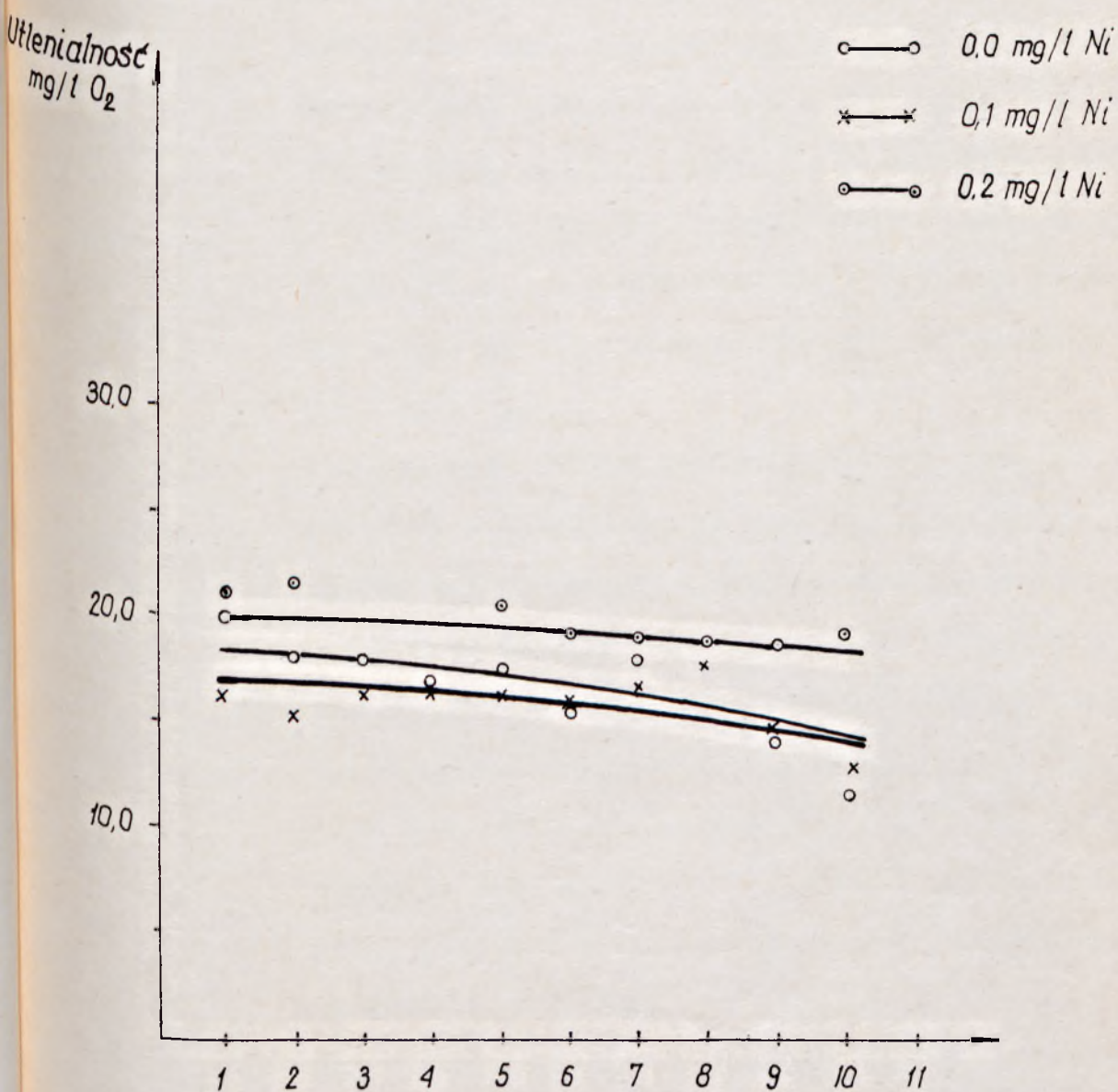
Rys. 29. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością NiSO₄.

IV seria



Rys. 30. Wpływ czasu trwania procesu na BZT
ścieków z zawartością NiSO₄

IV seria



Rys. 31. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością NiSO_4

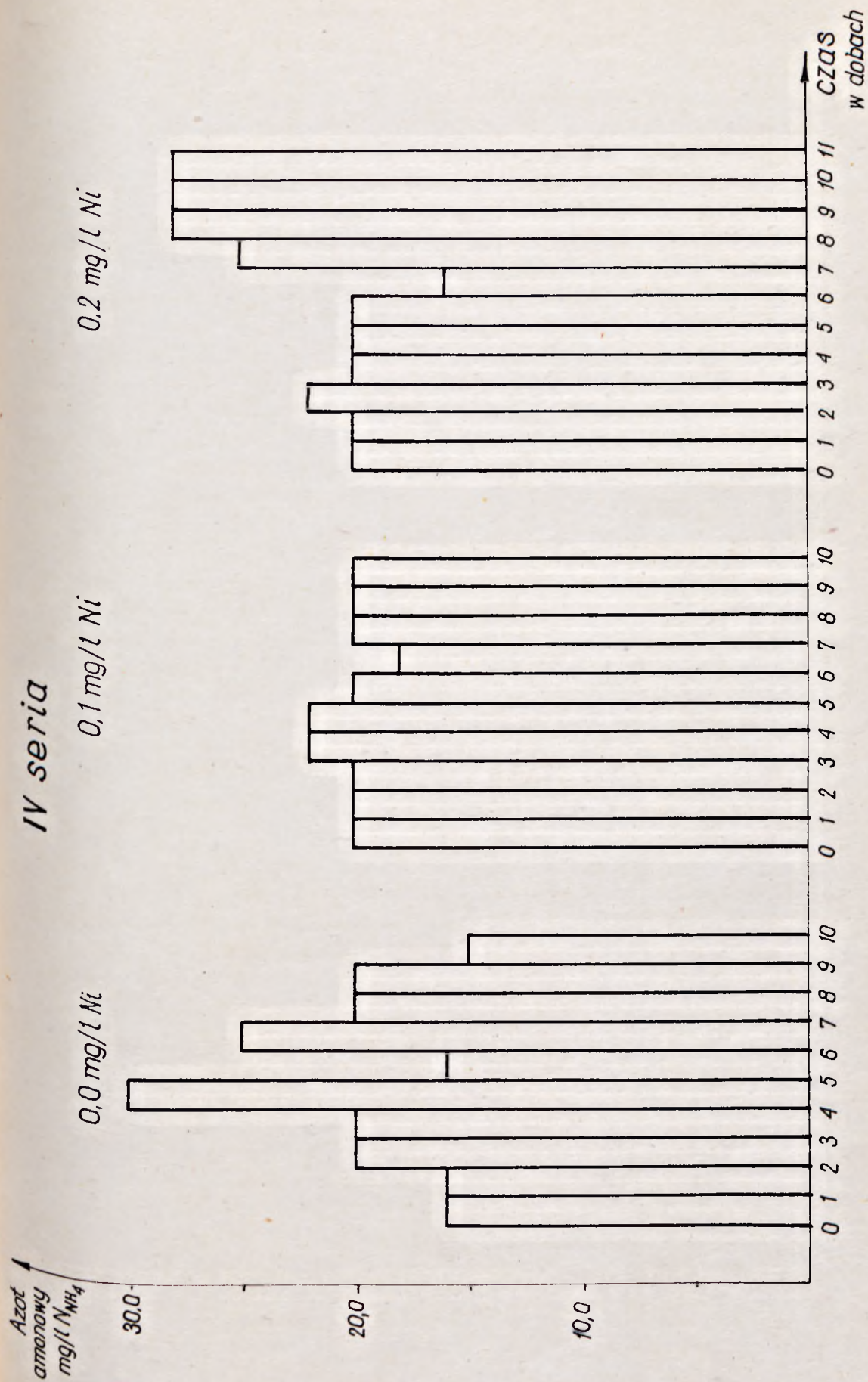
Obserwuje się tu nieznaczne pogorszenie wyników oczyszczania ścieków w zestawie A i B w czwartym dniu prowadzenia doświadczeń.

Stężenie zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach wyrażone w ChZT w zestawie A w pierwszym dniu doświadczeń wynosiło 21,0 mg/l O_2 , a w czwartym podniosło się do 35,2 mg/l O_2 . Podobnie w zestawie B, w pierwszym dniu doświadczeń ChZT oczyszczonych ścieków wynosiło 35,2 mg/l O_2 , a w czwartym 52,1 mg/l O_2 , podczas gdy w zestawie kontrolnym wartość ta wynosiła ok. 20,0 mg/l O_2 .

W następnych dniach wyniki ulegają poprawie, co świadczy o niskiej toksyczności dawki. Na rys. 30 przedstawiającym wpływ czasu trwania procesu na BZT₅ ścieków oczyszczonych, pogorszenie wyników oczyszczania obserwujemy w zestawie B, do którego dawkowano 0,2 mg/l H_2 w czwartym dniu doświadczeń. W pierwszym dniu doświadczeń BZT₅ wynosiło 17,2 mg/l O_2 a w czwartym dniu 26,0 mg/l O_2 . Wyniki otrzymane w zestawie A niewiele się różniły od wyników uzyskanych w zestawie kontrolnym.

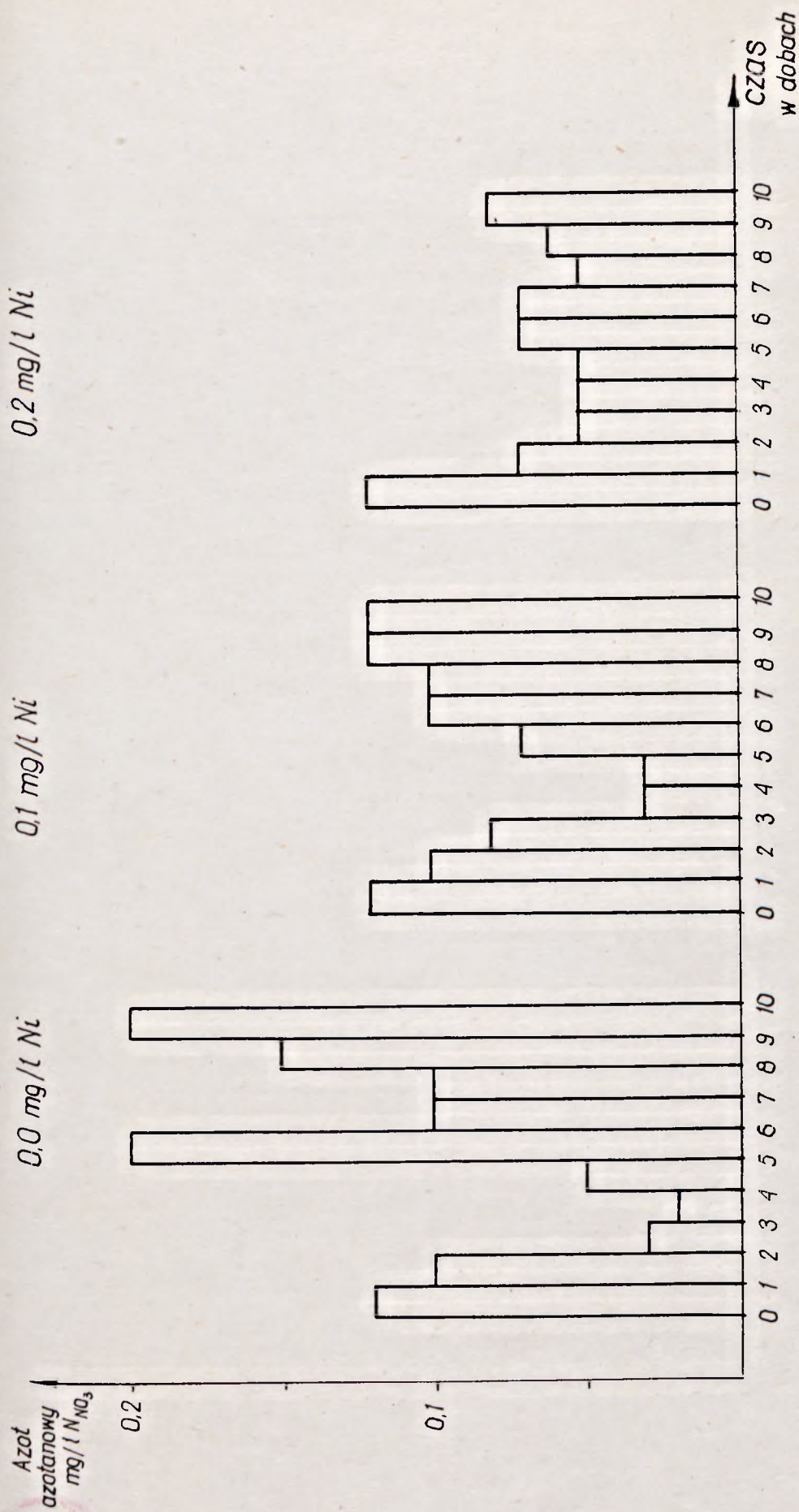
Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością H_2SO_4 przedstawiono na rys 31. Przebieg krzywych jest zgodny, nie obserwuje się występujących poprzednio charakterystycznych punktów załamania.

Ilość azotu amonowego w ściekach oczyszczonych zmieniała się nieznacznie i wynosiła we wszystkich zestawach średnio 20,0 mg/l N_{NH_4} . Rys. 32



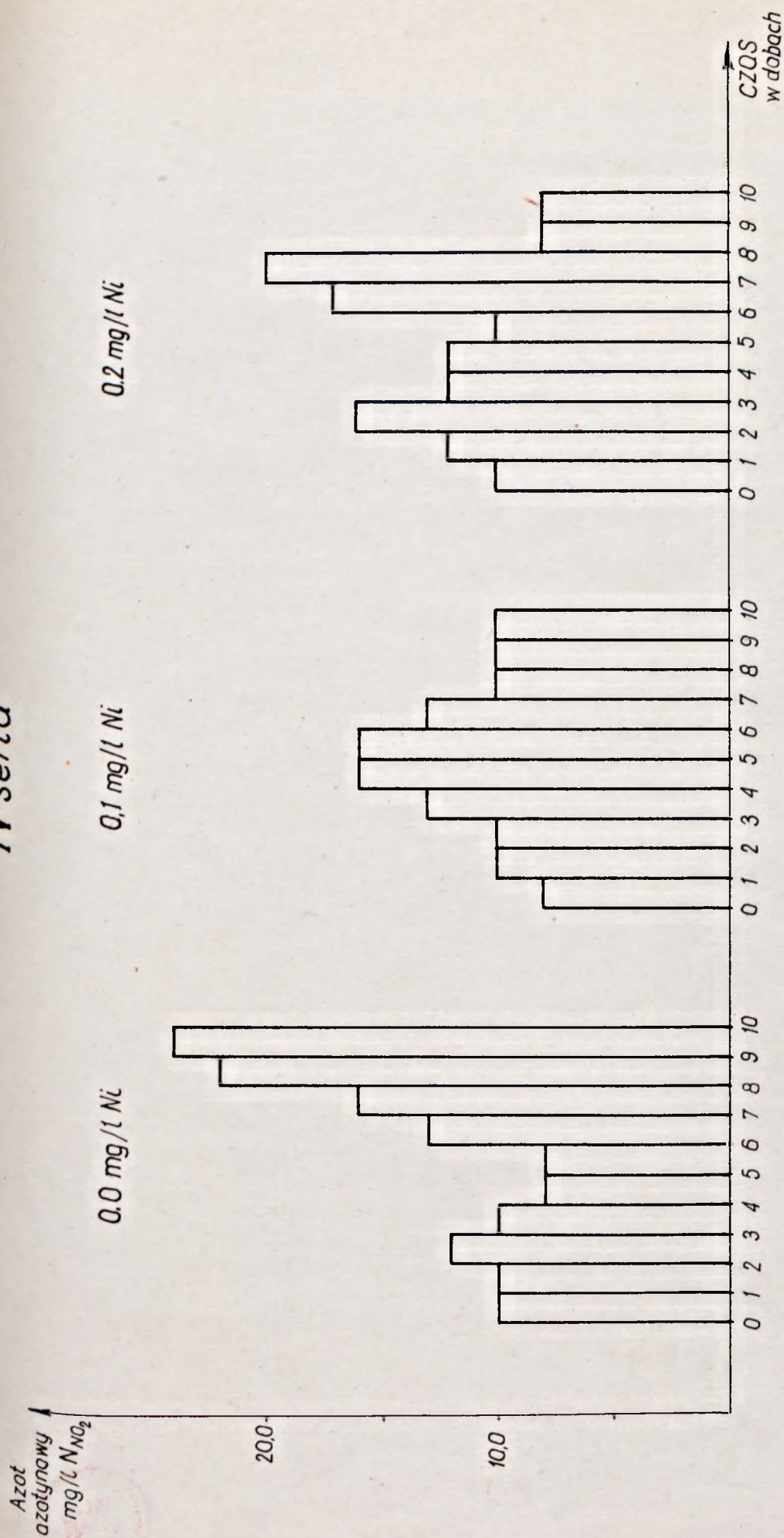
Rys. 32. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego w ściekach z zawartością $NiSO_4$.

IV seria



Rys. 33. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego
w ściekach z zawartością NiSO_4

IV seria



Rys.34. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego w ściekach z zawartością NiSO_4

Średnie zawartości azotu azotanowego w odpływie z zestawów A i B różniły się nieznacznie od zawartości azotu azotanowego w odpływie z zestawu kontrolnego, przy czym największą różnicę stwierdzono między zestawem B a kontrolnym i rys. 33 i.

Ilość azotu azotanowego w ściekach oczyszczonych wynosiła średnio w zestawie kontrolnym - 13,0 mg/l HNO_2 , w zestawie A - 12,0 mg/l HNO_2 , w zestawie B - 12,5 mg/l HNO_2 . I rys. 34 i

Stężenie niklu w oczyszczanych ściekach w czasie IV serii doświadczeń kontrolowano trzykrotnie. Redukcja niklu w chwili zakończenia IV serii badań tj. po 10 dobach była dość znaczna i wynosiła, zarówno w zestawie A jak i B - 50%.

Podczas IV serii doświadczeń prowadzono jak i w poprzedniej serii okresowe obserwacje mikroskopowe biocenozy osadu czynnego. Obserwacje prowadzono na początku i na końcu serii. Wyniki zestawiono w tablicach 40 - 45. Ilość osobników w 1 ml osadu w zestawie kontrolnym wynosiła 1420 na początku serii i 1020 na końcu serii, w zestawie A wartość wynosiła i na początku i na końcu 1270, natomiast w zestawie B - 1230 na początku serii, 1380 - na końcu serii. Biorąc pod uwagę skład jakościowy osadu, onad charakteryzował się typową biocenozą bakteryjną oraz licznymi występującymi pierwotniakami.

Podczas całego okresu doświadczeń IV serii osad posiadał strukturę gąbчатą i zabarwienie żółto-brunatne.

W IV serii doświadczeń prowadzono również pomiary aktywności osadu czynnego. Wykonywano je metodą TTC dwukrotnie na początku i na końcu serii.

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicach 46, 47.

Jak można zaobserwować aktywność osadu czynnego w zestawach A i B była mniejsza niż w zestawie kontrolnym, co świadczy o nieznacznym wpływie dawek 0,1 ; 0,2 mg/l Ni na biocenną osadu. Jednak różnice te są niewielkie i w związku z tym powstaje to w zasadzie bez wpływu na uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków.

b. V seria badań.

Podczas V serii doświadczeń do ścieków w zestawie A dawkowano siarczan niklu w ilości 0,4 mg/l Ni, a do ścieków w zestawie B - siarczan niklu w ilości 0,6 mg/l Ni.

Parametry technologiczne utrzymywane w czasie V serii doświadczeń zestawiono w tablicach 48,50,52.

Analizując je można zauważyć, że :

- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania we wszystkich zestawach ulegała dość znacznym zmianom i wynosiła od 3600 do 4036 g/m^3 w zestawie kontrolnym od 2960 - 3010 g/m^3 w zestawie A i od 2010 do 2920 g/m^3 w zestawie B.
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń zmieniało się w zestawie kontrolnym od 0,25 do 0,28 $\text{g BZT}_5/\text{g d.}$ w zestawie A od 0,34 do 0,35 $\text{g BZT}_5/\text{g d.}$ w zestawie B od 0,37 do 0,53 $\text{g BZT}_5/\text{g d.}$
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczeń utrzymywało się w granicach 1000 $\text{g BZT}_5/\text{m}^3 \text{ d}$
- indeks osadu w zestawie kontrolnym zmieniał się od 104 do 95 ml/g w zestawie A od 84 do 112 ml/g , natomiast w zestawie B od 108 do 172 ml/g .

Uzyskiwane efekty oczyszczania ścieków podczas V serii doświadczeń zestawiono w tablicach 49,51,53.

W ściekach w zestawie A, do którego dawkowano 0,4mg/l Ni zaobserwowano spadek redukcji o ok. 3% w porównaniu z zestawem kontrolnym, natomiast w zestawie B

efekty oczyszczania ścieków były o 8% niższe od efektów uzyskanych w zestawie kontrolnym.

Równocześnie daje się zauważyć obniżenie efektów oczyszczania wyrażonych w ChZT. W zestawie A efekty oczyszczania ścieków były niższe o ok. 2% w porównaniu z zestawem kontrolnym, natomiast w zestawie B obniżyły się o ok. 8% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

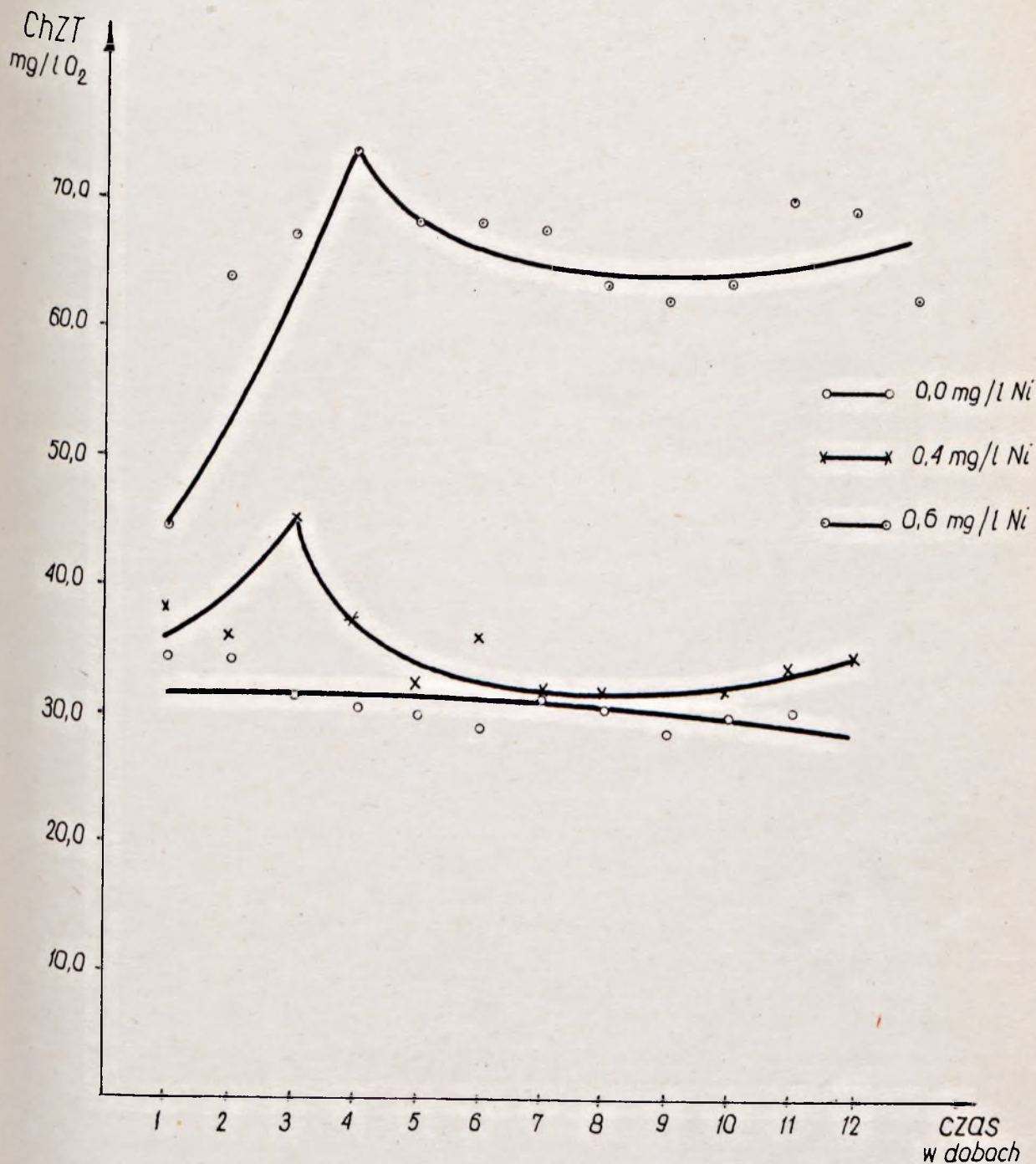
Zobserwowano również spadek redukcji utlenialności w ściekach oczyszczonych. W zestawie kontrolnym średni % redukcji utlenialności wynosił 89,0, w zestawie A - 83,0, a w zestawie B - 80,0.

Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością NiSO_4 podczas V serii doświadczeń przedstawiono graficznie na rys.35. Obserwuje się tutaj pogorszenie wyników oczyszczania występujące w zestawie A w trzecim dniu prowadzenia doświadczeń i w zestawie B w czwartym dniu prowadzenia badań.

Stężenie zanieczyszczeń w oczyszczanych ściekach wyrażone w ChZT w zestawie A w pierwszym dniu doświadczeń wynosiło 30,4 mg/l O_2 , w trzecim dniu podniosło się do 44,7 mg/l O_2 . Podobnie w zestawie B w pierwszym dniu doświadczeń ChZT wynosiło 44,4 mg/l O_2 , a w czwartym dniu 73,6 mg/l O_2 . W następnych dniach obserwuje się poprawę wyników.

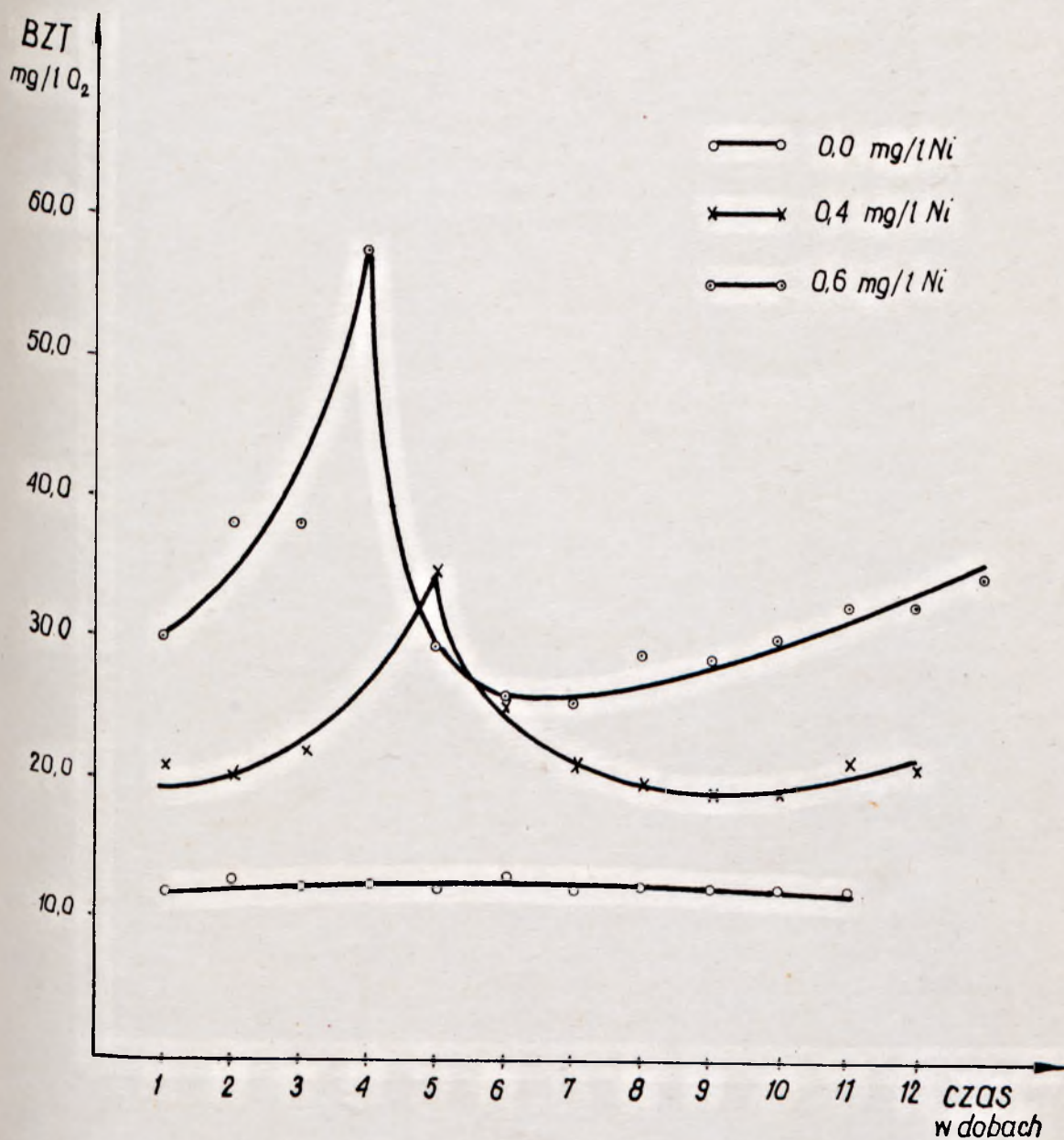
Na rys. 36 przedstawiającym graficznie wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością NiSO_4

Vseria



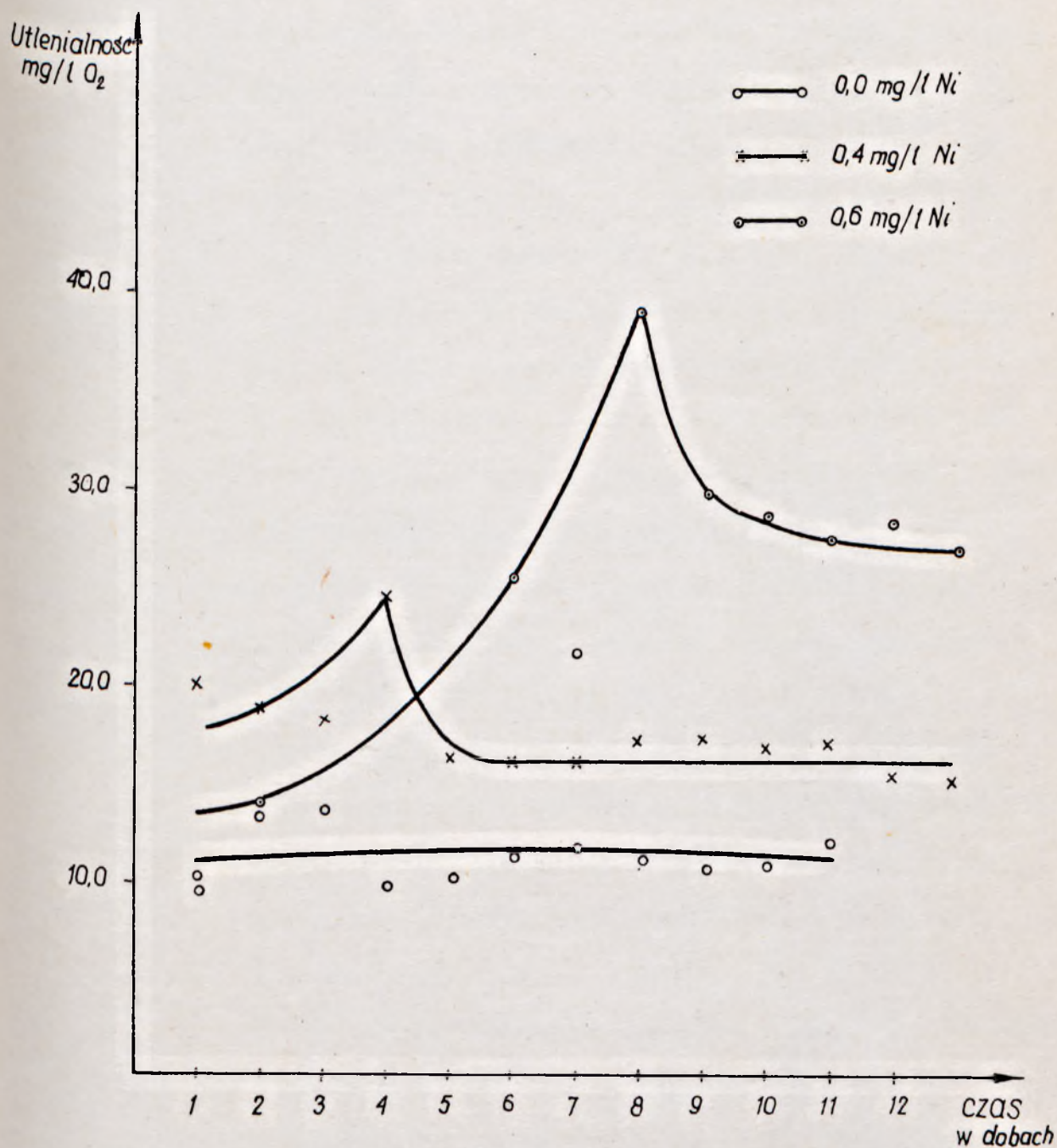
Rys.35. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością NiSO₄

V seria



Rys.36. Wpływ czasu trwania procesu na BZT
ścieków z zawartością NiSO_4

V seria



Rys. 37. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością $NiSO_4$.

obserwuje się pogorszenie wyników oczyszczania w zestawie A, do którego dawковано 0,4 mg/l Ni po 5-ciu dobach prowadzenia doświadczeń, a w zestawie B po 4-eh dobach. Stężenie BZT_5 w pierwszym dniu doświadczeń w zestawie A wynosiło 21,4 mg/l O_2 , po 5-ciu dobach podwyższyło się do 35,3 mg/l O_2 . Natomiast w zestawie B, do którego dawковано 0,6 mg/l Ni, w pierwszym dniu wynosiło 30,1 mg/l O_2 , a po 4-eh dobach aż 57,4 mg/l O_2 . W następnych dniach wyniki oczyszczania ścieków wyrażone w BZT_5 ulegają poprawie i przy końcu serii wracają do stanu wyjściowego, co świadczy o małej toksyczności stosowanych dawek soli metalu.

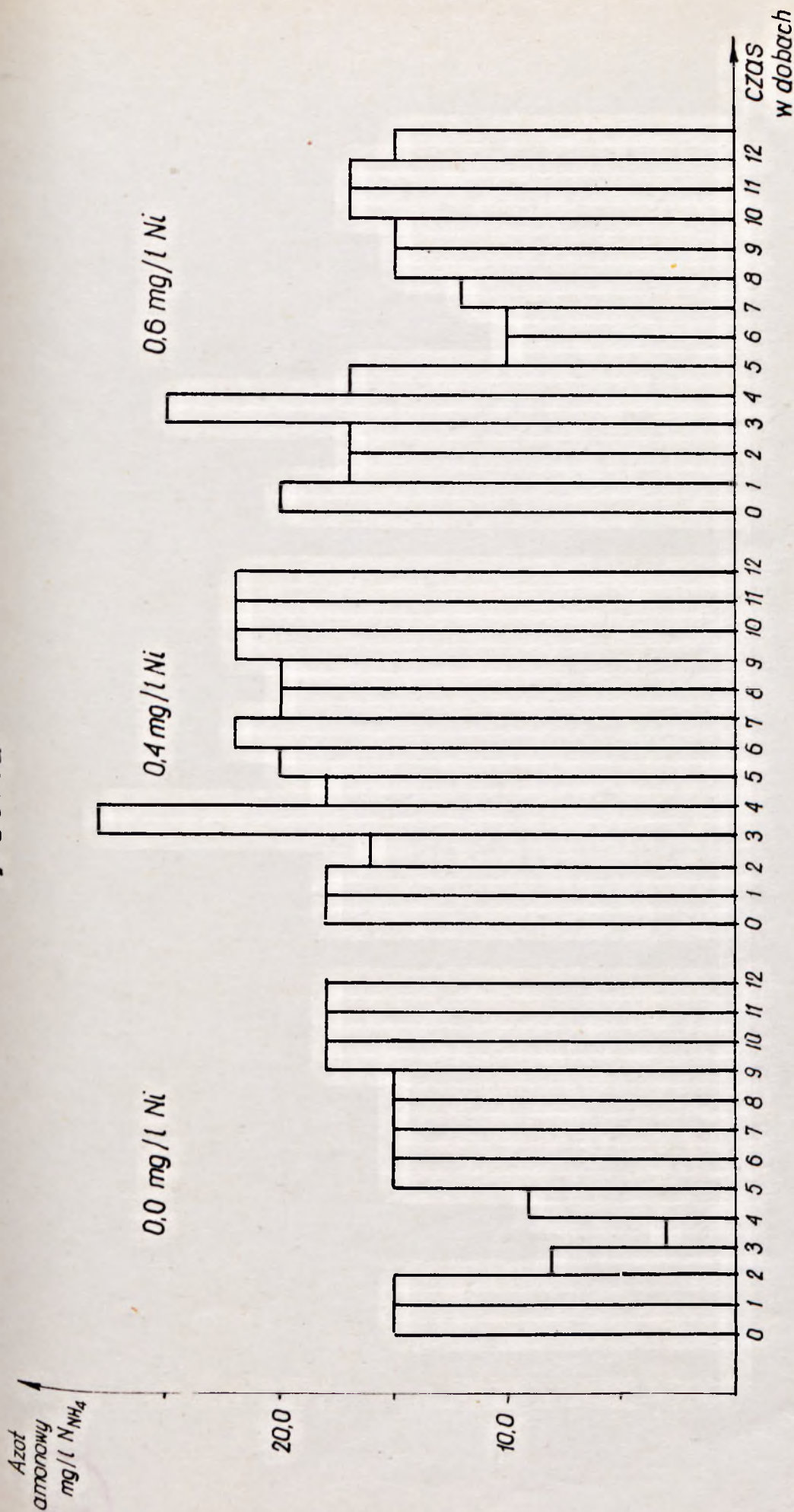
Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością NH_3 , podczas V serii doświadczeń przedstawiono na rys. 37

Jak można zaobserwować stężenie utlenialności zwiększyło się w zestawie A po 4 dobach prowadzenia doświadczeń, natomiast w zestawie B zwiększone stężenie utlenialności obserwuje się począwszy od 6 doby aż do końca V serii.

Ilość azotu amonowego wynosiła średnio w zestawie kontrolnym - 12,0 mg/l N_{NH_4} , w zestawie A obserwuje się wzrost ilości azotu amonowego do 20,0 mg/l N_{NH_4} średnio, natomiast w zestawie B wartość ta spada do 16,0 mg/l N_{NH_4} średnio.

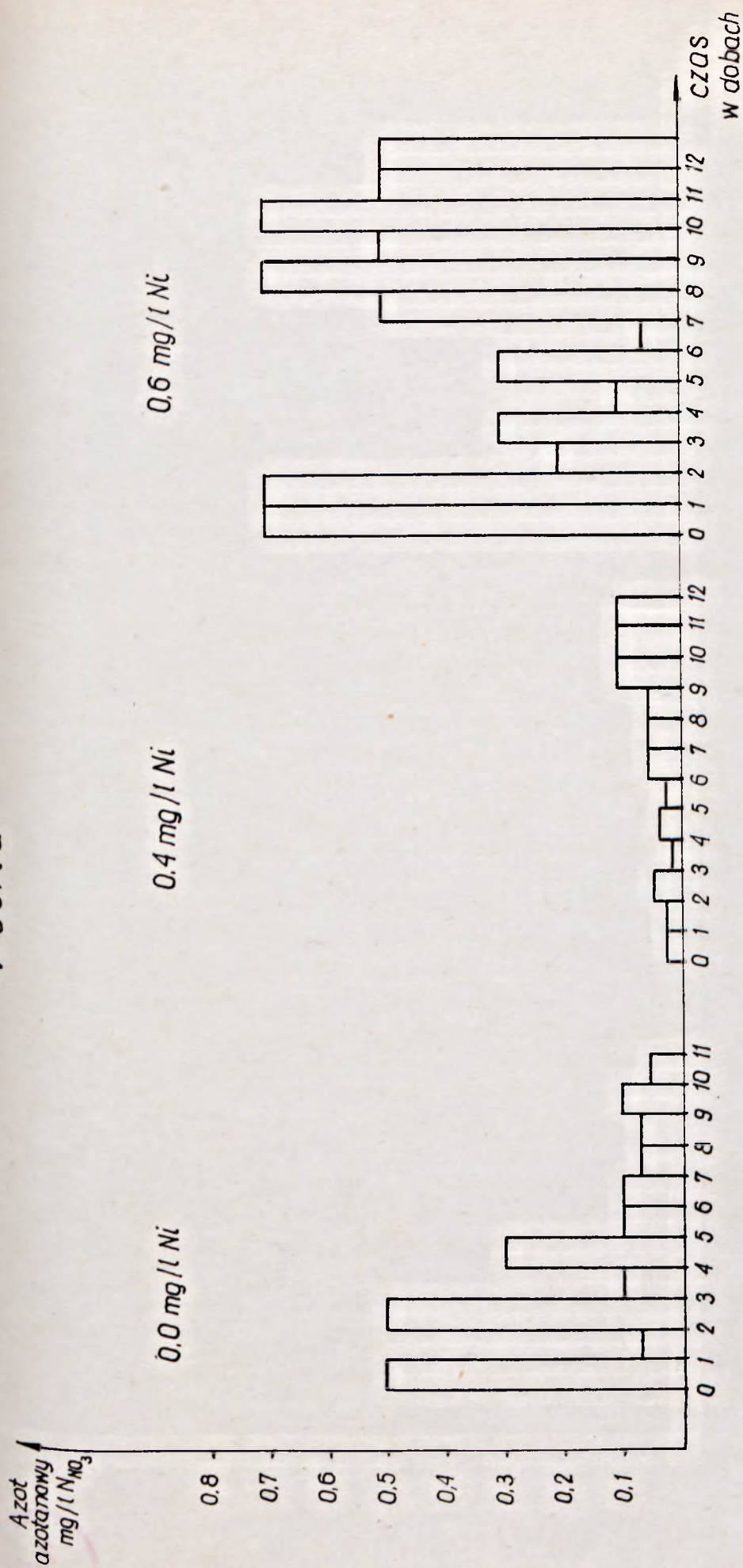
Irys.38I

V seria

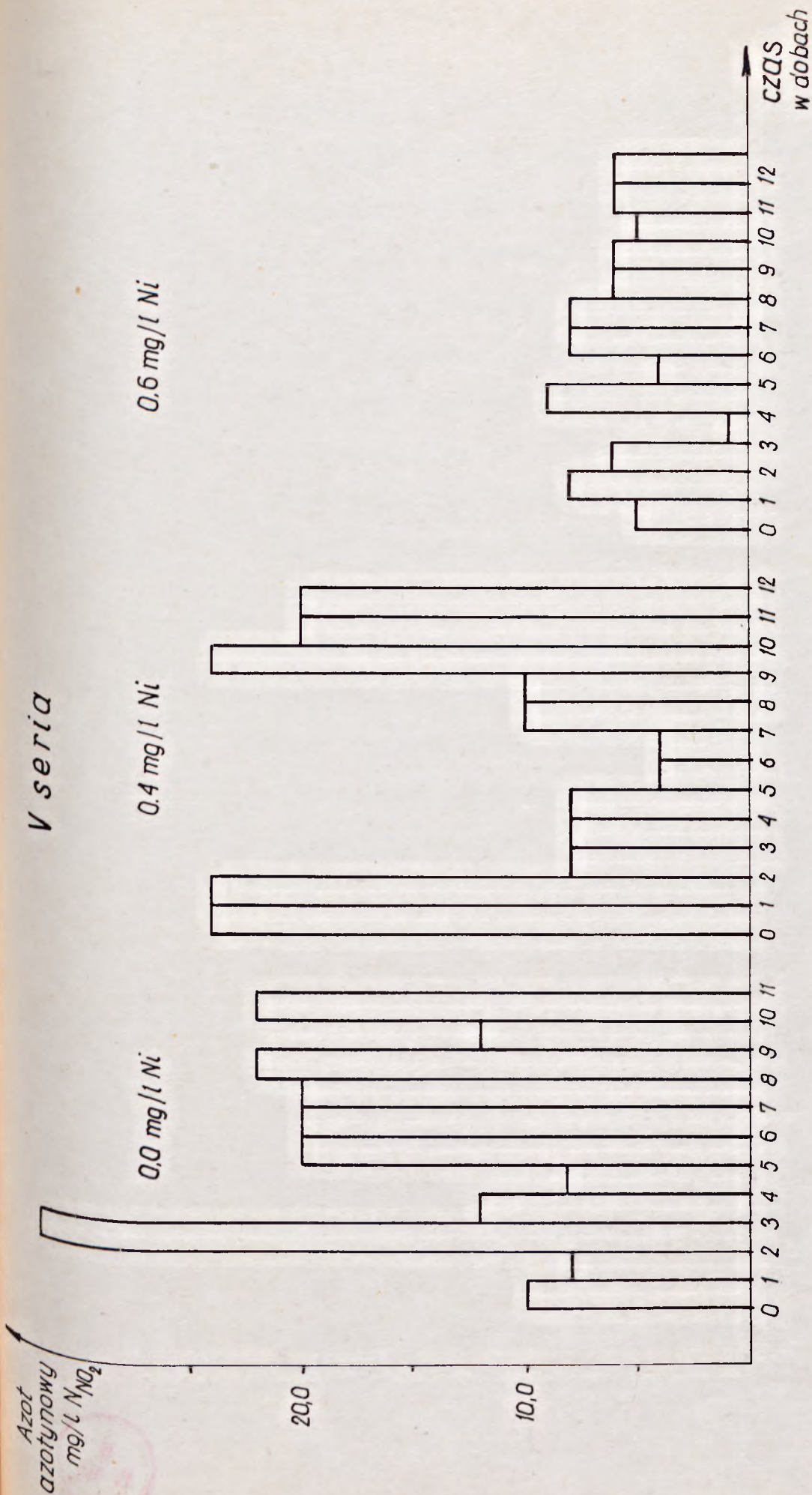


Rys.38. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego w ściekach z zawartością NiSO_4

V seria



Rys. 39. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego w ściekach z zawartością NiSO_4



Rys. 40. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego
w ściekach z zawartością $NiSO_4$

W osławkach oczyszczonych w zestawach A i B obserwuje się niewielki przyrost azotanów I rys. 39 I.

Ilość azotu azotynowego wynosiła w zestawie kontrolnym średnio - $17,0 \text{ mg/l } \text{HNO}_2$, w zestawie A - $15,0 \text{ mg/l } \text{HNO}_2$, w zestawie B - $7,0 \text{ mg/l } \text{HNO}_2$ Irys. 40 I
Jak można zauważyć, proces nitryfikacji przebiegał wolniej o czym świadczą niewielki przyrost azotanów w zestawach A i B.

Obserwacje mikroskopowe osadu czynnego prowadzone w czasie V serii doświadczeń I tablica 54 - 59 I wykazały znaczne zmniejszenie ilości osobników w miarę zwiększania dawki substancji toksycznej.
W zestawie kontrolnym ilość osobników na początku serii wynosiła 5170, na końcu 4710 ; w zestawie A, do którego dodawano $0,4 \text{ mg/l Ni}$, ilość osobników na początku serii wynosiła 2650, na końcu tylko 1570. W zestawie B, do którego dawkowano $0,6 \text{ mg/l Ni}$ ilość osobników na początku serii wynosiła tylko 370 a na końcu 230.

Stężenie $0,6 \text{ mg/l Ni}$ powodowało zanikanie pewnych gatunków pierwotniaków, przy jednoczesnym wzroście Rotatoria i Nematoda.

Prowadzone pomiary aktywności osadu w czasie V serii wykazały, że w zestawach do których dawkowano siarczany niklu, aktywność osadu czynnego obniżyła się znacznie w porównaniu z zestawem kontrolnym I patrz tablica 60, 61 I

Podsumowując można stwierdzić, że dawka 0,6 mg/l Ni wykazywała hamujący wpływ zarówno na procesy biochemiczne jak i nitryfikacji, uzyskiwane efekty oczyszczania były jeszcze dość wysokie, jednakże w znacznym stopniu obniżała się aktywność osadu w zestawie B, co świadczyło o toksycznym działaniu dawki na biocenozę osadu.

e. VI seria badań.

W czasie VI serii badań, do zestawu A dawkowano siarczan niklu w ilości 0,8 mg/l Ni, do zestawu B - 0,9 mg/l Ni.

Parametry technologiczne utrzymywane w czasie VI serii doświadczeń zestawiono w tablicach I62,64,66: I tak:

- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania wynosiła w zestawie kontrolnym średnio 3250 g/m^3 , w zestawie A
- 3100 g/m^3 , w zestawie B zmieniała się od 2900-2050 g/m^3
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń wynosiło w zestawie kontrolnym średnio $0,32 \text{ g BZT}_5/\text{g d}$, w zestawie A zmieniała się od 0,33 do 0,38 a w zestawie B od 0,38 aż do 0,54 $\text{g BZT}_5/\text{g d}$
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczeń utrzymywało się w granicach $1080 \text{ g BZT}_5/\text{m}^3 \text{ d}$

- Indeks osadu w zestawie kontrolnym wynosił średnio 82 ml/g, w zestawie A zmienił się od 94 do 152 ml/g, w zestawie B od 101 do 131 ml/g.

Efekty oczyszczania ścieków uzyskiwane w czasie VI serii doświadczonych zestawiono w tablicach 63, 65, 67. Analizując je, można zaobserwować wyraźny spadek redukcji BZT_5 , ChZT i utlenialności, w zestawach do których dawowano stężenia niklu.

Redukcja BZT_5 obniżyła się w zestawie A średnio o 16% w porównaniu z zestawem kontrolnym, a w zestawie B o 17,5% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

Efekty oczyszczania ścieków wyrażone w redukcji ChZT przedstawiały się następująco: w zestawie kontrolnym % redukcji ChZT wynosił średnio 91,0, w zestawie A - 73,0 i w zestawie B - 73,0.

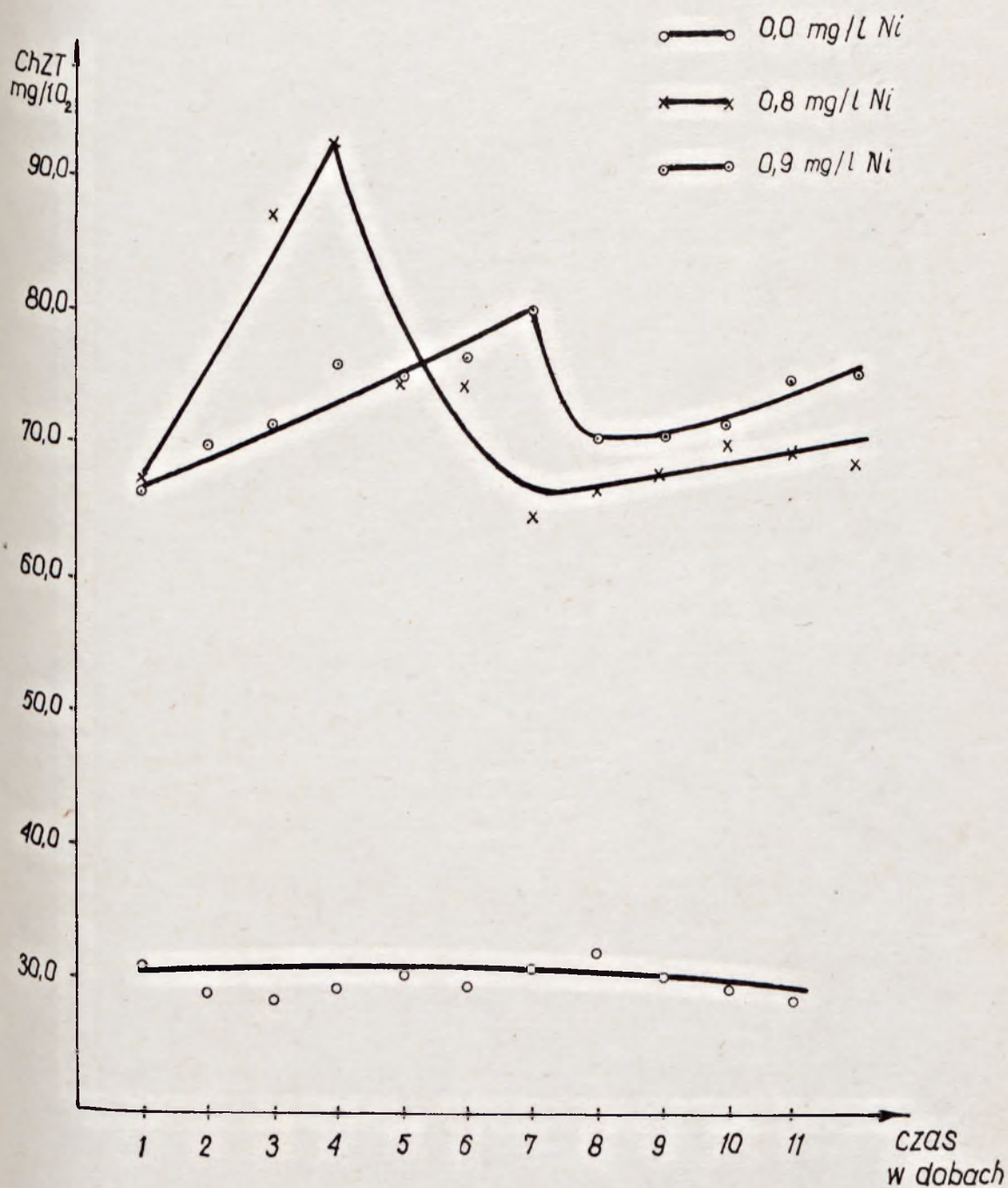
Jednocześnie notuje się zdecydowane obniżenie efektów oczyszczania ścieków wyrażonych w utlenialności. Redukcja utlenialności obniżyła się w zestawie A średnio 17%, a w zestawie B aż o 23% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością NiSO_4 podczas VI serii doświadczonych przedstawiono graficznie na rys. 41.

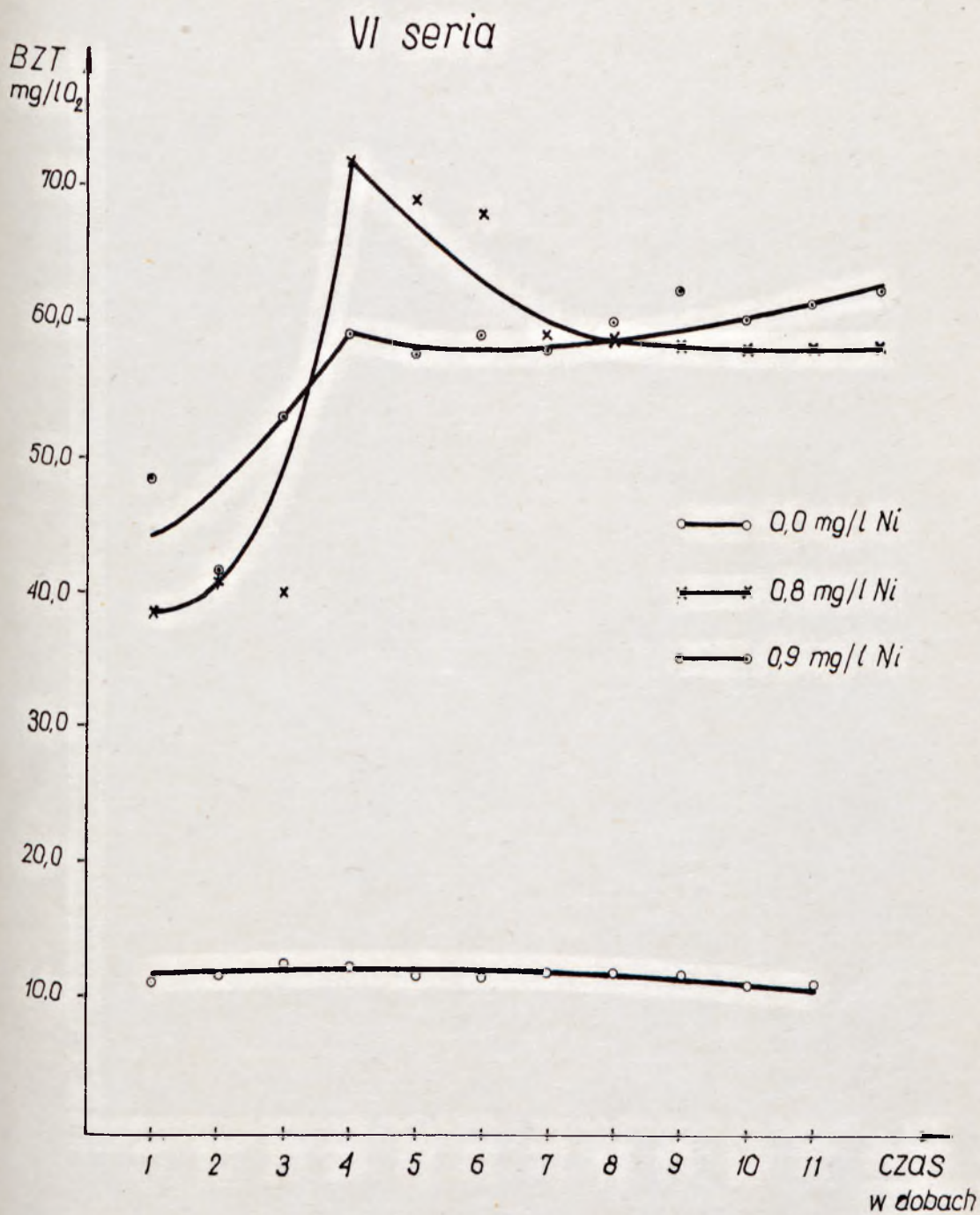
Obserwuje się tu zdecydowane pogorszenie wyników oczyszczania w porównaniu z zestawem kontrolnym.

Charakterystyczny punkt załamania występujący w poprzednich seriach występuje w zestawie A po 4 dobach

VI seria

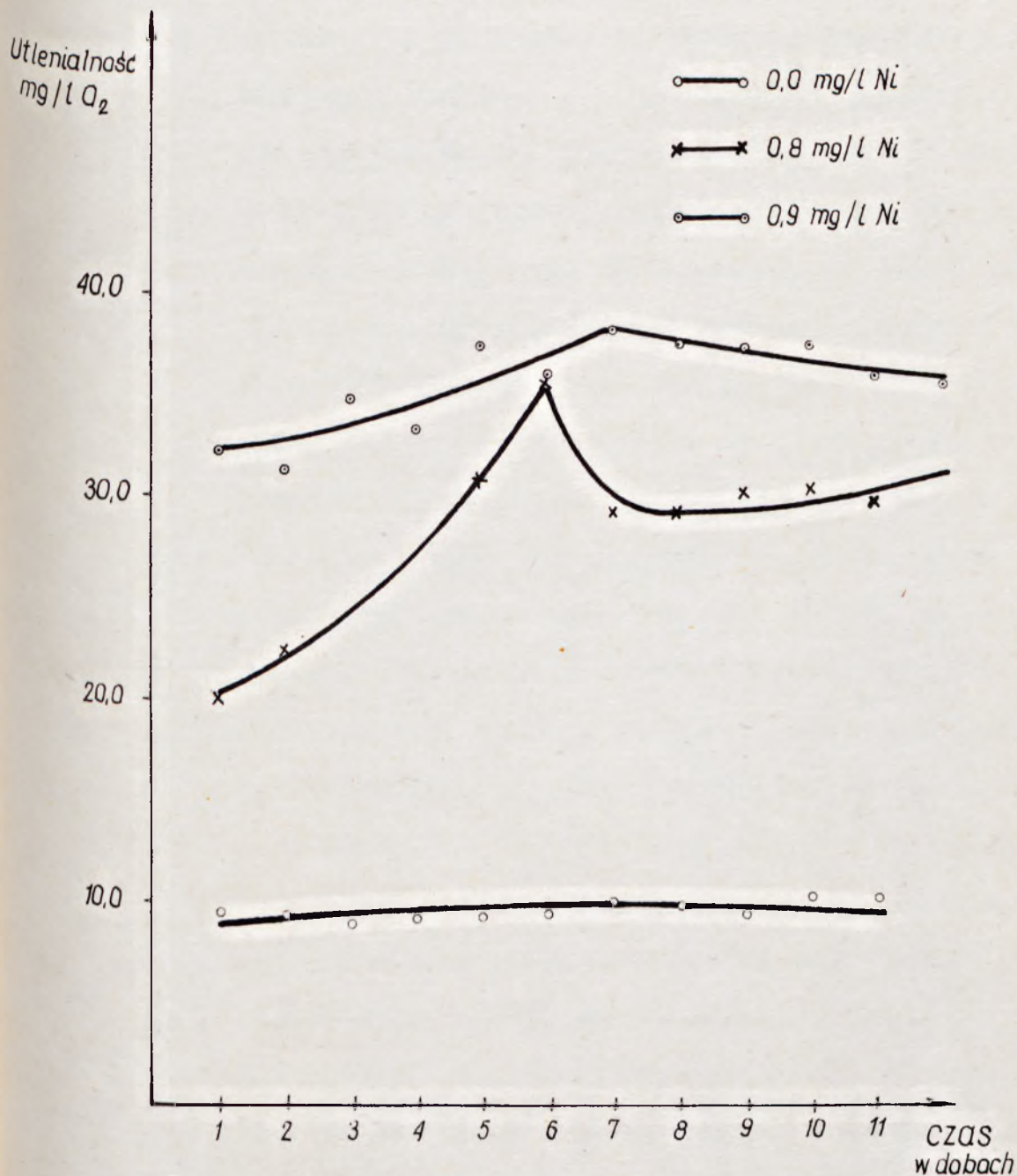


Rys. 41. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT
ścieków z zawartością NiSO₄



Rys.42. Wpływ czasu trwania procesu na BZT ścieków z zawartością $NiSO_4$.

VI seria

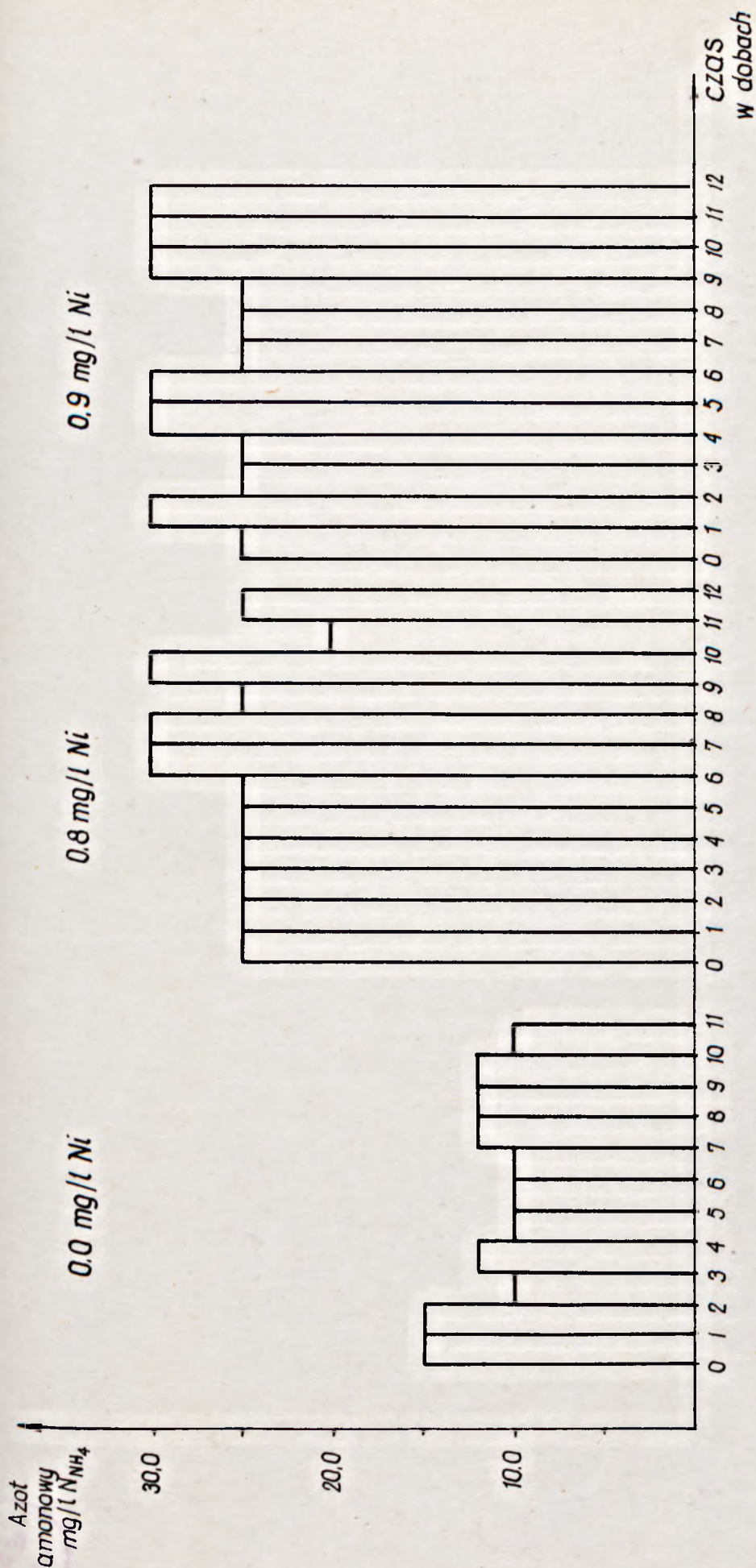


Rys. 43. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością $NiSO_4$

przebiegu doświadczeń, natomiast w zestawie B punkt załamania obserwuje się po 7-miu dobach, przy czym jest on dość łagodny i w następnych dniach nie obserwuje się poprawy wyników, co świadczy o toksyczności dawki 0,9 mg/l Ni . Jak wynika z krzywej, organizmy się nie przyzwyczajały do większej dawki metali.

Na rys. 42 przedstawiającym wpływ czasu trwania procesu na BZF_2 ścieków z zawartością NiSO_4 , obserwuje się na krzywej obrazującą wyniki uzyskane w zestawie A - punkt załamania występujący po 4-ach dobach doświadczeń, po czym krzywa opada, co świadczy o poprawie wyników w następnych dniach, jednakże są one dość gorsze niż były w pierwszych dniach VI serii. Natomiast na krzywej dla zestawu B krzywa w zasadzie jest równą podczas całej serii. Nieznaczny punkt załamania obserwuje się po 4-ach dobach, jednakże w następnych dniach następuje dalsze pogorszenie wyników, co potwierdza, że dawkę 0,9 mg/l Ni należy przyjąć jako toksyczną. Podobna sytuacja występuje na rys. 43, przedstawiającym wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością NiSO_4 . Na krzywej dla zestawu A po 6-ciu dobach występuje punkt załamania po czym obserwuje się nieznaczna poprawę wyników, natomiast krzywa dla zestawu B ma przebieg łagodny i jest podobnie jak krzywa BZF_2 reszaka, nie obserwuje się poprawy wyników.

VI seria



Rys. 44. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego w ściekach z zawartością $NiSO_4$

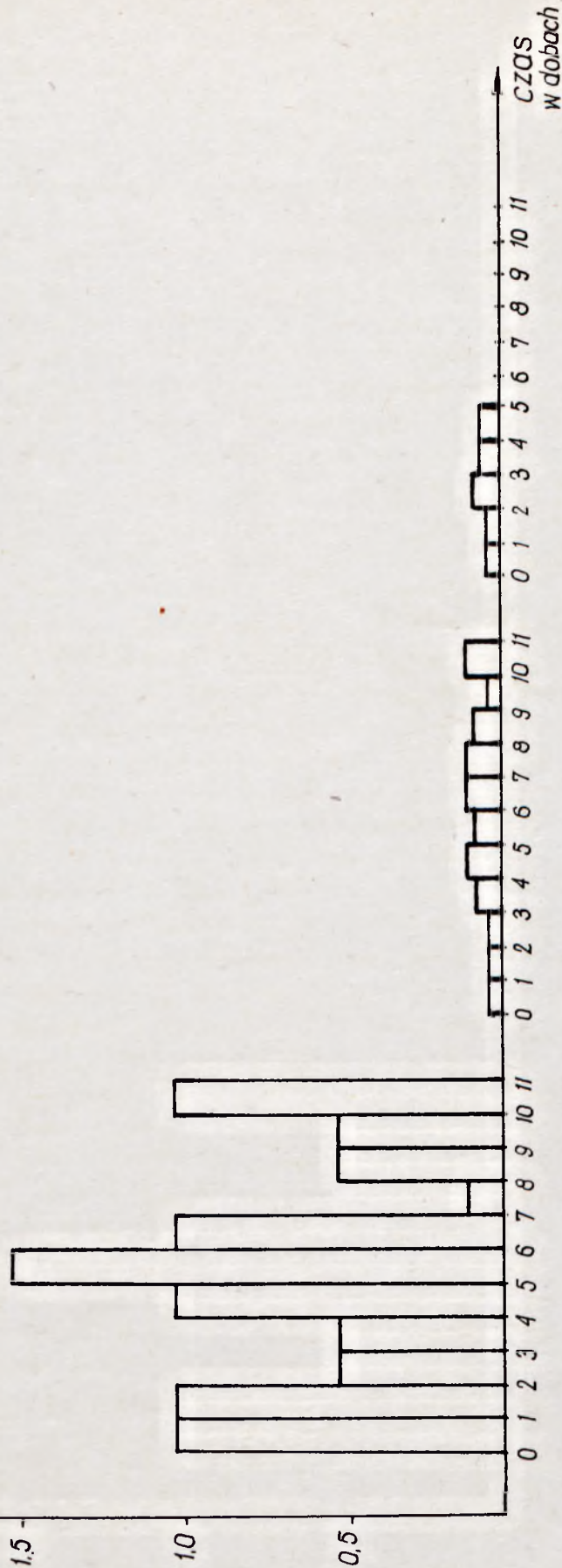
VI seria

Azot
azotanowy
mg/l N_{NO_3}

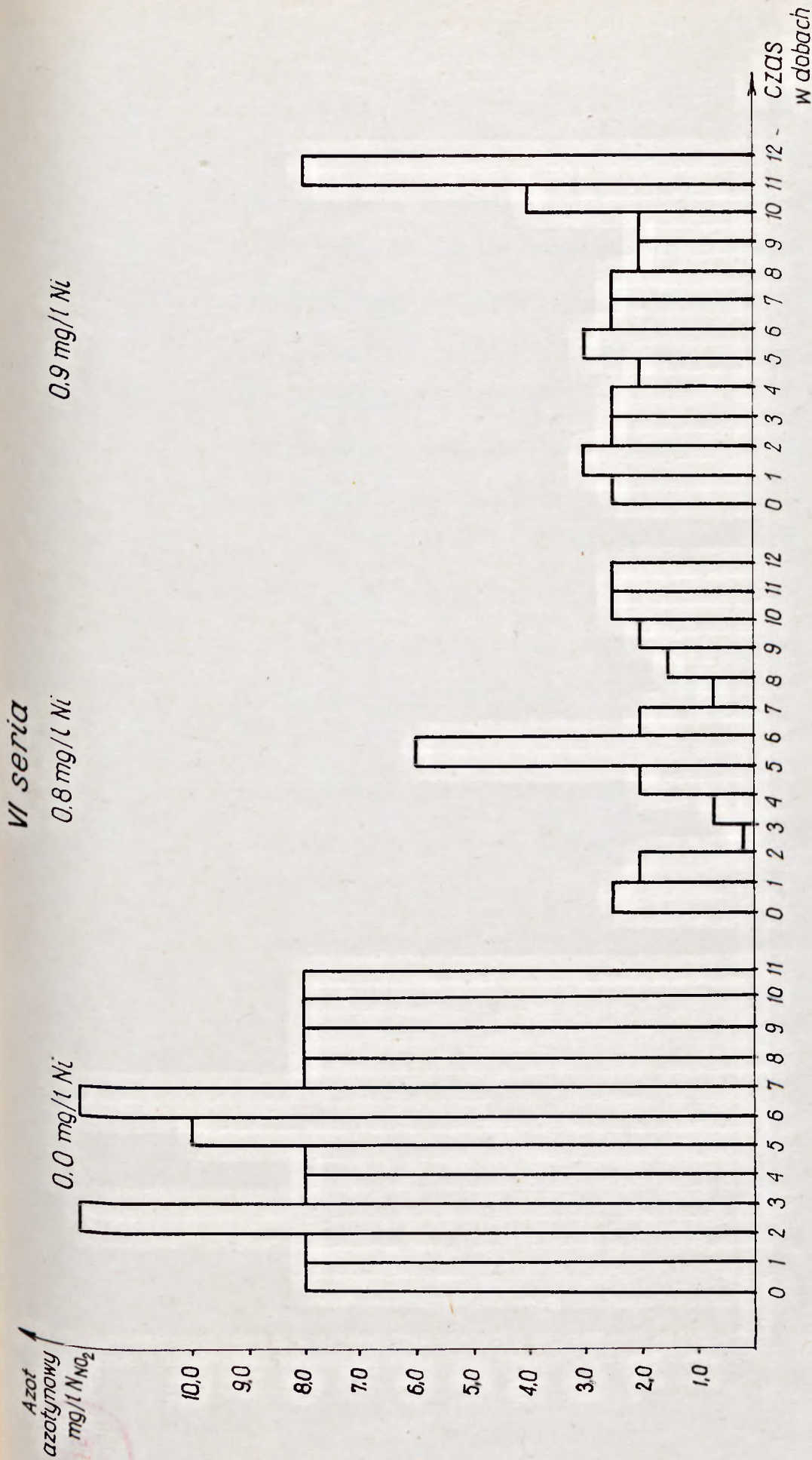
0,0 mg/l Ni

0,8 mg/l Ni

0,9 mg/l Ni



Rys. 45. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego w ściekach z zawartością NiSO_4



Rys. 46. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego
w ściekach z zawartością NiSO_4

Na rys. 44 przedstawione w postaci słupków, ilości azotu amonowego w czasie VI serii doświadczeń.

Jak wynika z rysunku, ilość azotu amonowego w zestawie A i B jest znacząco większa niż w zestawie kontrolnym. Redukcja azotu amonowego w zestawie A wynosi 20%, a w zestawie B - 20%, podczas gdy w zestawie kontrolnym redukcja ta wynosiła 50%.

Ilość azotu azotanowego wynosiła w zestawie kontrolnym średnio 0,8 mg/l HNO_3 , w zestawie A średnio 0,07 mg/l HNO_3 , a w zestawie B począwszy od 5-tego dnia doświadczeń nie wykryto go wcale. Rys.45

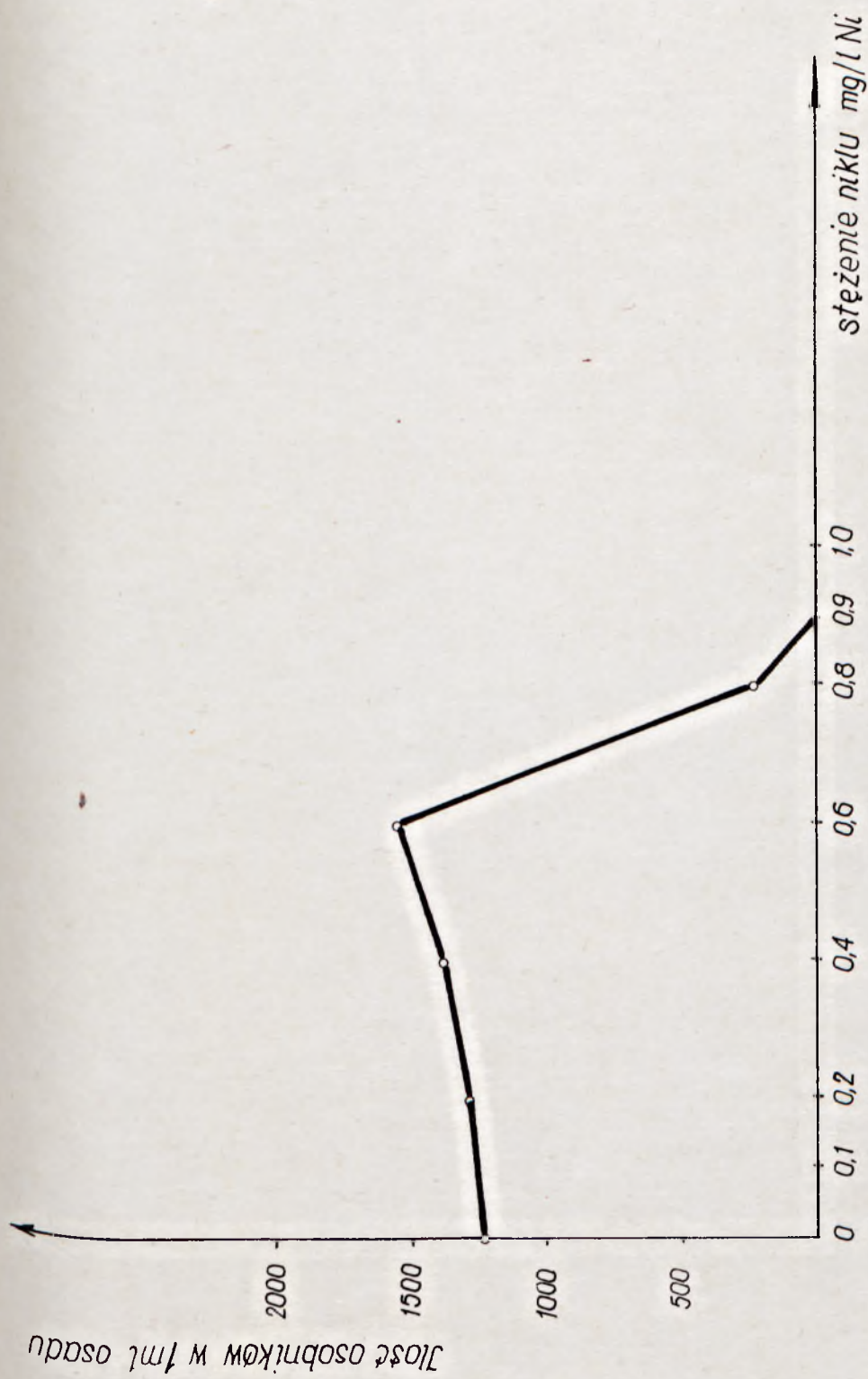
Ilość azotu azotynowego wynosiła w zestawie A średnio ok. 2,0 mg/l HNO_2 , a w zestawie B ok. 3,0 mg/l HNO_2 . Rys.46

Interpretując wyniki, należy stwierdzić, że praktycznie przy dawkach 0,8 i 0,9 mg/l Ni, proces nitryfikacji uległ zahamowaniu.

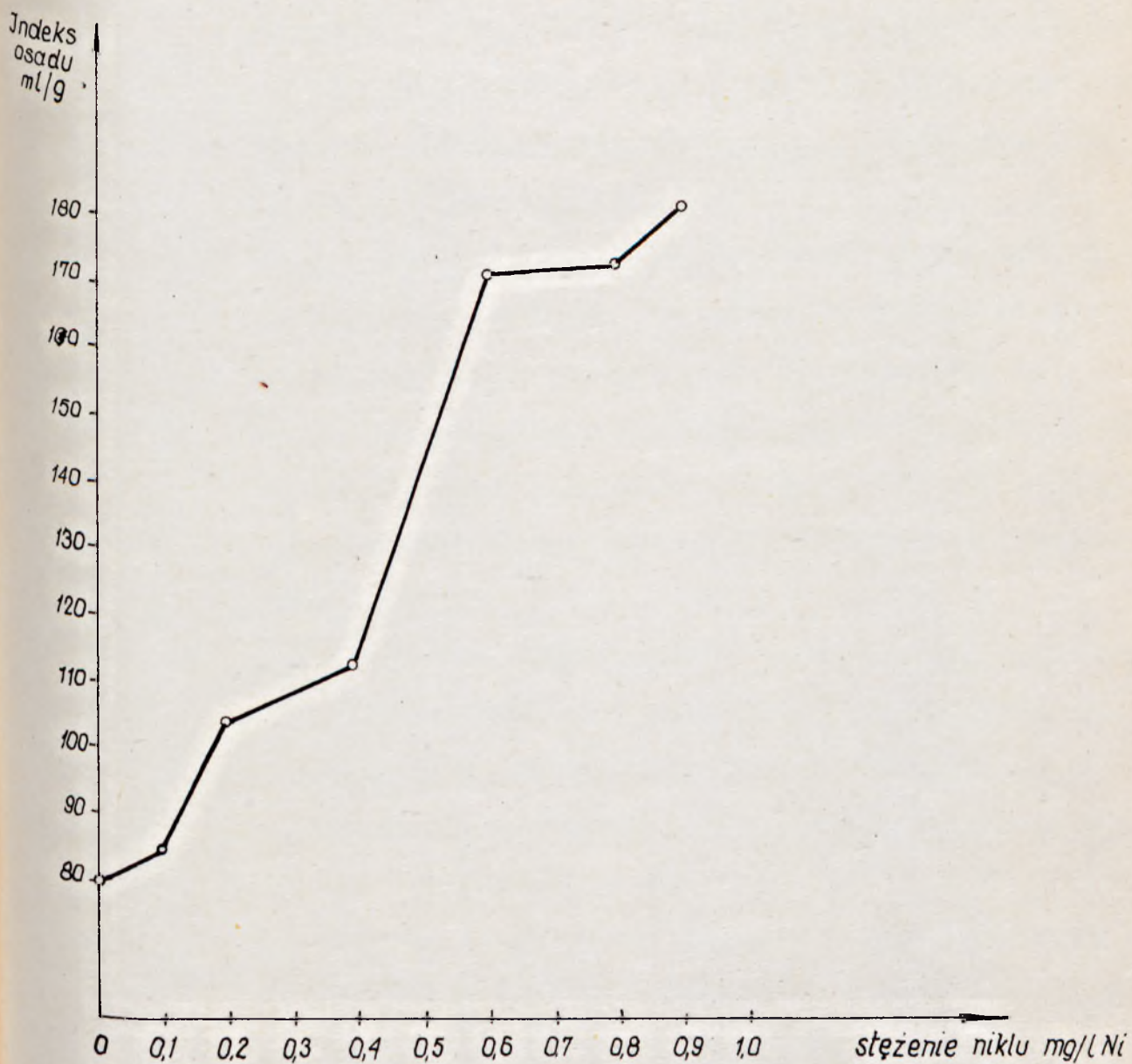
Obserwacje mikroskopowe osadu czynnego prowadzone podczas VI serii doświadczeń potwierdziły toksyczność dawki 0,9 mg/l Ni. Osad posiadał zabarwienie ciemno-szare, dło osedymetował o czym świadczą wysokie indeksy osadu i patrz tabl.66

Ilość osobników na początku serii była bardzo mała i wynosiła w zestawie B - 370 i patrz tablicza 70

Na końcu serii nie stwierdzono żywych organizmów zwierzęcych w osadzie czynnym.



Rys. 47. Wpływ ścieków z zawartością NiSO_4 na ilość osadników w osadzie czynnym.



Rys. 48. Wpływ ścieków z zawartością NiSO_4
na indeks osadu

Jednocześnie przeprowadzone pomiary aktywności osadu, wykazały one, że zarówno w zestawie A jak i B aktywność ta była bardzo mała i patrz tablica 71,721 z czego należy wnioskować, że procesy biochemiczne zachodzące jeszcze w osadzie czynnym, prowadzone były wyłącznie przez bakterie.

Wpływ stężenia niklu na ilość osobników przedstawiono graficznie na rys. 47. Jak można zaobserwować ilość osobników wraz ze wzrostem dawki niklu maleje.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zawartość niklu w ściekach surowych w ilości 0,9 mg/l Ni dawkowanej w sposób ciągły w postaci siarczana niklu,

- zdecydowanie wpłynęła hamująco na procesy biochemiczne o czym świadczy niskie efekty oczyszczania
- spowodowała zatrzymanie procesów nitryfikacji
- spowodowała pogorszenie się warunków sedymentacyjnych osadu (puchnięcie osadu)
- takieżnie wpłynęła na biocenozę osadu czynnego, powodując śmierć organizmów zwierzęcych w osadzie.

Analizując powyższe dane, należy stwierdzić, że dopuszczalna dawka niklu przy biologicznym oczyszczaniu ścieków metoda osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych nie powinna przekroczyć wartości 0,4 mg/l Ni. Dawki wyższe nie pozwalają na uzyskanie wysokich efektów oczyszczania charakterystycznych dla warunków konwencjonalnych.

3.7.4. Wpływ stężenia kadmu zawartego w ściekach na efektywność oczyszczania osadu czynnego.

Doświadczenia nad wpływem stężenia kadmu na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym obejmowały trzy serie badań, które różniły się między sobą ilością dawkowanej soli kadmu do oczyszczanych ścieków.

Przebadany zakres stężeń kadmu w badanych ściekach był następujący : 0,0 : 0,2 ; 0,4 : 0,6 ; 0,8 ; 0,9 ; 1,0 mg/l Cd.

Stężenie kadmu dawkowane do ścieków w sposób ciągły dodając odpowiednią objętość roztworu wzorcowego

patrz pkt. 3.4.1

Do właściwych badań technologicznych przystąpiono po wypracowaniu osadu czynnego z urządzeniami modelowymi. Okres wypracowywania osadu czynnego trwał ok. 2 tygodni.

a. VII seria badań.

W czasie VII serii badań do ścieków w zestawie A dawkowano stężenie kadmu w ilości 0,2 mg/l Cd, a do ścieków w zestawie B - stężenie kadmu w ilości 0,4 mg/l Cd.

Parametry technologiczne uzyskiwane w czasie VII serii zestawiono w tablicach 73,75,77

i tak :

- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania uległa nieznacznej zmianie i wynosiła we wszystkich zestawach średnio 2700 g/m³

- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczającym zmieniło się w zestawie kontrolnym od 0,40 do 0,43 w zestawie A od 0,36 do 0,40 i w zestawie B od 0,35 do 0,48 g BZT_5 /g d
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczającym utrzymywało się w granicach od 1000 do 1120 g BZT_5/m^3 d
- indeks osadu w zestawie kontrolnym zmienił się od 106 do 108 ml/g w zestawie A od 104 do 119 i w zestawie B od 112 do 105 ml/g

Wyniki oczyszczania ścieków uzyskane podczas VII serii doświadczeń zestawiono w tablicach 74, 76, 78.

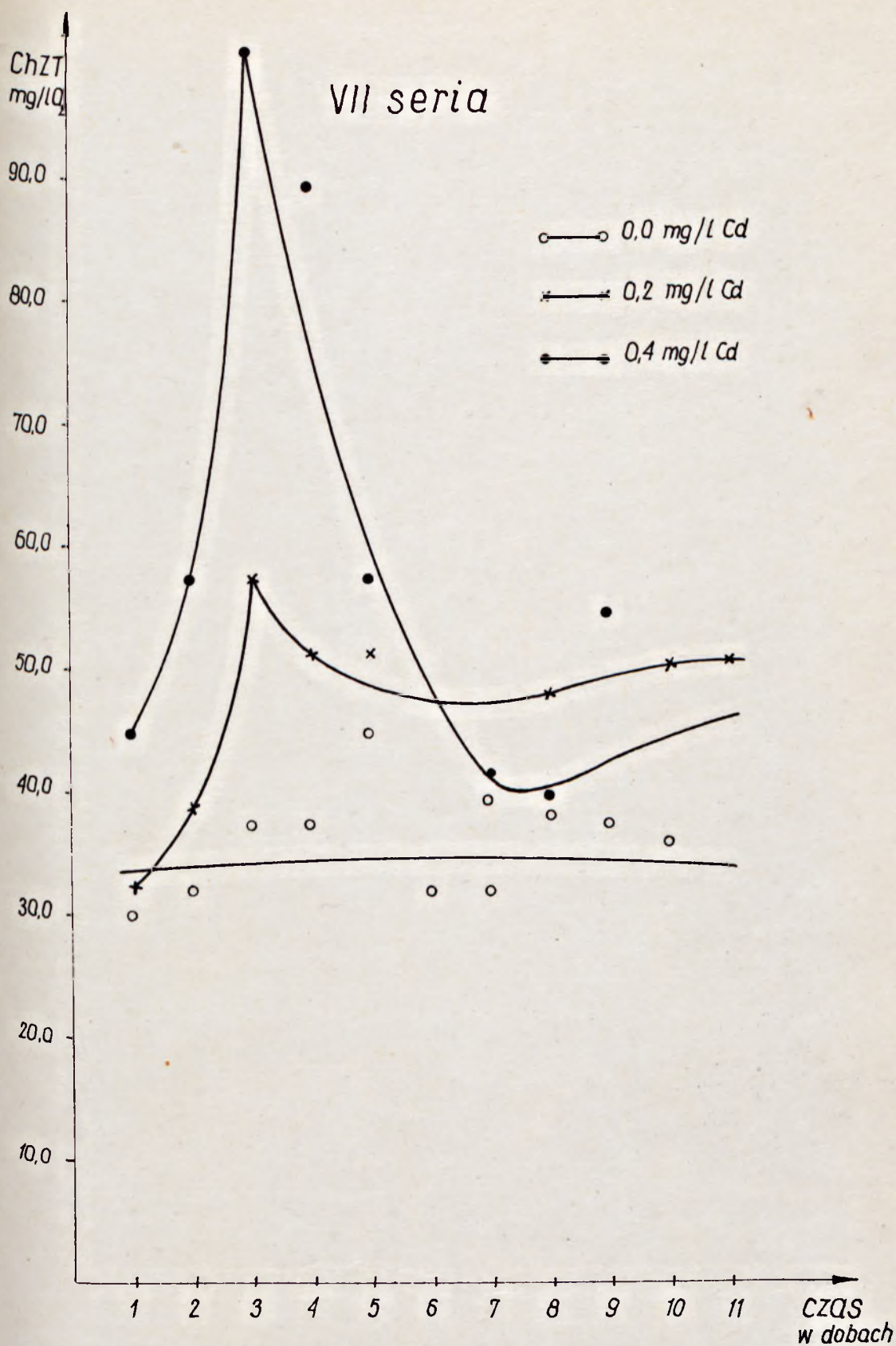
W ściekach w zestawie A, do których dawowano 0,2 mg/l Cd nie zaobserwowano spadku redukcji BZT_5 w porównaniu z zestawem kontrolnym, natomiast w zestawie B, do którego dawowano 0,4 mg/l Cd redukcja ta obniżyła się średnio o 15.

Równocześnie obserwuje się spadek redukcji ChZT w ściekach oczyszczanych w zestawie A i B.

W redukcji ChZT w zestawie A obniżył się średnio o 2,0, a w zestawie B w porównaniu z zestawem kontrolnym, nie obserwuje się natomiast wyraźnego spadku redukcji utlenialności.

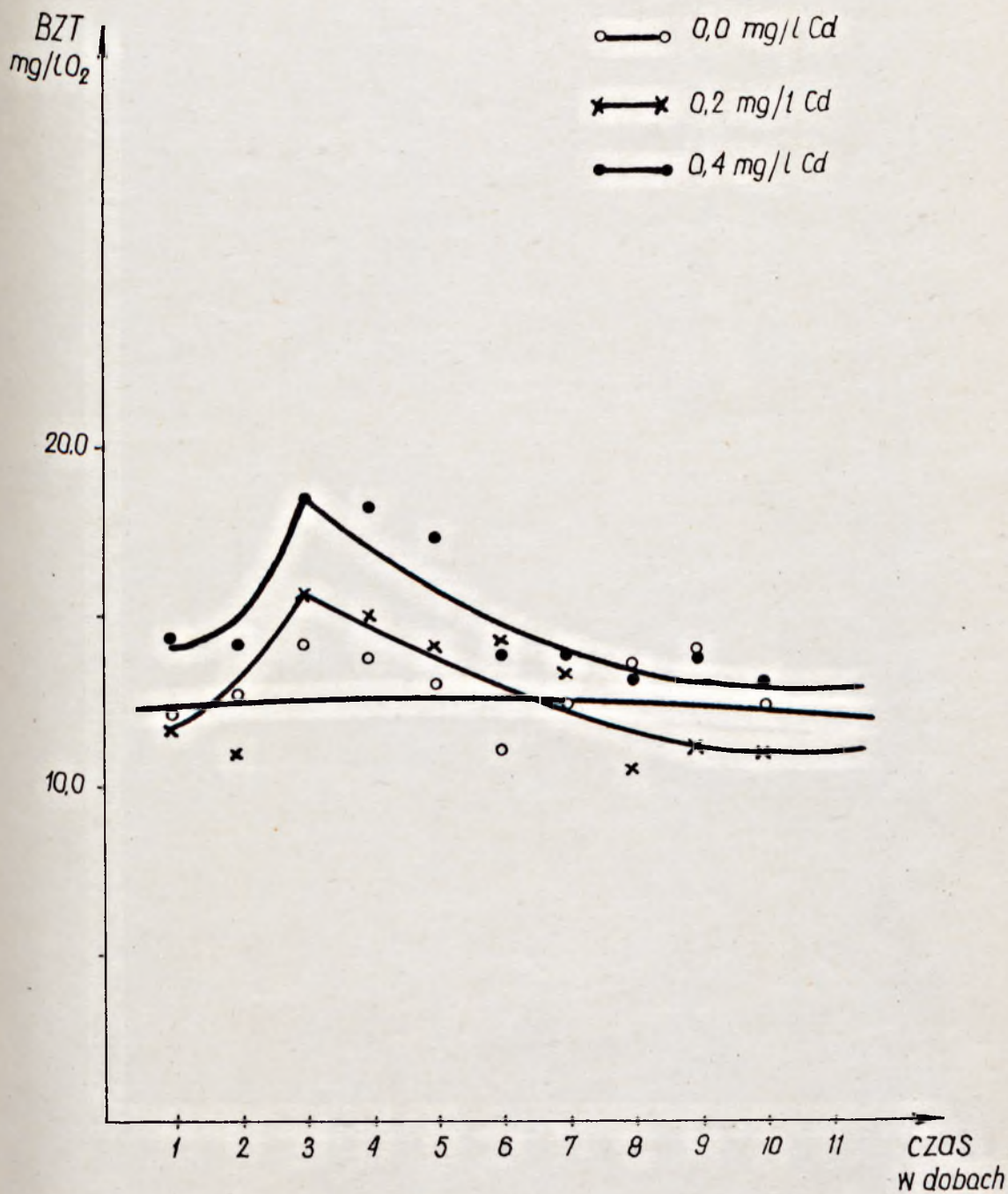
Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością CdSO_4 w czasie trwania VII serii doświadczeń przedstawiono graficznie na rys. 49.

Obserwuje się tu zarówno na krzywej dla zestawu A jak i na krzywej dla zestawu B charakterystyczny punkt załamania po trzech dobach prowadzenia doświadczeń.



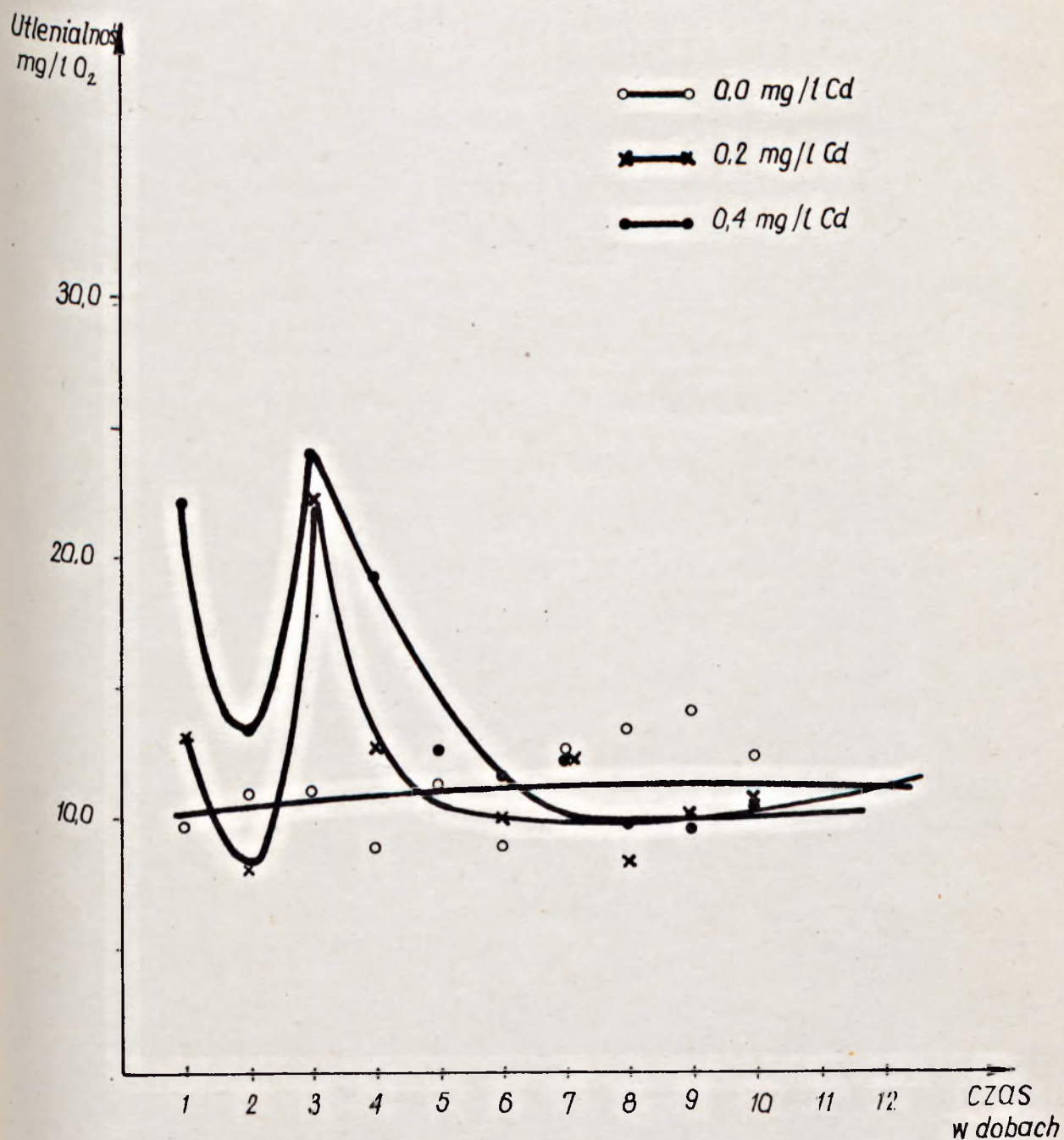
Rys. 49. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT
ścieków z zawartością CdSO_4 .

VII seria



Rys. 50. Wpływ czasu trwania procesu na BZT
ścieków z zawartością CdSO_4

VII seria



Rys.51. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością CdSO₄

W dniu tym nastąpiło zdecydowane pogorszenie wyników. Stężenie oczyszczanych ścieków wyrażone w ChZT w zestawie A wynosiło w pierwszym dniu doświadczeń - $32,0 \text{ mg/l O}_2$, natomiast w trzecim - $57,6 \text{ mg/l O}_2$. Podobnie w zestawie B w pierwszym dniu doświadczeń ChZT wynosiło $44,5 \text{ mg/l O}_2$ a w trzecim $105,6 \text{ mg/l O}_2$.

Jednakże w następnych dniach obserwuje się poprawę wyników, co świadczy o tym, że mikroorganizmy zaaklimatyzowały się do stężenia związku toksycznego.

Podobny przebieg krzywych można zaobserwować na rys. 50 przedstawiającym graficznie wpływ czasu trwania procesu na BZT_5 i utlenialność ścieków oczyszczanych.

Wielkość BZT_5 w ściekach wzrosła w zestawie A z $11,8$ do $15,6 \text{ mg/l O}_2$ a w zestawie B z $14,2$ do $18,3 \text{ mg/l O}_2$, podczas, gdy w zestawie kontrolnym wielkość ta wynosiła średnio ok. $12,5 \text{ mg/l O}_2$.

Utlenialność w ściekach Irys.51I wzrosła w zestawie A z $13,1 \text{ mg/l O}_2$ do $22,3 \text{ mg/l O}_2$, a w zestawie B z $22,0$ do $24,0 \text{ mg/l O}_2$. Jednakże w następnych dniach obserwuje się wyraźną poprawę wyników, które przy końcu serii uzyskują wartości niższe niż w pierwszym dniu doświadczeń, co świadczy o tym, że dawki $0,2$ i $0,4 \text{ mg/l Cd}$ nie miały hamującego wpływu na procesy biologiczne.

Ilość azotu amonowego w ściekach oczyszczonych w zestawie A utrzymywała się na jednakowym poziomie z zestawem kontrolnym i rys.52I, w zestawie B natomiast obserwuje się przyrost azotu amonowego.

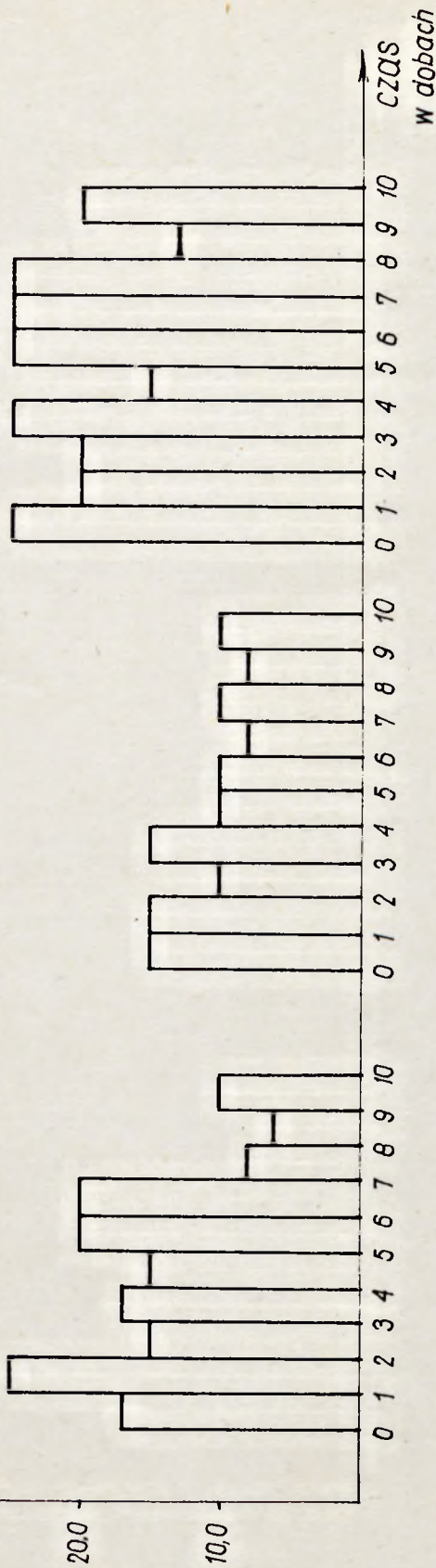
Azot
amoniowy
mg/l N_{NH_4}

VII seria

0,0 mg/l Cd

0,2 mg/l Cd

0,4 mg/l Cd



Rys. 52. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego
w ściekach z zawartością $CdSO_4$

Azot
azotanowy
mg/l N_{NO_3}

VIII seria

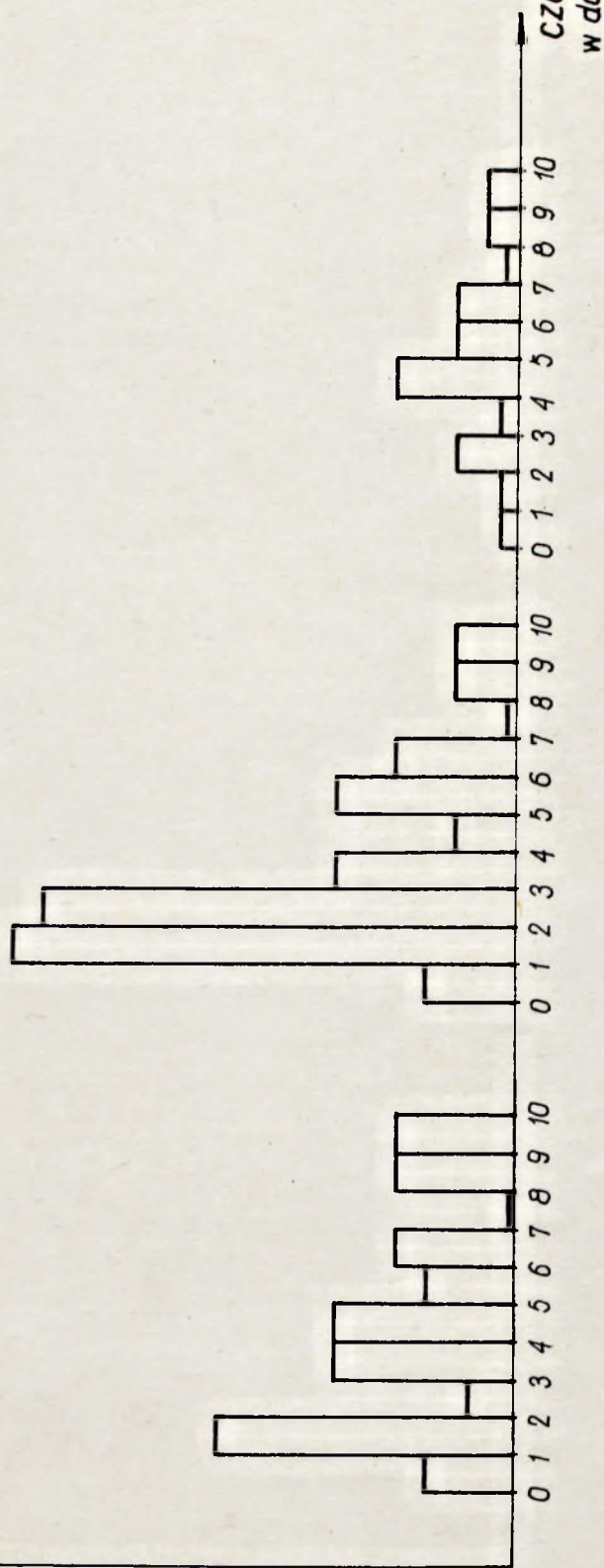
0.0 mg/l Cd

0.2 mg/l Cd

0.4 mg/l Cd

20.0

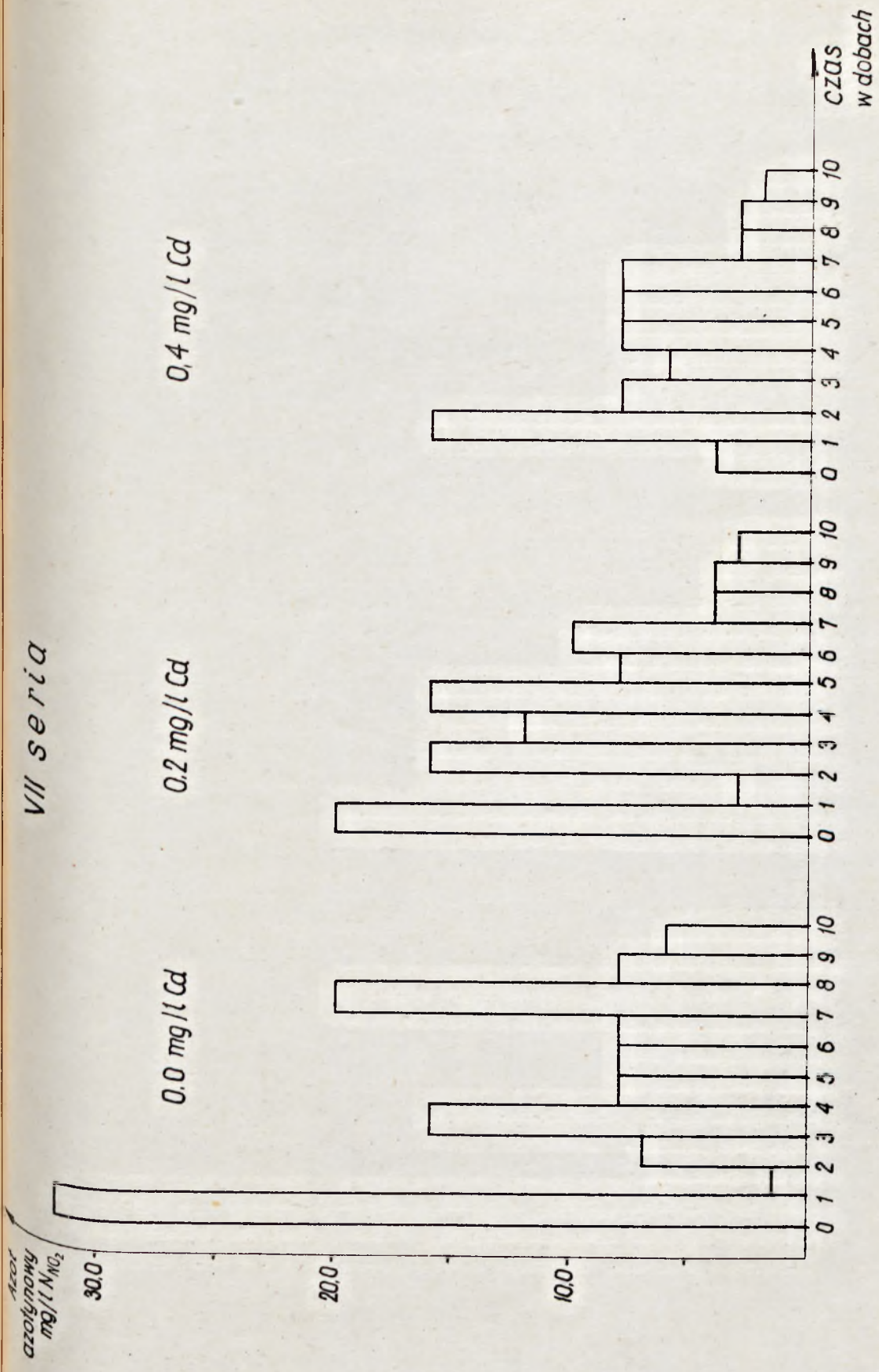
10.0



czas
w dobach

Rys. 53. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego w ściekach z zawartością $CdSO_4$

VII seria



Rys. 54. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego w ściekach z zawartością CdSO₄

Ze wszystkich zestawach obserwuje się duży przyrost azotu azotanowego i azotynowego Iny.531, co świadczy o tym, że proces nitryfikacji przebiegał prawidłowo. Zawartość kadmu w ściekach kontrolowane trzykrotnie w czasie VII serii badań. Redukcja kadmu była bardzo wysoka. W zestawie A i B w ściekach oczyszczonych zanotowano tylko ślady kadmu.

W czasie VII serii prowadzono dwukrotnie obserwacje makro i mikroskopowe osadu czynnego. Wyniki zestawione w tablicach 79-84. Ilość osadników w 1 ml osadu w zestawie kontrolnym wynosiła na początku serii 2022, na końcu 2000. W zestawie A wartość ta zmieniła się od 2310 do 1573, a w zestawie B od 2160 do 1129. Osad posiadał strukturę gąbczastą o barwie szaro-brunatnej, charakteryzował się dobrymi właściwościami sedymentacyjnymi. Zaobserwowana duża różnorodność pierwotniaków i innych organizmów zwierzęcych wskazywała na dobrą jakość osadu. Osad charakteryzował się dużą aktywnością i tabl.85,861.

Ogólnie więc można stwierdzić, że efekty oczyszczania ścieków z zawartością 0,2 i 0,4 mg/l Cd są zadowalające dla oczyszczania ścieków osadem czynnym w warunkach konwencjonalnych. Nie stwierdzono wpływu kadmu na procesy biochemiczne i nitryfikacji.

b. VIII seria badań.

Podczas VIII serii badań do ścieków w zestawie A

dawkowano siarczan kadmu w ilości 0,6 mg/l Cd , a do
Zestawu B siarczan kadmu w ilości 0,3 mg/
l Cd.

Parametry technologiczne podsumowanie VIII serii doświadczeń
kontrolowano trzykrotnie i wyniki zestawiono w tablicach
87,89,91.

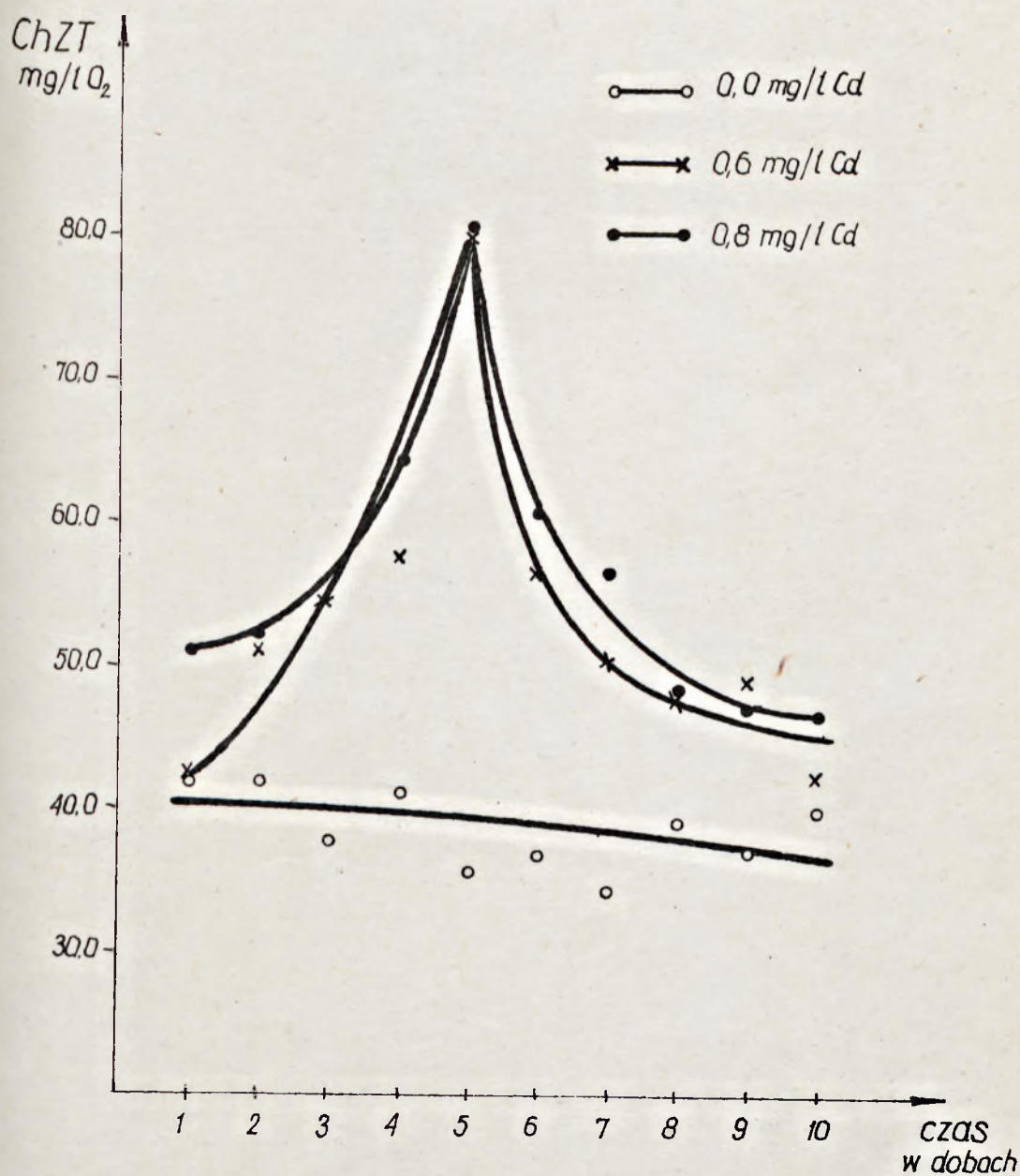
Analizując je można zauważyć , że :

- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania w
zestawie kontrolnym wynosiła ok. 3300 g/m³ podczas
całej serii, w zestawie A zmieniła się od 2510 do
2100, a w zestawie B od 2855 do 2410 g/m³,
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczonym
zmieniło się w zestawie A od 0,45 do 0,53 , w zestawie
B od 0,40 do 0,47 , podczas gdy w zestawie kontrolnym
wynosiło ok. 0,30 gBZT₅/g d
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem
zanieczyszczonym utrzymywało się w granicach 1000-11000
g BZT₅/m³d
- ilość osadu w zestawie kontrolnym był niski i wynosił
od 69 - 73 ml/g w zestawie A od 101 - 145 ml/g i
w zestawie B od 93 - 158 ml/g

Efekty oczyszczania ścieków uzyskiwane w czasie VIII
serii zestawiono w tablicach 88,90,92.

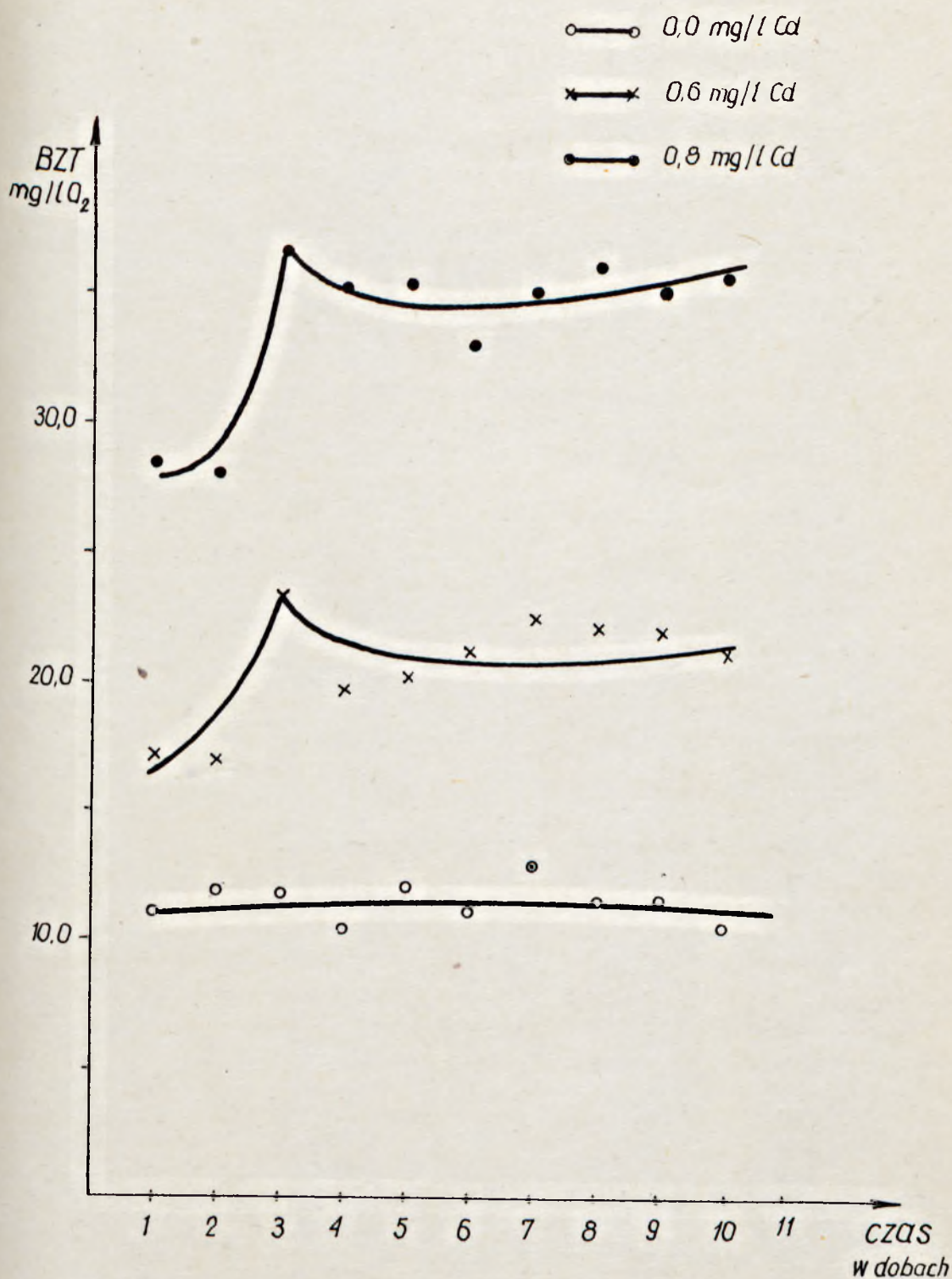
W zestawie A , do którego dawkowano ścieki surowe z
zawartością 0,6 mg/l Cd stwierdzono spadek redukcji BZT₅
o ok. 25 w porównaniu z zestawem kontrolnym. Natomiast
w zestawie B, do którego dawkowano 0,3 mg/l Cd redukuje

VIII seria



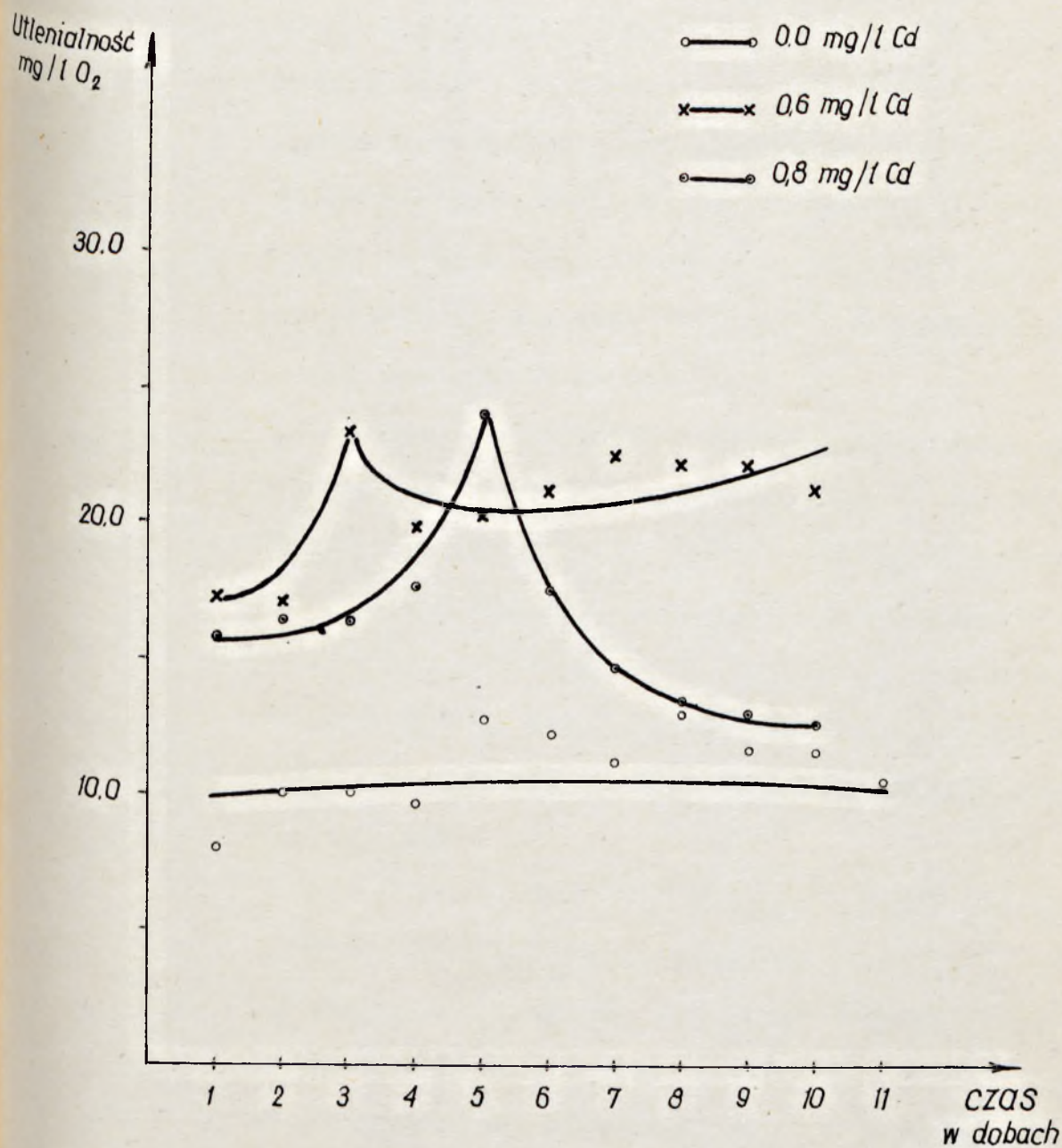
Rys. 55. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT
ścieków z zawartością CdSO₄.

VIII seria



Rys. 56. Wpływ czasu trwania procesu na BZT ścieków z zawartością CdSO_4

VIII seria



Rys. 57. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością CdSO₄

BZT_5 była niższa o ok. 7% od redukcji tej w zestawie kontrolnym.

Efekty oczyszczania ścieków wyrażone w % redukcji $ChZT$ obniżyły się o ok. 5% w zestawie A i ok. 7% w zestawie B.

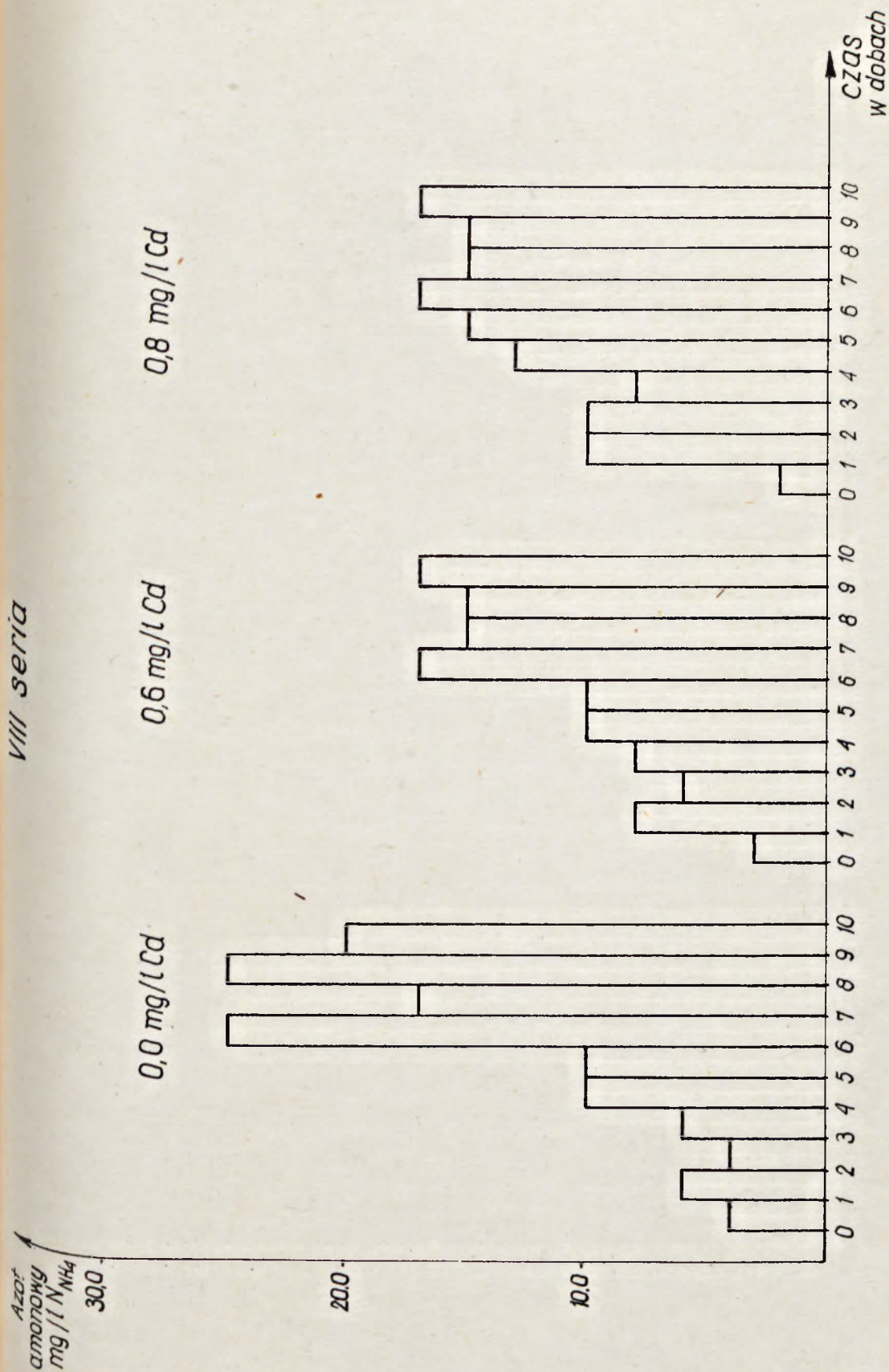
Efekty oczyszczania ścieków wyrażone w redukcji utlenialności, obniżyły się nieznacznie w zestawie B. Wpływ czasu trwania procesu na $ChZT$ ścieków z zawartością $CaSO_4$ w czasie VIII serii doświadczeń przedstawiono graficznie na rys. 55

Analizując przedstawione krzywe, można zauważyć, że zarówno na krzywej dla zestawu A jak i na krzywej dla zestawu B po 5-ciu dobach prowadzenia doświadczeń występuje załamanie na krzywej. Wyniki pogorszyły się w zestawie A z 41,6 do 30,0 mg/l O_2 , a w zestawie B z 60,3 do 30,0 mg/l O_2 , po czym w następnych dniach uzyskiwane wyniki są dużo lepsze i wracają do stanu wyjściowego.

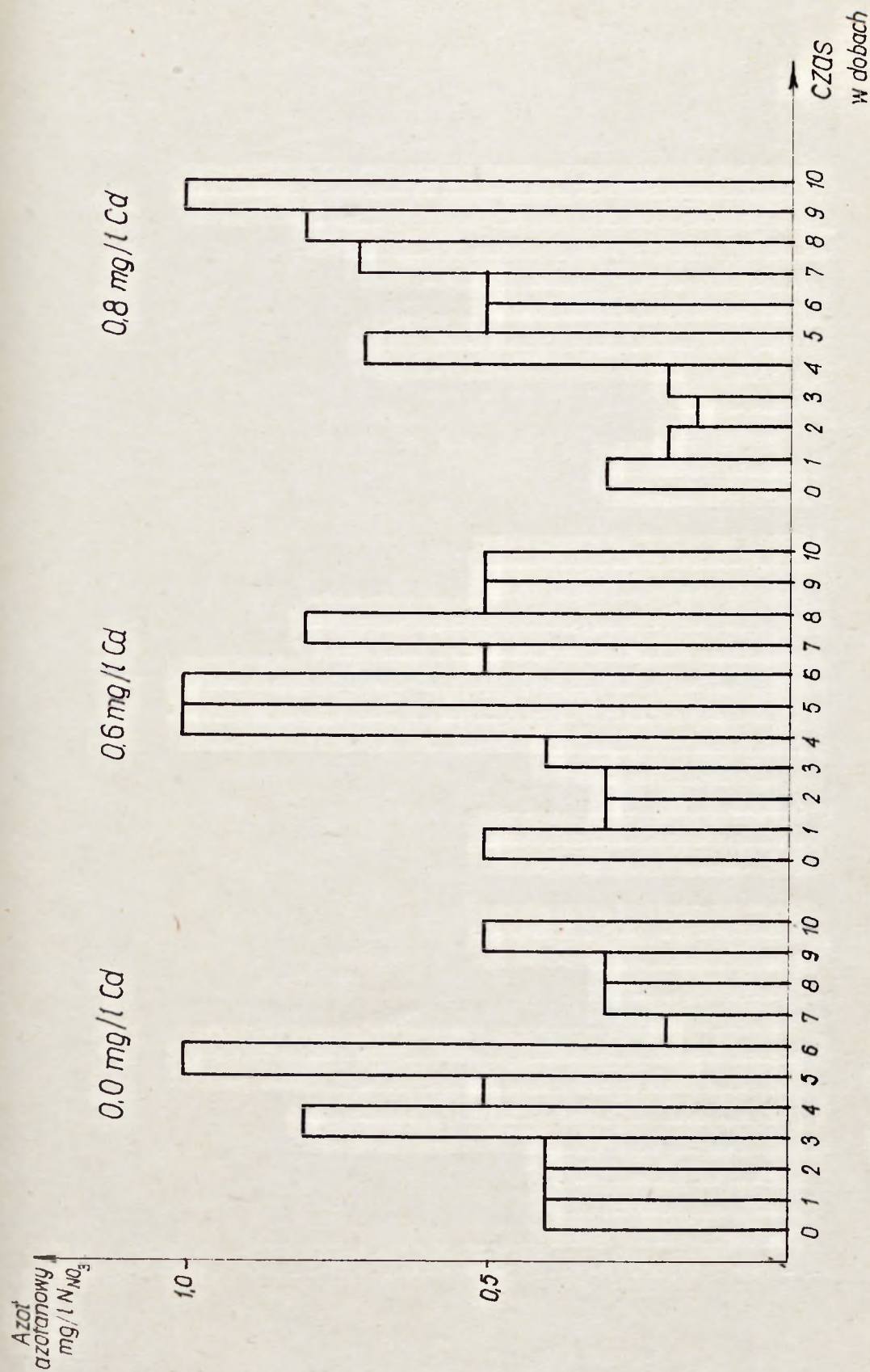
Na rys. 56 przedstawiający wpływ czasu trwania procesu na BZT_5 ścieków oczyszczanych, zwiększone stężenie obserwuje się po trzech dobach prowadzenia doświadczeń.

W następnych dniach notuje się poprawę wyników, jednakże są one dużo gorsze od wyników uzyskanych w pierwszym dniu doświadczeń.

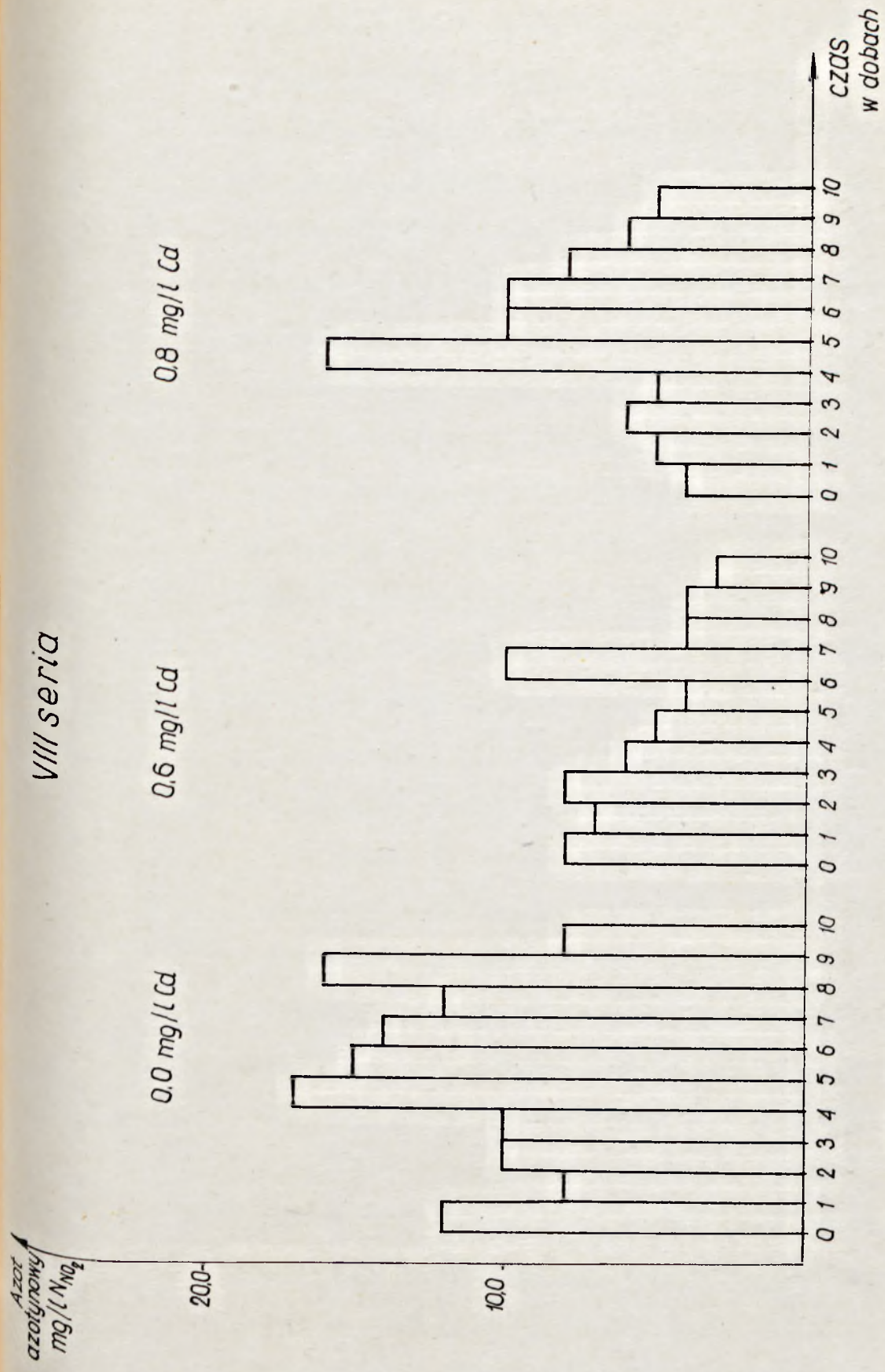
Na rys. 57 przedstawiający wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków, zwiększone stężenie



Rys. 58. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego w ściekach z zawartością $CdSO_4$



Rys. 59. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego w ściekach z zawartością CdSO_4



Rys. 60. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego
w ściekach z zawartością $CdSO_4$

obserwuje się w zestawie A i B, po 5-ej dobach prowadzenia doświadczeń, w następujących dniach wyniki ulegają wyraźnej poprawie i przy końcu serii są nawet niższe od wyników uzyskanych w pierwszym dniu doświadczeń VIII serii, co świadczy o tym, że dawki 0,6 i 0,8 mg/l Cd nie miały szkodliwego wpływu na utlenialność ścieków.

Proces nitryfikacji przebiegał prawidłowo. Ilość azotu amonowego w ściekach oczyszczanych wyraźnie się zmniejszała, przy jednoczesnym wzroście ilości amoniaku i azotynu (patrz rys. 58, 59, 60 i.

Stężenie kadmu w chwili zakończenia VIII serii doświadczeń wynosiło w zestawie A, do którego dawkowano 0,6 mg/l Cd - 0,1 mg/l Cd, a w zestawie B z zawartością w ściekach 0,8 mg/l Cd - 0,15 mg/l Cd. Wyniki obserwacji makro i mikroskopowych zestawiono w tabelkach 93 - 98. Ilość osobników w 1 ml osadu w zestawie kontrolnym zmieniała się od 1310 - 268, w zestawie A od 425 - 800, w zestawie B od 420 - 640. W zestawie B przy końcu serii obserwuje się zmniejszenie ilości przedstawicieli grupy Protozoa, a zwiększenie ilości Rotatoria i Nematocha. Osad zmienił barwę ze złoto-brunatnej na szarą. Prowadzone dwukrotnie w czasie VIII serii pomiary aktywności osadu, zanotowały znacznie mniejszą aktywność w zestawie B niż w zestawie A i kontrolnym. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że efekty oczyszczania uzyskiwane przy zawartości kadmu w ściekach w ilości

0,6 i 0,8 mg/l Cd, są jeszcze zadowalające, jednakże
dawkę 0,8 mg/l Cd wywierała szkodliwy wpływ na
biocenozę osadu czynnego, wyrażnie zmniejszając się
ilość przedstawicieli. Protozoa z czego można
wnioskować, że procesy oczyszczania przejęły bakterie.

c. IX seria badań.

Podczas IX serii badań do kolektorów w zestawie A dawko-
wano siarczany kadmu w ilości 0,9 mg/l Cd, a do
kolektorów w zestawie B siarczany kadmu w ilości 1,0 mg/
l Cd.

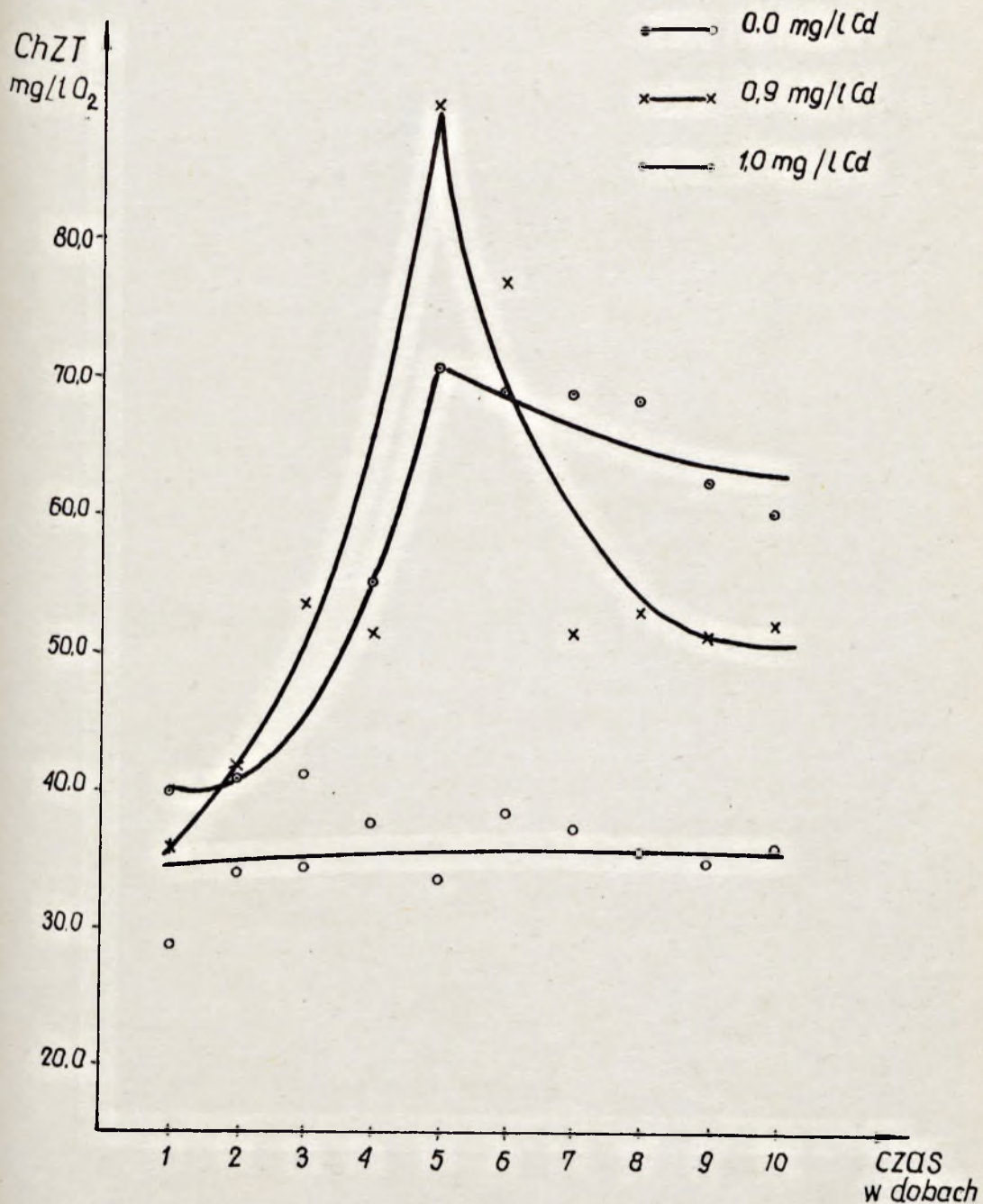
Parametry technologiczne utrzymywano w IX serii
doświadczeń zestawiono w tablicach 101, 103, 105.

Analizując je można zaobserwować, że:

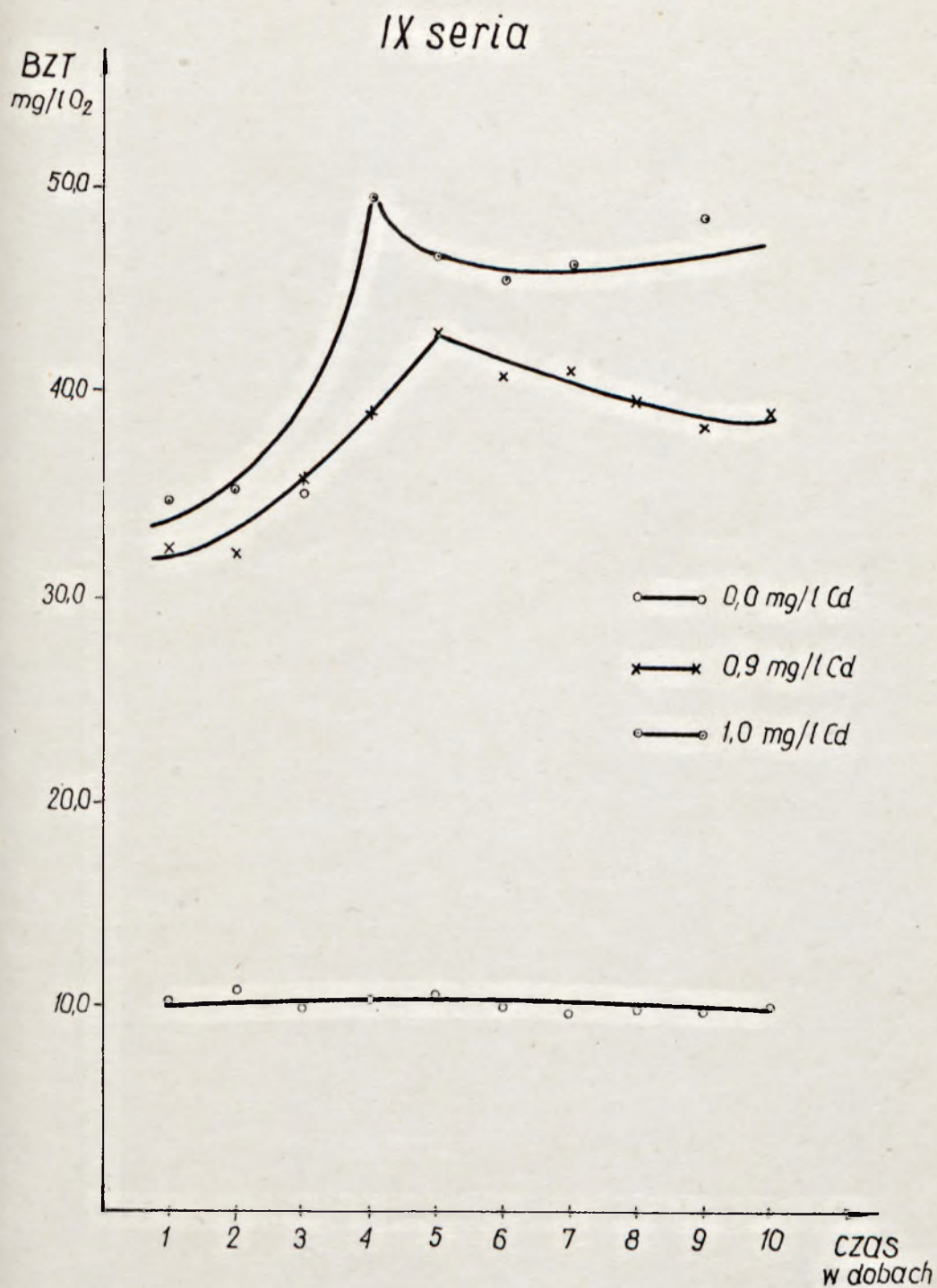
- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania
ulegała nieznaczny zmianom i wynosiła we wszystkich
zestawach ok. 2500 g/m³
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń
w zestawach kontrolnym i A zmieniło się nieznacznie
i wynosiło średnio 0,42 g BZT₅/g d, natomiast w
zestawie B zmieniło się od 0,44 do 0,53g BZT₅/g d
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładun-
kiem zanieczyszczeń utrzymywało się w granicach
1000 - 1100 g BZT₅/m³ d
- indeks osadu w zestawie kontrolnym był niski i
wynosił średnio 90 ml/g, natomiast w zestawie A
wzrósł z 99 do 174 ml/g, a w zestawie B ze 101 do
222 ml/g

Efekty oczyszczania kolektorów uzyskiwane w czasie IX
serii doświadczeń zestawiono w tablicach 102, 104, 106.
W zestawie A, do którego dawkowano ścieki z zawarto-
ścią 0,9 mg/l Cd zaobserwowano wyraźną redukcję BZT₅

IX seria

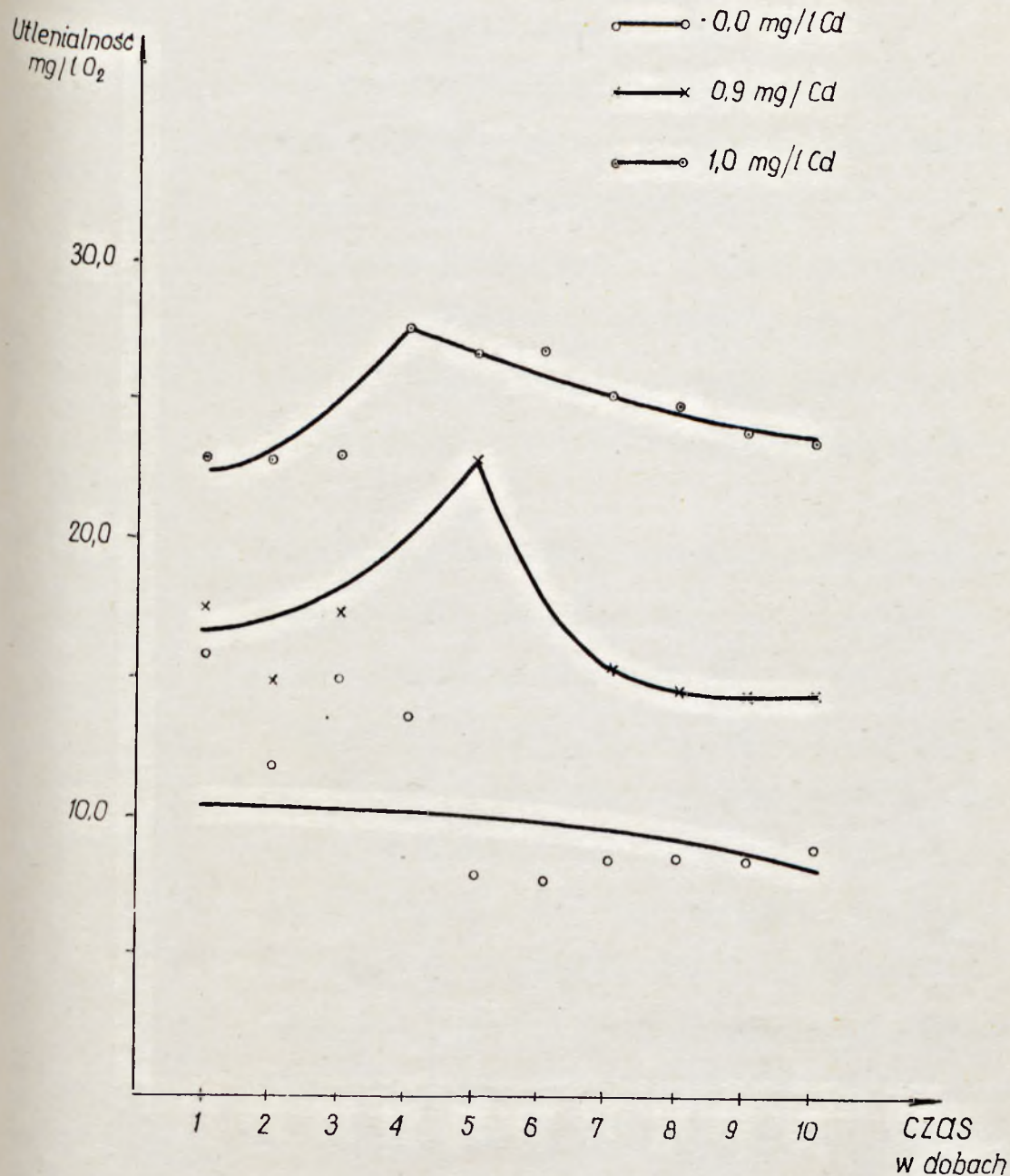


Rys. 61. Wpływ czasu trwania procesu na ChZT ścieków z zawartością CdSO₄.



Rys. 62. Wpływ czasu trwania procesu na BZT ścieków z zawartością CdSO_4

IX seria



Rys. 63. Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków z zawartością CdSO₄

o ok. 10% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

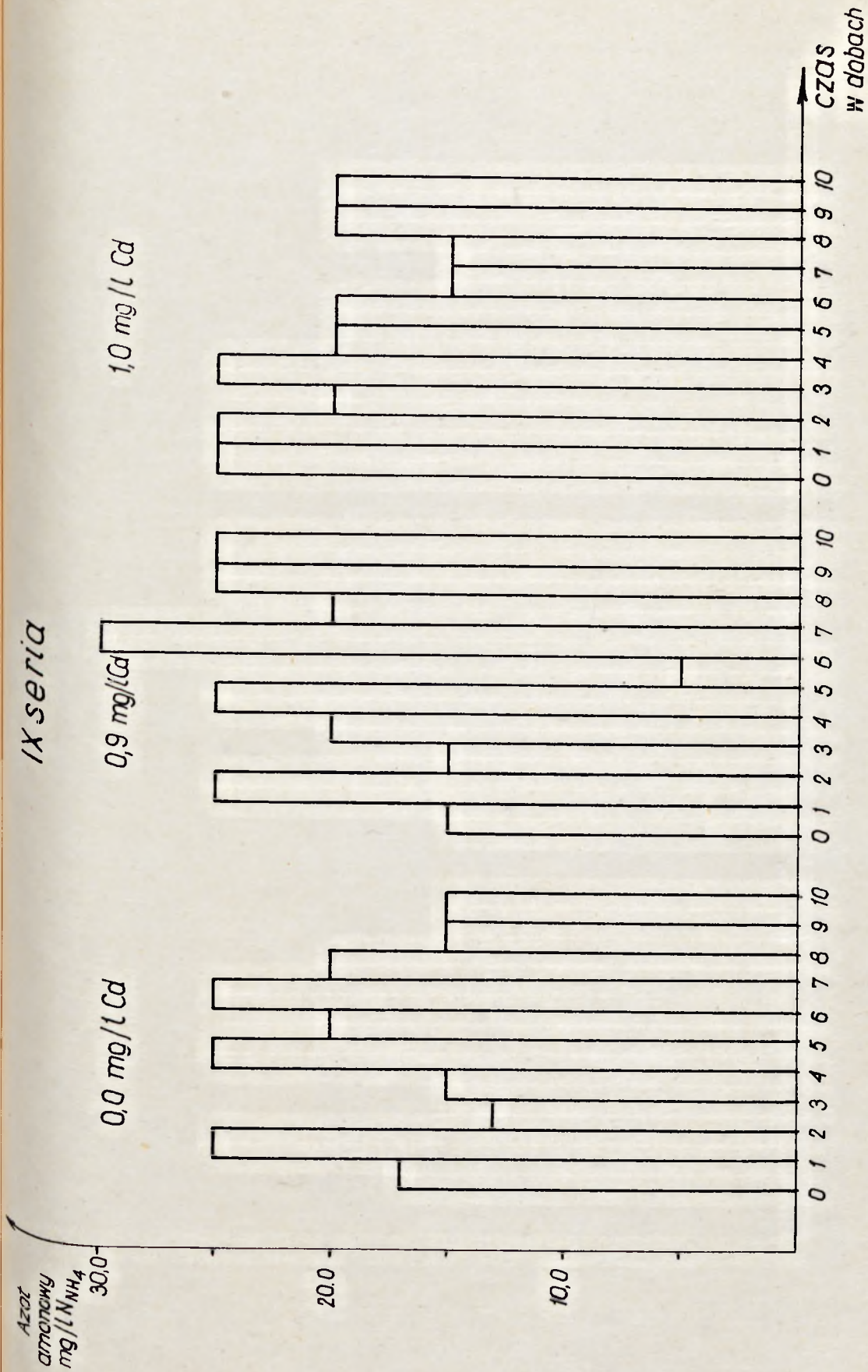
W zestawie B natomiast do którego dawkowo 1,0 mg/l Cd spadek redukcji BZT_5 wynosił aż 12% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

Równocześnie daje się zauważyć wyraźny spadek redukcji $ChZT$ w szkiełkach gazyszanych. Redukcja $ChZT$ w zestawie A obniżyła się o ok. 7% w porównaniu z zestawem kontrolnym i ok. 8% w zestawie B.

Efekty oczyszczania szkiełek wyrażone w % redukcji utlenialności, obniżyły się w zestawie A o ok. 4% w stosunku do zestawu kontrolnego, w zestawie B o ok. 9%.

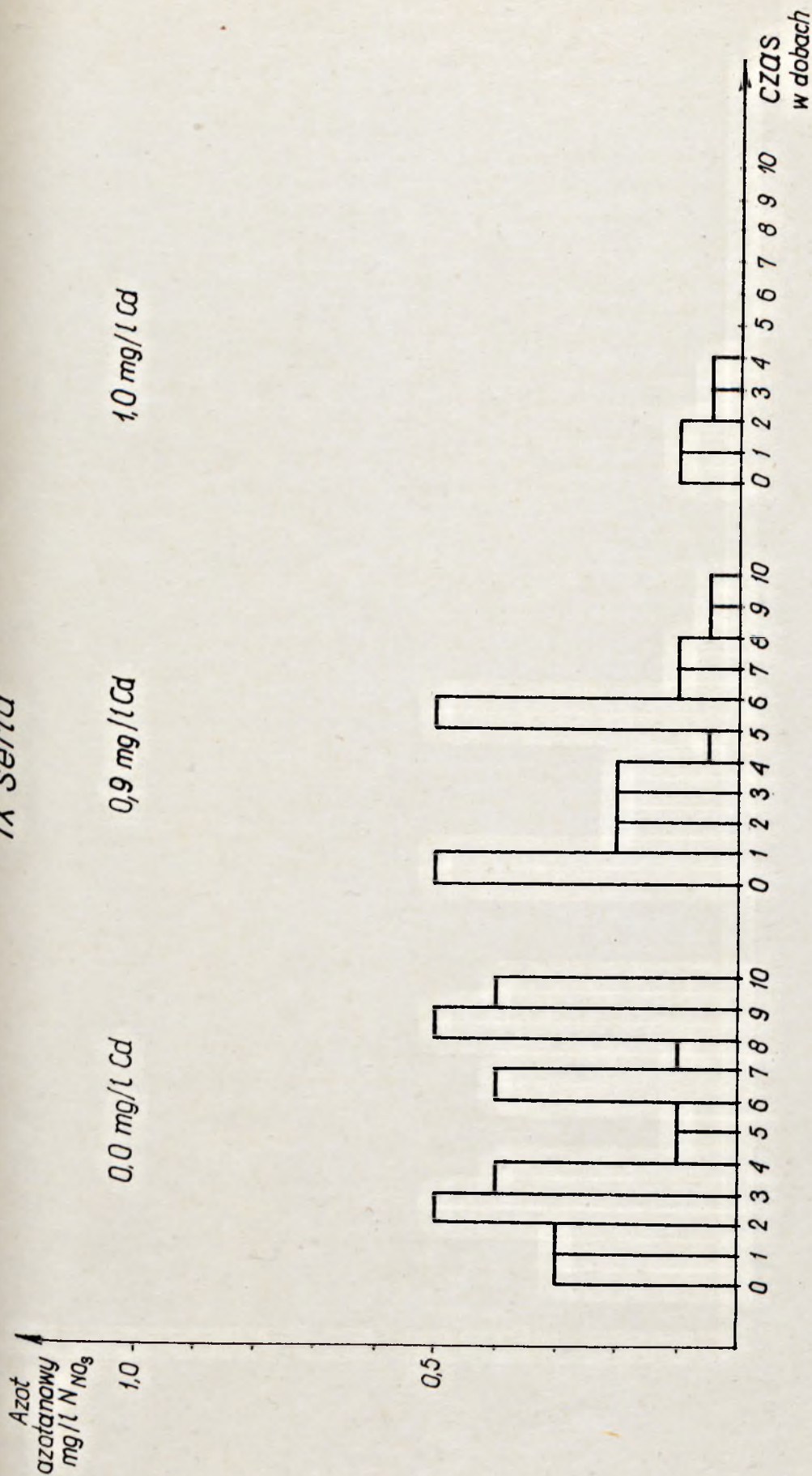
Wpływ czasu trwania procesu na $ChZT$ szkiełek z zawartością $CdSO_4$ w esale IX serii doświadczeń, przedstawiono graficznie na rys. 61 Jak można zaobserwować zarówno na krzywej dla zestawu A jak i na krzywej dla zestawu B po 5-ciu dobach prowadzenia doświadczeń, występuje punkt zniżania. Wyniki pogorszyły się w zestawie A z 35,2 do 89,6 mg/l O_2 , a w zestawie B z 39,8 do 70,5 mg/l O_2 . W następnych dniach, w zestawie A wyniki ulegają poprawie, natomiast w zestawie B poprawa ta jest nieznaczna, co świadczy o toksycznym wpływie tej wielkości dawki Cd.

Na rys. 62 przedstawiającym wpływ czasu trwania procesu na BZT_5 szkiełek, zwiększone stężenie obserwuje się w zestawie A po 5-ciu dobach prowadzenia doświadczeń, natomiast w zestawie B obserwuje się podwyższone stężenie podczas całej serii.



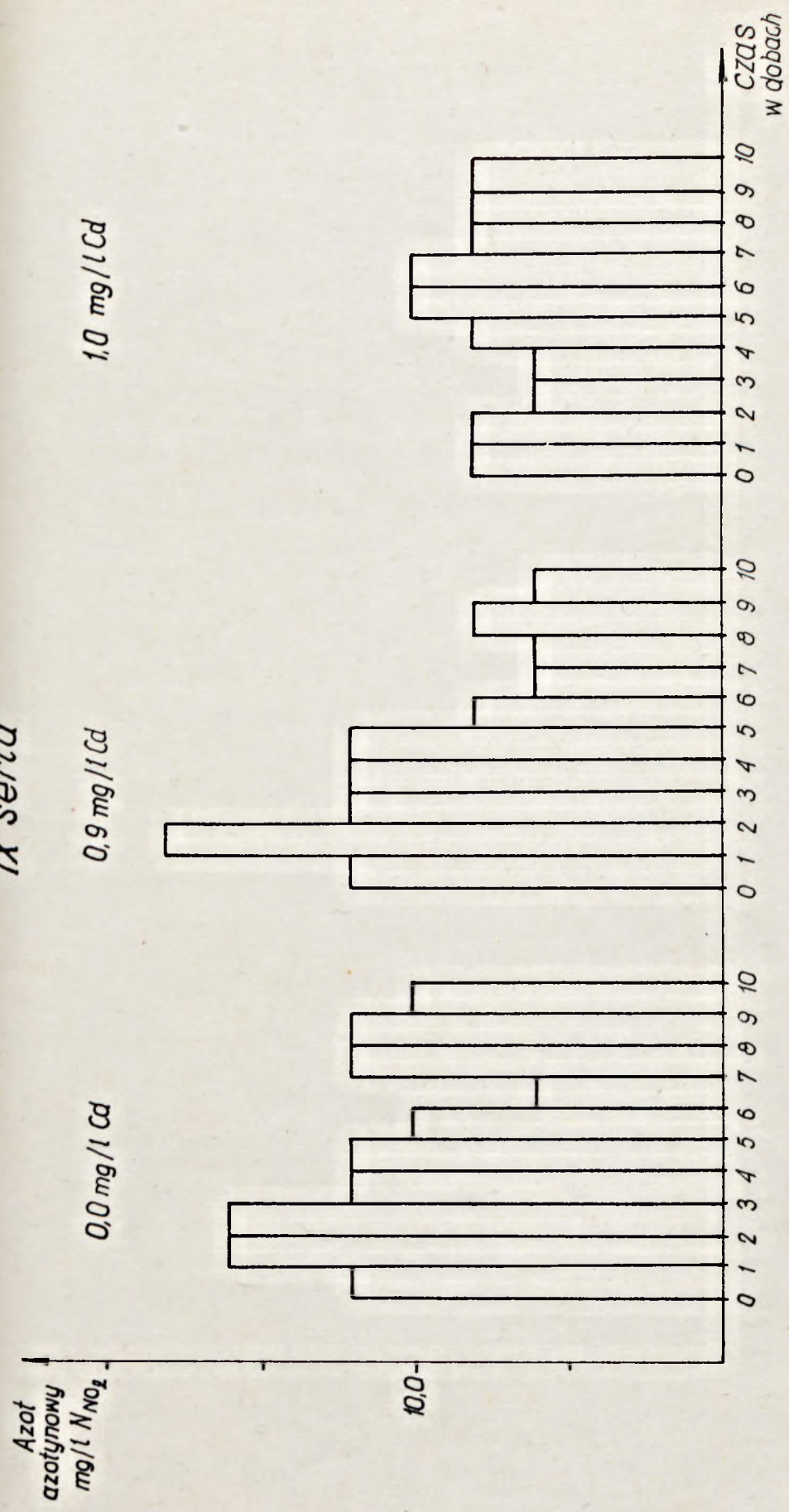
Rys. 64. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu amonowego w ściekach z zawartością $CdSO_4$.

IX seria



Rys. 65. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotanowego
w ściekach z zawartością CdSO_4

IX seria



Rys.66. Wpływ czasu trwania procesu na ilość azotu azotynowego w ściekach z zawartością CdSO_4

Wpływ czasu trwania procesu na utlenialność ścieków przedstawia rys. 63, zwiększone stopienie utlenialności w ściekach obserwuje się podobnie jak BZT₅ i ChZT, w zestawie A po 5-ciu dobach natomiast w zestawie B obserwuje się zwiększone stopienie aż do końca serii.

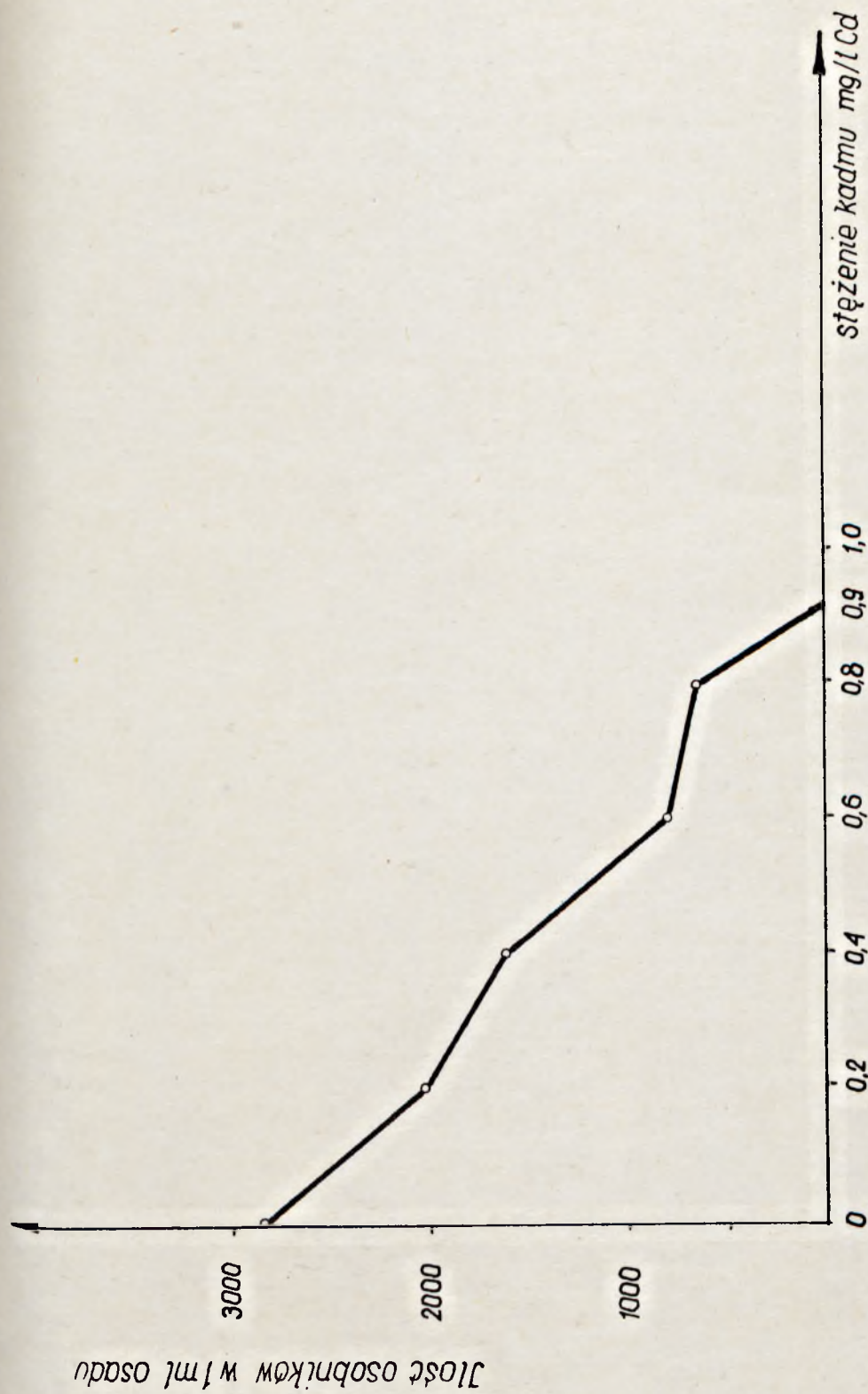
Jednocześnie obserwuje się zahamowanie procesów nitryfikacji, zwiększyła się zdecydowanie ilość azotu azotanowego, przy jednoczesnym zaniku azotanów. Rys. 64, 65.

Stopienie kadmu w chwili zakończenia IX serii doświadczalnej wynosiło w zestawie A, do którego dawano 0,9 mg/l Cd - 0,4 mg/l Cd, a w zestawie B, do którego dawano 1,0 mg/l Cd - 0,5 mg/l Cd.

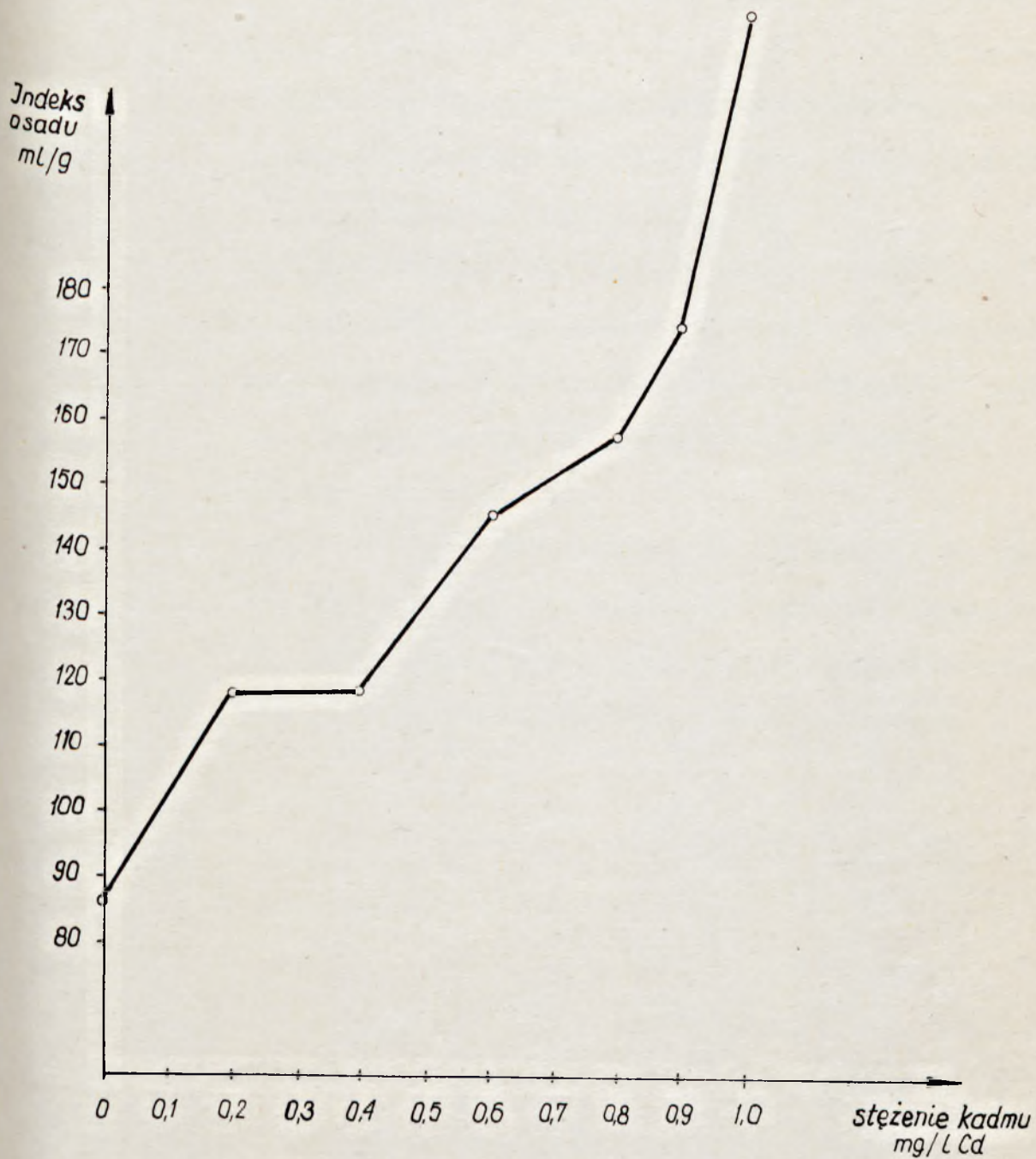
Obserwacje mikroskopowe osadu czynnego prowadzone podczas IX serii doświadczalnej nie stwierdziły ruchu u organizmów zwierzęcych. Osad nie sedymentował o czym świadczy wysoki indeksy osadu i patrz tablice 103, 105 I, posiadał zabarwienie ciemno-szare i wykazywał bardzo małą aktywność i tabl. 110, 111 I

Wpływ stopienia kadmu na ilość osobników przedstawiono graficznie na rys. 67. Jak można zobaczyć ilość osobników wraz ze wzrostem kadmu malała, a przy dawce 1,0 mg/l Cd była zerowa.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zawartość kadmu w ściekach surowych w ilości 1,0 mg/l Cd dawkowanej w sposób ciągły w postaci ciarzanu kadmu, - zdecydowanie hamując wpływała na procesy biochemiczne, o czym świadczy, między efekty oczyszczania



Rys. 67. Wpływ ścieków z zawartością CdSO_4 na ilość osobników w osadzie czynnym.



Rys.68. Wpływ ścieków z zawartością kadmu
na indeks osadu

- spowodowała zatrzymanie procesu nitrifikacji
- spowodowała pogorszenie się warunków osadniczych osadu
- takyesnie wpływała na biocenozę osadu czynnego , powodując śmierć organizmów zwierzęcych w osadzie i zmniejszenie jego aktywności.

Biorąc pod uwagę powyższe zalety stwierdzając, że dopuszczalna dawka kadmu w ściekach przy biologicznym oczyszczaniu ścieków metodą osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych nie powinna przekroczyć wartości 0,8 mg/l Cd.

Dawka 0,8 mg/l Cd pozwalała na uzyskiwanie wysokich efektów oczyszczania ścieków charakterystycznych dla warunków konwencjonalnych, jak również nie wpływała takyesnie na biocenozę osadu czynnego.

3.7.5. Wpływ stężenia miedzi, niklu, i kadmu dawkowanych łącznie do selektów na efekt ich oczyszczania metodą osadu czynnego.

Doświadczenia nad wpływem stężenia miedzi, niklu i kadmu dawkowanych łącznie do selektów, obejmowały jedną serię badań.

Do zestawu A dawkowano 0,2 mg/l Cu, 0,2 mg/l Ni i 0,2 mg/l Cd łącznie - 0,6 mg/l Cu, Ni, Cd, co odpowiadało średniej wielkości dawki dopuszczalnej tych metali.

Do zestawu B dawkowano te same sole w stężeniach 0,3 mg/l Cu, 0,3 mg/l Ni, 0,3 mg/l Cd - łącznie 0,9 mg/l Cd co odpowiadało wielkości średniej dawki dopuszczalnej tych metali.

Parametry technologiczne przyjęto takie jak w poprzednich seriach,

- zawartość osadu czynnego w komorze napowietrzania we wszystkich zestawach wynosiła średnio 2500 g/m^3
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń wynosiło średnio $0,42 \text{ g BZT}_5/\text{g d}$
- obciążenie objętości komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczeń utrzymywało cię w granicach $1000 - 1050 \text{ g BZT}_5/\text{m}^3 \text{ d}$
- indeks osadu w zestawie kontrolnym zmieniał się od 79 - 82 ml/g w zestawie A od 84 - 95 ml/g, natomiast w zestawie B od 101 - 162 ml/g.

Wyniki oczyszczania ścieków uzyskane podczas tej serii doświadczeń przedstawiały się następująco:

- w zestawie A nie obserwuje się wyraźnego spadku redukcji BZT_5 , $ChZT$ i utlenialności, redukcja $ChZT$ w zestawie kontrolnym wynosiła średnio 96% , a w zestawie A - 92% . Redukcja $ChZT$ wynosiła w zestawie kontrolnym 91% a w zestawie A - 89%.

Redukcja utlenialności wynosiła w zestawie kontrolnym 90,5% , a w zestawie A - 89%

W zestawie B natomiast obserwuje się wyraźny spadek redukcji BZT_5 i utlenialności.

Efekty oczyszczania wyrażone w % redukcji BZT_5 obniżyły się o 10% w porównaniu z zestawem kontrolnym, natomiast efekty oczyszczania wyrażone w % redukcji utlenialności obniżyły się o 12%.

Natomiast nie zaobserwowano wyraźnego spadku redukcji $ChZT$. Efekty oczyszczania wyrażone w % redukcji $ChZT$ obniżyły się o 5% w stosunku do zestawu kontrolnego. W obydwu zestawach , do których dawano sole metali nie zaobserwowano zatrzymania procesów nitryfikacji jednakże w zestawie B proces ten przebiegał znacznie wolniej.

Podsumowując ,można stwierdzić, że dawka soli metali w ilości 0,6 mg/l Cu, Ni, Cd pozwala na uzyskiwanie wysokich efektów oczyszczania ścieków wyrażonych w BZT_5 , $ChZT$ i utlenialności ,nie powoduje pogorszenia się

właściwości sedimentacyjnych w zasadzie czynnym,
kannjaco nie wpływa na procesy nitryfikacji i może
być uznana jako dawka dopuszczalna dla soli metali
ciężkich do ściśle łącznie.

3.7.6. Określenie toksyczności cięższych metali, niklu i każdej metody testową.

W badaniach, których celem było określenie toksyczności w/w soli metali zastosowano metodę testów zwierzęcych. Jako organizm testowy przyjęto *Paramecium caudatum*, organizm ten był jednym z najczulniejszych z grupy Protoczoa i jak wykazały obserwacje mikroskopowe, większe dawki związków toksycznych powodowały jego śmierć.

Badanie przeprowadzono następująco :

Na szkiełkach zegarkowych umieszczono kroplę wody rzecznej ,do której dodano określoną, jedynkową ilość *Paramecium caudatum*, po czym dodawano soli metali i liczone organizmy po 15,30,60,120 minutach. Przyjęty zakres stężeń cięższych metali był następujący:
0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 ;
1,0 mg/l Cu. Badając cięższe metale w ilościach odpowiadających wymienionym stężeniom, do uprzednio przygotowanych szkiełek zegarkowych z określoną ilością *Paramecium caudatum*, liczone ilości organizmów żywych po 15,30,60,120 minutach. Ustalono, że przy stężeniu 0,6 mg/l Cu po 30 minutach ilość organizmów żywych wynosiła 50%, przy stężeniu 0,7 mg/l Cu po 30 minutach ilość organizmów wynosiła 25% , natomiast przy stężeniu 0,8 mg/l Cu nie stwierdzono organizmów żywych już po

5-ciu minutach, co świadczy o toksyczności dawki.

Przyjęty zakres stężeń siarczanu niklu był następujący:

0,1 : 0,2 : 0,3 : 0,4 : 0,5 : 0,6 : 0,7 : 0,8 : 0,9 :

1,0 mg/l Ni. Postępując kolejno tak jak przy teście

na określenie toksyczności CuSO_4 , ustalono, że przy

stężeniu 0,3 mg/l Ni i wyższych po 15 minutach organizm

wyginął.

Przyjęty zakres stężeń siarczanu kadmu był następujący:

0,1 : 0,2 : 0,3 : 0,4 : 0,5 : 0,6 : 0,7 : 0,8 : 1,0 :

1,5 : 3,0. Dawkując siarczan kadmu w w/w stężeniach

do szkiełek pogarkowych z odpowiednią ilością

Paramecium caudatum, ustalono, że do dawki 0,9 mg/l Cd

włącznie ilość żywych organizmów wynosiła 100%,

natomiast przy dawce 1,0 mg/l Cd, 1,5 : 3,0 mg/l Cd

ilość organizmów wynosiła 50% nawet po 2 godzinach.

Jak wykazały przeprowadzone badania testowe największą

toksycznością odznacza się nikiel, później miedź a

najmniej toksyczna metale jest kadm, co potwierdza-

ją wyniki badań technologicznych.

4. Podsumowanie

Uzyskane w wyniku przeprowadzonych doświadczeń dane, pozwalają na stwierdzenie, że istotnie możliwości oczyszczania ścieków z zawartością miedzi, niklu i kadmu - metodą osadu czynnego, jednakże mogą one występować tylko w określonych stężeniach.

Badania nad wpływem stężenia miedzi na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym, wykazały że zawartość stężenia miedzi już w ilości 0,6 mg/l Cu powodowała obniżenie efektów oczyszczania ścieków wyrażonych w redukcji BZT o ok. 7% w porównaniu z zestawem kontrolnym, wyrażonych w redukcji $ChZT$ o ok. 8% i redukcji utlenialności o ok. 8% w porównaniu z zestawem kontrolnym.

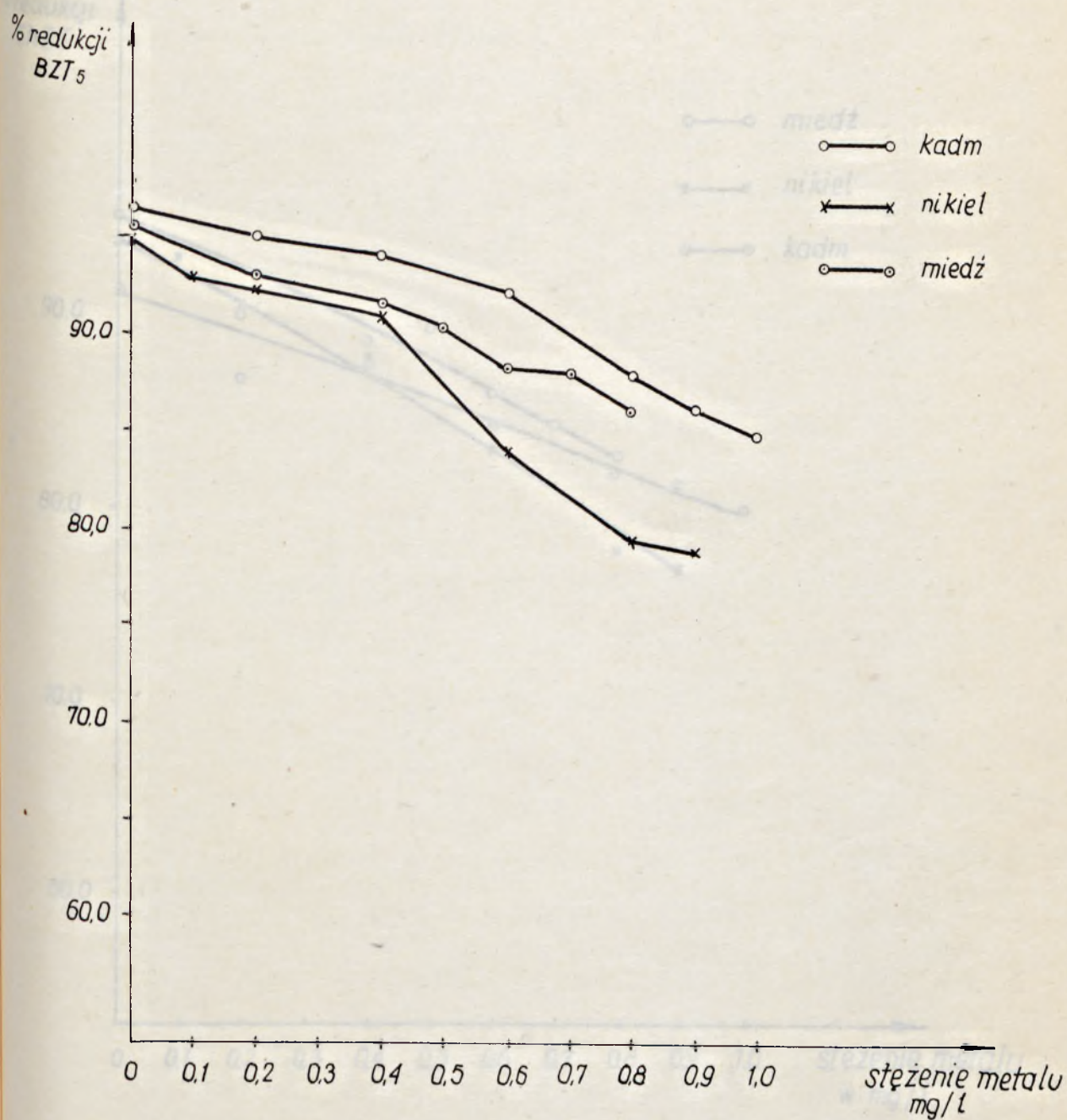
Jednocześnie można było zaobserwować pogorszenie się warunków sedymentacyjnych osadu czynnego. Uzyskane wyniki sugerują, że stężenie 0,6 mg/l Cu, należałoby przyjąć jako dopuszczalne przy oczyszczaniu ścieków osadem czynnym w warunkach konwencjonalnych.

Przy stężeniu 0,6 mg/l Cu w ściekach, daje się zauważyć wpływ na procesy biologiczne i nitryfikacji, jednakże wpływ ten jest nieznaczny i pozwala na uzyskiwanie zadowalających efektów oczyszczania ścieków w granicach 90% redukcji zanieczyszczeń. Stężenia wyższe powodowały zahamowanie w procesie nitryfikacji, pogorszenie się warunków sedymentacyjnych osadu, zmian aktywnych form pierwiastków, przy jednoczesnym wzroście ich form przetrwalnikowych, hamując wpływały na procesy biologiczne, o czym świadczą niskie efekty oczyszczania ścieków

Badania dot. wpływu siarczanu nikielu na proces oczyszczania ścieków w tych samych warunkach, pozwalają zaobserwować, że zawartość siarczanu nikielu już w ilości 0,4 mg/l Ni powodowała znaczące obniżenie efektów oczyszczania ścieków wyrażonych w redukcji BBT z 93% w zestawie kontrolnym, do 90% w zestawie z zawartością 0,4 mg/l Ni; efekty oczyszczania wyrażone w % redukcji ChBT i utlenialności również uległy zmniejszeniu o ok. 36. Zaobserwowano zmiany w składzie jakościowym osadu, uległa zmniejszeniu ilość białek i kwasów tłuszczowych, co świadczy o wrażliwości tych organizmów na stężenie związku toksycznego. Obniżona była również aktywność osadu co świadczyło o zmniejszeniu się liczby żyjących komórek.

Ninie wymienionych odchyłek od przebiegu procesu oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym, uzyskiwane wyniki oczyszczania ścieków były wysokie i spełniały kryteria charakterystyczne dla osadu czynnego pracującego w warunkach konwencjonalnych, w związku z czym dawkę 0,4 mg/l Ni przyjęto jako dopuszczalną. Stężenia wyższe powodowały degenerację osadu, w wyniku czego uzyskiwane efekty oczyszczania były niskie. Procesy biochemiczne przebiegały znacznie wolniej, procesy nitryfikacji ulegały prawie całkowitemu zahamowaniu.

Doświadczenia nad wpływem siarczanu kadmu na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym, wykazały że kadm siarczany jest mniej toksyczny od siarczanu nikielu i miedzi. Zawartość siarczanu kadmu jeszcze w ilości 0,8 mg/l Cd pozwalała na uzyskiwanie wysokich efektów oczyszczania. Przy dawce tej nie zaobserwowano niepra-



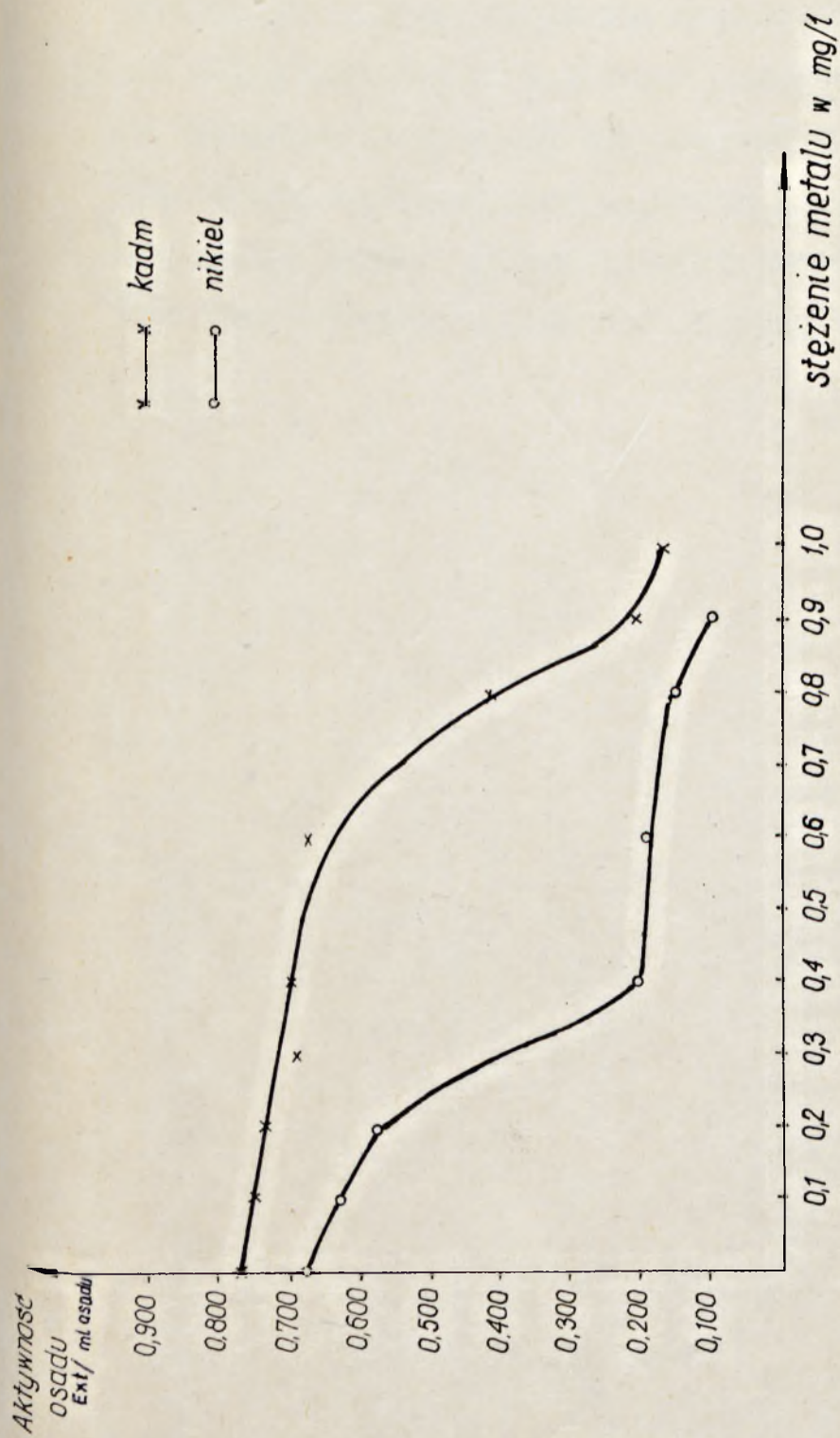
Rys. 69. Wpływ ścieków z zawartością metali na efekt ich oczyszczania.

widłowości w przebiegach procesów biochemicznych i nitryfikacji. % redukcji sanieczyzoczeń oscylował wokół wartości 90,0.

Natomiast stężenie siarczanu kadmu $1,0 \text{ mg/l Cd}$ powodowało zahamowanie procesów nitryfikacji, brak ruchu u organizmów zwierzęcych występujących w osadzie czynnym, hamujące wpływało na procesy biochemiczne, o czym świadczą niskie jak dla warunków konwencjonalnych efekty oczyszczania.

Podsumowując można stwierdzić, że miedź i nikiel posiadają bardzo silne działanie toksyczne, co potwierdziły przeprowadzone badania testowe, w których jako organizm testowy przyjęto *Paramecium caudatum* jako najwrażliwszy z organizmów zwierzęcych wykrytych w badanym osadzie czynnym. Jak wykazały przeprowadzone badania testowe, największą toksycznością z badanych metali odznacza się nikiel, / już przy stężeniu $0,3 \text{ mg/l Ni}$ po 15 minutach wszystkie organizmy wyginęły / później miedź /przy dawce $0,8 \text{ mg/l Cu}$ nie stwierdzono organizmów żywych po 5 min./ a najmniej kadm /przy dawce $1,0 \text{ mg/l Cd}$ ilość żywych organizmów wynosiła 100 %/.

Porównując uzyskane efekty oczyszczania ścieków wyrażone w redukcji BZT /rys.69/ i w redukcji ChZT /rys.70/, można zaobserwować, że efekty oczyszczania ścieków z zawartością niklu, były niższe od efektów oczyszczania miedzi i kadmu, co świadczy o dużej toksyczności niklu. Przeprowadzone równoległe z badaniami technologicznymi, pomiary aktywności osadu przy seriach badań nad wpływem niklu i kadmu na proces oczyszczania ścieków, wskazują



Rys. 71. Wpływ stężenia metalu zawartego w ściekach na aktywność osadu.

Ile aktywność osadu jest bardzo ważnym wskaźnikiem prawidłowego przebiegu procesów w osadzie czynnym.

Zakłócenia w pracy osadu czynnego spowodowane przez zawartość związków toksycznych w ściekach, znajdują bardzo szybko odzwierciedlenie w wynikach aktywności osadu jak to miało miejsce w niniejszej pracy, co nie przeszkadzało na uzyskiwanie stosunkowo wysokich efektów oczyszczania, a jednocześnie świadczyło o toksyczności badanego związku.

Rys. 71 przedstawia zależność aktywności osadu od stężenia metalu zawartego w ściekach. Jak można zaobserwować, wyniki pomiarów aktywności osadu dla ścieków z zawartością niklu są dużo niższe od wyników otrzymanych dla ścieków z zawartością kadmu, co potwierdza tezę, że działanie toksyczne niklu jest silniejsze niż kadmu.

4. Wnioski

1. Badania nad oczyszczaniem ścieków z zawartością ciarzanu miedzi, niklu i kadmu metodą osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych, wykazały możliwość oczyszczania ścieków z zawartością tych soli w pewnych określonych stężeniach, osadem czynnym.
2. Wpływ poszczególnych metali jest różny, co wskazuje na różne ich właściwości toksyczne, jak to wynika z przeprowadzonych badań testowych.
3. Wpływ ciarzanu miedzi :
 - a. na podstawie uzyskanych wyników można uznać jako dawkę dopuszczalną, zawartość ciarzanu miedzi w ściekach dopływających do oczyszczalni biologicznej pracującej z osadem czynnym w ilości 0,6 mg/l Cu. Stężenie to nie powodowało zakłóceń procesów zachodzących przy oczyszczaniu ścieków osadem czynnym i pozwalało na uzyskiwanie zadowalających efektów ich oczyszczania.
 - b. zawartość ciarzanu miedzi w ilości 0,8 mg/l Cu, uznać należy jako dawkę toksyczną dla osadu czynnego, powodującą zakłócenie w procesie nitryfikacji oraz pogorszenie warunków sedymentacyjnych osadu. Dawka ta spowodowała zanik aktywnych form pierwotniaków, przy jednoczesnym wzroście ich form przetrwalnikowych, zdecydowanie hamującą wpływającą na procesy biochemiczne, o czym świadczą niskie efekty oczyszczania ścieków.

4. Wpływ siarczanu niklu :

a. Jako dopuszczalną dawkę siarczana niklu w ściekach dopływających do oczyszczalni biologicznej pracującej z osadem czynnym można uznać 0,4 mg/l Ni. Dawka ta nie powodowała zakłóceń w przebiegu biochemicznego rozkładu i procesie nitryfikacji. Osad czynny charakteryzował się typową biocenozą bakteryjną, licznie występującymi pierwotniakami oraz dużą aktywnością.

b. Jako dawkę toksyczną należy uznać zawartość siarczana niklu w ściekach w ilości 0,9 mg/l Ni. Dawka ta wyraźnie wpłynęła na obniżenie efektów oczyszczania ścieków wyrażonych w BZT₅, ChZT i utlenialności, spowodowała zahamowanie procesów nitryfikacji, "pachnięcie" osadu czynnego. Przy dawce tej stwierdzono brak ruchu u przedstawicieli Rotatoria i Monatora.

5. Wpływ siarczanu kadmu :

a. Jako dawkę dopuszczalną siarczanu kadmu w ściekach dopływających do oczyszczalni biologicznej pracującej z osadem czynnym w warunkach konwencjonalnych należy uznać 0,3 mg/l Cd. Dawka ta pozwalała na uzyskiwanie dość wysokich efektów oczyszczania ścieków, nie zaobserwowano żadnych nieprawidłowości w przebiegach procesów biochemicznych i nitryfikacji.

b. zawartość siarczynu kadmu w ściekach w ilości 1,0 mg/l Cd, uznać należy jako dawkę toksyczną dla osadu czynnego. Efekty oczyszczania ścieków uzyskiwane przy tej dawce były bardzo niskie, obserwuje się zahamowanie procesu nitryfikacji, brak ruchu u organizmów zwierzęcych występujących w osadzie czynnym.

6. Wpływ siarczynu miedzi, niklu i kadmu dawkowanych łącznie

a. Jako dopuszczalną dawkę w/w soli metali dawkowanych łącznie do ścieków dopływających do oczyszczalni biologicznej pracującej z osadem czynnym należy uznać 0,6 mg/l Cu, Ni, Cd. Stężenie to zapewniało wysokie efekty oczyszczania ścieków. Osad czynny posiadał zabarwienie złoto-brunatne, charakteryzował się licznie występującymi pierwotniakami.

7. Określenie stopnia toksycznego działania badanych związków przeprowadzono metodą testu, przyjmując jako organizm testowy *Paramecium caudatum*. Badania te potwierdziły dane uzyskane z badań fizyko-chemicznych i technologicznych, że najbardziej toksyczny z badanych metali jest nikiel, następnie miedź, natomiast toksyczne działanie kadmu jest znacznie słabsze.

8. W pracy dla oceny wpływu soli metali na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym, po raz pierwszy wprowadzono jako kryterium - aktywność osadu.

Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że pomiar ten jest bardzo istotny, korelując z makro i mikroskopową analizą osadu, pozwala bardzo wcześnie na wskazanie toksycznego działania badanego związku i dlatego wnioskuje się, żeby oznaczenie to przyjąć jako jedno z kryteriów w badaniach technologicznych przy oczysz-

czaniu ścieków osadem czynnym.

9. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zachodzi pewna prawidłowość w przebiegach procesów biochemicznych przy oczyszczaniu ścieków z zawartością soli metali, osadem czynnym. Bardzo charakterystyczny jest okres pierwszych 3-4 dni prowadzenia procesu, kiedy mikroorganizmy przystosowują się do obciążenia związkami toksycznymi. W okresie tym następuje zdecydowane pogorszenie wyników BZT, ChZT i utlenialności, po czym jeżeli dawka nie jest toksyczną następuje poprawa wyników niejednokrotnie do stanu wyjściowego. Wynika stąd konieczność przestrzegania dawek dopuszczalnych badanych związków, w ściekach doprowadzanych do oczyszczalni biologicznej, w celu uniknięcia zakłóceń w pracy osadu czynnego.

PISMIENICTWO

1. Chojnacki A.: Technologia ścieków przemysłowych PWN Warszawa 1966
2. Kosiorowski B. Bucharski J.: Ścieki przemysłowe WNT Warszawa 1964
3. Rudolf Z.: Podsumowanie osiągnięć dotychczasowych konferencji.
4. Postęp techniczny w dziedzinie oczyszczania ścieków, -
Katowice 1967, 9-78
4. H.Marczak : Ocena przebiegu procesu samoczyszczania rzek
zanalizowanych na podstawie kryterium tlenowego i wyników badań
rzeki Odry. Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej nr 146,
Inżynieria Sanitarna XII, 1966
5. Plan perspektywiczny ochrony wód przed samoczyszczaniem GUSW
6. Szaniol A.: Stały bilans tlenowy podstawą matematycznego planowania
ochrony rzek przed samoczyszczaniem. Zeszyty Naukowe Politechniki
Wrocławskiej nr 40. Inżynieria Sanitarna I/1966 3-37
7. Ozerkinskij S. : Sanitarnaja ochrana wodojenow ot zagrazhienija
promyslawymi stocznyimi wodami. Moskwa, 1960.
8. Staniak M.: Substancje toksyczne w biologicznym oczyszczaniu
ścieków. Biuletyn Informacji Technicznej nr 10, Warszawa 1967.
9. Barth B.F. English J.M.Salotto : Field survey of four municipal
waste water treatment plants receiving metallic wastes.
Jour.Water Poll.Contr.Fed. 17, 2, 1101, 1965.
10. Lukjanienko W.J. : Fizjologičeskij aspekt problemy wlijanija
jadow promyslawnych wod na ryb. Wopr.Icht. 7, 3, 547, 1967.
11. Marczak H.: Ochrona czystości wód. Gosp.Wodna 8/9 1966.
12. Gellman L.: Oxidation and Purification of Industrial Wastes
by Activated Sludge. Sew.Ind.Wastes 25, 10, 1196, 1953.
13. McKinney R.: Microbiology for Sanitary Engineers N.York 1962
14. Dudańska W.: Badania nad wpływem chromu na przebieg procesów
biologicznych. Gaz,Woda i Techn. San.nr 1, 1963.
15. Stones F.
J.a Proc. Inst.Sew.Purif. nr 6, 516, 1961.

16. Ingles R.
Biol. Proc. 9 Ind.Waste Conf. Purdue 83,86, 1953
17. Bringsas G. Kuhn R.
Gen.- Ing. 81, 337, 1960.
18. Hunkeler E., Gellman L. -Studies of Biochemical Oxidation
by Direct Methods. Effect of Toxic Metal Ions on Oxidation.
Dev. Ind. Wastes, 1, 70, 1955.
19. Wesley W. Eckenfelder : Industrial Water Pollution Control
McGraw-Hill Book Company 1966.
20. Stones T.: The Fate of Copper During the Treatment of Sewage.
J. Inst. Sewage Purif. 2, 252, 1959.
21. Barth R.P. Ettinger H.B... Summary Report on the Effect of
Heavy Metals on the Biological Treatment Processes.
J. Water Poll. Control Fed. 37, 1, 86, 1965.
22. McDermott, Mildred A. : Nickel in Relation to Activated Sludge
and Anaerobic Digestion Processes. J. Water Poll. Control Fed.
37, 2, 165, 1965.
23. McDermott, G.H. Moore W.A. 1 in.: Effects of Copper on Aerobic
Biological Sewage Treatment. J. Water Poll. Control Fed.
35, 2, 227, 1963.
24. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 28.II.62.
Dz.U. nr 17 poz. 73.
25. Godekarczyk J.: Ocyszczanie ścieków metodą osadu czynnego
Arkady , Warszawa 1966.
26. Chojnacka B. Zajackowska-Stasiewicz A. Wpływ miedzi, niklu
i chromu na proces biologicznego oczyszczania ścieków metodą
osadu czynnego. Prace Inst. 10K nr 1, 1969.
27. Kalisz L., Kanier E.: Współczesne poglądy na rolę pierwiastka-
ków w oczyszczaniu ścieków metodą osadu czynnego.
Gos. Woda i Techn. San. 37, 82, 1963.
28. Pawlaczek M.: Znaczenie Sphaerotilus natans Kutz w gospodarce
ściekowej. Gos. Woda i Techn. San. 34, 412, 1960.

29. Kalina L., Szuchowka : Poglądy na oczyszczanie ścieków osadami czynnymi. Przegląd INE 3, 1959.
30. McKinney E.B., Orr A. : Protozoa in Activated Sludge. Sew.Ind. Wastes 20, 1955.
31. Szuchowka L.: Właściwości przyswajania się organizmów cząsta czynnego do warunków zwiększonego obciążenia. Kompr.Hydr. nr 9, 1961.
32. Pawlowski H.: Morfologia i ekologia *Sphaerotilus natans* Kütz. Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej nr 49, Inżynieria Sanitarna 1, 107, 1961.
33. Sudgen D., Lloyd L.: The Clearing of Turbid Waters by Means of the Ciliate *Carchesium* a Demonstration J.Inst. Sew.Purif. 1, 16, 1950.
34. Liehmann H.: Handbuch der Frischwasser und Abwasser - Biologie, München 1960.
35. Garret T.H., Sawyer C.N.: Kinetic of removal of soluble BOD by Activated Sludge. Proc. 7-th Industrial Waste Conf. Purdue Univ. 1952
36. Eckenfelder W.W., McCabe B.J.: Process Design of Biological Oxidation for Industrial Waste Treatment. Waste Treatment, Pergamon Press, New York 1959.
37. Eckenfelder W.W.: Designing Biological Oxidation Systems for Industrial Wastes. Wastes Eng. 12, 1961.
38. Eckenfelder W.W., Glayna B.J.: Nowe aspekty projektowania biologicznego oczyszczania ścieków. Gaz, Woda i Techn.San. 42, 120, 1966.
39. Kurbiel J. Metoda badania BBT poszczególnych frakcji domieszek w ściekach miejskich. Gaz, Woda i Techn.San. 34, 394, 1960.
40. Gandy A.F.: Shock Loading Activated Sludge with Spent Sulfite Pulp Mill Wastes. J. Water Poll.Control Fed. 34, 124, 1962.
41. Engelbrecht, R.S. & McKinney: Activated Sludge Cultures Developed on Pure Organic Compounds, Sew.Ind.Wastes 22, 1950, 1957.

42. McWhorter T.R., Haskelohian H.: Growth and Endogenous Phases in the Oxidation of Glucose. Advances in Water Pollution Research Vol.2 Pergamon Press Oxford 1964.
43. Weston R.F., Hakenfelder W.W.: Application of Biological Treatment to Industrial Wastes I Kinetics and Equilibria of Oxidative Treatment. Sew. Ind. Wastes 27 , 802, 1955.
44. Paluch J.: Podstawy mikrobiologii przemysłowej Warszawa 1965.
45. Dinsell A.M., Long H.L.: Microbiology and Theory of Activated Sludge. J. Amer. Water Works Assn. 12 , 309, 1923.
46. Agursberg H.P.K., Hatfield W.D.: The Biology of a Sewage Treatment Plant. Sewage Works Journ. 1, 4, 1929.
47. Barritt H.W.: The Ecology of Activated Sludge and the Isolation of a Specific Soluble Substance from the Purified Effluent. Ann. App. Biol. 27, 151, 1940.
48. Stewart H.J.: Activated Sludge Process Variations. The Complete Spectrum. Water and Sewage Works 246, 11, 153, 1964.
49. Gindemuroszk J.: Próba systematyki sposobów biologicznego oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego. San. Woda i Techn. San. 34 1960
50. Królikowski W.: Regulacja stężenia osadu czynnego w komorach napowietrzania Przegląd ICh 1,66, 1963.
51. Mohlman F.W.: Sewage Treatment at Military Installations. Sew. Works J. 18, 707, 1946.
52. Mohlman F.W.: The Sludge Index. Sew. Works J. 6, 119, 1934.
53. Karl Imhoff: Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków - Formelnik Budowlanego i Arch. Warszawa 1957.
54. Henselme R.T. A Rational Approach to the Design of the Activated Sludge Plants. Water and Sew. Works 102 , 487, 1955.
55. Gould R.H.: Sewage Aeration Practice in New York City. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 72, 307, 1953.
56. Gould R.H. Sewage Disposal Problems in the Worlds Largest City. Sew. Ind. Wastes 25, 158, 1953.
57. Lindner W.: Die zwischelfig belobungswertfahen 89 40r Abwasser-

58. Kessener H., Ribbins P.J.: Comparison of Aeration Systems for the Activated Sludge Process. Sewage Works Journ. 6, 423, 1934.
59. Pasveer A.: Research on Activated Sludge II Experiments with Brush Aeration. Sew. Ind. Wastes 25, 1399, 1953.
60. Zbiór feiików syntetycznych wg receptury AKCh Moskwa / informacje uzyskane w Instytucie Gospodarki Komunalnej/
61. Sandy A.J. and Hugelbrecht: Quantitative and Qualitative Shock Loading of Activated Sludge Systems. J. Water Poll. Control Fed. 11, 8, 800, 1961.
62. Ludzack P.J. and Koran D.K.: Tolerances of High Solinities by Conventional Waste Water Treatment Processes. J. Water Poll. Control Fed. 17, 10, 1405 /1965/
63. A. Rodina: Mikrobiologiczne metody badania wód. PWRiL Warszawa 1960
64. Anthony F. Sandy.: Shock Loading Activated Sludge with Spent Sulfito Pulp Mill Wastes. J. Water Poll. Control Fed. 34, 2, 125, 1965.
65. Gonińska E., Dzierżńska M.: Jednokomorowe urządzenia strumieniowe do napowietrzania osadu czynnego. Gaz, Woda i Tech. San. 19, 306, 1965.
66. Gonińska E., Bonasiak K.: Badania nad zdolnością natleniania urządzenia strumieniowego z pochylonym ustawieniem rury tłocznej zasilanej powietrzem o niskim sprężu. Postępy techn. w dziedzinie oczyszcz. ścieków Katowice 1968.
67. Szypowski W., Gonińska E. Możliwość biologicznego doczyyszczania ścieków z Celwiakowy w mieszaninie ze ściekami miejskimi. Postępy techn. w dziedzinie oczyszcz. ścieków Katowice 1963
68. Gonińska E.: Oczyszczanie ścieków miejskich przy użyciu strumieniowcy - Praca doktorska- 1968.
69. Hermanowicz W. Dobrzańska...: Fizyczne - chemiczne badania ścieków miejskich i osadów ściekowych Arkady Warszawa 1967.
70. Standard Methods for the Examination of Water and Sewage 11 New York 1960.
71. Duckstetter W., Idolo H.: Doświadczalne badania biologiczne

71. Ducksteeg W. Thiele H.: Beziehung zwischen biochemischer
Abbauleistung und Reduktasenaktivität von Belebtschlamm
GWZ 102, 46, 13, 1964.
72. Deutsche Einheitungsverfahren zur Wasseruntersuchung Bestimmung
der Toxizität von Abwässern und Abwasser - Inhaltstoffe nach
der Dehydrogenasenaktivität mittels 2,3,5 - Triphenyltetrazolium-
Chlorid /TTC/ Verlag Chemie, 1960.
73. Rudolf Z., Skalsowski K., Bieniada Z.:
I II Konf. Nauk. Techn. Postępy techn. w dziedzinie oczyszczania
ścieków Katowice 1965.

SPIS TABELIC

1. I seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
2. I seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym
3. I seria - Parametry technologiczne w zestawie A - zawartość miedzi 0,2 mg/l Cu
4. I seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A - zawartość miedzi 0,2 mg/l Cu
5. I seria - Parametry technologiczne w zestawie B - zawartość miedzi 0,4 mg/l Cu
6. I seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie B - zawartość miedzi 0,4 mg/l Cu
7. I seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na początku serii
8. I seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na początku serii - zawartość miedzi 0,2 mg/l
9. I seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na początku serii - zawartość miedzi 0,4 mg/l Cu
10. I seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na końcu serii
11. I seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na końcu serii - zawartość miedzi 0,2 mg/l Cu
12. I seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na końcu serii - zawartość miedzi 0,4 mg/l Cu
13. II seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
14. II seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym
15. II seria - Parametry technologiczne w zestawie A - zawartość miedzi 0,5 mg/l Cu
16. II seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A - zawartość miedzi 0,5 mg/l Cu
17. II seria - Parametry technologiczne w zestawie B - zawartość miedzi 0,6 mg/l Cu

18. II seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie B - zawartość miedzi 0,6 mg/l Cu
19. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na początku serii
20. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na początku serii - zawartość miedzi 0,5 mg/l Cu
21. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na początku serii - zawartość miedzi 0,6 mg/l Cu
22. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na końcu serii
23. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na końcu serii - zawartość miedzi 0,5 mg/l Cu
24. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na końcu serii - zawartość miedzi 0,6 mg/l Cu
25. III - seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
26. III seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym
27. III seria - Parametry technologiczne w zestawie A - zawartość miedzi 0,7 mg/l Cu
28. III seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A - zawartość miedzi 0,7 mg/l Cu
29. III seria - Parametry technologiczne w zestawie B - zawartość miedzi 0,8 mg/l Cu
30. III seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie B - zawartość miedzi 0,8 mg/l Cu
31. III seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na początku serii
32. III seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na początku serii - zawartość miedzi 0,7 mg/l Cu
33. III seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na początku serii - zawartość miedzi 0,8 mg/l Cu

34. IV seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
35. IV seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym
36. IV seria - Parametry technologiczne w zestawie A - zawartość niklu 0,1 mg/l H1
37. IV seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A - zawartość niklu 0,1 mg/l H1
38. IV seria - Parametry technologiczne w zestawie B - zawartość niklu 0,2 mg/l H1
39. IV seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie B - zawartość niklu 0,2 mg/l H1
40. IV seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na początku serii
41. IV seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na początku serii - zawartość niklu 0,1 mg/l H1
42. IV seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na początku serii - zawartość niklu 0,2 mg/l H1
43. IV seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na końcu serii
44. IV seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na końcu serii - zawartość niklu 0,1 mg/l H1
45. IV seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na końcu serii - zawartość niklu 0,2 mg/l H1
46. IV seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na początku serii
47. IV seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na końcu serii
48. V seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
49. V seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym
50. V seria - Parametry technologiczne w zestawie A - zawartość niklu 0,4 mg/l H1
51. V seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A - zawartość niklu 0,4 mg/l H1

52. V seria - Parametry technologiczne w zestawie B - zawartość niklu 0,6 ng/l M1
53. V seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie B - zawartość niklu 0,6 ng/l M1
54. V seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowych osadu czynnego w zestawie kontrolnym na początku serii
55. V seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na początku serii - zawartość niklu 0,4 ng/l M1
56. V seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na początku serii - zawartość niklu 0,6 ng/l M1
57. V seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowych osadu czynnego w zestawie kontrolnym na końcu serii
58. V seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na końcu serii - zawartość niklu 0,4 ng/l M1
59. V seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na końcu serii - zawartość niklu 0,6 ng/l M1
60. V seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na początku serii
61. V seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na końcu serii
62. VI seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
63. VI seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym
64. VI seria - Parametry technologiczne w zestawie A - zawartość niklu 0,0 ng/l M1
65. VI seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A - zawartość niklu 0,0 ng/l M1
66. VI seria - Parametry technologiczne w zestawie B - zawartość niklu 0,9 ng/l M1
67. VI seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie B - zawartość niklu 0,9 ng/l M1
68. VI seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na początku serii

69. VI seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowych osadu czynnego w zestawie A na początku serii - zawartość niklu 0,8 mg/l Ni
70. VI seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na początku serii - zawartość niklu 0,9 mg/l Ni
71. VI seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na początku serii
72. VI seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na końcu serii
73. VII seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
74. VII seria - Wyniki ocyszczenia ścieków w zestawie kontrolnym
75. VII seria - Parametry technologiczne w zestawie A - zawartość kadmu 0,2 mg/l Cd
76. VII seria - Wyniki ocyszczenia ścieków w zestawie A - zawartość kadmu 0,2 mg/l Cd
77. VII seria - Parametry technologiczne w zestawie B - zawartość kadmu 0,4 mg/l Cd
78. VII seria - Wyniki ocyszczenia ścieków w zestawie B - zawartość kadmu 0,4 mg/l Cd
79. VII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na początku serii
80. VII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na początku serii - zawartość kadmu 0,2 mg/l Cd
81. VII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na początku serii - zawartość kadmu 0,4 mg/l Cd
82. VII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie kontrolnym na końcu serii
83. VII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie A na końcu serii - zawartość kadmu 0,2 mg/l Cd
84. VII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czynnego w zestawie B na końcu serii - zawartość kadmu 0,4 mg/l Cd
85. VII seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na początku serii
86. VII seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na końcu serii

87. VIII seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
88. VIII seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym
89. VIII seria - Parametry technologiczne w zestawie A -
zawartość kadmu 0,6 mg/l Cd
90. VIII seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A -
zawartość kadmu 0,6 mg/l Cd
91. VIII seria - Parametry technologiczne w zestawie B -
zawartość kadmu 0,8 mg/l Cd
92. VIII seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie B -
zawartość kadmu 0,8 mg/l Cd
93. VIII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czyn-
nego w zestawie kontrolnym na początku serii
94. VIII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czyn-
nego w zestawie A na początku serii - zawartość kadmu 0,6 mg/l Cd
95. VIII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czyn-
nego w zestawie B na początku serii - zawartość kadmu 0,8 mg/l Cd
96. VIII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czyn-
nego w zestawie kontrolnym na początku serii
97. VIII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czyn-
nego w zestawie A na końcu serii - zawartość kadmu 0,6 mg/l Cd
98. VIII seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czyn-
nego w zestawie B na końcu serii - zawartość kadmu 0,8 mg/l Cd
99. VIII seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na początku serii
100. VIII seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na końcu serii
101. II seria - Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym
102. II seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym
103. II seria - Parametry technologiczne w zestawie A -
zawartość kadmu 0,9 mg/l Cd
104. II seria - Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A -
zawartość kadmu 0,9 mg/l Cd

105. II seria - Parametry technologiczne w zestawie B -
zawartość kadmu 1,0 mg/l Cd
106. II seria - Wyniki oznaczania ścieków w zestawie B -
zawartość kadmu 1,0 mg/l Cd
107. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowych osadu
czynnego w zestawie kontrolnym na początku serii
108. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czyn-
nego w zestawie A na początku serii -zawartość kadmu 0,9 mg/l Cd
109. II seria - Wyniki obserwacji makro i mikroskopowej osadu czyn-
nego w zestawie B na początku serii -zawartość kadmu 1,0 mg/l Cd
110. II seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na początku serii
111. II seria - Wyniki pomiarów aktywności osadu na końcu serii

I seria

Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napełnienia	zawartość osadu w komorze napowietrzania	limbka osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ BOD}_5/m^3d$	$g\text{ BOD}_5/m^2os.d$	$mg/l\ O_2$
19.III	1,8	6	2100	86	1072	0,50	2,8
24.III	1,8	6	2230	94	1072	0,40	3,1
29.III	1,8	6	2310	94	1000	0,46	2,9

I seria

Wyniki oceny zanieczyszczenia cieków w zestawie kontrolnym

oznaczenia	jednostki	Ścieki ogółem	Ścieki											
			18.3	19.3	20.3	21.3	22.3	23.3	24.3	25.3	26.3	27.3	28.3	29.3
ciężkowoda	mg/l	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1
utlenialność	mg/l O ₂	92.0	10.5	13.9	16.2	16.4	15.2	19.0	19.1	13.1	14.2	12.2	14.0	16.2
amoniak	mg/l O ₂	250.0	14.0	14.1	13.2	15.6	20.5	20.9	14.2	18.6	21.2	14.9	16.3	26.5
azot azotanowy	mg/l NH ₄	30.0	23.0	25.0	25.0	30.0	25.0	20.0	20.0	13.0	13.0	20.0	16.0	16.0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	0.1	0.4	0.2	0.1	0.2	1.5	0.5	0.2	0.7	1.0	1.0	1.2	1.1
azot azotanowy	mg/l NO ₂	1.0	1.5	1.2	0.1	1.2	0.0	0.04	0.0	0.15	1.0	1.0	1.0	1.0
redukcja BZT ₅	%		95.3	95.3	95.7	94.5	94.9	93.4	93.6	95.7	95.3	95.9	95.3	94.6
redukcja ChZT	%		95.4	95.4	95.1	95.3	94.0	94.0	95.0	94.2	94.0	95.8	96.0	94.0
redukcja utlenialności	%		84.0	84.1	86.0	84.0	90.0	90.0	90.0	92.0	90.0	92.6	90.0	92.0

I seria

Parametry technologiczne w zestawieniu

- zawartość miedzi 0,2 mg/l Cu

data	obciążenie hydrauliczne modelu m^3/m^3d	czas napełnienia	zawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w komorze napowietrzania
		godz	g/m^3	ml/g	$g\ BZT_5/m^3d$	$g\ BZT_5/g\ s.m.o.d$	mg/l O ₂
19.III	1,3	6	2200	92	1067	0,48	2,8
26.III	1,3	6	2320	110	1027	0,47	2,7
29.III	1,3	6	2300	103	1007	0,47	2,9

I seria
Wyniki oceny zanieczyszczenia ścieków w zastawie A
- zawartość miedzi 0,2 mg/l Cu

oznaczenia	jednostki	ścieki surowe	ścieki oczyszczone											
			18.3	19.3	20.3	21.3	22.3	23.3	24.3	25.3	26.3	27.3	28.3	29.3
odczyn	pH	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0	7,2	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
zasadowość	mg/l	6,6	7,5	7,0	7,0	7,0	7,2	7,0	7,0	7,0	7,2	7,0	-	7,0
utlenialność	mg/l O ₂	99,2	29,2	27,8	27,9	24,6	23,3	20,1	22,0	24,6	24,6	22,0	24,2	23,9
BZT ₅	mg/l O ₂	276,0	19,1	19,1	24,3	30,1	36,2	25,1	24,3	28,2	24,5	29,2	49,3	48,2
ChZT	mg/l O ₂	354,4	30,2	34,1	33,2	51,2	51,2	45,1	30,8	33,0	30,1	30,8	37,1	39,0
azot amonowy	mg/l NH ₄	30,0	25,0	30,0	35,0	30,0	30,0	25,0	30,0	43,0	30,0	30,0	25,0	25,0
azot azotanowy	mg/l HNO ₃	ślady	0,1	0,1	0,05	0,1	0,07	0,05	1,0	1,0	1,0	0,9	1,1	1,1
azot azotynowy	mg/l HNO ₂	2,0	0,9	0,7	0,8	1,2	1,2	0,15	3,0	2,5	3,0	2,0	3,0	-
miedź	mg/l Cu	0,2	nb	0,2	nb	nb	nb	0,1	nb	nb	nb	nb	0,1	nb
redukcja BZT ₅	%		93,6	93,6	91,9	90,0	90,6	91,7	91,9	90,6	91,5	90,1	93,6	93,9
redukcja ChZT	%		91,6	90,3	90,0	85,5	85,5	86,8	91,0	90,8	91,8	91,5	89,6	89,0
redukcja utlenialności	%		70,0	72,0	76,0	75,6	76,8	86,0	78,2	75,0	75,0	78,0	76,0	75,8

I seria
Parametry technologiczne w zestawie B
- zawartość miedzi 0,4 mg/l Cu

data	obciążenie hydrauliczne $m^3/m^2 \cdot d$	czas natężenia podciężania	zawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenku w komorze napowietrzania
		godz	g/m^3	ml/g	$g \cdot BZT/m^3 \cdot d$	$g \cdot BZT/g \cdot m^3 \cdot d$	$mg/l \cdot O_2$
19.III	1,8	6	2420	112	1100	0,46	2,4
24.III	1,8	6	2330	113	1030	0,46	2,5
29.III	1,8	6	2500	120	1120	0,44	2,3

5

I seria

wyniki oceny skuteczności leczenia i oceny skuteczności
- uwzględnienie ilości 0,4 mg/l Cu

opis	jednostki	średnia	10.3	19.3	20.3	21.3	22.3	23.3	24.3	25.3	26.3	27.3	28.3	29.3	30.3
odczyn	pH	6,9	7,1	7,1	7,9	7,1	7,2	7,9	7,1	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
stanowisko	mg/l	6,8	-	7,9	7,5	8,4	7,5	6,2	6,1	6,7	6,3	6,6	6,7	6,8	6,8
utlenialność	mg/l O ₂	98,9	55,9	53,1	24,6	31,7	24,5	34,3	28,5	27,2	24,5	19,4	27,1	28,3	27,1
BMT	mg/l O ₂	278,9	21,4	22,1	23,6	33,2	40,1	35,1	30,2	31,1	26,4	25,2	26,9	22,9	-
ChET	mg/l O ₂	353,8	35,8	56,2	56,4	56,4	30,8	43,9	51,9	40,9	46,1	39,1	30,9	35,2	34,3
azot amonowy	mg/l NH ₄	35,9	30,9	35,9	35,9	30,9	35,9	35,9	38,9	25,9	25,9	25,9	25,9	20	-
azot azotanowy	mg/l NO ₃	ślady	0,12	0,1	0,08	0,6	0,07	0,05	0,02	0,1	0,05	0,1	0,2	0,2	0,2
azot azotynowy	mg/l NO ₂	2,9	1,9	0,2	0,09	0,01	0,1	0,05	0,1	1,5	1,5	1,3	1,1	1,5	1,5
miękkie	mg/l Cu	0,4	nb	0,4	nb	nb	nb	0,2	nb	nb	nb	0,1	nb	nb	nb
redukcja BMT	%	93,9	93,9	92,9	91,8	86,9	86,3	88,9	90,9	89,9	91,9	91,2	90,5	88,9	-
redukcja ChET	%	99,2	99,2	94,5	94,5	94,5	91,8	97,5	94,6	90,8	86,5	89,9	89,9	89,1	89,2
redukcja utlenialności	%	44,9	44,9	46,9	74,9	67,9	74,9	65,9	71,9	72,9	74,8	82,9	72,9	71,9	72,5

TABLICA 7

I seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	I danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	430	25,0
<i>Aspidisca costata</i>	270	15,6
<i>Lionotus fasciola</i>	160	9,3
<i>Verticolla</i> sp.	10	0,6
<i>Opercularia microdiscum</i>	10	0,6
<i>Carchesium lechmanni</i>	230	13,4
<i>Epistylis plicatilis</i>	300	17,5
<i>Nematoda</i> sp.	140	8,2
<i>Notifer vulgaris</i>	170	9,8
o g ó l n e	1720	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie żółto-brązowe.

TABLICA 8

I seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii
- zawartość miedzi 0,2 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	360	27,6
<i>Aspidiscoa costata</i>	270	20,8
<i>Lionotus fasciola</i>	140	10,8
<i>Vorticella</i> sp.	10	0,8
<i>Opercularia microdiscum</i>	20	1,6
<i>Carchesium lachmanni</i>	180	13,8
<i>Monotoda</i> sp.	130	10,0
<i>Rotifer vulgaris</i>	150	11,6
<i>Acineta flava</i>	20	1,5
<i>Stylonichia</i> sp.	20	1,5
ogółem	1300	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zawieranie żłoto-brunatne.

TABLICA 9**I seria**

**Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na początku serii
- zawartość miedzi 0,4 mg/l Cu**

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paranassius caudatus</i>	370	28,5
<i>Aspidisca costata</i>	260	20,2
<i>Lionotus fasciola</i>	160	12,4
<i>Verticella sp.</i>	5	0,4
<i>Opercularia microdiscum</i>	15	1,1
<i>Carchesium lachmanni</i>	130	10,0
<i>Senatoda sp.</i>	120	9,5
<i>Rotifer vulgaris</i>	110	8,5
<i>Acineta flava</i>	30	2,3
<i>Stylonychia sp.</i>	40	3,1
ogółem	1290	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie siwo-brunatne.

TABLICA 10

I seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu osynnego
w zestawie kontrolnym na końcu serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	420	30,5
<i>Asydisca costata</i>	310	22,6
<i>Liontus fasciola</i>	170	12,4
<i>Vorticella</i> sp.	10	0,8
<i>Opercularia microrodiscum</i>	10	0,8
<i>Carchesium lachmanni</i>	180	13,2
<i>Keatoda</i> sp.	120	8,8
<i>Rotifer vulgaris</i>	130	9,5
<i>Acineta flava</i>	10	0,7
<i>Stylonychia</i> sp.	10	0,7
ogółem	1370	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbozastą
i zabarwienie siłowo-brunatne.

TABLICA 11

I seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na końcu serii
- zawartość miedzi 0,2 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	310	29,4
<i>Aspidisca costata</i>	200	18,8
<i>Licquetus fasciola</i>	120	11,3
<i>Verticella</i> sp.	10	0,9
<i>Opercularia microdiscum</i>	30	2,8
<i>Cerobesum lachmanni</i>	140	13,2
<i>Nematoda</i> sp.	100	9,4
<i>Rotifer vulgaris</i>	140	13,2
<i>Stylonychia</i>	10	0,9
ogółem	1000	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbziastą
i zabarwienie złoto-brązowe.

TABELA 12

I seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na kłocie nerił
- zawartość miedzi 0,4 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	380	37,2
<i>Lionotus fasciola</i>	110	14,6
<i>Aspidisca costata</i>	110	14,6
<i>Verticella</i> sp.	80	10,6
<i>Opercularia microdiscum</i>	90	12,0
<i>Carchesium lochnanii</i>	20	2,7
Nematoda sp.	10	1,4
<i>Retifer vulgaris</i>	30	4,2
<i>Stylonychia</i> sp.	20	2,7
ogółem	750	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie brązowe.

II SERIA

Parametry technologiczne v sestave kontrolnym

data	občigjenje hydraulizacne modelu	čas mo- povletrna- nja	zavrted osane v ko- necne napo- vletrzanje	indeks osane	občigjenje občigjenosti napo- vletrzanja	občigjenje osane	zavrted osane v ko- necne napo- vletrzanje
	m^3/m^3d	god	m^3	ml/s	m^3/m^3d	m^3/m^3d	m^3/m^3d
30.IV	1,8	6	2460	22	1047	0,42	1,2
5.V	1,8	6	2600	102	1047	0,40	2,9
10.V	1,8	6	2030	87	1040	0,40	3,0

II series

WYNIKI OŚWIADCZEŃIA ŚCIEKÓW V ZESTAWIE KONTROLNYM

oznaczenia	jednostki	Ścieki surowe	ŚCIEKI OŚWIADCZONE												
			23.4	30.4	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5
pH		7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
amoniak	mg/l NH_3	6.7	6.8	6.7	7.0	7.0	6.8	6.9	6.7	7.1	7.0	7.0	6.8	6.8	-
utlenialność	mg/l O_2	100.0	12.5	9.3	10.3	12.1	10.2	13.9	10.0	8.7	9.0	10.1	9.9	10.3	10.0
ChZT	mg/l O_2	232.0	14.6	15.1	14.0	14.9	15.2	15.1	15.3	14.9	15.7	15.2	14.9	14.0	13.9
ChZT	mg/l O_2	351.4	15.7	16.0	15.6	15.4	15.1	15.6	15.4	15.8	16.1	15.9	15.8	15.3	15.0
azot amonowy	mg/l NH_4	30.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
azot azotanowy	mg/l NO_3	0.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	1.2	1.2	1.5	3.0	3.0	3.0	2.0	2.5
azot azotynowy	mg/l NO_2	3.0	3.0	0.1	2.4	1.9	1.5	1.2	1.0	1.1	1.0	1.0	1.2	1.6	1.8
redukcja ChZT	%		95.0	95.0	95.6	95.5	94.9	94.1	94.1	95.5	94.5	94.8	95.5	95.6	95.6
redukcja ChZT	%		95.5	95.5	95.8	95.8	95.8	95.4	95.2	95.7	95.5	95.5	95.7	95.8	95.7
redukcja utlenialności	%		87.8	90.7	89.7	87.9	81.6	86.1	89.2	91.3	91.0	89.9	90.2	89.7	90.0

II серия

Параметры технологического контура А
- севортоса мидеа 0,5 мг/л Cu

data	объемное гидравлическое наполнение	число повторя- ний	свертоса содержание в ко- норсе напо- вещения	индекс содержания	объемное наполнение контурного вращения	объемное содержание	свертоса содержание в ко- норсе напо- вещения
	$\text{м}^3/\text{м}^3\text{д}$	годы	$\text{г}/\text{м}^3$	мл/г	$\text{г}/\text{м}^3\text{д}$	$\text{г}/\text{м}^3\text{д}$	$\text{мг}/\text{л O}_2$
30. IV	1,8	6	2410	110	1125	0,47	2,3
5. V	1,8	6	2220	132	1125	0,49	2,2
10. V	1,8	6	2220	129	1125	0,51	2,4

II seria

WYNIKI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W ZESTAWIE A
- zawartość miedzi 0,5 mg/l Cu

oznaczenia	jednostki	skoki surogo	skoki oczyszczono											
			23.4	30.4	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5
odczyt	pH	7.1	7.1	7.3	7.2	7.1	7.1	7.2	7.3	7.1	7.2	7.2	7.2	7.3
zawartość	mg/l	6.9	7.5	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5	7.7	7.6	7.2	6.9	7.1	7.4
utlenialność	mg/l O ₂	102.0	18.2	18.1	22.4	22.0	21.9	20.0	19.8	21.0	20.6	20.1	20.1	19.7
BZT ₅	mg/l O ₂	282.0	23.3	25.2	39.5	26.2	28.2	27.9	26.3	25.2	24.4	25.1	24.5	24.5
ChZT	mg/l O ₂	351.4	35.2	37.2	36.8	48.3	39.9	25.6	22.0	22.4	23.1	16.0	25.6	25.6
azot amonowy	mg/l N NH ₄	35.0	8.0	10.0	15.0	12.0	25.0	20.0	15.0	0.13	10.0	10.0	10.0	12.3
azot azotanowy	mg/l N NO ₃	śledy	3.0	2.0	1.5	1.0	3.0	1.0	1.5	3.0	3.0	2.0	2.0	0.5
azot azotynowy	mg/l N NO ₂	1.5	1.5	0.1	1.0	1.2	0.2	1.8	1.5	2.4	1.5	1.8	1.8	1.2
niedzi	mg/l Cu	0.5	nb	0.4	nb	nb	nb	0.2	nb	nb	nb	nb	0.1	nb
redukcja BZT ₅	%		92.0	91.3	90.9	86.8	91.1	90.0	90.1	91.1	91.3	91.8	91.3	91.0
redukcja ChZT	%		90.0	90.5	91.2	86.2	88.6	92.2	92.0	94.0	93.1	92.2	95.2	92.2
redukcja utlenialność	%		82.1	82.2	82.5	78.0	78.4	78.5	80.4	80.6	79.4	79.8	80.5	80.7

II seria

Parametry technologiczne w zestawie B
- zawartość miedzi 0,6 mg/Cu

data	obciążenie hydrauliczne sedła	czas podetrucia	zawartość osadu w normie napowietrzania	indeks osadu	obciążenie obrotowe osadnika napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w normie napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	m^3	ml/g	$g BOD_5/m^3d$	$g BOD_5/g o.m. os.d$	$mg/l O_2$
30.IV	1,8	6	2510	110	1160	0,46	2,2
5.V	1,8	6	2400	141	1160	0,48	2,1
10.V	1,8	6	2210	143	1160	0,52	2,1

II seria

Wyniki oceny zanieczyszczenia ścieków w zestawie 2
- zawartość miedzi 0,6 mg/l Cu

opis	jeden	składowe									
		29.4	29.4	30.4	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.4	37.4
pH		7.1	7.2	7.2	7.1	7.1	7.1	7.2	7.1	7.2	7.1
azotanowy	mg/l	6.9	7.1	7.3	6.9	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9	7.4
utlenialność	mg/l O ₂	40.0	45.2	47.3	47.4	47.3	47.4	47.3	47.4	47.3	49.6
azot	mg/l O ₂	25.0	31.0	30.4	33.2	40.3	36.3	32.7	34.7	31.5	32.4
azot	mg/l O ₂	353.6	36.7	40.6	44.3	56.0	50.8	51.2	51.0	50.7	49.1
azot	mg/l NH ₄	25.0	12.0	10.0	12.0	15.0	18.0	15.0	12.0	10.0	10.0
azot azotanowy	mg/l HNO ₃	Alady	0.5	0.5	0.8	0.1	1.0	1.3	1.0	1.5	1.2
azot azotynowy	mg/l HNO ₂	-	1.0	1.0	2.0	4.0	0.8	1.2	0.8	4.0	3.0
miękkie	mg/l Cu	0.6	0.6	nb	nb	nb	0.4	nb	nb	nb	nb
redukcja BZT ₅	%	88.8	89.2	89.2	87.5	88.8	87.1	88.6	88.0	89.0	88.6
redukcja ChZT	%	89.6	88.5	88.5	88.2	87.9	85.6	85.5	85.5	85.6	86.1
utlenialność	%	83.2	74.3	83.9	80.2	80.6	80.5	81.8	81.8	81.8	81.3

TABELA 19

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	430	31,9
<i>Aspidiscus costata</i>	210	15,6
<i>Lionotus fasciola</i>	190	14,2
<i>Vorticella</i> sp.	20	1,5
<i>Carchesium laciniatum</i>	140	10,4
<i>Opercularia microdiscus</i>	250	21,5
<i>Monocoda</i> sp.	10	0,7
<i>Epistylis plicatilis</i>	10	0,7
<i>Acineta flava</i>	10	0,7
<i>Stylonychia</i> sp.	20	1,4
<i>Notifer vulgaris</i>	20	1,4
ogółem	1350	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie złoto-brunatne.

TABLICA 20

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii

- zawartość miedzi 0,5 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	50	9,4
<i>Aspidisca costata</i>	150	28,2
<i>Lionotus fasciola</i>	110	20,8
<i>Verticella</i> sp.	10	2,0
<i>Opercularia microdiscus</i>	150	28,2
<i>Carchesium lachmanni</i>	10	1,9
<i>Dematoda</i> sp.	10	1,9
<i>Retifer vulgaris</i>	20	3,8
<i>Stylonychia</i> sp.	20	3,8
ogółem	530	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą,
i zabarwienie siwo-brązowe.

TABLICA 21

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na początku serii
- zawartość miedzi 0,6 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Aspidisca costata</i>	150	41,8
<i>Licnopus fasciola</i>	110	30,5
<i>Zetifer vulgaris</i>	20	5,5
<i>Nematoda</i> sp.	20	5,5
<i>Verticella</i> sp.	10	2,8
<i>Opercularia microdiscum</i>	50	13,9
ogółem	360	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie siwo-brunatne.

TABLICA 22

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na końcu serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	40	8,3
<i>Aspidisca costata</i>	160	32,6
<i>Lionotus fasciola</i>	120	24,6
<i>Verticella</i> sp.	10	2,0
<i>Opercularia microdiscus</i>	100	20,3
<i>Carchesium lachmanni</i>	10	2,0
<i>Nematoda</i> sp.	10	2,0
<i>Rotifer vulgaris</i>	20	4,1
<i>Stylonychia</i> sp.	20	4,1
ogółem	490	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie siwo-brunatne.

TABLICA 23

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na końcu serii
- zawartość miedzi 0,5 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Vorticella sp.	30	6,8
Opercularia microdiscum	90	20,5
Henatoda sp.	40	9,0
Retifer vulgaris	160	36,4
Lienotus fasciola	30	6,8
Aspidisca costata	70	16,0
Paramecium caudatum	20	4,5
o g ó l n e	440	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie brunatne.

TABLICA 24

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowych osadu czynnego
w zestawie B na końcu serii
- zawartość miedzi 0,6 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Rotifer vulgaris	160	44,3
Aspidiscus costata	40	11,0
Keratoda sp.	40	11,0
Opercularia microdiscum	90	25,0
Vorticella sp.	30	8,7
ogółem	360	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie szare.

III seria

Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napowietrzania	zwartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zwartość tlenku w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ osadu}/m^3d$	$g\text{ osadu}/g\text{ s.m.osadu}$	$mg/l\ O_2$
20.V	1,8	6	3100	105	1070	0,35	3,0
25.V	1,8	6	3210	109	1075	0,34	2,9
30.V	1,8	6	2990	121	1075	0,37	3,1

III seria

parametry technologiczne w zestawie A
- zawartość miedzi 0,7 mg/kg

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napełnienia	zawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w komorze napowietrzania
	$m^3/m^2 \cdot d$	godz	g/m^3	ml/g	$g BOD_5/m^3 \cdot d$	$g BOD_5/g S.R. CZ.d$	$mg/l O_2$
20.V	1,8	6	2700	127	1150	0,42	2,1
25.V	1,8	6	2530	130	1150	0,46	2,0
30.V	1,8	6	2340	130	1150	0,50	2,2

III seria

Wyniki oceny stanu jakości wody w rejonie A
- zawartość miedzi 0,7 mg/l Cu

czynniki	jednostki	miesiące											
		20.5	21.5	22.5	23.5	24.5	25.5	26.5	27.5	28.5	29.5	30.5	31.5
temperatura	°C	7.1	7.3	7.2	7.1	7.2	7.1	7.1	7.0	7.0	7.1	7.2	7.1
rozpuszczalność tlenu	mg/l	6.8	7.4	6.9	6.8	7.2	7.1	7.3	7.2	6.8	6.8	6.9	7.0
utlenialność	mg/l O ₂	99.0	20.1	20.9	27.3	26.5	26.7	25.1	25.4	26.2	21.8	25.2	24.0
BZT ₅	mg/l O ₂	288.0	30.9	33.9	36.3	37.1	35.2	34.7	35.4	33.6	32.9	31.9	32.1
ChZT	mg/l O ₂	353.6	42.3	42.2	60.8	56.7	57.0	55.4	55.2	56.0	59.0	58.7	58.0
azot amonowy	mg/l N _{NH4}	30.0	25.0	30.0	30.0	30.0	25.0	20.0	20.0	20.0	25.0	20.0	20.0
azot azotanowy	mg/l N _{NO3}	0.1	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.5	0.5	1.0	0.1	0.1	0.1
azot azotynowy	mg/l N _{NO2}	4.0	3.0	2.5	3.0	2.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.0
miedź	mg/l Cu	0.7	0.7	nb	0.6	nb	nb	0.5	nb	nb	nb	0.4	nb
redukcja BZT ₅	%	93.0	87.5	88.5	87.4	87.0	87.6	87.7	87.6	88.5	88.9	89.0	89.0
redukcja ChZT	%	88.0	87.5	88.0	82.8	83.9	83.7	84.3	84.3	84.2	83.5	83.6	83.7
redukcja utlenialności	%	80.0	80.2	79.0	72.5	73.3	73.1	74.7	74.0	73.6	75.1	74.6	75.9

III seria

Parametry technologiczne w zestawie B
- zawartość miedzi od mg/l Cu

data	obciążenie hydrauliczne rurociągu	czas napełnienia	zawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w komorze napowietrzania
	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	godz	g/m^3	ml/g	$\text{g BOD}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$	$\text{g BOD}_5/\text{g s.m. os. d}$	mg/l O_2
20.V	1,8	6	2300	162	1160	0,50	1,8
22.V	1,8	6	2000	150	1160	0,57	2,0
30.V	1,9	6	1820	218	1160	0,62	1,6

III seria

Wyniki oznaczenia folioków w zestawie 3
- zawartość miedzi 0,8 mg/cu

oznaczenia	jednostki	dotyk surowce	folioki oznaczone											
			20.5	21.5	22.5	23.5	24.5	25.5	26.5	27.5	28.5	29.5	30.5	
odczyt	µA	7.1	7.2	7.3	7.4	7.2	7.1	7.2	7.3	7.2	7.1	7.1	7.2	7.2
utlenianie	mg/l O ₂	100.0	22.0	24.6	25.2	27.6	27.8	28.1	26.6	25.9	25.3	27.0	26.2	26.2
BZT ₅	mg/l O ₂	290.0	36.2	39.1	40.9	44.3	40.8	39.7	38.3	40.1	42.2	44.9	44.0	44.0
ChZT	mg/l O ₂	350.4	40.4	41.2	56.8	68.4	68.0	59.3	58.0	58.0	56.4	57.1	53.6	53.6
azot azotowy	mg/l H ₂ N ₄	35.0	30.0	30.0	30.0	25.0	30.0	30.0	25.0	20.0	25.0	25.0	25.0	25.0
azot azotowy	mg/l H ₂ O ₃	41.4	0.1	0.1	0.07	0.05	0.05	0.07	0.5	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
azot azotowy	mg/l H ₂ O ₂	1.5	2.0	1.5	2.5	3.0	2.5	2.0	2.0	3.0	1.5	0.5	0.5	0.5
biode	mg/l Cu	0.8	0.8	nb	nb	nb	0.6	nb	nb	nb	0.5	nb	nb	nb
redukcja BZT ₅	%	87.2	86.1	83.0	84.3	86.2	86.2	86.2	86.8	86.0	85.8	84.1	84.0	84.0
redukcja ChZT	%	88.5	88.2	83.8	80.4	80.6	83.0	83.0	83.4	83.4	83.9	83.7	84.7	84.7
redukcja utlenianie	%	79.5	77.2	76.9	74.6	74.3	74.0	74.0	75.4	76.0	76.3	75.0	75.2	75.2

TABLICA 31

III seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	510	41,1
<i>Aspidisca costata</i>	240	19,3
<i>Lionotus fasciola</i>	130	10,5
<i>Vorticella</i> sp.	20	1,6
<i>Opercularia microdiscum</i>	20	1,6
<i>Carchesium lachmanni</i>	100	14,5
<i>Epistylis plicatilis</i>	120	9,8
<i>Acineta flava</i>	20	1,6
ogółem	1240	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie zielono-brązowe.

TABLICA 32

III seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii
- zawartość miedzi 0,7 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Retifer vulgaris</i>	160	36,3
<i>Aspidiscus costata</i>	70	15,9
<i>Lionotus fasciola</i>	30	6,8
<i>Hexatoda</i> sp.	40	9,1
<i>Paramecium caudatum</i>	20	4,6
<i>Opercularia microdiscum</i>	90	20,5
<i>Verticella</i> sp.	30	6,8
ogółem	440	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbozostą
i zabarwienie szare.

TABLICA 33

III seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na początku serii
- zawartość miedzi 0,8 mg/l Cu

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Rotifer vulgaris	100	56,2
Hamatoda sp.	50	15,6
Vorticella sp.	20	6,2
Opercularia microdiscum	30	9,5
Idonotus fasciola	40	12,5
ogółem	320	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbziastą
i zabarwienie ciemno-szare.

IV seria

Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napełnienia	zwartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zwartość tlenu w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ }O_2/m^3d$	$g\text{ }O_2/g\text{ osad.d}$	$mg/l\text{ }O_2$
23.6	1,8	6	3509	76	1089	0,34	2,6
26.6	1,8	6	3704	106	1089	0,324	2,6
1.7	1,8	6	4090	73	1080	0,292	2,6

IV серия

Результаты исследования скважин в составе контрольных

обозначения	единицы	селективный анализ	селективный анализ									
			22.6	22.6	23.6	24.6	25.6	26.6	27.6	28.6	29.6	30.6
общая			7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0
окисляемость			101.0	20.8	18.1	17.8	16.8	17.5	15.2	17.9	17.6	14.3
БПК ₅			263.0	16.9	15.3	18.2	18.7	17.9	19.1	20.2	18.3	18.8
ХПК			340.0	20.3	22.1	20.2	24.3	24.0	20.1	25.2	23.1	18.0
азот аммонийный			30.0	16.0	16.0	20.0	20.0	30.0	16.0	25.0	20.0	20.0
азот азотный			0.1	0.12	0.10	0.03	0.02	0.05	0.2	0.1	0.1	0.15
азот азотный			3.0	10.0	10.0	12.0	10.0	8.0	8.0	13.0	16.0	22.0
редукция БПК ₅				93.7	94.3	93.2	93.0	93.3	93.0	92.4	93.2	93.0
редукция ХПК				94.0	93.6	94.0	93.0	93.0	94.0	92.8	93.2	96.3
редукция окисляемости				79.4	82.1	82.3	83.3	82.7	84.9	82.3	82.7	85.8

IV серия

Параметры технологических установок в составе А
- заварочной печи 0,1 м³/ч

	объем гидравлической модели	число на- появлений на м ²	заварочная печь в ко- нечном на- появлении	индекс м ² /ч	объем гидравлической модели	объем гидравлической модели	заварочная печь в ко- нечном на- появлении
	м ³ /м ²	год	г/м ³	м ² /ч	г/м ³	г/м ³	г/м ³
23.6	1.8	6	3517	84	1007.5	0.33	2.8
26.6	1.7	6	3420	84	1020	0.30	2.6
1.7	1.8	6	3531	85	1035	0.33	2.6

IV seria

Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie A
- zawartość niklu 0,1 mg/l Ni

oznaczenia	jednostki	ściółki surowe	ściółki oczyszczone									
			22.6	23.6	24.6	25.6	26.6	27.6	28.6	29.6	30.6	4.7
odczyn	ml	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
utlenialność	mg/l O ₂	90.0	16.0	45.3	16.1	16.4	15.8	15.3	16.6	18.2	14.4	12.2
BZT ₅	mg/l O ₂	271.0	17.1	15.8	17.0	19.2	18.3	18.6	18.3	18.0	18.1	17.9
ChZT	mg/l O ₂	330.0	21.0	24.2	26.3	35.2	20.8	22.1	20.9	21.8	22.2	25.6
azot amonowy	mg/l NH ₄	30.0	20.0	20.0	20.0	22.0	22.0	20.0	18.0	20.0	20.0	20.0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	0.1	0.12	0.10	0.08	0.03	0.03	0.07	0.10	0.10	0.12	0.12
azot azotanowy	mg/l NO ₂	3.0	8.0	10.0	10.0	13.0	16.0	16.0	13.0	10.0	10.0	10.0
nikiel	mg/l Ni		0.1	nb	nb	nb	nb	0.05	nb	nb	nb	nb
redukcja BZT ₅	%		93.3	94.0	93.3	92.8	92.8	92.8	93.0	94.0	94.0	94.0
redukcja ChZT	%		94.0	93.0	92.0	89.9	93.9	93.4	93.7	93.5	93.4	92.5
redukcja utlenialności	%		83.7	85.0	83.7	83.5	84.0	85.0	83.0	84.6	85.0	88.0

IV seria

Parametry technologiczne w zestawio B
- zawartość niklu 0,2 mg/l Ni

	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napełnienia	zawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ BOD}_5/m^3d$	$g\text{ BOD}_5/g\text{ m.o.s.d}$	$mg/l\ O_2$
23.6	1.8	6	3093	85	1075	0.35	2.6
26.6	1.8	6	3040	96	1073	0.36	2.5
1.7	1.7	6	2042	104	1012	0.36	2.4

IV serija

Rezultati ispitivanja koncentracije u sastavu B
- uvertetke u skladu s 0,2 mg/l ml

oznaczenia	jednostki	60 dni sumowa	0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0										
			22.6	22.6	23.6	24.6	25.6	26.6	27.6	28.6	29.6	30.6	1.7
odczyn	pH		6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
utlenialność	mg/l O ₂	99.6	21.1	21.6	14.0	13.5	20.6	19.2	19.0	18.4	18.3	18.0	18.0
BZT ₅	mg/l O ₂	272.2	17.3	18.1	18.0	26.0	21.3	22.0	20.9	22.3	21.9	21.3	21.3
CH ₂	mg/l O ₂	343.0	35.2	25.6	32.0	52.1	34.0	33.8	36.1	35.2	29.1	29.1	29.1
azot amonowy	mg/l NH ₄	30.0	20.0	20.0	22.0	20.0	20.0	20.0	16.0	25.0	28.0	28.0	28.0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	61.0	0.12	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06
azot azotynowy	mg/l NO ₂	2.0	10.0	12.0	15.0	12.0	12.0	10.0	17.0	20.0	8.0	8.0	8.0
nikiel	mg/l Ni		0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
redukcja BZT ₅	%		95.6	93.1	93.1	90.4	92.3	92.0	92.2	92.0	92.0	92.0	92.0
redukcja CH ₂	%		89.9	92.9	91.0	85.0	90.0	90.0	89.3	89.9	91.3	91.7	91.7
redukcja utlenialności	%		77.0	78.3	85.9	85.4	79.3	80.4	80.4	81.3	81.7	80.4	80.4

IV seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	410	36,6
<i>Aspidisca costata</i>	440	12,5
<i>Lionotus fasciola</i>	100	8,9
<i>Vorticella</i> sp.	160	14,2
<i>Renatella</i> sp.	40	3,6
<i>Stylonychia</i> sp.	60	5,4
<i>Pedophrys fixa</i>	40	3,6
<i>Epistylis plicatilis</i>	60	5,4
<i>Acineta flava</i>	40	3,6
<i>Rotifer vulgaris</i>	30	2,6
<i>Carchesium epistylis</i>	40	3,6
ogółem	1420	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i
zabarwienie siwo-brunatne.

TABLICA 41

IV seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii
- zawartość niklu 0,1 mg/l Ni

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Aspidisca costata	300	23,5
Colpidium colpoda	50	4,0
Rhabdostyla ovum	20	1,5
Verticella sp.	70	5,5
Paranacisus caudatus	110	8,7
Stylonychia sp.	100	7,9
Rotifer vulgaris	300	23,5
Nematoda sp.	20	1,6
Lionotus fasciola	40	3,1
Podophrya fixa	80	6,4
Acineta flava	40	3,1
Opercularia microdium	130	10,2
Oxytricha fallax	10	1,0
ogółem	1270	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i
zabarwienie złoto-brązowe.

TABLICA 42

IV seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w rezerwuarie B na początku serii
- zawartość niklu 0,2 mg/l Ni

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	170	13,8
<i>Monatoda</i> sp.	60	4,9
<i>Gymnocaularia microdiscum</i>	90	7,3
<i>Rhabdostylla ovum</i>	60	4,9
<i>Carchesium lachmanni</i>	60	4,9
<i>Epistylis plicatilis</i>	120	9,8
<i>Podophrya fixa</i>	60	4,9
<i>Rotifer vulgaris</i>	200	16,1
<i>Stylonychia</i> sp.	210	17,0
<i>Colpidium colpoda</i>	130	10,6
<i>Verticella</i> sp.	70	5,8
ogółem	1230	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i
zabarwienie szaro-brunatne.

IV seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na końcu serii

Organizmy	Ileść osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	350	35,0
<i>Aspidisca costata</i>	110	10,8
<i>Lionotus fasciola</i>	180	17,6
<i>Vorticella</i> sp.	160	15,7
<i>Monocista</i> sp.	20	1,9
<i>Stylonychia</i> sp.	50	4,8
<i>Podophrya fixa</i>	40	3,8
<i>Epistylis plicatilis</i>	40	3,8
<i>Acinota flava</i>	20	1,9
<i>Rotifer vulgaris</i>	30	2,8
<i>Carchesium epistylis</i>	20	1,9
o g ó ł e m	1020	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i
zabarwienie złoto-brunatne.

IV seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na końcu serii
- zawartość nikielu 0,1 mg/l ml

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Aspidisca costata</i>	290	23,0
<i>Celpidium celpoda</i>	40	3,1
<i>Rhabdiostyla ovum</i>	20	1,6
<i>Verticella</i> sp.	40	3,1
<i>Paramecium caudatum</i>	90	7,2
<i>Stylonychia</i> sp.	160	12,6
<i>Retifer vulgaris</i>	380	30,0
<i>Eumetoda</i> sp.	10	0,8
<i>Lionetus fasciola</i>	20	1,6
<i>Podophrya fixa</i>	70	5,5
<i>Aclineta flava</i>	20	1,6
<i>Opercularia microdiscum</i>	120	9,1
<i>Oxytricha fallax</i>	10	0,8
o g ó l n e	1270	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gębszą i
zabarwienie złoto-brunatne.

IV seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czysanego
w zestawie B na koncu serii
- zawartość niklu 0,2 mg/l Ni

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Paramecium caudatum	470	34,0
Nematoda	60	4,3
Oporcularia microdiscum	70	5,0
Rhabdostyla ovum	40	2,9
Epistylis plicatilis	100	7,2
Podophrya fixa	30	2,2
Rotifer vulgaris	180	13,0
Stylonychia sp.	290	21,0
Colpidium colpoda	90	6,5
Vorticella sp.	50	3,9
ogółem	1380	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i
zabarwienie złoto-brązowe.

IV seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na początku serii

Skład	Ilość osadu ml	Ilość PTO ml	Czas inkubacji min.	Ekstynkcja	Ekstynkcja śr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,597	
	1	1	60	0,595	0,590
	1	1	60	0,775	
A 0,1 mg/l H ₂	1	1	60	0,603	
	1	1	60	0,541	0,632
	1	1	60	0,652	
B 0,2 mg/l H ₂	1	1	60	0,551	
	1	1	60	0,510	0,503
	1	1	60	0,648	

Tablica 47

IV seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na końcu serii

Skład	Ilość osadu ml	Ilość PTO ml	Czas inkubacji min.	Ekstynkcja	Ekstynkcja śr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,712	
	1	1	60	0,503	0,711
	1	1	60	0,918	
A 0,4 mg/l H ₂	1	1	60	0,172	
	1	1	60	0,105	0,206
	1	1	60	0,341	
B 0,6 mg/l H ₂	1	1	60	0,152	
	1	1	60	0,109	0,198
	1	1	60	0,333	

V serija

Parametry tehnologične v sestavi kontrolnim

data	občutljivost hydraulicne zadela	čas na- povedanja	temperatura v ko- morni napo- vitrzanja	indeks osoda	občutljivost objektov napo- vitrzanja	občutljivost osoda	temperatura v ko- morni napo- vitrzanja
	m^3/m^3d	god	$^{\circ}C$	m^3/t	g/m^3	g/m^3	m^3/m^3
21.7	1.7	6		104	4036	0.25	2.8
23.7	1.7	6		100	3411	0.30	2.8
30.7	1.7	6		95	3600	0.28	2.7

47

V SERIA
WYNIKI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W ZASTANOWIE KONTROLNYM

czyszczenia	jednostki	ścieki urowe	ścieki oczyszczono									
			20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.7	28.7	29.7
odczyt		7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0
utlenialność		96.0	13.4	13.6	9.6	10.0	11.5	11.5	10.5	10.6	10.6	12.2
BZ ₅	mg/l O ₂	265.0	12.2	13.0	12.4	12.6	12.1	13.1	12.3	12.5	12.0	12.0
ChZT	mg/l O ₂	340.0	34.4	34.0	31.6	30.4	29.6	28.0	31.6	30.8	30.0	30.3
azot amonowy	mg/l NH ₄	25.0	15.0	15.0	8.0	9.0	15.0	15.0	15.0	15.0	10.0	10.0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	0.5	0.5	0.07	0.5	0.1	0.3	0.1	0.1	0.07	0.1	0.05
azot azotynowy	mg/l NO ₂	2.0	10.0	8.0	12.0	12.0	8.0	20.0	20.0	20.0	12.0	22.0
redukcja BZ ₅	%		95.2	95.0	95.1	95.2	95.3	95.0	95.2	95.2	95.4	95.4
redukcja ChZT	%		90.0	90.0	90.7	91.0	91.3	91.8	90.7	91.0	91.0	91.0
redukcja utlenialności	%		90.4	86.0	86.0	90.0	90.0	88.0	87.6	88.6	89.1	87.3

u s o r i a
P a r a m e t r y t e c h n o l o g i c z n e w z e s t a w i e A
- s a w a r t o d e n i k i u 0,4 m g / l m l

data	obciążenie hydrauliczne	czas napełnienia	sawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	sawartość tlenu w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g BZT_5/m^3d$	$g BZT_5/g s.m.os.d$	$mg/l O_2$
21.7	1,7	6	3010	84	1025	0,34	2,2
25.7	1,7	6	2920	101	1025	0,35	2,0
30.7	1,7	6	2560	112	1025	0,35	2,1

V e r s i a

V y n i k i o c z y s z c z e n i a f e l i o k ó w v z e s t a w i o A
- z a w a r t o 6 6 m i k r o 0,4 m g / l m

oznaczenia	jednostki	średni miesięc	średni miesięc												
			20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.7	28.7	29.7	30.7	31.7	
odcyn	pH	7.2	7.1	7.1	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.1	7.0	7.0	7.1	7.0
utlenialność	mg/l O ₂	102.4	20.0	18.4	18.0	24.5	16.0	16.1	15.8	17.3	16.8	17.0	15.1	15.0	15.0
BZT ₅	mg/l O ₂	276.4	21.4	20.0	22.1	19.4	35.3	25.3	20.8	20.0	20.0	18.6	19.1	21.8	20.8
ChZT	mg/l O ₂	338.6	38.4	35.1	44.7	37.6	32.1	36.5	30.6	31.7	40.0	32.3	34.1	35.1	35.1
azot amonowy	mg/l NH ₄	30.0	18.0	18.0	16.0	20.0	18.0	20.0	22.0	20.0	20.0	20.0	22.0	22.0	22.0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	61.0	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01
azot azotynowy	mg/l NO ₂	2.0	24.0	24.0	8.0	8.0	8.0	4.0	4.0	10.0	10.0	10.0	20.0	20.0	20.0
nikel	mg/l Ni	0.4	nb	0.3	nb	nb	0.2	nb	nb	nb	nb	nb	0.2	nb	nb
redukcja BZT ₅	%		92.2	93.8	92.0	93.0	87.2	90.8	92.4	92.7	93.2	93.1	92.3	92.4	92.4
redukcja ChZT	%		88.6	89.6	86.8	88.9	90.5	89.2	90.9	90.6	88.2	90.5	90.0	89.6	89.6
redukcja utlenialność	%		80.4	82.0	82.4	76.1	84.3	84.3	84.5	83.1	83.6	83.4	85.2	85.2	85.2

V seria

Parametry technologiczne w zestawie B
- zawartość niklu 0,6 mg/l Ni

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napełnienia	zawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w komorze napowietrzania
	$\text{m}^3/\text{m}^3\text{d}$	godz	g/m^3	ml/g	$\text{g BZT}_5/\text{g d}$	$\text{g BZT}_5/\text{g s.s. os. d}$	mg/l O_2
21.7	1,7	6	2920	108	1030	0,37	2,2
25.7	1,7	6	2270	119	1067	0,47	1,6
30.7	1,7	6	2010	172	1063	0,53	1,7

V O B I R

W Y N I K I O C Z Y S T A W I E N I A L O S I O K W V K O N T A W I O 3
- K A W A R T O W E N I K I U 0,6 M G / L M I

oznaczenia	jednostki	liczki surowe	liczki oczyszczone													
			20.7	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.7	28.7	29.7	30.7	31.7	1.8
odczyt	pH	7.2	7.2	7.2	7.3	7.2	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3
utlenialność	mg/l O ₂	102.0	9.4	13.4	6.2	11.1	10.3	10.3	24.7	21.5	38.9	29.9	28.8	26.7	27.0	25.3
BZT ₅	mg/l O ₂	236.0	30.1	36.3	36.0	57.4	29.3	29.3	25.1	25.0	29.3	28.7	30.4	32.5	32.4	34.6
ChZT	mg/l O ₂	351.0	44.4	64.0	67.2	73.6	68.0	68.0	68.0	67.6	62.8	61.7	63.2	70.1	69.4	62.6
azot amonowy	mg/l NH ₄	35.0	20.0	17.0	17.0	25.0	17.0	17.0	10.0	10.0	12.0	15.0	15.0	17.0	17.0	15.0
azot amonowy	mg/l NH ₃	ciady	0.7	0.7	0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	0.06	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5
azot azotynowy	mg/l NH ₂	3.0	5.0	8.0	6.0	0.6	9.0	9.0	4.0	8.0	8.0	6.0	6.0	5.0	6.0	6.0
nikiel	mg/l Ni	0.6	nb	nb	0.5	nb	nb	nb	nb	nb	0.4	nb	nb	nb	0.3	nb
redukcja BZT ₅	%		89.6	86.8	86.8	76.6	90.0	90.0	91.4	91.4	90.0	90.0	89.5	88.7	88.7	88.0
redukcja ChZT	%		87.4	81.9	80.9	79.0	86.3	86.3	86.3	83.5	73.5	82.4	79.3	80.0	80.1	82.3
redukcja utlenialności	%		90.7	86.8	91.9	89.1	90.0	90.0	75.8	78.9	61.8	70.6	71.8	73.8	73.5	75.2

V seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Verticella</i> sp.	700	13,6
<i>Carchesium epistylis</i>	540	10,5
<i>Epistylis plicatilis</i>	430	8,3
<i>Carchesium lechmanni</i>	550	10,6
<i>Pedophrya fixa</i>	50	0,9
<i>Rotifer vulgaris</i>	500	9,7
<i>Aspidisca costata</i>	1380	26,6
<i>Stylonychia</i> sp.	70	1,4
<i>Lionetus fasciola</i>	60	1,2
<i>Henatoda</i> sp.	120	2,3
<i>Colpidium colpoda</i>	630	12,2
<i>Tubifex rivulorum</i>	50	1,0
<i>Opercularia microdiscum</i>	80	1,5
<i>Paramecium caudatum</i>	10	0,2
ogółem	5170	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbчатą i
zabarwienie złoto-brunatne.

TABLICA 55

V seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii
- zawartość niklu 0,4 mg/l H₂O

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Aspidisca costata</i>	1400	53,0
<i>Paramecium caudatum</i>	190	18,5
<i>Rotifer vulgaris</i>	460	17,4
<i>Opercularia microdiscum</i>	170	6,4
<i>Verticolla</i>	70	2,7
<i>Stylonychia</i> sp.	20	0,7
<i>Lionotus fasciola</i>	20	0,7
<i>Carchesium epistylis</i>	10	0,3
<i>Tubifex rivulorum</i>	10	0,3
o g ó ł o n	2650	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie szaro-brunatne.

V seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czarnego
w zestawie B na początku serii
- zawartość niklu 0,6 mg/l Ni

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Stylonychia</i> sp.	20	5,4
<i>Vorticella</i>	50	13,5
<i>Pedophrya</i> fixa	20	5,4
<i>Rotifer vulgaris</i>	50	13,5
<i>Lionotus fasciola</i>	40	10,8
<i>Aspidiscus costata</i>	30	8,1
<i>Carchesium lachmanni</i>	70	19,0
<i>Opercularia microdiscum</i>	10	2,7
<i>Nematoda</i> sp.	20	5,4
<i>Paramecium caudatum</i>	20	5,4
<i>Acineta flava</i>	20	5,4
<i>Epistylis plicatilis</i>	20	5,4
ogółem	370	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbzonastą
i zabarwienie siwo-brunatne.

TABLICA 57

V seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na końcu serii

Organizmy	Ilość osobników w 4 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	120	6,3
<i>Vorticella</i> sp.	230	9,8
<i>Epistylis plicatilis</i>	260	9,1
<i>Aspidisca costata</i>	890	31,0
<i>Limonas fasciola</i>	60	2,1
<i>Podophrya fixa</i>	70	2,4
<i>Carchesium lachmanni</i>	320	11,2
<i>Colpidium colpoda</i>	480	16,8
<i>Opercularia microdissum</i>	80	2,8
<i>Carchesium epistylis</i>	240	8,6
ogółem	2860	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gębszą
i zabarwienie szaro-brązowe.

TABLICA 58

V seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na końcu serii
- zawartość niklu 0,4 mg/l Ni

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Aspidisca costata</i>	320	19,5
<i>Rotifer vulgaris</i>	160	10,2
<i>Heratoda</i> sp.	40	2,6
<i>Vorticella</i> sp.	520	33,0
<i>Lionotus fasciola</i>	320	20,4
<i>Tubifex rivulorum</i>	50	3,2
<i>Paranascium caudatum</i>	30	1,9
<i>Carchesium lachmanni</i>	20	1,3
<i>Podophrya fixa</i>	70	4,5
<i>Opercularia microdiscum</i>	20	1,3
<i>Stylonychia</i> sp.	10	0,7
<i>Brachionus</i> sp.	10	0,7
ogółem	1570	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbчатą
i zabarwienie złoto-brunatne.

V seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na końcu serii
- zawartość niklu 0,6 ng/l H₂O

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Aspidiscoa costata</i>	40	17,3
<i>Nematoda</i> sp.	10	4,4
<i>Tubifex rivalorum</i>	10	4,4
<i>Retifer vulgaris</i>	50	21,6
<i>Paranaisius caudatus</i>	40	17,4
<i>Lionotus fasciola</i>	10	4,4
<i>Opercularia microdiscus</i>	50	21,6
<i>Verticella</i> sp.	10	4,4
<i>Acineta flava</i>	10	4,4
ogółem	230	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie brunatne.

V seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na początku serii

zestaw	Ilość osadu ml	Ilość TTC ml	Czas inkubacji min.	Ekstynkcja	Ekstynkcja dr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,678	0,997
	1	1	60	0,414	
	1	1	60	0,633	
A 0,4 mg/l H ₂	1	1	60	0,411	0,402
	1	1	60	0,364	
	1	1	60	0,431	
B 0,6 mg/l H ₂	1	1	60	0,359	0,384
	1	1	60	0,212	
	1	1	60	0,574	

Tablica 61

V seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na końcu serii

zestaw	Ilość osadu ml	Ilość TTC ml	Czas inkubacji min.	Ekstynkcja	Ekstynkcja dr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,596	0,802
	1	1	60	0,711	
	1	1	60	0,933	
A 0,4 mg/l H ₂	1	1	60	0,172	0,206
	1	1	60	0,105	
	1	1	60	0,141	
B 0,6 mg/l H ₂	1	1	60	0,152	0,190
	1	1	60	0,102	
	1	1	60	0,333	

VI seria

Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas mierzony	zawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g BZT_5/m^3d$	$g BZT_5/g s.m.o.d$	$mg/l O_2$
20.8	1.8	6	3400	82	1047	0.34	2.4
24.8	1.8	6	3270	80	1048	0.33	2.2
30.8	1.8	6	3400	85	1023	0.32	2.9

VI seria

Wyniki oznaczenia ścieków w zastawie kontrolnym

oznaczenia	jednostki	średni wynik	ścieki odczynowe										
			20.8	21.8	22.8	23.8	24.8	25.8	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8
odczyń	pH	7.0	7.0	7.0	6.9	7.0	7.0	7.1	7.0	7.1	7.0	6.9	10.1
utlenialność	mg/l O ₂	96.0	9.4	9.2	8.6	9.0	9.1	9.2	10.0	9.8	9.3	10.2	11.4
BZT ₅	mg/l O ₂	262.0	11.4	12.1	13.0	12.6	11.8	11.6	12.0	12.2	11.9	10.9	11.4
ChZT	mg/l O ₂	330.0	31.2	28.4	28.0	29.3	30.2	29.8	31.0	32.1	29.7	29.0	28.2
azot amonowy	mg/l NH ₄	20.0	15.0	15.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	12.0	12.0	12.0	10.0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	0.1	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	1.5	1.0	0.1	0.5	0.5	1.0
azot azotynowy	mg/l NO ₂	3.0	8.0	8.0	12.0	8.0	8.0	10.0	12.0	8.0	8.0	8.0	8.0
redukcja BZT ₅	%		96.0	95.3	95.0	95.2	95.5	95.6	95.4	95.3	95.5	96.2	96.0
redukcja ChZT	%		90.5	91.4	91.5	91.1	90.8	90.9	90.6	90.3	90.9	91.2	91.3
redukcja utlenialności	%		90.0	90.2	90.8	90.4	90.3	90.2	89.0	89.5	90.1	88.8	86.9

VI seria

Parametry technologiczne w zestawie A
- zawartość niklu 0,8 mg/1 ml

data	obciążenie hydrauliczne modelu $\text{m}^3/\text{m}^3\text{d}$	czas napełnienia	zawartość osadu w kierunku napowietrzania	indeks osadu	obciążenie obrotowe komory napowietrzania	obciążenie osadu g 100g/g s.h.os.d	zawartość osadu w kierunku napowietrzania
20.8	1,8	6	3200	94	1087	0,33	2,0
24.8	1,8	6	3411	116	1089	0,32	1,6
30.8	1,8	6	2846	152	1087	0,33	1,6

UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D. C. 20535
MAY 19 1964

oznaczenia	jednostki	średni wynik	1 0 1 0 1 1 0 0 3 7 8 2 2 0 0 0 0 0											
			20.8	24.8	22.8	23.8	24.8	25.8	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8	31.8
odczyn	pH	7.3	7.2	7.2	7.3	7.2	7.1	7.2	7.2	7.1	7.2	7.2	7.1	7.1
wtlenialność	mg/l O ₂	104.4	20.2	22.4	43.9	43.5	30.5	35.0	29.1	29.0	30.0	30.1	29.3	-
BZT ₅	mg/l O ₂	272.2	38.6	40.9	39.7	72.2	69.0	63.2	59.0	59.2	58.7	58.0	59.1	59.0
ChZT	mg/l O ₂	344.2	67.2	102.0	87.2	92.8	73.6	73.6	64.0	66.3	67.1	69.5	68.8	68.0
azot amonowy	mg/l NH ₄	35.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	30.0	30.0	25.0	30.0	20.0	25.0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	ślady	0.03	0.03	0.03	0.07	0.1	0.07	0.1	0.1	0.07	0.05	0.1	0.1
azot azotynowy	mg/l NO ₂	1.5	2.5	2.0	0.15	0.7	2.0	6.0	2.0	0.7	1.5	2.0	2.5	2.5
nikiel	mg/l Ni	0.8	nb	0.6	nb	nb	nb	0.4	nb	nb	nb	0.4	nb	nb
redukcja BZT ₅	%		85.8	85.0	85.8	73.4	74.6	74.9	78.3	78.3	78.4	78.7	78.3	78.3
redukcja ChZT	%		80.5	70.4	74.6	73.0	78.6	81.4	86.7	86.7	80.5	79.9	80.2	80.4
redukcja wtlenialności	%		80.6	78.1	86.2	86.3	70.8	67.0	71.8	71.8	70.9	70.9	71.2	-

VI seria

Parametry technologiczne w zestawie 2
- zawartość niklu 0,9 mg/l Ni

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napełnienia	zawartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość tlenu w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g BZT_5/m^3d$	$g BZT_5/g s.r.os.d$	$mg/l O_2$
20.6	1,6	6	2300	101	1103	0,28	1,4
24.6	1,6	6	2400	172	1117	0,47	1,5
30.6	1,6	6	2050	131	1105	0,34	1,4

VI serija

Vrijedi za sve vrste čelika i legiranih čelika u sastavu B
- za svaku vrstu čelika 0,9 mg/l Ni

osnove	jedinice	čelik surov	čelik i legirani									
			20.8	21.8	23.8	24.8	25.8	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8
odnos	pH	7.1	7.2	7.3	7.2	7.2	7.1	7.1	7.0	7.1	7.1	7.2
utlenjenost	mg/l O ₂	107.4	30.9	34.7	32.9	35.9	36.0	36.9	37.1	37.0	36.9	35.2
BZ ₂	mg/l O ₂	276.0	40.9	52.7	50.9	57.7	59.0	57.8	60.4	62.4	60.0	62.4
Če ₂	mg/l O ₂	341.0	69.6	70.8	73.2	74.3	73.7	79.6	69.4	70.2	71.6	74.2
azot azotni	mg/l H ₂ N ₂	35.0	30.0	25.0	25.0	30.0	30.0	25.0	25.0	25.0	30.0	30.0
azot azotni	mg/l H ₂ N ₂	2.0	0.03	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
azot azotni	mg/l H ₂ N ₂	2.0	2.5	2.5	2.5	2.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	4.0
nikel	mg/l Ni	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
redukcija BZ ₂	%	82.4	65.2	80.9	78.6	79.0	78.6	79.0	78.1	77.4	78.3	77.9
redukcija Če ₂	%	80.7	79.6	79.2	77.9	78.2	77.8	76.6	79.5	79.3	79.0	78.1
redukcija utlenjenosti	%	70.0	71.2	67.7	69.1	65.6	67.0	64.6	65.4	65.4	65.6	67.2

VI seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Aspidiscus costata</i>	1630	34,5
<i>Paramecium caudatum</i>	240	5,1
<i>Retifer vulgaris</i>	1180	26,0
<i>Philodina roseola</i>	130	2,7
<i>Aelosoma</i> sp.	10	0,2
<i>Podophrya firma</i>	20	0,4
<i>Carchesium lachmanni</i>	410	8,7
<i>Carchesium epistylis</i>	80	1,7
<i>Epistylis plicatilis</i>	550	11,6
<i>Monatoda</i> sp.	300	6,3
<i>Lionotus fasciola</i>	70	1,5
<i>Verticella</i> sp.	10	0,2
<i>Brachionus</i> sp.	10	0,2
<i>Acineta flava</i>	20	0,4
<i>Chilodes cucullulus</i>	50	0,5
o g ó l n e	4710	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie złoto-brunatne.

VI seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii
- zawartość niklu 0,8 mg/l Ni

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Lionotus fasciola	810	61,3
Rotifer vulgaris	240	18,2
Aspidisca	120	9,1
Vorticella sp.	10	0,8
Opercularia microdiscum	20	1,5
Paramecium caudatum	30	2,3
Nematoda sp.	50	3,8
Stylonychia sp.	10	0,8
Aselosonia sp.	20	1,5
Acineta flava	10	0,7
o g ó ł e n	1320	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbozastą
i zabarwienie szare.

TABLICA 70

VI seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na początku serii
- zawartość niklu 0,9 mg/l Ni

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Aspidisca costata	10	2,7
Lionetus fasciola	80	21,6
Chilodon ocellulus	90	24,3
Paramoecium caudatum	90	24,3
Vorticella sp.	10	2,7
Rotifer vulgaris	70	18,9
Nematoda sp.	20	5,5
ogółem	370	100,0

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie ciemno-szare.

VI seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na początku serii

zestaw	Ilość osadu ml	Ilość TTC ml	Czas inkubacji min.	Ektywność	Ektywność średnia 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,596	0,604
	1	1	60	0,437	
	1	1	60	0,772	
A 0,8 mg/l M	1	1	60	0,233	0,254
	1	1	60	0,303	
	1	1	60	0,212	
B 0,9 mg/l M	1	1	60	0,197	0,168
	1	1	60	0,163	
	1	1	60	0,144	

Tabela 72

VI seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na końcu serii

zestaw	Ilość osadu ml	Ilość TTC ml	Czas inkubacji min.	Ektywność	Ektywność średnia 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,597	0,579
	1	1	60	0,431	
	1	1	60	0,709	
A 0,8 mg/l M	1	1	60	0,112	0,151
	1	1	60	0,148	
	1	1	60	0,193	
B 0,9 mg/l M	1	1	60	0,292	0,092
	1	1	60	0,060	
	1	1	60	0,014	

VII seria

Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napowietrzania	zwartość osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie obrotowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zwartość tlenu w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ BZT}_5/m^3d$	$g\text{ BZT}_5/g\text{ s.m. os.d}$	$mg/l\text{ O}_2$
16.IX	1,8	6	2500	106	1120	0,4	2,6
20.IX	1,8	6	2630	112	1075	0,42	2,4
25.IX	1,8	6	2520	108	1075	0,43	2,2

VII seria

Wyniki oczyszczania ścieków w zestawie kontrolnym

czyszczenia	jednostki	ścieki surowe	ścieki oczyszczone									
			16.9	17.9	18.9	19.9	20.9	21.9	22.9	23.9	24.9	25.9
odczyn	pH	7.2	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1
utlenialność	mg/l O ₂	94.0	9.5	10.7	11.0	8.6	11.2	8.6	12.3	9.5	9.6	10.1
BZT ₅	mg/l O ₂	230.0	12.0	12.8	14.1	13.8	12.5	11.0	12.3	13.6	14.0	12.2
ChZT	mg/l O ₂	349.0	30.0	32.4	37.6	37.6	44.8	32.0	32.0	38.0	37.6	36.3
azot amonowy	mg/l NH ₄	25.0	17.0	25.0	15.0	17.0	15.0	20.0	20.0	8.0	6.0	10.0
azot azotanowy	mg/l HNO ₃	0.5	3.0	10.0	1.5	6.0	6.0	3.0	4.0	0.1	4.0	4.0
azot azotynowy	mg/l HNO ₂	3.0	32.0	1.5	7.0	16.0	8.0	8.0	8.0	20.0	8.0	6.0
redukcja BZT ₅	%	-	95.7	95.4	94.9	95.1	95.4	96.1	95.5	95.2	94.9	95.5
redukcja ChZT	%	-	90.3	93.0	88.6	88.6	86.0	90.0	90.0	85.1	82.0	85.5
redukcja utlenialności	%	-	90.0	88.3	87.7	91.0	88.3	91.0	87.3	91.0	91.0	91.2

VII seria

Parametry technologiczne w zestawie 4
- zawartość kadmu 0,2 mg/l Cd

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas na- pływania	zawartość osadu w ko- mory napo- wianania	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napo- wianania	obciążenie osadu	zawartość tlenku w ko- mory napo- wianania
	m^3/m^2d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ m}^3/m^3d$	$g\text{ m}^3/m^3d$	$mg/l\text{ O}_2$
16.IX	1,8	6	2320	104	1092	0,36	2,2
20.IX	1,8	6	2300	112	1005	0,35	2,0
25.IX	1,8	6	2090	119	1072	0,40	1,8

VII s o p i o

Wyniki ocyszczania ścieków w reaktorze A
- zawartość kadmu 0,2 mg/l Cd

oznaczenia	jednostki	ścieki surowe	ścieki oczyszczone									
			16.9	17.9	18.9	19.9	20.9	21.9	22.9	23.9	24.9	25.9
odczyn	pH	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,1	7,1
utlenialność	mg/l O ₂	112,0	13,1	7,8	22,3	12,4	12,0	9,6	12,3	8,0	9,4	10,0
BZT ₅	mg/l O ₂	268,0	11,8	10,9	15,6	14,9	14,0	14,1	13,2	10,4	11,0	11,1
ChZT	mg/l O ₂	304,3	32,0	30,4	57,6	51,2	51,2	32,0	32,0	48,0	57,6	50,8
azot amonowy	mg/l NH ₄	25,0	15,0	15,0	10,0	15,0	10,0	10,0	8,0	10,0	8,0	10,0
azot azotanowy	mg/l KNO ₃	0,5	3,0	17,0	16,0	6,0	2,0	6,0	4,0	0,2	2,0	2,0
azot azotynowy	mg/l KNO ₂	2,0	20,0	3,0	16,0	12,0	16,0	6,0	10,0	4,0	4,0	3,0
kadm	mg/l Cd	0,2	nb	ślad	nb	nb	nb	nb	nb	ślad	nb	nb
redukcja BZT ₅	%	-	95,6	96,0	94,1	94,4	94,8	94,7	95,1	96,1	96,0	95,9
redukcja ChZT	%	-	89,5	87,3	81,1	83,1	83,1	89,5	89,5	84,2	81,1	83,3
redukcja utlenialności	%	-	89,0	93,0	80,3	89,0	89,3	91,4	89,3	93,0	92,0	91,1

VII seria

Parametry technologiczne w kontekście B
- zawartość kadmu $0,4 \text{ mg/l Cd}$

data	obciążenie hydrauliczne modułu	czas napełnienia podciężnika	zawartość osadu w komorze napowietrzania	instalacja osadu	obciążenie objętościowe innych napowietrzania	obciążenie osadu	zawartość osadu w komorze napowietrzania
	$\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$	godz	g/m^3	ml/g	$\text{g BOD}_5/\text{m}^3\text{d}$	$\text{g BOD}_5/\text{g S.M. os. d.}$	mg/l O_2
16. IX	1,8	6	3133	112	1062	0,35	2,5
20. IX	1,8	6	2537	113	1063	0,39	1,9
23. IX	1,8	6	2238	105	1071	0,43	1,6

VII seria

wyniki oznaczenia azotku w powietrzu
- zawartość azotu w powietrzu

oznaczenia	jednostki	średnia wartość	wyniki oznaczenia									
			16.9	17.9	18.9	19.9	20.9	21.9	22.9	23.9	24.9	25.9
azot	mg/l	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1
utlenialność	mg/l O ₂	102.8	12.0	13.2	24.0	13.2	12.0	11.3	12.3	9.5	9.6	10.2
azot	mg/l O ₂	271.0	14.2	14.0	18.3	18.1	17.2	13.6	13.8	13.0	14.1	13.0
azot	mg/l O ₂	303.0	14.5	17.6	105.6	89.6	97.6	32.0	31.4	30.0	24.4	42.1
azot	mg/l H ₂ O ₂	25.0	25.0	20.0	20.0	25.0	19.0	25.0	25.0	25.0	13.0	20.0
azot	mg/l H ₂ O ₂	110.4	0.5	0.5	2.0	0.5	4.0	2.0	2.0	0.3	1.0	1.0
azot	mg/l H ₂ O ₂	2.0	4.0	16.0	6.0	6.0	8.0	6.0	8.0	3.0	3.0	2.0
azot	mg/l C ₄	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
azot	mg/l	-	94.8	94.8	93.2	93.3	93.6	94.9	94.9	95.1	94.8	95.1
azot	mg/l	-	83.3	81.1	65.5	70.7	81.1	89.5	87.4	87.6	82.2	86.2
azot	mg/l	-	80.0	89.0	76.5	82.3	89.2	90.0	89.2	90.9	90.9	90.9

VII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	380	13,5
<i>Aspidisca costata</i>	240	8,5
<i>Stylonychia</i> sp.	120	4,3
<i>Lionotus fasciola</i>	70	2,5
<i>Colpidium colpoda</i>	90	3,2
<i>Epistylis plicatilis</i>	160	5,7
<i>Carochium lachmanni</i>	190	6,8
<i>Polydora fixa</i>	50	1,8
<i>Verticella</i> sp.	400	14,1
<i>Opercularia microdiscus</i>	530	18,6
<i>Retifer vulgaris</i>	240	8,5
<i>Monocoda</i> sp.	180	6,4
<i>Tubifex rivulorum</i>	90	3,2
<i>Rhabdostyla ovum</i>	40	1,4
<i>Acineta flava</i>	28	1,0
<i>Brachionus</i> sp.	14	0,5
ogółem	2822	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbozastą i zabarwienie
słoto-brunatne.

VII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii
- zawartość kadmu 0,2 mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	350	15,0
<i>Aspidisca costata</i>	100	4,4
<i>Stylonychia</i> sp.	240	10,4
<i>Lionotus fasciola</i>	120	5,2
<i>Colpidium colpoda</i>	80	3,4
<i>Epistylis plicatilis</i>	120	5,2
<i>Carchesium lachmanni</i>	140	6,0
<i>Podopyrva fixa</i>	100	4,3
<i>Verticella</i> sp.	260	12,2
<i>Opercularia microdiscum</i>	240	10,4
<i>Retifer vulgaris</i>	160	7,0
<i>Henatoda</i> sp.	190	8,2
<i>Tetrix rivulorum</i>	90	3,9
<i>Rhabdostyla ovum</i>	40	1,7
<i>Acineta flava</i>	50	2,2
<i>Brachionus</i> sp.	10	0,5
o g ó l n e	2310	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i zabarwienie szaro-brunatne.

VII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na początku serii
- zawartość kadmu 0,4 mg/l Cd

Organizmy	Ileść osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	260	13,0
<i>Aspidisca costata</i>	240	11,2
<i>Stylonychia</i> sp.	300	13,8
<i>Licetotus fasciola</i>	280	13,0
<i>Colpidium colpoda</i>	90	4,2
<i>Spistylia plicatilis</i>	40	1,8
<i>Carchesium lachmanni</i>	150	6,9
<i>Pedophrya fixa</i>	110	5,1
<i>Vorticella</i> sp.	200	9,2
<i>Opercularia microdiscus</i>	280	13,0
<i>Rotifer vulgaris</i>	100	4,6
<i>Rhabdostyla ovum</i>	60	2,8
<i>Acineta flava</i>	20	0,9
<i>Brachionus</i> sp.	10	0,5
ogółem	2160	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i zabarwienie złoto-brązowe.

VII seria

Vyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na końcu serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	240	12,0
<i>Aspidisca costata</i>	300	10,0
<i>Stylonychia</i> sp.	230	11,5
<i>Lienotus fasciola</i>	180	9,0
<i>Colpidium colpoda</i>	160	8,0
<i>Epistylis plicatilis</i>	120	6,0
<i>Carchesium lachmanni</i>	20	1,0
<i>Pedophrya fixa</i>	40	2,0
<i>Verticella</i> sp.	180	9,0
<i>Cyrcularia microdiscus</i>	160	8,0
<i>Rotifer vulgaris</i>	110	5,5
<i>Nematoda</i> sp.	190	9,5
<i>Tubifex rivulorum</i>	80	4,0
<i>Rhabdostyla ovum</i>	30	1,5
<i>Acineta flava</i>	20	1,0
<i>Brachionus</i> sp.	40	2,0
o g ó ł e n	2000	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i zabarwienie szcoto-brunatne.

VII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na końcu serii
- zawartość kadmu 0,2 mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do oskawkowej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	120	7,7
<i>Aspidisca costata</i>	180	11,5
<i>Stylonychia</i> sp.	60	3,8
<i>Lionotus fasciola</i>	140	8,9
<i>Colpidium colpoda</i>	120	7,6
<i>Epistylis plicatilis</i>	80	5,1
<i>Carchesium lachmanni</i>	40	2,6
<i>Pedophrya fixa</i>	20	1,3
<i>Vorticella</i> sp.	130	8,3
<i>Opercularia microdiscum</i>	180	11,4
<i>Rotifer vulgaris</i>	200	12,7
<i>Nematoda</i> sp.	180	11,4
<i>Tubifex rivulorum</i>	90	5,7
<i>Rhabdostyla ovum</i>	10	0,6
<i>Acineta flava</i>	8	0,5
<i>Brachionus</i> sp.	15	0,9
ogółem	1573	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gębszą i za-
barwienie siwo-brązowe.

VII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na końcu serii
- zawartość kadmu 0,4 mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	80	7,1
<i>Aspidisca costata</i>	120	10,6
<i>Chilodon cucullulus</i>	40	3,5
<i>Aelosoma</i> sp.	50	4,4
<i>Stylonychia</i> sp.	160	14,2
<i>Lionotus fasciola</i>	120	10,6
<i>Colpidium colpoda</i>	100	8,8
<i>Epiplatys plicatilis</i>	20	1,8
<i>Carchesium lachmanni</i>	20	1,8
<i>Pedophrya fixa</i>	30	2,7
<i>Verticella</i> sp.	64	5,6
<i>Opercularia microdiscus</i>	120	10,6
<i>Rotifer vulgaris</i>	60	5,3
<i>Hamatoda</i> sp.	80	7,1
<i>Tubifex rivulorum</i>	40	3,5
<i>Rhabdostyla ovum</i>	10	0,9
<i>Acineta flava</i>	10	0,9
<i>Brachionus</i> sp.	5	0,6
ogółem	1120	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i zabarwienie złoto-brunatne.

VII seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na początku serii

zestaw	Ilość osadu ml	Ilość PTG ml	Czas inkubacji min.	Ektywność	Ektywność cr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,435	
	1	1	60	0,333	0,821
	1	1	60	1,625	
A 0,2 ng/1 os	1	1	60	0,821	
	1	1	60	0,711	0,783
	1	1	60	0,817	
B 0,4 ng/1 os	1	1	60	0,790	
	1	1	60	0,546	0,742
	1	1	60	0,912	

Tabela 86

VII seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na końcu serii

zestaw	Ilość osadu ml	Ilość PTG ml	Czas inkubacji min.	Ektywność	Ektywność cr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,510	
	1	1	60	0,678	0,770
	1	1	60	0,114	
A 0,2 ng/1 os	1	1	60	0,690	
	1	1	60	0,831	0,736
	1	1	60	0,679	
B 0,4 ng/1 os	1	1	60	0,675	
	1	1	60	0,742	0,693
	1	1	60	0,662	

VIII seria

Parametry technologiczne w systemie kontrolnym

data	obciążenie hydrauliczne podłoża	czas narzutu	zwrotność osadu w kołach napowietrzania	ładunek osadu	obciążenie objętościowe kołowy napowietrzania	obciążenie osadu	zwrotność tlenu w kołach napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ objętość}/m^3d$	$g\text{ objętość}/g\text{ osadu}$	$mg/l\text{ O}_2$
21.I	1,7	6	3250	69	950	0,12	2,6
26.I	1,7	6	3300	73	950	0,12	2,2
31.I	1,6	6	3200	73	1000	0,11	2,2

VIII SERIA

WYNIKI OCENYPOWRODZENIA GŁOŚNÓW W NOSTANWIO MONITORINGU

nazwa	jednostka	skala oceny	skala ocen									
			21.1	22.1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.1	28.1	29.1	30.1
ciężar	g	7.1	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1
utlenialność	mg/l O ₂	92.6	8.0	10.0	10.0	9.6	12.3	12.3	12.3	9.6	15.0	15.1
BZ ₅	mg/l O ₂	252.0	11.2	12.0	11.3	10.4	12.3	12.3	11.2	13.0	11.6	10.5
ChZ	mg/l O ₂	321.4	41.6	41.6	37.2	41.2	35.2	35.2	36.3	33.8	39.2	40.1
azot amonowy	mg/l NH ₄	25.0	4.0	6.0	4.0	6.0	10.0	10.0	10.0	25.0	17.0	20.0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	0.1	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	2.0	0.2	0.3	0.5
azot azotanowy	mg/l NO ₃	4.0	12.0	8.0	10.0	10.0	17.0	17.0	15.0	14.0	12.0	8.0
redukcja BZ ₅	%	-	95.6	95.2	95.3	95.9	95.1	95.1	95.6	94.5	95.2	95.9
redukcja ChZ	%	-	87.1	87.1	88.4	87.1	89.1	89.1	88.6	89.5	87.9	87.5
redukcja utlenialności	%	-	91.1	95.0	89.0	89.0	86.6	86.6	86.9	89.6	82.6	85.8

VIII seria

Parametry technologiczne w sekcji A
- zawartość kadmu 0,6 mg/kg

data	obciążenie hydrauliczne m ³ /m ³ d	czas napełnienia min	zawartość kadmu w kotle m ³ /m ³ d	inaczej opisywana	obciążenie objętościowe kotle m ³ /m ³ d	obciążenie kadmu g/m ³ d	zawartość kadmu w kotle m ³ /m ³ d
21.1	1,8	6	6	101	1125	0,45	2,1
26.1	1,8	6	6	103	1160	0,48	2,0
31.1	1,8	6	6	105	1120	0,53	2,1

VIII OPILO

WYNIKI ODCZYTOWANIA LECIEKÓW W WYSTAWIE A
- SĄDOWOŚĆ KADRU 0,6 mg/l Cd

opisania	jednostki	liczba eurów	liczba odczytów									
			21.1	21.1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.1	28.1	29.1	30.1
olejny	pl	7.2	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
utlenialność	mg/l O ₂	74.3	12.9	13.8	14.1	15.9	23.2	23.2	24.4	24.4	25.0	25.0
CH ₂ O	mg/l O ₂	21.2	17.2	16.0	23.3	19.7	20.2	20.2	21.1	22.4	22.0	21.9
CH ₂ O	mg/l O ₂	300.0	41.6	31.2	34.4	37.6	80.0	80.0	36.3	50.0	48.6	49.0
asot nasycony	mg/l H ₂ SO ₄	25.0	3.0	8.0	6.0	8.0	10.0	10.0	10.0	17.0	15.0	15.0
asot nasotany	mg/l H ₂ SO ₃	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	1.0	1.0	1.0	0.5	0.8	0.5
asot nasotany	mg/l H ₂ SO ₂	3.0	6.0	7.0	8.0	6.0	5.0	5.0	4.0	10.0	4.0	4.0
hoda	mg/l Cd	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
redukcja H ₂ O ₂	g	-	93.9	94.0	94.7	92.9	92.8	92.8	92.4	92.0	92.1	92.2
redukcja CH ₂ O	g	-	86.5	85.1	82.3	81.3	74.0	74.0	81.7	83.7	84.1	84.1
redukcja utlenialności	g	-	88.6	87.9	87.7	86.4	80.5	80.5	87.7	87.7	88.6	88.6

VIII seria

Parametry technologiczne v ustave B
- zavrtolci kadnu 0,3 m³/cd

data	Obdelanje hydraulicne modelu	čas m- porizna- nja	zavrtolci omda v ko- sarsa napo- vitrana	lactis omdu	obdelanje objektov napo- vitrana	obdelanje omdu	zavrtolci blanu v ko- sarsa napo- vitrana
	m ³ /m ³ d	godu	e/m ³	ml/s	e m ³ /m ³ d	e m ³ /s z.m. ob.d	m ³ /s
27.1	1,0	6	2055	93	1135	0,40	2,4
26.1	1,0	6	2032	126	1135	0,47	2,0
34.1	1,0	6	2040	150	1135	0,47	1,8

VIII seria

WYNIKI OCZYSCZENIA ŚCIEKÓW W ZOSTAWIE B
- NAWARTOŚĆ KRWU 0,8 mg/l Cd

oznaczenia	jednostki	ścieki surowe	czyszczenie									
			21.X	23.X	24.X	25.X	26.X	27.X	28.X	29.X	30.X	31.X
cdca	pd	7,2	7,1	9,0	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
utlenialność	mg/l O ₂	111,0	15,8	16,5	16,5	17,6	24,0	17,5	14,4	15,6	12,8	12,1
BZT ₅	mg/l O ₂	24,3	25,5	28,0	26,6	35,2	35,4	33,0	35,1	36,0	34,9	35,6
ChZT	mg/l O ₂	34,6	60,8	51,2	54,4	64,0	80,0	60,4	56,4	48,2	47,1	46,8
azot amonowy	mg/l NH ₄	30,0	2,0	10,0	10,0	8,0	13,0	15,0	17,0	15,0	15,0	17,0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	nv	0,3	0,2	0,15	0,2	0,7	0,5	0,5	0,7	0,2	1,0
azot amonowy	mg/l NO ₂	4,0	4,0	5,0	6,0	5,0	16,0	10,0	10,0	8,0	6,0	5,0
kadm	mg/l Cd	0,8	nb	0,04	nb	nb	0,08	nb	nb	nb	nb	0,15
redukcja BZT ₅	%	-	90,9	91,1	87,1	87,6	87,5	83,4	87,6	87,3	87,9	87,4
redukcja ChZT	%	-	80,6	83,4	82,4	79,6	74,5	84,8	81,6	84,3	84,7	84,8
redukcja utlenialności	%	-	65,8	85,2	85,2	84,2	78,4	84,2	87,1	87,8	88,4	89,0

VIII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	280	21,3
<i>Aspidisca costata</i>	240	18,3
<i>Chilodon cucullulus</i>	30	2,3
<i>Aelosoma</i> sp.	20	1,5
<i>Limonas fasciola</i>	120	9,2
<i>Colpidium colpoda</i>	80	6,2
<i>Epistylis plicatilis</i>	30	2,3
<i>Carchesium lachmanni</i>	140	10,7
<i>Todophrys fixa</i>	10	0,8
<i>Opercularia microdiscum</i>	120	9,2
<i>Rotifer vulgaris</i>	40	3,0
<i>Nematoda</i> sp.	160	12,2
<i>Rhabdostyla ovum</i>	10	0,8
<i>Acineta flava</i>	10	0,8
<i>Brachionus</i> sp.	20	1,4
ogółem	1310	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i za-
barwienie szaro-brunatne.

TABLICA 94

VIII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii
- zawartość kadmu 0,6 mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	80	18,8
<i>Aspidina costata</i>	40	9,4
<i>Stylonychia</i> sp.	5	1,25
<i>Epistylis plicatilis</i>	10	2,4
<i>Pedophrya flexa</i>	20	4,75
<i>Verticella</i> sp.	20	4,75
<i>Opercularia microdiscus</i>	60	14,1
<i>Monostoda</i> sp.	80	18,8
<i>Tubifex rivularum</i>	90	21
<i>Brachionus</i> sp.	20	4,75
ogółem	425	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i za-
barwienie szaro-brunatne.

TABLICA 95

VIII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na początku serii
- zawartość kadmu Cd mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	50	11,9
<i>Aspidisco costata</i>	40	9,5
<i>Eicostus fasciola</i>	10	2,4
<i>Verticella sp.</i>	120	28,3
<i>Opercularia microchaeta</i>	30	7,2
<i>Brachionus sp.</i>	30	7,2
<i>Tubifex rivalorum</i>	20	4,8
<i>Daphnia sp.</i>	120	28,5
ogółem	420	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbziastą i za-
barwienie złoto-brązowe.

VIII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na końcu serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium ovatus</i>	100	11,5
<i>Aspidisca costata</i>	130	15,0
<i>Stylonychia</i> sp.	20	2,2
<i>Epistylis plicatilis</i>	40	4,5
<i>Verticella</i> sp.	80	9,2
<i>Opercularia microdonum</i>	100	11,5
<i>Nematode</i> sp.	100	11,5
<i>Lionotus fasciola</i>	30	3,5
<i>Celpidium colpoda</i>	20	2,3
<i>Ceratomyxa lachmanni</i>	110	12,5
<i>Podophrya fixa</i>	10	1,1
<i>Rotifer vulgaris</i>	40	4,6
<i>Rhabdostyla ovum</i>	10	1,1
<i>Braconius</i> sp.	15	2,6
ogółem	868	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie ciemno-brązowe.

TABLICA 97

VIII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie I na końcu serii
- zawartość kadmu 0,6 mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	60	7,5
<i>Aspidisca costata</i>	80	10,0
<i>Lionetis fasciola</i>	50	6,2
<i>Colpidium colpota</i>	60	7,5
<i>Stylonychia</i> sp.	60	7,5
<i>Carchesium lochnanxi</i>	20	2,5
<i>Podophrya fixa</i>	40	5,0
<i>Acineta flava</i>	30	3,7
<i>Cyclocarpus micrurdium</i>	70	8,7
<i>Verticella</i> sp.	100	12,5
<i>Rotifer vulgaris</i>	80	10,0
<i>Nematoda</i> sp.	120	15,0
<i>Brachionus</i> sp.	30	3,7
ogółem	800	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą i
zabarwienie złoto-brunatne.

VIII seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czysnego
w zestawie B na końcu serii
- zawartość kadmu 0,8 mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	60	9,4
<i>Epidiscus costata</i>	60	9,4
<i>Lionotus fusciola</i>	20	3,1
<i>Colpidium colpoda</i>	40	6,2
<i>Stylonychia</i> sp.	30	4,7
<i>Eurethmus lachmanni</i>	-	
<i>Pedophrys fixa</i>	20	3,1
<i>Cinetia flava</i>	10	1,6
<i>Opercularia microdiscus</i>	50	7,8
<i>Verticella</i> sp.	90	14,0
<i>Setifer vulgaris</i>	100	15,6
<i>Amatoda</i> sp.	140	2,2
<i>Brachionus</i> sp.	20	3,1
ogółem	640	100

UWAGA: osad posiadał strukturę gąbczastą
i zabarwienie szare.

VIII seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na początku serii

skład	Ilość osadu ml	Ilość TPO ml	Czas inkubacji min.	Skuteczność	Skuteczność fr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,712	
	1	1	60	0,576	0,598
	1	1	60	0,906	
A 0,6 mg/l Cd	1	1	60	0,503	
	1	1	60	0,736	0,632
	1	1	60	0,712	
B 0,8 mg/l Cd	1	1	60	0,507	
	1	1	60	0,443	0,456
	1	1	60	0,428	

Tabela 100

VIII seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na końcu serii

skład	Ilość osadu ml	Ilość TPO ml	Czas inkubacji min.	Skuteczność	Skuteczność fr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,542	
	1	1	60	0,112	0,611
	1	1	60	0,672	
A 0,6 mg/l Cd	1	1	60	0,567	
	1	1	60	0,661	0,667
	1	1	60	0,813	
B 0,8 mg/l Cd	1	1	60	0,507	
	1	1	60	0,451	0,417
	1	1	60	0,293	

IX seria

Parametry technologiczne w zestawie kontrolnym

data	obciążenie hydrauliczne modelu	czas napełnienia	zwrotność osadu w komorze napowietrzania	indeks osadu	obciążenie obrotowe komory napowietrzania	obciążenie osadu	zwrotność tlenku w komorze napowietrzania
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ BTK}/m^3d$	$g\text{ BTK}/g\text{ s.s. os. d}$	$g/l\text{ O}_2$
19.XI	1,8	6	2320	87	1060	0,42	2,6
21.XI	1,8	6	2447	92	1060	0,44	2,5
27.XI	1,8	6	2455	90	1012	0,41	2,7

IX seria

Wyniki oceny stanu ciekiego w zastawie kontrolnym

oznaczenia	jednostki	ciekły surowy	ciekły oczyszczony									
			19.XI	19.XI	20.XI	21.XI	22.XI	23.XI	24.XI	25.XI	26.XI	27.XI
odczyn	pH	7,2	7,0	7,1	7,1	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
utlenialność	mg/l O ₂	93,6	16,0	11,9	13,1	13,6	8,2	8,0	8,6	8,6	8,6	9,0
BZT ₅	mg/l O ₂	265,4	10,2	11,0	9,8	10,4	10,6	9,8	9,6	9,8	9,8	10,1
ChZT	mg/l O ₂	333,4	28,8	34,0	34,4	37,6	33,6	38,4	37,2	35,4	34,8	36,1
azot amonowy	mg/l NH ₄	25,0	17,0	25,0	13,0	15,0	25,0	20,0	25,0	20,0	15,0	15,0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	9,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1	0,4	0,1	0,5	0,4
azot azotynowy	mg/l NO ₂	3,0	12,0	16,0	16,0	12,0	12,0	10,0	6,0	12,0	12,0	10,0
redukcja BZT ₅	%	-	96,1	95,8	96,6	96,4	96,5	96,6	96,7	96,6	96,6	96,2
redukcja ChZT	%	-	91,3	99,6	89,5	88,5	89,7	88,3	88,6	89,2	89,4	89,0
redukcja utlenialności	%	-	92,8	87,2	83,9	85,4	91,2	91,4	90,8	90,6	90,8	90,5

II seria

Parametry technologiczne w zestawie A
- zawartość kadmu 0,9 mg/104

data	obciążenie hydrauliczne modelu $\text{m}^3/\text{m}^3\text{d}$	czas napełnienia godz	zawartość osadu w komorze napowietrzania g/m^3	indeks osadu ml/g	obciążenie objętościowe komory napowietrzania $\text{g BOD}_5/\text{m}^3\text{d}$	obciążenie osadu $\text{g BOD}_5/\text{g S.M.OB.D}$	zawartość tlenu w komorze napowietrzania $\text{mg}/\text{l O}_2$
18.XI	1,3	6	2700	99	1115	0,40	1,3
21.XI	1,3	6	2722	113	1080	0,40	1,6
27.XI	1,3	6	2530	174	1115	0,44	1,4

IX seria

WYNIKI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W ZOSTAWIE A
- zawartość kadmu 0,9 mg/l Cd

oznaczenia	jednostki	ścieki surowe	ścieki oczyszczone									
			18.XI	19.XI	20.XI	21.XI	22.XI	23.XI	24.XI	25.XI	26.XI	27.XI
ciężyna	pH	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,1	7,2	7,2	7,2
utlenialność	mg/l O ₂	116,7	17,6	13,0	17,6	17,6	23,0	-	15,5	15,6	14,8	14,7
BZT ₅	mg/l O ₂	279,2	32,4	31,9	35,8	39,1	42,9	40,8	41,1	39,8	38,5	39,0
ChZT	mg/l O ₂	331,2	35,2	41,6	53,4	51,2	89,6	76,8	51,2	52,9	50,9	52,2
azot amonowy	mg/l NH ₄	35,0	15,4	35,0	15,0	20,0	25,0	5,0	30,0	20,0	25,0	25,0
azot azotanowy	mg/l NO ₃	nn	0,5	0,2	0,2	0,2	0,05	0,5	0,1	0,1	0,05	0,05
azot azotynowy	mg/l NO ₂	3,0	12,0	13,0	12,0	12,0	12,0	8,0	6,0	6,0	8,0	6,0
kadm	mg/l Cd	0,9	0,3	nb	nb	nb	0,2	nb	nb	nb	nb	0,4
redukcja BZT ₅	%	-	88,4	85,5	87,2	86,0	84,6	85,3	85,2	85,7	86,2	86,0
redukcja ChZT	%	-	89,4	87,4	83,9	84,5	72,9	76,8	84,5	84,0	84,6	84,2
redukcja utlenialności	%	-	84,9	87,1	84,9	84,8	80,3	-	85,8	85,7	87,0	88,2

IX seria

Parametry technologiczne w zestawie B
- zawartość kadmu 1,0 mg/l Cd

	obciążenie hydrauliczne modułu	czas re- gulacji	zawartość osadu w ko- mora napo- wietrzenia	indeks osadu	obciążenie objętościowe komory napo- wietrzenia	oszczędność osadu	zawartość tlenku w ko- mora napo- wietrzenia
	m^3/m^3d	godz	g/m^3	ml/g	$g\text{ DMG}/m^3d$	$g\text{ DMG}/g$ s.m.c.d	$mg/l\ O_2$
13.XI	1,8	6	2510	101	1125	0,44	1,8
21.XI	1,8	6	2320	179	1125	0,48	1,5
27.XI	1,8	6	2110	222	1125	0,53	1,4

IX serija

Rezultati ispitivanja čistoće u kontejnerima B
- izvađeno iz kontejnera 1,0 mg/l Cd

Ispitivanje	Jedinice	Ispitivanje	Rezultati ispitivanja									
			18.11	19.11	20.11	21.11	22.11	23.11	24.11	25.11	26.11	27.11
održavanje	pH	7.2	7.1	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1	7.2	7.1	7.1
utlenjivačka	mg/l O ₂	121.1	23.1	22.3	23.0	27.9	26.8	27.0	26.4	25.0	23.8	23.4
BZG	mg/l O ₂	281.2	34.6	35.1	34.9	49.8	46.7	45.5	46.5	51.1	48.6	46.3
CHZ	mg/l O ₂	334.0	39.8	41.0	40.8	54.9	70.5	69.0	69.0	68.1	62.0	60.0
azot amonij	mg/l NH ₄	35.0	25.0	25.0	20.0	25.0	20.0	20.0	15.0	15.0	20.0	20.0
azot nitrat	mg/l NO ₃	nb	0.1	0.1	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
azot nitrat	mg/l NO ₂	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
kalij	mg/l Cd	1.0	0.4	nb	nb	nb	0.25	nb	nb	nb	nb	0.5
redukcija BZG	%	-	87.7	87.5	87.5	82.3	83.4	83.8	83.4	81.9	82.7	83.5
redukcija CHZ	%	-	88.8	87.7	87.7	83.5	78.8	79.3	79.3	79.6	81.4	82.0
redukcija utlenjivačka	%	-	81.0	81.1	81.0	76.9	77.8	77.7	79.0	79.3	80.3	80.6

TABELICA 107

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie kontrolnym na początku serii

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
<i>Paramecium caudatum</i>	230	23,2
<i>Aspidisca costata</i>	240	24,2
<i>Stylonychia</i> sp.	40	4,1
<i>Vorticella</i> sp.	110	11,1
<i>Opercularia microdiscus</i>	90	9,0
<i>Lamnetus fasciola</i>	60	6,1
<i>Gelpidium calpoda</i>	40	4,1
<i>Podophrya fixa</i>	70	7,1
<i>Carphosion lachmanni</i>	110	11,1
ogółem	990	100,0

TABELICA 102

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie A na początku serii
- zawartość kadmu 0,9 mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Notifer vulgaris	120	22,2
Zenatoda sp.	150	24,1
Brachionus sp.	40	7,4
Forticollis sp.	100	18,5
Opercularia microdiscus	90	16,7
Colpidium colpoda	20	3,7
Stylonychia sp.	40	7,4
ogółem	340	100,0

TABELICA 103

II seria

Wyniki obserwacji makro
i mikroskopowej osadu czynnego
w zestawie B na początku serii
- zawartość kadmu 1,0 mg/l Cd

Organizmy	Ilość osobników w 1 ml osadu	% danych osobników w stosunku do całkowitej ilości
Notifer vulgaris	140	35,9
Zenatoda sp.	100	41,1
Brachionus sp.	50	12,8
Opercularia microdiscus	20	5,1
Stylonychia sp.	20	5,1
ogółem	330	100,0

IX seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na początku serii

zestaw	Ilość osadu ml	Ilość WOC ml	Czas inkubacji min	Ekstynkcja	Ekstynkcja pr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,564	0,602
	1	1	60	0,587	
	1	1	60	0,555	
A 0,9 mg/l Cd	1	1	60	0,353	0,376
	1	1	60	0,401	
	1	1	60	0,374	
B 1,0 mg/l Cd	1	1	60	0,206	0,260
	1	1	60	0,172	
	1	1	60	0,426	

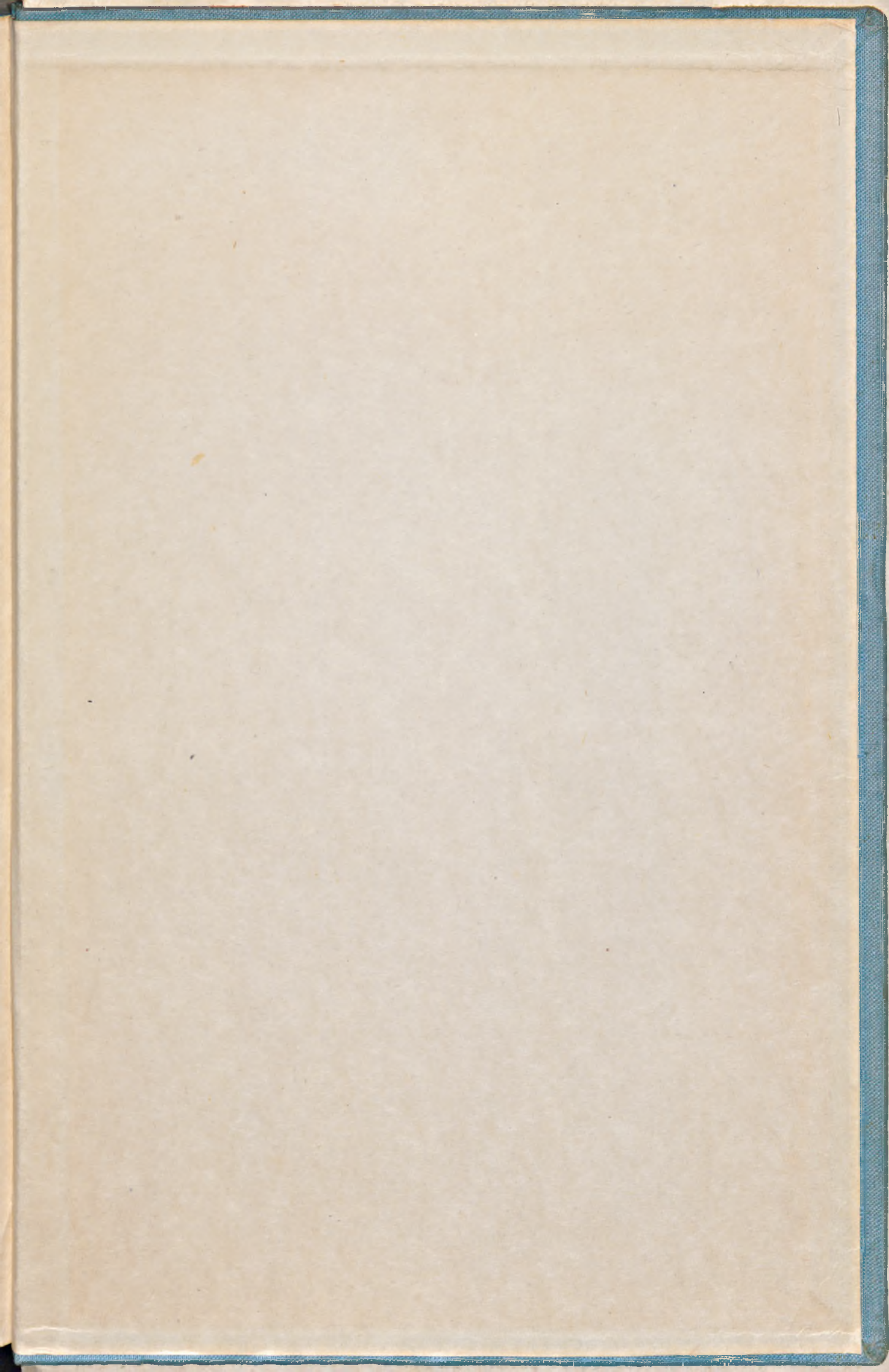
Tablica 111

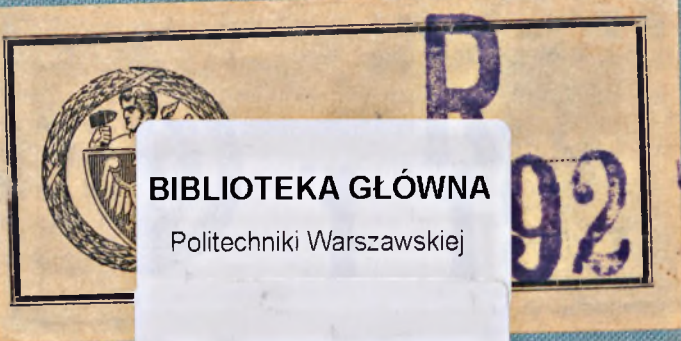
IX seria

Wyniki pomiarów aktywności
osadu na końcu serii

zestaw	Ilość osadu ml	Ilość WOC ml	Czas inkubacji min.	Ekstynkcja	Ekstynkcja pr. na 1 ml osadu
kontrolny	1	1	60	0,504	0,499
	1	1	60	0,452	
	1	1	60	0,541	
A 0,9 mg/l Cd	1	1	60	0,196	0,203
	1	1	60	0,201	
	1	1	60	0,210	
B 1,0 mg/l Cd	1	1	60	0,193	0,171
	1	1	60	0,201	
	1	1	60	0,179	







BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Warszawskiej

R.001192



400000000298123

**BG Magazyn
Podstawowy**

Doc.dr inż. HAREK ROMAN

Katedra Wodociągów i Kanalizacji
Politechniki Warszawskiej



R E C E N Z J A

o rozprawie doktorskiej mgr inż. Anity Zajęczkowskiej-Stemplowskiej pt. "Wpływ wybranych związków toksycznych miedzi, niklu i kadmu na przebieg procesu oczyszczania ścieków za pomocą osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych".

Wpływ jonów metali na efekt oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego oraz na sam osad czynny był już przedmiotem szeregu prac zagranicznych. Prace ^{te} jednak nie dostatecznie wyjaśniły to zagadnienie, gdyż po pierwsze nie ujmowały one kompleksowo podstawowych kryteriów oceny tego wpływu, a po drugie nie były swym zakresem dostosowane do ściśle określonych warunków prowadzenia procesu oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego. Uniknięcie tych dwóch niedostatków leży u podstaw przedmiotu i zakresu opiniowanej tu rozprawy doktorskiej mgr inż. Anity Zajęczkowskiej-Stemplowskiej.

Jako zadanie do rozwiązania w swojej pracy Autorka wysunęła poznanie wpływu trzech najbardziej toksycznych soli metali występujących w ściekach miejskich, a mianowicie: siarczanów miedzi, niklu i miedzi, na przebieg procesów oczyszczania ścieków miejskich za pomocą osadu czynnego i na uzyskiwane efekty w ściśle określonych technologicznych warunkach prowadzenia procesu, takich jakie nazywa się umownie w przyjętej nomenklaturze - konwencjonalnymi.

Rozwiązanie tego zadania Autorka postanowiła osiągnąć przez rozwiązanie następujących jego składowych elementów:

- określenia wpływu stężenia siarczanów wymienionych wyżej metali na przebieg rozkładu substancji organicznych w zależności od czasu prowadzenia procesu oczyszczania ścieków,
- ustalenia dopuszczalnych stężeń siarczanu miedzi, niklu i kadmu w ściekach doprowadzanych do oczyszczania, z punktu widzenia

efektu oczyszczenia ścieków,

- wyjaśnienie wpływu omawianych soli na własności osadu czynnego określane jego aktywnością i indeksem osadu.

Tak sformułowane zadania pracy nadają jej istotne cechy nowości w stosunku do dotychczas wykonanych na ten temat prac zagranicznych. Jednocześnie praca ta na tle dotychczasowych prac krajowych z zakresu oczyszczania ścieków jest zupełnie oryginalną pracą, gdyż wogóle dotychczas nie opublikowano polskich badań nad zagadnieniem podjętym przez doktorantkę. Jest rzeczą oczywistą, że rozwiązanie wysuniętych w omawianej pracy zadań wymagało kompleksowego uwzględnienia podstawowych kryteriów oceny przebiegu i efektów ~~przebiegu~~ procesu osadu czynnego, a więc łącznego zbadania zmian fizyko-chemicznych własności ścieków, biologicznych zmian osadu czynnego i zmian jego cech technologicznych wyrażonych głównie, jak już wspomniano, aktywnością i indeksem osadu.

Takie właśnie kompleksowe kryteria uwzględniono w zakresie badań przeprowadzonych w ramach opiniowanej pracy.

Praca mgr inż. Anity Zajączkowskiej-Stemplowskiej zawiera w początkowej części sformułowanie podstawowych problemów wymagających rozwiązania, następnie analizę dotychczasowych prac związanych z tematem pracy, omówienie teoretycznych podstaw stosowanej metody osadu czynnego, opis własnych badań doświadczalnych, zestawienia uzyskanych wyników, analizę wyników i wnioski końcowe przedstawiające rezultaty pracy.

Praca zawiera 100 stron tekstu zakończonych wykazem piśmiennictwa składającym się z 73 pozycji, 111 tablic z wynikami badań, oraz 71 rysunków ilustrujących uzyskane wyniki badań i ustalone zależności.

Z metodycznego punktu widzenia praca nie nasuwa istotnych zastrzeżeń. Została ona oparta na badaniach przebiegu procesu oczyszczania sztucznie preparowanych ścieków /w oparciu o metodę AKCH/ w laboratoryjnym modelu osadu czynnego. Na pozytywne podkreślenie zasługuje przy tym zastosowanie bardzo sprawnego modelu, rzadko dotychczas stosowane-

go, opartego na wykorzystaniu strumienicy jako urządzenia do napowietrzania ścieków. Autorka przeprowadziła 10 serii badań, z których każda trwała kilkanaście dni. Serie te charakteryzowały się różnymi wielkościami dawek toksycznych związków oraz różnymi rodzajami tych związków /w zakresie przewidzianym w temacie pracy, a więc siarczanów miedzi, niklu i kadmu/. Doświadczenia każdej serii prowadzono równolegle w trzech zestawach, z których jeden służył jako zestaw kontrolny.

Praca zawiera oczywiście pewne usterki, z których najistotniejsze niżej przedstawiam:

1. Zbędne jest moim zdaniem stosunkowo obszerne przedstawienie w pracy ogólnie znanych wiadomości na temat metody osadu czynnego. Jednocześnie przy tym zamieszczone wykresy podano bez odpowiedniego oznaczenia układów odniesienia.
2. Wyjaśnienie pojęcia wieku osadu podane w rozdziale 2.6.5. nie jest w pełni prawidłowe. Po pierwsze w formule określającej wiek osadu powinna występować wielkość stężenia osadu w komorze, a nie stężenia osadu w ściekach, a po drugie nie jest prawdą, że wiek osadu wyznacza stosunek ilości organizmów biorących udział w procesie osadu czynnego do wielkości obciążenia komory, jak to podano w pracy.
3. Przy wzorze na wyznaczanie wartości OC /str.31/ nie podano jednostek występujących w nim wielkości, co w tym wypadku było niezbędne, gdyż wzór ten zawiera liczbowy współczynnik zależny od przyjętych jednostek.
4. Pewnym mankamentem doświadczalnej części pracy jest brak opisu i podania wyników badań nad zdolnością do wprowadzania tlenu OC, jaką charakteryzował się dany model. W pracy brak jest informacji przy jakim stosunku wartości OC do obciążenia(L) były prowadzone badania. Przy publikacji wyników pracy, sprawa ta powinna być wyjaśniona.
5. Nie ma sensu podawanie informacji przy opisie modelu doświadczalnego, że w skład jego wchodzi zbiornik doprowadzający ścieki po mecha-

- nieznym oczyszczaniu, wobec tego że ścieki były sztucznie preparowane i nie poddawane w związku z tym mechanicznemu oczyszczaniu.
6. Metoda konstruowania wykresów obrazujących zmiany efektu oczyszczania ścieków w czasie przebiegu procesu budzi zastrzeżenie, gdyż nie podano informacji w jaki sposób ustalono krzywe ilustrujące ten przebieg, a jednocześnie punkty wynikające z otrzymanych pomiarów nie raz znacznie odbiegają od podanego przebiegu wykresów.
 7. Przy omawianiu wyników badań/^{nie/}skomentowano dostatecznie zmian indeksu osadu pod wpływem dawki stosowanych związków toksycznych.
 8. W pracy brak jest informacji, czy kontrolowano akumulację związków toksycznych w organizmach osadu czynnego oraz brak przedstawienia poglądu Autorki na znaczenie tego problemu dla przebiegu procesu oczyszczania ścieków.
 9. Niedostatkami pracy jest brak szczegółowego opisu zastosowanej metodyki oznaczania aktywności osadu. Autorka podkreśla we wnioskach końcowych, że tego rodzaju badanie wprowadziła po raz pierwszy przy ocenie wpływu soli metali na proces oczyszczania ścieków osadem czynnym. Tym bardziej uzasadnia to celowość podania przyjętej metodyki. Ten brak jest ratujący, zwłaszcza na tle przytoczonych w pracy szeregu ogólnie znanych, podręcznikowych informacji dotyczących metody osadu czynnego.

Przedstawione wyżej krytyczne uwagi, jak już stwierdziłem, nie mają zasadniczego charakteru. Nie podważają one ani prawidłowości zastosowanej metodyki badań, ani otrzymanych rezultatów, ani wreszcie wniosków ustalonych w pracy.

Na podstawie szczegółowej analizy przedstawionej mi do opinii rozprawy doktorskiej mgr inż. Anity Zajączkowskiej-Stemplowskiej mogę stwierdzić, że praca ta stanowi oryginalne, samodzielne rozwiązanie istotnego problemu naukowego z dziedziny oczyszczania ścieków. Na podstawie rzetelnie przeprowadzonych doświadczeń przy zastosowaniu prawid-

łowej metodyki badań, Autorka ustaliła wpływ stężenia zanieczyszczeń miedzi, niklu i kadmu na efekt rozkładu substancji organicznych w ściekach oczyszczanych za pomocą osadu czynnego. Stosując kompleksową ocenę tego wpływu Autorka wyznaczyła dopuszczalne zawartości poszczególnych związków oraz ich mieszaniny z punktu widzenia efektów oczyszczania ścieków. Jednym z istotniejszych osiągnięć tej pracy jest również wprowadzenie oznaczenia aktywności osadu po raz pierwszy w tego rodzaju badaniach, jako kryterium oceny wpływu związków toksycznych na działanie osadu czynnego. Również na podkreślenie zasługuje skorelowanie badań fizyko-chemicznych i technologicznych z testem biologicznym.

Omnawiana praca jest pierwszą tego rodzaju pracą wykonaną w kraju i ma również istotne cechy oryginalności w stosunku do podobnych prac wykonanych zagranicą.

Wyniki pracy pozwalają również wysunąć ogólne wnioski o praktycznym znaczeniu dla projektowania i eksploatacji oczyszczalni ścieków. Na tle całej swej rozprawy doktorskiej Autorka wykazała ~~rozwinięte~~ opanowanie teoretycznej wiedzy w zakresie dziedziny oczyszczania ścieków.

Stwierdzam, że przedstawiona mi do opinii rozprawa doktorska mgr inż. Anity Zajaczkowskiej-Stemplowskiej w pełni spełnia ^{2.4.31.41.1965r.} zadanie wymagane ustawy w odniesieniu do rozpraw doktorskich i uważam, że rozprawa ta może być dopuszczona do publicznej obrony.

2.5.1970r.

Uruchomił



O C E N A

rozprawy doktorskiej mgr Anity Zajączkowskiej-Stemplowskiej pt. „ Wpływ wybranych związków toksycznych miedzi, niklu i kadmu na przebieg procesu oczyszczania ścieków za pomocą osadu czynnego w warunkach konwencjonalnych.”

Przedstawiona do recenzji rozprawa zawiera 100 stron maszynopisu , 71 rysunków i 111 tablic.

Część doświadczalna została podzielona na trzy podstawowe działy, z których każdy poświęcony został obserwacjom nad wpływem jonów określonego metalu na pracę osadu czynnego.

W ramach każdej serii , Autorka śledziła zmiany jakie zachodziły w osadzie czynnym oraz procesie mineralizacji związków organicznych zawartych w ściekach , pod wpływem różnych stężeń jonów badanego metalu i na tej podstawie wnioskuje dalej o wysokości dopuszczalnej dawki jaką jeszcze można stosować nie doprowadzając do powstania poważniejszych zakłóceń.

Miarą jakości pracy osadu czynnego w obecności czynnika toksycznego były zarówno parametry technologiczne jak i biologiczne. Należy przy tym podkreślić, że w badaniach biologicznych Autorka nie ograniczała się tylko do podania składu jakościowego i ilościowego mikroorganizmów występujących w osadzie czynnym, lecz uzupełniła je systematycznymi pomiarami aktywności enzymatycznej osadu , oraz przeprowadziła dodatkowe badania nad wpływem wodnych roztworów soli miedzi, niklu i kadmu na wybrany organizm testowy - *Paramecium caudatum*.

Takie ujęcie zagadnienia dawało nie tylko gwarancję właściwej oceny pracy osadu czynnego w obecności środka toksycznego, opartej na szerokim materiale doświadczalnym uwzględnia-

-jącym wzajemne oddziaływanie czynników chemicznych i biologicznych lecz dowiodło również, że doktorantka stosuje umiejętnie różnorodne metody badawcze przy rozwiązywaniu podjętego tematu.

W wyniku przeprowadzonych doświadczeń uzyskano wiele cennych informacji, wśród których - moim zdaniem - zwraca uwagę fakt znacznej wrażliwości bakterii nitryfikacyjnych drugiej fazy na działanie stosowanych soli, ponieważ przy stężeniu około 0,4 mg/l daje się zauważyć działanie hamujące proces biochemicznego utleniania azotynów do azotanów.

Ponadto, do najpoważniejszych osiągnięć tej pracy zaliczam stwierdzenie wzrostu wartości BZT_5 , przeważnie w czwartym dniu dopływu ścieków z dodatkiem związku toksycznego.

Podobne zjawisko zaobserwowaliśmy również w pracach prowadzonych przez nasz Zakład.

Występuje ono przy stosowaniu także innych związków toksycznych np. fenolu i jego pochodnych, przede wszystkim przy dawkach podprogowych, graniczących z dawkami o działaniu letalnym.

Fakt modyfikowania wartości BZT_5 przez działania środków toksycznych na bakterie, ma bardzo poważne znaczenie praktyczne szczególnie w przypadkach gdyśłównym a nieraz jedynym wskaźnikiem ilości związków organicznych rozpuszczalnych w wodzie lub ściekach jest kryterium tlenowe.

Interesujące jest ponadto zjawisko adaptacji mikroorganizmów do niektórych stężeń badanych soli, co według Autorki znajduje potwierdzenie w powrocie biochemicznego zapotrzebowania tlenu do wartości stwierdzanych na początku okresu badań.

Do niedociągnięć pracy zaliczyłabym przytaczanie wiadomości podręcznikowych, które uważam za zbędne i proponuję z nich zrezygnować przy oddawaniu pracy do druku.

Wydaje mi się ponadto , że Autorka dysponując bogatym materiałem doświadczalnym często zbyt ostrożnie decyduje się na podkreślenie zaobserwowanych zjawisk.

Biorąc jednak pod uwagę dość krótki staż naukowy, ostrożność ta jest zrozumiała i należy ją poczytać na korzyść doktorantki.

W sumie uważam , że rozprawa mgr Anity Zajączkowskiej - Stemplowskiej w pełni odpowiada warunkom ustawy w odniesieniu do rozpraw doktorskich. Tym samym wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Kierownik Zakładu

Biologii Sanitarnej

doc. dr. Maria Pawlaczek-Szpilowa