

Joanna SMYK, Monika PUCHLIK, Agata KORSAN*

WPŁYW TEMPERATURY NA EFEKTYWNOŚĆ PRACY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W BIAŁYMSTOKU

W artykule przeanalizowano wpływ temperatury na efektywność usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalni ścieków w Białymstoku. Uzyskane wyniki badań z Wodociągów Białostockich z lat 2010–2012 przeanalizowano pod kątem zależności stężeń azotu, fosforu, BZT₅, ChZT od temperatury oczyszczanych ścieków. Według przeprowadzonej analizy stwierdzono, iż temperatura ścieków ma znaczący wpływ na usuwanie związków azotu. Skuteczność usuwania azotu w lecie, gdy temperatura dochodzi do 20°C wynosi do 94%, natomiast w zimie kiedy temperatura ścieków wynosi około 9–10°C skuteczność usuwania wynosi tylko 70%. Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy efektywnością zmniejszania wskaźników tlenowych (BZT₅ i ChZT) a temperaturą ścieków dopływających do oczyszczalni. Temperatura ścieków dopływających do oczyszczalni ma niewielki wpływ na efektywność usuwania fosforu ze ścieków.

1. WPROWADZENIE

W ciągu ostatnich lat istotnym celem oczyszczania ścieków stała się optymalizacja biologicznego procesu oczyszczania [3]. Jednym z podstawowych czynników wpływającym na procesy związane z usuwaniem związków węgla i azotu w oczyszczalniach ścieków opartych na technologii osadu czynnego jest temperatura [1, 2, 4, 5, 8] Parametr ten ma znaczący wpływ na rozwój bakterii, biorących aktywny udział w unieszkodliwianiu poszczególnych zanieczyszczeń. Zdecydowana większość bakterii wykorzystywanych w procesach biologicznego oczyszczania ścieków stanowią bakterie mezofilne, dla których optymalna temperatura metaboliczna zawiera się w przedziale od 25 do 40°C. [9] Bateria te są bardzo wrażliwe na spadki temperatury ścieków, które wpływają

* Politechnika Białostocka, Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, ul. Wiejska 45A, 15–351 Białystok, j.smyk@doktoranci.pb.edu.pl, m.puchlik@pb.edu.pl.

gwałtownie na obniżenie ich aktywności. W procesach biologicznego usuwania związków azotu ze ścieków, temperatura w reaktorach przy której obserwuje się przyspieszenie procesów biochemicznych zawiera się w przedziale od 10 do 22°C. W przypadku wzrostu temperatury od 30 do 35°C szybkość rozwoju bakterii nityfikacyjnych jest stała, powyżej 35°C zaczyna maleć do zera [7]. Przy spadku temperatury poniżej 11°C obserwuje się zahamowanie drugiej fazy nityfikacji i nagromadzenie się w odpływie azotynów. W temperaturze 5°C i niższej obserwuje się zanik procesu oczyszczania ścieków, związany ze zmniejszeniem aktywności a nawet uśmierceniem organizmów żyjących w ściekach. W przypadku podwyższonej temperatury ścieków procesy rozkładu związków organicznych są przyspieszone co z kolei powoduje odtlenienie ścieków przyspieszając tym samym ich zagniwalność [1, 6].

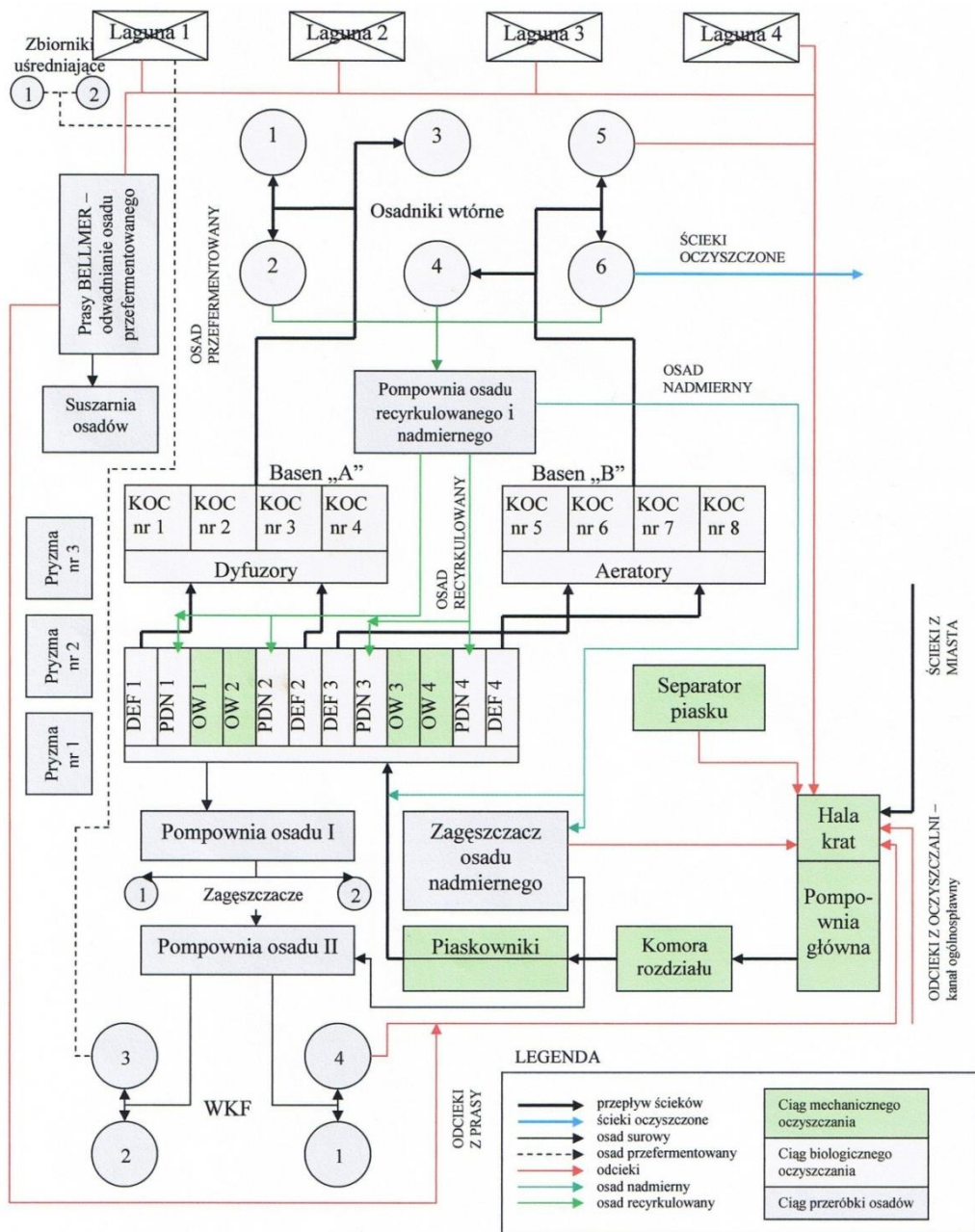
Za najmniej wrażliwe na zmiany temperatury uważa się procesy biologicznego usuwania fosforu. Jest to związane z metabolizmem bakterii pschrofilowych odpowiedzialnych za usuwanie fosforu ze ścieków, rozwijających się w temperaturach niższych niż inne organizmy. Temperatura optymalna zawiera się w przedziale od 10 do 15°C, natomiast temperaturą wystarczającą do przeprowadzenia procesów związanych z usuwaniem fosforu jest temperatura powyżej 5°C [1, 9].

Temperatura ścieków podobnie jak ich skład, jest zmienna w ciągu roku. W głównej mierze zależy od pory roku i może się różnić nawet o kilkanaście stopni. W czasie pogody bezdeszczowej w ciągu doby temperatura ścieków może zmienić się średnio o 2 stopnie. Inaczej sytuacja przedstawia się w przypadku wystąpienia opadów. Zauważalny jest spadek temperatury dopływających ścieków nawet o kilka stopni. Dodatkowo w zimie i w czasie roztopów nadmiar spływającej wody wraz ze ściekami może być jedną z przyczyn znacznego zakłócenia procesu biologicznego oczyszczania [3].

2. OCZYSZCZALNIA ŚCIEKÓW W BIAŁYMSTOKU

Obiektem badań była oczyszczalnia ścieków w Białymstoku. Oczyszczalnia przyjmuje ścieki z ponad trzystutysięcznej aglomeracji. Średnia przepustowość oczyszczalni wynosi około 70000 m³/d. Zdecydowaną większość (80%) dopływających ścieków stanowią ścieki bytowo-gospodarcze, pozostałe 20% to ścieki przemysłowe pochodzące z różnych przedsiębiorstw. Głównym źródłem zanieczyszczeń trafiających do kanalizacji są ścieki z terenu Białegostoku.

Procesy oczyszczania ścieków są oparte o konwencjonalną metodę osadu czynnego z podziałem na trzy węzły technologiczne: mechaniczny, biologiczny, przeróbki osadów. Na rys. 1 przedstawiono schemat technologiczny oczyszczalni.



Rys. 1. Schemat ideowy oczyszczalni ścieków w Białymstoku

3. METODYKA I WYNIKI BADAŃ

W oczyszczalni ścieków w Białymstoku pobieranie próbek ścieków do badań wykonuje się za pomocą samplerów. Jeden z nich - sampler marki TELEDYNE ISCO 4700 – znajduje się tuż za osadnikiem wstępnym. Jego zadaniem jest pobieranie wyznaczonej ilości ścieków co godzinę w ciągu doby. Na wylocie z oczyszczalni znajduje się sampler HACH LANGE model BUHLER, którego zadaniem jest pobieranie próbek oczyszczonych ścieków.

Badania zostały przeprowadzane w 2010, 2011 oraz 2012 roku. Do oceny ścieków surowych i oczyszczonych wykorzystano parametry takie jak: BZT₅, ChZT, azot ogólny, fosfor ogólny. Wyniki z danego miesiąca zostały poddane uśrednieniu i umieszczono w tabelach (tab. 1–6).

W celu ukazania efektywności oczyszczalni w zakresie usuwania azotu ogólnego, sporządzono wykresy zmian ładunków azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych w zależności od zmienności temperatury dopływających ścieków w poszczególnych miesiącach w ciągu roku. Wykresy powstały na podstawie wyników badań z lat 2010–2012, które są okresowo wykonywane na oczyszczalni ścieków w Białymstoku.

Tabela 1. Uśrednione parametry ścieków surowych i oczyszczonych w roku 2010

Miesiąc	Stężenia								Temperatura ścieków [°C]
	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]		ChZT [mg O ₂ /dm ³]		Azot ogólny [mg N/dm ³]		Fosfor ogólny [mg P/dm ³]		
	S	O	S	O	S	O	S	O	
Styczeń	480	3,60	1235	4	91,46	16,8	10,4	1,23	9,95
Luty	420	4,30	1080	39	84,83	15,89	8,55	0,50	10,1
Marzec	480	3,20	1107	43	87,60	13,42	10,96	0,61	10,03
Kwiecień	505	4,30	1227	41	83,21	10,54	10,70	0,25	13,1
Maj	285	3,00	819	36	69,82	8,00	7,70	0,40	15,2
Czerwiec	301	3,40	905	31	66,09	5,91	7,78	0,16	18,58
Lipiec	497	2,00	962	31	70,28	5,60	9,30	0,25	20,5
Sierpień	425	2,90	1025	31	77,81	6,30	10,30	0,21	21,2
Wrzesień	325	2,10	844	33	65,50	8,20	7,90	0	18,0
Październik	395	2,80	961	37	78,27	7,57	12,56	0,20	15,6
Listopad	380	2,30	926	44	75,11	9,45	12,26	0,29	14,7
Grudzień	375	4,00	900	44	76,00	15,00	10,00	0	11,0

Źródło : Zestawienia dokonano w oparciu o dane udostępnione przez Wodociągi Białostockie Sp. z o.o.
S - ścieki surowe, O - ścieki oczyszczone

Tabela 2. Zestawienie temperatury oraz ładunku azotu dopływającego i usuniętego w roku 2010

Miesiąc	Temperatura [°C]	Ładunek dopływającego azotu [kg/d]	Ładunek usuniętego azotu [kg/d]	Skuteczność oczyszczania [%]
Styczeń	9,95	5705,37	4657,37	82
Luty	10,10	5553,31	4513,09	81
Marzec	10,03	6720,58	5691,02	85
Kwiecień	13,10	5856,15	5114,37	87
Maj	15,20	5146,15	4556,50	88
Czerwiec	18,58	4914,45	4474,98	91
Lipiec	20,50	4870,40	4482,32	92
Sierpień	21,20	5168,37	4749,91	92
Wrzesień	18,00	5705,90	4991,57	87
Październik	15,60	5347,33	4830,15	90
Listopad	14,70	5677,34	4963,04	87
Grudzień	11,00	5257,76	4220,04	80

Tabela 3. Uśrednione parametry ścieków surowych i oczyszczonych w roku 2011

Miesiąc	Stężenia								Temperatura ścieków [°C]
	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]		ChZT [mg O ₂ /dm ³]		Azot ogólny [mg N/dm ³]		Fosfor ogólny [mg P/dm ³]		
	S	O	S	O	S	O	S	O	
Styczeń	347	2,30	903,5	37,5	79,25	14,35	10,55	0,95	11,2
Luty	459	2,90	972,5	35,0	90,44	17,26	7,83	0,71	10,5
Marzec	434	2,40	992	34,0	83,44	13,60	11,70	0,70	9,7
Kwiecień	343	2,60	791	40,0	85,58	10,50	10,12	0,50	12,0
Maj	440	2,90	1028	35,0	85,04	8,37	13,45	0,58	14,1
Czerwiec	358	1,90	963	35,0	79,20	7,67	13,12	0,21	17,2
Lipiec	417	2,00	933	32,0	67,30	7,59	9,37	0,56	18,7
Sierpień	319	1,60	817	34,5	67,45	6,15	7,95	0,21	18,1
Wrzesień	494	2,90	1191	29,5	88,40	7,46	13,15	0,28	18,4
Październik	507	2,00	1165	25,5	93,42	9,19	14,70	0,26	17,9
Listopad	560	2,35	1310	25,5	99,10	9,09	16,05	0,55	15,1
Grudzień	595	2,95	1620	26,15	101,45	9,53	18,20	0,35	14,2

Źródło : Zestawienia dokonano w oparciu o dane udostępnione przez Wodociągi Białostockie Sp. z o.o.
S - ścieki surowe, O - ścieki oczyszczone

Tabela 4. Zestawienie temperatury oraz ładunku azotu dopływającego i usuniętego w roku 2011

Miesiąc	Temperatura [°C]	Ładunek dopływającego azotu [kg/d]	Ładunek usuniętego azotu [kg/d]	Skuteczność oczyszczania [%]
Styczeń	11,2	5484,65	4491,53	82
Luty	10,5	6259,08	5064,57	81
Marzec	9,7	5774,63	4833,42	84
Kwiecień	12,0	5922,74	5196,06	88
Maj	14,1	5885,36	5306,10	90
Czerwiec	17,2	5481,19	4950,38	90
Lipiec	18,7	4657,63	4132,35	89
Sierpień	18,1	4668,01	4242,39	91
Wrzesień	18,4	6117,9	5601,61	92
Październik	17,9	6465,32	5829,31	90
Listopad	15,1	6858,41	6229,32	91
Grudzień	14,2	7021,05	6361,51	91

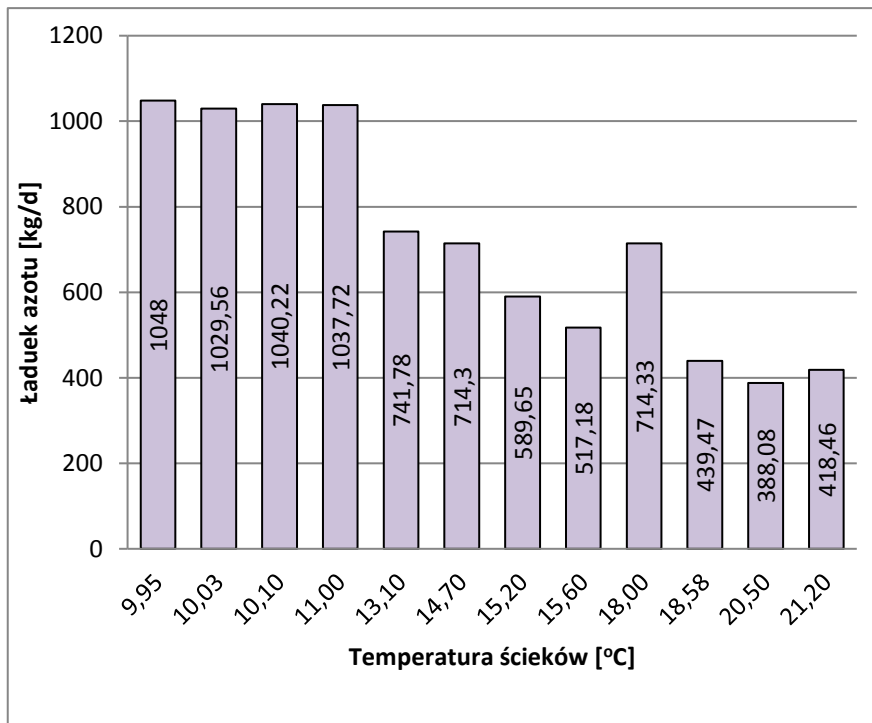
Tabela 5. Uśrednione parametry ścieków surowych i oczyszczonych w roku 2012

Miesiąc	Stężenia								Temperatura ścieków [°C]
	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]		ChZT [mg O ₂ /dm ³]		Azot ogólny [mg N/dm ³]		Fosfor ogólny [mg P/dm ³]		
	S	O	S	O	S	O	S	O	
Styczeń	335	2,60	800	29,65	93,00	13,90	11,50	0,29	11,95
Luty	225	2,00	518	30,95	64,80	22,15	6,95	0,70	9,85
Marzec	440	2,60	954,5	33,90	101,8	14,68	13,55	0,66	10,60
Kwiecień	395	3,30	883	36,75	86,05	8,59	15,20	0,24	12,70
Maj	550	2,75	1147,5	32,80	91,95	7,51	14,80	0,35	15,80
Czerwiec	335	2,80	923,5	33,60	83,80	7,54	13,15	0,29	17,05
Lipiec	315	1,65	707,5	26,50	63,25	6,22	10,35	0,19	18,65
Sierpień	370	2,50	961	34,50	74,45	7,10	10,85	0,33	19,45
Wrzesień	455	2,05	1230	35,00	86,15	6,41	14,40	0,32	19,05
Październik	280	1,85	719	30,50	63,90	7,82	10,46	0,18	17,35
Listopad	440	2,10	1155	30,50	87,20	8,27	11,20	0,24	14,65
Grudzień	570	2,20	1295	34,00	97,40	13,4	13,15	0,32	13,10

Źródło : Zestawienia dokonano w oparciu o dane udostępnione przez Wodociągi Białostockie Sp. z o.o.
S - ścieki surowe, O - ścieki oczyszczone

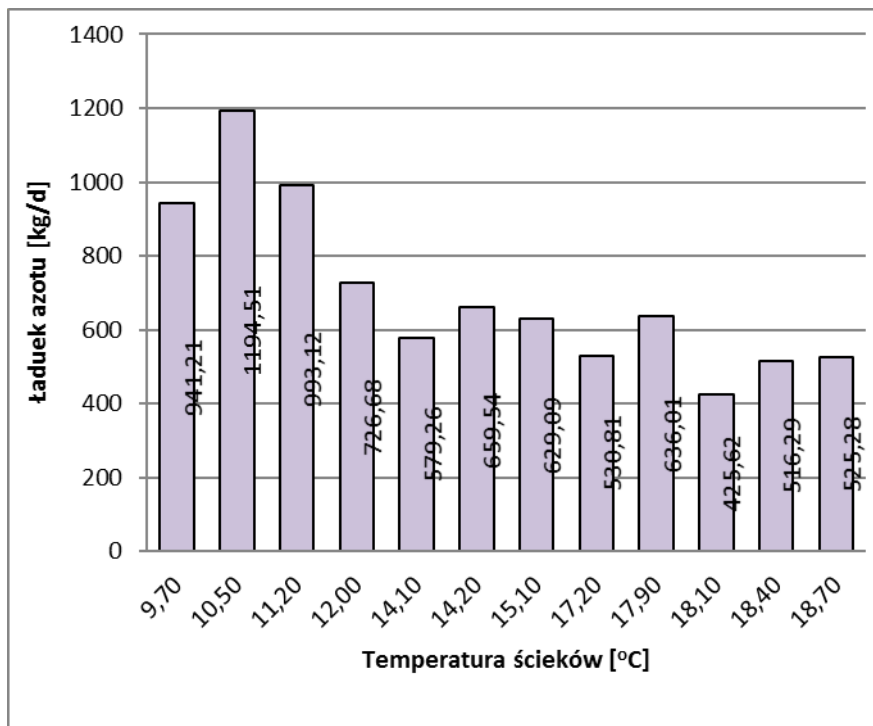
Tabela 6. Zestawienie temperatury oraz ładunku azotu dopływającego i usuniętego w roku 2012

Miesiąc	Temperatura [°C]	Ładunek dopływającego azotu [kg/d]	Ładunek usuniętego azotu [kg/d]	Skuteczność oczyszczania [%]
Styczeń	11,95	6411,23	5453,00	85
Luty	9,85	4467,18	2940,21	66
Marzec	10,60	7017,89	6005,88	86
Kwiecień	12,70	5932,11	5339,94	90
Maj	15,80	6338,85	5821,12	92
Czerwiec	17,05	5777,00	5257,21	91
Lipiec	18,65	4360,33	3931,53	90
Sierpień	19,45	5132,43	4642,97	91
Wrzesień	19,05	5939,01	5497,12	93
Październik	17,35	4405,14	3866,04	88
Listopad	14,65	6011,39	5441,28	91
Grudzień	13,10	6714,56	5790,79	86



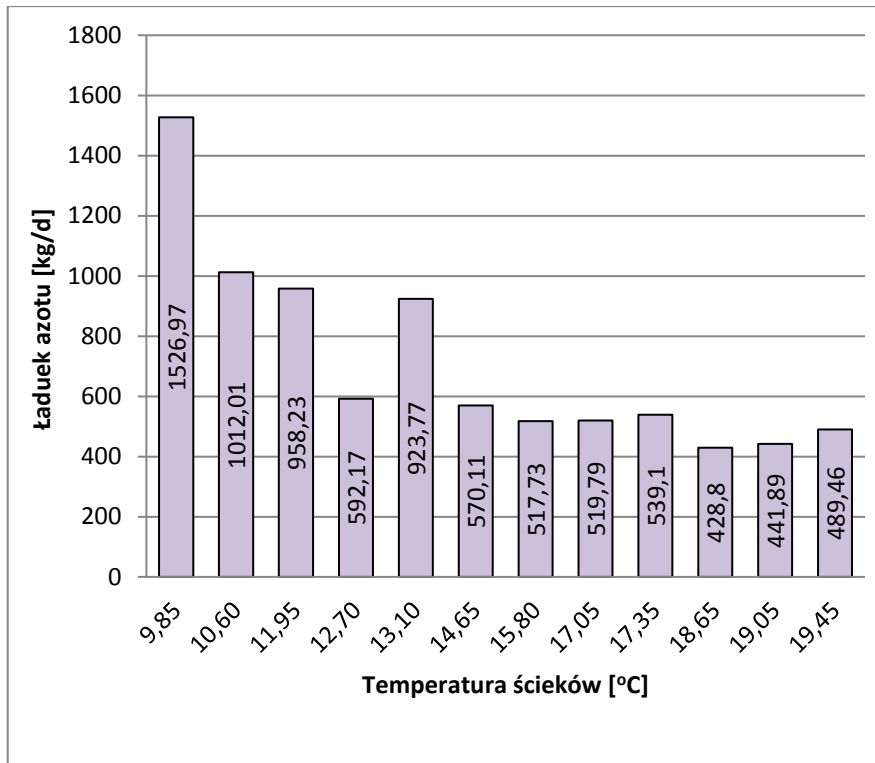
Rys. 2. Zależność wielkości ładunku azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych od temperatury ścieków w roku 2010

Analizując dane z roku 2010, można zauważyć, iż podczas wzrostu temperatury ścieków ładunek azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych maleje (rys. 2). Największe wartości wystąpiły w styczniu, lutym, marcu oraz grudniu, gdzie temperatura ścieków wynosiła od 9,95°C do 11°C. Najniższe wartości uzyskano wówczas, gdy temperatura ścieków wynosiła od 18,5°C do 21,5°C. Zauważalny jest znaczny wzrost ładunku azotu w temperaturze 18°C, co może być spowodowane zwiększoną ilością ścieków dopływających w danym miesiącu.



Rys. 3. Zależność wielkości ładunku azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych od temperatury ścieków w roku 2011

Analizując dane z roku 2011 można zauważyć podobną zależność jak roku poprzednim – im wyższa jest temperatura ścieków, tym ładunek azotu w ściekach oczyszczonych jest niższy (rys. 3). Najwyższą wartość azotu w ściekach oczyszczonych odnotowano w temperaturze 10,5°C, co może być spowodowane większą ilością ścieków dopływających w tym miesiącu. W przedziale od 14°C do 18°C wartości ładunku azotu wahają się. Najniższy ładunek azotu ogólnego uzyskano wówczas, gdy temperatura ścieków wynosiła między 18°C a 19°C.



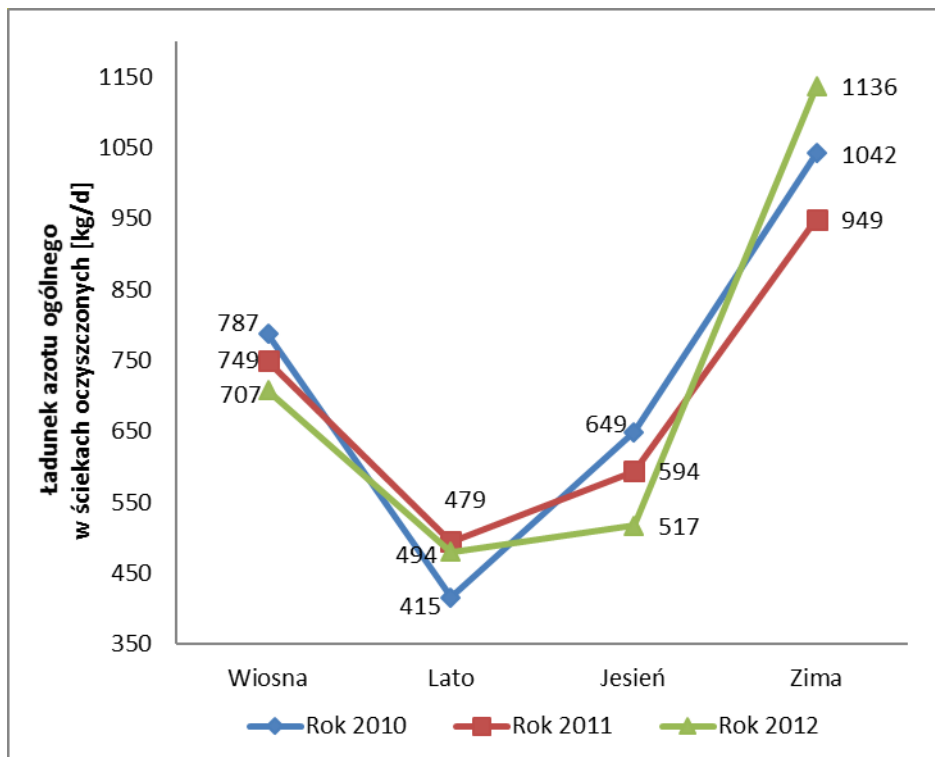
Rys. 4. Zależność wielkości ładunku azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych od temperatury ścieków w roku 2012

Analizując dane z roku 2012 można zauważyć podobieństwo do lat poprzednich – im wyższa jest temperatura ścieków, tym mniejszy jest ładunek azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych (rys. 4). Największą wartość otrzymano w styczniu w temperaturze 9,85°C, przy czym już w 10,6°C ładunek azotu ogólnego spada aż o 500 kg/d. W temperaturze 13,1°C następuje gwałtowny wzrost, ale już od 14,65°C, widoczny jest spadek. Między 14°C a 20°C wartości wahają się nieznacznie od 429 do 570 kg/d, najniższy ładunek azotu w ściekach oczyszczonych został otrzymany w 18,65°C.

W tabeli 7 przedstawiono uśrednione wartości temperatury ścieków, ładunku azotu dopływającego, ładunku azotu usuniętego oraz skuteczność usuwania azotu w zależności od pory roku w latach 2010–2012.

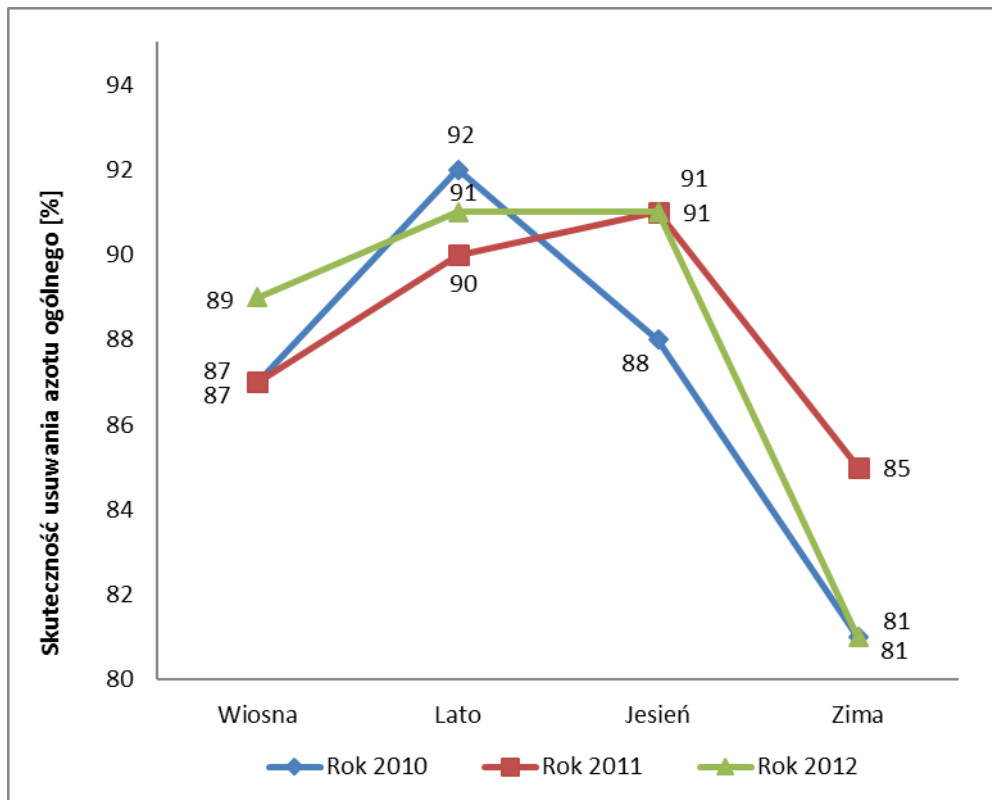
Tabela 7. Skuteczność usuwania azotu ogólnego w zależności od pory roku w latach 2010–2012

Pora roku	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Rok 2010				
Temperatura ścieków [°C]	12,78	20,09	16,10	10,35
Ładunek azotu dopływający [kg/d]	5907,63	4984,41	5576,86	5505,48
Ładunek azotu usunięty [kg/d]	5120,63	4569,07	4928,25	4463,50
Skuteczność usuwania azotu [%]	87	92	88	81
Rok 2011				
Temperatura ścieków [°C]	11,93	18,00	17,13	11,97
Ładunek azotu dopływający [kg/d]	5860,91	4935,61	6480,54	6254,93
Ładunek azotu usunięty [kg/d]	5111,86	4441,71	5886,75	5305,87
Skuteczność usuwania azotu [%]	87	90	91	85
Rok 2012				
Temperatura ścieków [°C]	13,03	18,38	17,02	11,63
Ładunek azotu dopływający [kg/d]	6429,62	5089,92	5451,85	5864,32
Ładunek azotu usunięty [kg/d]	5722,31	4610,57	4934,81	4728,00
Skuteczność usuwania azotu [%]	89	91	91	81



Rys. 5. Zależność wielkości ładunku azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych od pory roku w latach 2010–2012

Rysunek 5 przedstawia wartości ładunków azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych, jakie trafiały do odbiornika w danej porze roku. Najmniejszy ładunek odnotowano latem: wartości wynosiły od 415 do 479 kg/d. Nieco większe wartości wystąpiły jesienią – w granicach 600–700 kg/d. Wiosną ładunek azotu wynosił od 700 do 800 kg/d. Natomiast zimą zauważalny jest znaczny wzrost ładunku w ściekach oczyszczonych dochodzący aż do 1136 kg/d i jest to najwyższa wartość dla całego okresu badawczego, która została zarejestrowana w 2012 roku. Najniższy ładunek azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych został zanotowany latem roku 2010 i wyniósł on 415 kg/d.



Rys. 6. Skuteczność usuwania azotu ogólnego ze ścieków w zależności od pory roku w latach 2010–2012

Rysunek 6 przedstawia skuteczność usuwania azotu ogólnego ze ścieków w zależności od pory roku w latach 2010–2012. Można zauważyć, iż największa efektywność usuwania azotu następuje na przełomie lata i jesieni. Wtedy też skuteczność usuwania waha się w granicach 88–92%. Nieco mniejsza skuteczność (87–89%) występuje wiosną. Najmniejsze zaś efekty usunięcia w każdym roku zanoto-

wano zimą. Najniższy procent usunięcia przypadł na zimę roku 2012 (79%), zaś najwyższy - na wiosnę roku 2010 - 92%. W żadnym roku średnia wartość z grudnia, stycznia i lutego, nie przewyższyła wartości 85%.

4. INTERPRETACJA WYNIKÓW

Temperatury ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków w Białymstoku były wyraźnie zróżnicowane w zależności od terminu pomiarów. Minimalne wartości notowane w zimowych seriach badań wynosiły 10–11°C. Jak na warunki zimowe są to wartości stosunkowo wysokie, umożliwiające utrzymanie ciągłości procesów oczyszczania ścieków. W okresie wiosennym zanotowano przyrost temperatury ścieków do poziomu 12–13°C, zaś latem temperatura osiągała wartości przekraczające nawet 20°C. Jesienią temperatura ścieków wynosiła około 16–17°C, temperatury były zbliżone do temperatur letnich.

Stężenia zanieczyszczeń organicznych w ściekach surowych, które zostały wyrażone parametrami BZT₅ oraz ChZT w rozpatrywanych latach były do siebie bardzo zbliżone. Mimo sporadycznie występujących wahań wartości tych parametrów w ciągu roku, stężenia w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika, były wielokrotnie niższe od normowych wartości granicznych (BZT₅ < 15 mg/dm³, ChZT < 125 mg/dm³). Nie zauważono też zależności efektywności usunięcia zanieczyszczeń organicznych w zależności od temperatury ścieków dopływających do oczyszczalni.

Stężenie fosforu ogólnego w ściekach surowych w ciągu danych trzech lat wahało się od 7 do 13 mg P/dm³. W czasie trwania okresu badawczego, stężenie fosforu ogólnego tylko raz przekroczyło wartość graniczną - w styczniu 2010 roku wyniosło 1,23 mg P/dm³, co mogło być rezultatem niskiej temperatury ścieków - poniżej 10°C. W innych przypadkach, osiągnięcie wymaganego stężenia związków fosforu w ściekach oczyszczonych na poziomie 1 mg P/dm³ nie stanowiło większego problemu. W przypadku fosforu ogólnego można zauważyć niewielką zależność efektywności jego usunięcia od temperatury dopływających ścieków.

Ścieki dopływające do oczyszczalni mają dość zróżnicowane stężenia azotu ogólnego od 65 do 100 mg N/dm³. W każdym roku są miesiące, w których stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych przekraczają 10 mg N/dm³. Zazwyczaj są to miesiące o najniższych temperaturach w ciągu roku: grudzień, styczeń, luty, marzec. Analizując inne miesiące, efekt oczyszczania jest już zadowalający. Ładunek azotu ogólnego znajdującego się w ściekach oczyszczonych maleje wraz ze wzrostem temperatury.

Efektywność usunięcia azotu ogólnego ze ścieków w poszczególnych latach była dość zbliżona. W roku 2010 azot ogólny usuwany był ze skutecznością powyżej 80%,

osiągając maksymalną wartość 92%. Niemalże identyczne efekty uzyskano w roku 2011. W 2012 roku zauważalny jest niski efekt usuwania azotu ogólnego ze ścieków wynoszący jedynie 66% w miesiącu lutym. W pozostałych miesiącach przekracza 85% osiągając wymagany stopień redukcji zanieczyszczenia zapisany w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2014 poz. 1800). Przy analizie efektywności usuwania azotu ogólnego ze ścieków można zauważyć wyraźne zróżnicowanie sezonowe. W okresach jesienno-letnich azot ogólny usuwany był ze skutecznością przekraczającą 88% oraz sięgającą 92%. Wiosną zaś efektywność oscylowała w granicach 87–89%. Zimą efektywność usuwania azotu ogólnego zmalała do 81%, a maksymalnym stopniem usunięcia było 85%. Taki procentowy układ dla różnych pór roku warunkowany jest głównie zmianami temperatury. Zaobserwowano wyraźną zależność między wzrostem temperatury a procentową wartością usunięcia azotu ogólnego. W porze letniej przy wyższej temperaturze dopływających ścieków, panuje niskie stężenie tlenu w komorze nityfikacji, co jest powodem warunków praktycznie beztlenowych we wnętrzu kłaczka osadu czynnego. Może to prowadzić do symultanicznej denityfikacji, czego efektem jest niższe stężenie azotanów w ściekach oczyszczonych. Analogicznie wraz ze spadkiem temperatury spada skuteczność usuwania azotu.

5. WNIOSKI

Na podstawie analizy wyników uzyskanych z badań można sformułować następujące wnioski:

1. Oczyszczalnia ścieków oparta na systemie osadu czynnego umożliwi skuteczną eliminację związków organicznych.
2. Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy efektywnością zmniejszania wskaźników tlenowych (BZT₅ i ChZT) a temperaturą ścieków dopływających do oczyszczalni.
3. Temperatura ścieków dopływających do oczyszczalni ma niewielki wpływ na efektywność usuwania fosforu ze ścieków.
4. Wraz ze wzrostem temperatury zauważalny jest spadek ładunku azotu ogólnego w odpływie.
5. Przy temperaturze ścieków 19°C odnotowano najwyższą efektywność usuwania azotu ogólnego - 93%, natomiast najniższą efektywność otrzymano dla temperatury równej 9,85°C - 66%
6. Skuteczność usuwania azotu ogólnego w okresie zimowym była znacznie niższa niż w okresie letnim, co jest związane z temperaturą ścieków dopływających do oczyszczalni.

Praca powstała w ramach realizacji pracy statutowej S/WBIIŚ/3/2014 w Katedrze Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska Politechniki Białostockiej.

LITERATURA

- [1] BARNARD J.L., *Projektowanie oczyszczalni z osadem czynnym usuwających związki biogenne. Materiały seminarium szkoleniowego: „Filozofia projektowania a eksploatacja oczyszczalni ścieków*, Lem Projekt s.c., Kraków 2000, 13–60.
- [2] BOJANOWSKA I., PEPLIŃSKI M., *Optymalizacja pracy oczyszczalni ścieków w Tczewie w zakresie usuwania biogenów i związków węgla*, Ochrona Środowiska, 2002, No. 3, 31–36.
- [3] BRZEZIŃSKA A., *Zmiany temperatury ścieków ogólnospławnych na podstawie pomiarów on-line*, Inżynieria Ekologiczna, 2011, No. 26, 90–302.
- [4] BUGAJSKI P., KACZOR G., *Ocena działania wybranych przydomowych oczyszczalni w warunkach zimowych i letnich*, Przemysł Chemiczny, 2008, No. 5, 424–426.
- [5] BUGAJSKI P., *Wpływ temperatury ścieków na wielkość wybranych wskaźników zanieczyszczeń z oczyszczalni działającej w układzie sekwencyjnym SBR*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2011, No. 2, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, 7–15.
- [6] CHMIEŁOWSKI K., WAŁĘGA A., MIERNIK W., *Wpływ temperatury powietrza na temperatury ścieków w przydomowych oczyszczalniach z filtrem piaskowym o przepływie pionowym*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2009, No. 6, 57–65.
- [7] HENZE M., HARREMOES P., JES LA COUR JANSEN, ARVIN E., *Oczyszczanie ścieków. Procesy biologiczne i chemiczne*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, Kielce 2002.
- [8] JÓZWIAKOWSKI K., MARZEC M., PYTKA A., *Wpływ temperatury ścieków na skuteczność usuwania zanieczyszczeń w systemie stawów biologicznych*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2011, No. 2, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, 205–214.
- [9] KACZOR G., *Wpływ temperatury powietrza na temperaturę ścieków w kanalizacji i reaktorze biologicznym*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2008, No. 3, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, 129–137.

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE EFFICIENCY OF WASTEWATER TREATMENT PLANT IN BIAŁYSTOK

The article presents research of the temperature effect on the efficiency impurities removal in the wastewater treatment plant in Białystok. The results of the studies obtained from Wodociągi Białostockie from the years 2010–2012 were analyzed for dependence of nitrogen, phosphorus, BOD₅, COD on the temperature of treated wastewater. According to the analysis, it was found that the temperature of the waste water has a significant impact on the removal of nitrogen compounds. The rate of removal in the summer when the temperature reaches 20°C is 94%, whereas in the winter when the temperature of the effluent is about 9–10°C removal efficiency is only 70%. There was no significant correlation between the effectiveness of reducing the oxygen indicators (BOD₅ and COD) and the temperature of wastewater flowing into the treatment plant. The temperature of wastewater flowing into the treatment plant has little effect on the efficiency of phosphorus removal from wastewater.