

EWA WAŚNIK, KRZYSZTOF CHMIEŁOWSKI

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

## WPLYW UŁOŻENIA WARSTWY WĘGLA AKTYWNEGO NA SPRAWNOŚĆ USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ ZE ŚCIEKÓW BYTOWYCH NA PIONOWYCH FILTRACH PIASKOWO-WĘGLOWYCH

EFFECT OF ACTIVATED CARBON LAYER  
AT SAND-CARBON FILTERS VERTICAL FLOW  
IN DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań nad oczyszczaniem ścieków bytowych w filtrach piaskowych o przepływie pionowym z warstwą ziarnistego węgla aktywnego. Określono skuteczność usuwania ze ścieków wstępnie oczyszczonych w osadniku gnilnym związków organicznych i azotowych oraz zawiesiny ogólnej przy różnym obciążeniu hydraulicznym filtrów piaskowo-węglowych. Wykazano, że w dwuwarstwowym filtrze piaskowo-węglowym, gdzie węgiel aktywny stanowił jego górną warstwę, powstawały korzystne warunki dla rozwoju zarówno bakterii heterotroficznych, jak i bakterii nityfikacyjnych. Podczas trzymiesięcznego cyklu badań w zakresie obciążeń od  $13 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  do  $131 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  zaobserwowano średnie obniżenie poziomu  $\text{BZT}_5$ ,  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{N-NH}_4^+$  oraz zawiesiny ogólnej na poziomie, odpowiednio, 98%, 94%, 98% i 82%.

**Słowa kluczowe:** skuteczność oczyszczania, filtry piaskowo-węglowe o przepływie pionowym, ziarnisty węgiel aktywny

### Wstęp

Jednym z podstawowych procesów stosowanych w technologii uzdatniania wody i oczyszczania ścieków jest filtracja, w trakcie której następuje oddzielenie od cieczy cząstek o średnicy większej niż  $0,1 \mu\text{m}$  (KOWAL i ŚWIDERSKA-BRÓZ 1996).

Podczas filtracji mogą zachodzić zarówno procesy fizyczne, jak i procesy biochemiczne. Filtry wykazujące aktywność biochemiczną nazywane są biofiltrami. Jakość filtratu z biofiltrów zależy m.in. od rodzaju i uziarnienia materiału wypełniającego, prędkości filtracji oraz intensywności zachodzących procesów biochemicznych. Proces biofiltracji może być prowadzony na złożach z wypełnieniem naturalnym (piasek kwarcowy, keramzyt, antracyt, ziarnisty/granulowany węgiel aktywny) lub sztucznym (kształtki z PP, PE).

W warunkach tlenowych, atoksycznych i beztlenowych na powierzchni biofiltrów powstaje błona biologiczna, w której rozwijają się bakterie heterotroficzne i autotroficzne, biorące udział w biochemicznych przemianach związków organicznych i mineralnych. Przy obecności azotu amonowego w warunkach tlenowych może dochodzić do rozwoju bakterii nityfikacyjnych, utleniających azot amonowy do azotanów, a następnie do azotanów (CHAUDHARY i IN. 2003).

Po raz pierwszy biofiltry pracujące w warunkach tlenowych znalazły zastosowanie w oczyszczaniu ścieków w Anglii na początku XX wieku (WASTEWATER ENGINEERING... 1991) i od tamtej pory urządzenia te są z powodzeniem stosowane w układach technologicznych oczyszczalni ścieków i stacji uzdatniania wody (KOWAL i ŚWIDERSKA-BRÓZ 1996).

Tradycyjna metoda filtracji przez złożę piaskowe okazuje się na ogół nieskuteczna w przypadku usuwania związków rozpuszczonych oraz związków organicznych trudno rozkładalnych na drodze biochemicznej (BANSAL i GOYAL 2009).

Przykładem rozwiązania technicznego, w którym poprzez zintegrowanie procesu adsorpcji z procesami biodegradacji następuje intensyfikacja usuwania substancji organicznych, jest wprowadzenie warstwy sorbenta, np. węgla aktywnego. Węgłe ziarniste/granulowane można stosować w połączeniu z procesem filtracji jako oddzielne złoża sorpcyjne lub jako jedną z warstw w wielowarstwowych złożach filtracyjnych. Obecnie coraz bardziej popularne staje się stosowanie wkładek granulowanego węgla aktywnego pomiędzy warstwami piasku (tzw. GAC sandwich) (BANSAL i GOYAL 2009, ÇEÇEN i AKTAŞ 2011). W przypadku kiedy ziarnisty/granulowany węgiel aktywny stanowi górną warstwę filtra, zatrzymywane są zarówno zawiesiny (funkcja filtracyjna złoża), jak i związki rozpuszczone (funkcja adsorpcyjna złoża) (KOWAL i ŚWIDERSKA-BRÓZ 1996).

Na granulowanym węglu aktywnym – ze względu na zasiedlenie mikroorganizmami nie tylko jego powierzchni, lecz także porów ziaren – stwierdza się trzy do ośmiu razy większą liczebność drobnoustrojów bakteryjnych niż na złożu piaskowym (WANG i IN. 1995).

Biologicznie aktywne złoża adsorpcyjne pracują prawidłowo, jeśli utrzymywana jest odpowiednia populacja mikroorganizmów odpowiedzialnych za biologiczne utlenianie zanieczyszczeń organicznych, a także azotu amonowego (KOWAL i ŚWIDERSKA-BRÓZ 1996). Biofiltry powinny pracować przy w miarę stabilnym obciążeniu hydraulicznym i obciążeniu ładunkiem zanieczyszczeń. Nagły wzrost natężenia przepływu i stężenia dopływających ścieków może wpływać na efektywność pracy biofiltra (CHAUDHARY i IN. 2003, SPYCHAŁA i BŁAŻEJEWSKI 2003, ROLLAND i IN. 2009).

W niniejszym artykule przedstawiono wpływ warstwy ziarnistego węgla aktywnego na sprawność usuwania ze ścieków związków organicznych, związków azotowych i zawiesiny ogólnej na złożach piaskowo-węglowych przy różnych obciążeniach hydraulicznych.

## Material i metody

Model zastosowany w badaniach składał się z trzech jednakowych kolumn: A, B, C wykonanych z rur PCV o średnicy 150 mm i wysokości 700 mm (rys. 1). Dolna warstwa żwirku o miąższości 5 cm stanowiła ruszt podtrzymujący złożę, natomiast górna warstwa żwirku, także o miąższości 5 cm, była odpowiedzialna za proces rozsączania ścieków dopływających do poszczególnych kolumn.



Rys. 1. Model kolumnowy filtra piaskowego z dodatkiem węgla aktywnego (kolumny A, B, C)

Fig. 1. Column model of sand filter with active carbon (A, B, C columns)

Wypełnienie filtrów stanowił piasek filtracyjny i węgiel aktywny. W kolumnie A znajdował się węgiel aktywny o miąższości 30 cm, a pod nim piasek kwarcowy o miąższości również 30 cm (filtr dwuwarstwowy). W kolumnie B warstwy węgla aktywnego i piasku były usypane odwrotnie niż w kolumnie A. W kolumnie C usypano naprzemiennie pięć warstw piasku i węgla aktywnego o miąższości po 6 cm (filtr wielowarstwowy).

Do badań zastosowano piasek kwarcowy o średnicy zastępczej  $d_{10} = 0,28$  mm oraz ziarnisty węgiel aktywny typu Carbpol Z-4 o uziarnieniu 1-3,2 mm, całkowitej objętości porów  $1,83 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  i całkowitej powierzchni właściwej  $625,8 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ .

Do każdej z trzech kolumn doprowadzano w ciągu doby od góry taką samą ilość wstępnie oczyszczonych w osadniku gnilnym ścieków bytowych, których średnia temperatura wynosiła  $16,2^\circ\text{C}$ . W trakcie trzymiesięcznych badań co 14-21 dni zwiększano stopniowo obciążenie hydrauliczne powierzchni od  $13 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  do  $131 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ .

Skuteczność pracy filtrów określano na podstawie wyznaczonych wartości  $\text{BZT}_5$ ,  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$ , azotu amonowego  $\text{N-NH}_4^+$  oraz zawiesiny ogólnej. Wartości tych wskaźników określano zgodnie z normami: dla  $\text{BZT}_5$  – PN-EN 1899-1:2002, dla  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  – PN-ISO 6060:2006, dla azotu amonowego – PN-C-04576-4:1994 i dla zawiesiny ogólnej – PN-EN 872:2007.

## Wyniki i dyskusja

Zmienność składu wstępnie oczyszczonych w osadniku gnilnym ścieków bytowych dopływających na stanowisko badawcze przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka statystyczna zbioru wyników badanych wskaźników jakości ścieków wstępnie oczyszczonych

Table 1. Statistical characteristics of the result set of the examined quality indicators of pre-treated wastewaters

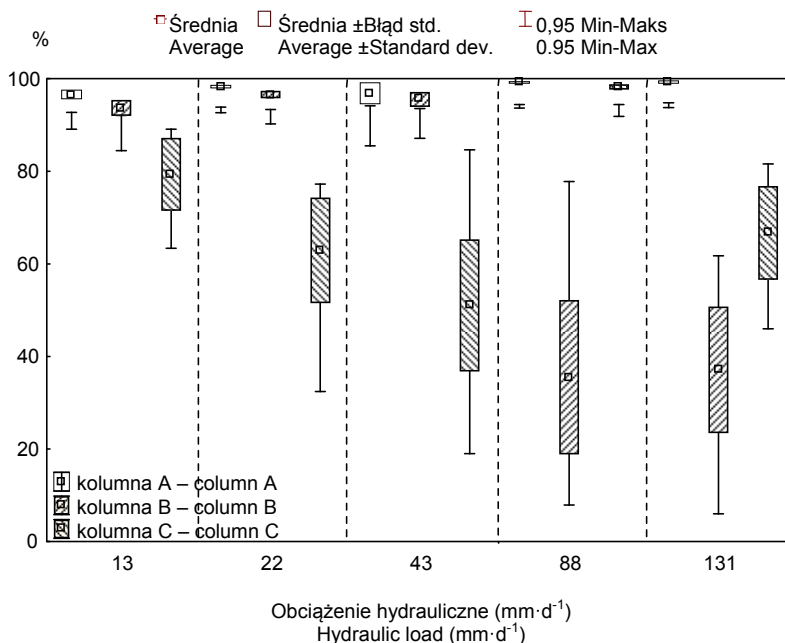
Wskaźnik Indicator	Statystyka opisowa – Descriptive statistics (n = 20)	
BZT <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> w 1 dm <sup>3</sup> ) BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> per 1 dm <sup>3</sup> )	Średnia – Average	211,6
	Minimum	60,0
	Maksimum – Maximum	420,0
	Odchylenie standardowe – Standard deviation	102,7
	Rozstęp – Interval	360
ChZT <sub>Cr</sub> (mg O <sub>2</sub> w 1 dm <sup>3</sup> ) COD <sub>Cr</sub> (mg O <sub>2</sub> per 1 dm <sup>3</sup> )	Średnia – Average	426,7
	Minimum	176,0
	Maksimum – Maximum	1505,8
	Odchylenie standardowe – Standard deviation	274,2
	Rozstęp – Interval	1 329,8
Zawiesina ogólna Total suspension (mg·dm <sup>-3</sup> )	Średnia – Average	314,3
	Minimum	57,0
	Maksimum – Maximum	1 145,0
	Odchylenie standardowe – Standard deviation	253,9
	Rozstęp – Interval	1 088,0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg·dm <sup>-3</sup> )	Średnia – Average	170,4
	Minimum	75,2
	Maksimum – Maximum	226,9
	Odchylenie standardowe – Standard deviation	38,5
	Rozstęp – Interval	151,7
ChZT <sub>Cr</sub> /BZT <sub>5</sub> COD <sub>Cr</sub> /BOD <sub>5</sub>	Średnia – Average	2,0

n – liczebność próby statystycznej.

n – number of statistical sample.

Średnia wartość ilorazu  $ChZT_{Cr}/BZT_5$  w ściekach wstępnie oczyszczonych dopływających do kolumn wynosiła 2,0. Wartość ta jest typowa dla ścieków komunalnych i wskazuje na obecność zanieczyszczeń organicznych zarówno łatwo, jak i trudno rozkładalnych w procesach biochemicznych (BEVER i IN. 1997).

Skuteczność usunięcia w filtrach dwuwarstwowych i w filtrze wielowarstwowym związków organicznych łatwo rozkładalnych w drodze biochemicznej (określanych wskaźnikiem  $BZT_5$ ) oraz trudno biodegradowalnych (oznaczanych jako  $ChZT_{Cr}$ ) przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

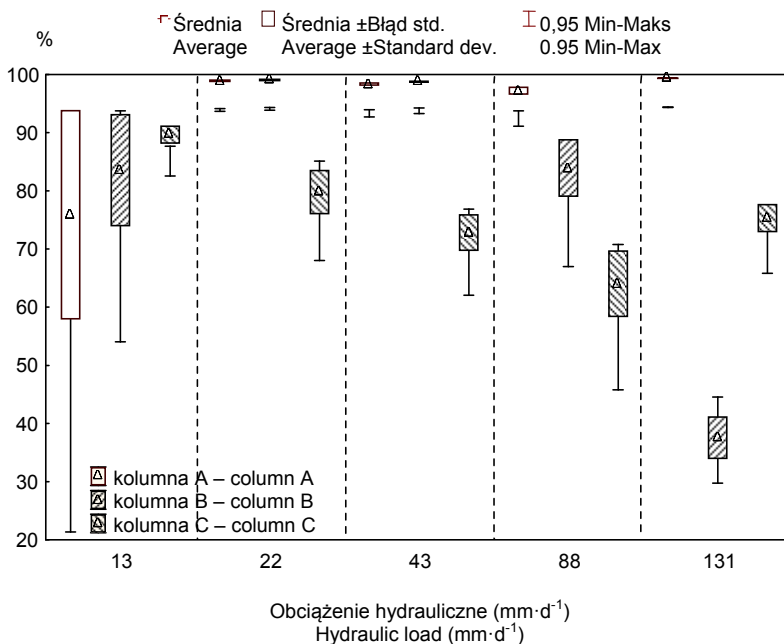


Rys. 2. Skuteczność usunięcia  $BZT_5$  na kolumnach A, B i C

Fig. 2. Effectiveness of  $BOD_5$  removal in the columns A, B and C

Najlepsze efekty oczyszczania ścieków z substancji organicznych (> 90%), które okazały się niezależne od obciążenia hydraulicznego wzrastającego w przedziale od 22  $mm·d^{-1}$  do 131  $mm·d^{-1}$ , zaobserwowano w przypadku złoża wypełnionego w górnej warstwie węglem aktywnym (kolumna A). Proces sorpcji rozpuszczonych zanieczyszczeń organicznych, które dopływały bezpośrednio do warstwy węgla aktywnego, pozytywnie wpływał na barwę i zapach filtratu.

W przypadku złoża, w którym węgiel aktywny znajdował się w dolnej warstwie biofiltra (kolumna B), uzyskano podobne efekty jedynie dla obciążeń hydraulicznych 22  $mm·d^{-1}$  i 43  $mm·d^{-1}$ . Gwałtowne pogorszenie się skuteczności usunięcia związków organicznych wynikało z zatkania się powierzchni górnej warstwy piasku w przypadku większych wartości obciążenia hydraulicznego (88  $mm·d^{-1}$  i 131  $mm·d^{-1}$ ). W tym okresie, na skutek niewystarczającej zdolności sorpcyjnej węgla aktywnego znajdującego się



Rys. 3. Skuteczność usunięcia  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  na kolumnach A, B i C  
 Fig. 3. Effectiveness of  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  removal in the columns A, B and C

pod warstwą piasku, filtrat wypływający z kolumny B miał słomkową barwę oraz zwiększoną mętność.

W filtracie odpływającym z filtra wypełnionego naprzemiennie piaskiem kwarcowym i węglem aktywnym (kolumna C) zaobserwowano duży rozrzut wartości badanych wskaźników jakości ścieków. Odpływ miał lekko słomkową barwę.

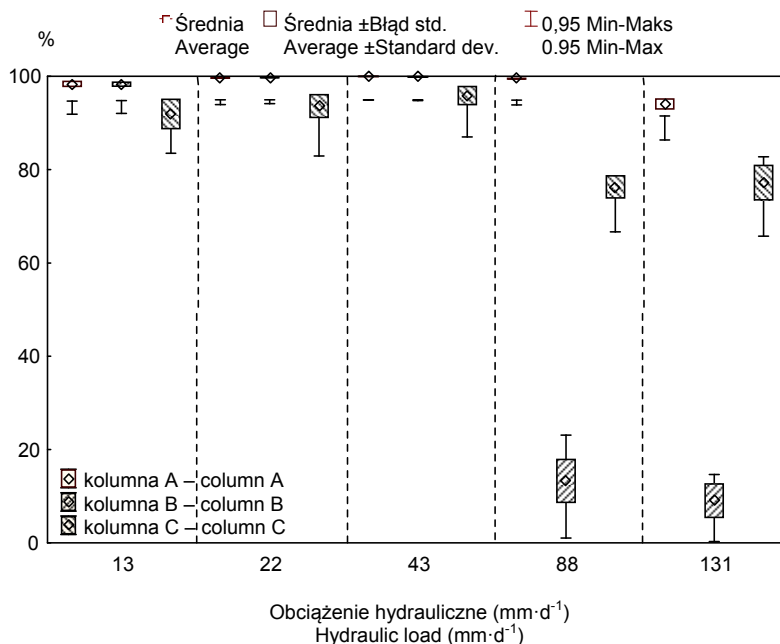
Przy obciążeniach hydraulicznych od 13  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  do 88  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  w kolumnie A proces usuwania azotu amonowego zachodził prawie ze 100-procentową skutecznością (rys. 4).

W przypadku wielowarstwowej kolumny C skuteczność usuwania azotu amonowego mieściła się w przedziale 70-98%. Dla obciążenia hydraulicznego 88  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  i 131  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  – na skutek wzrostu ilości dostępnych substancji organicznych – nastąpiło wypieranie bakterii nityfikacyjnych przez bakterie heterotroficzne, czego wynikiem był spadek usunięcia azotu amonowego.

Gwałtowne pogorszenie się efektywności usuwania azotu amonowego w kolumnie B przy wartościach obciążenia hydraulicznego 88  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  i 131  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  wynikało z zatkania się górnej powierzchni złoża.

Na rysunku 5 porównano skuteczność usunięcia zawiesiny ogólnej w filtrach dwuwarstwowych i wielowarstwowym.

Podczas badań przy obciążeniu hydraulicznym od 88  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  do 131  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  we wszystkich trzech kolumnach efektywność usuwania zawiesiny mieściła się w przedziale 70-90%. Zmniejszenie się skuteczności usunięcia zawiesiny w kolumnie B przy wartości obciążenia hydraulicznego 131  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  wynikało z zatkania się powierzchni filtra.



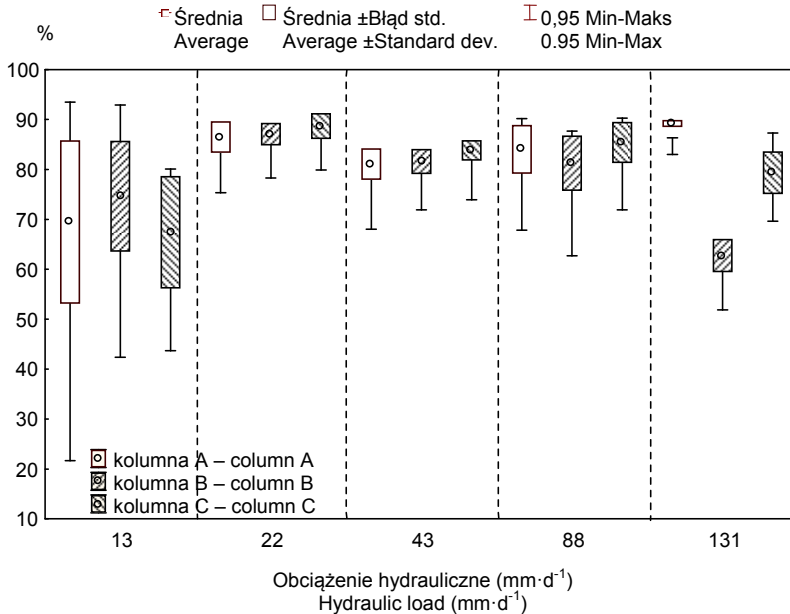
Rys. 4. Skuteczność usunięcia  $N-NH_4^+$  na kolumnach A, B i C

Fig. 4. Effectiveness of  $N-NH_4^+$  removal in the columns A, B and C

Ze względu na korzystniejsze warunki zasiedlania złoża biomasa układ dwuwarstwowy z górną warstwą węgla aktywnego okazał się najbardziej efektywny w procesie usuwania  $BZT_5$ ,  $ChZT_{Cr}$ ,  $N-NH_4^+$  oraz zawiesiny ogólnej. Podczas trzymiesięcznego cyklu badań dla wzrastającego w przedziale od  $22 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  do  $131 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  obciążenia hydraulicznego zaobserwowano praktycznie niezmiennie duże usunięcie kontrolowanych wskaźników zanieczyszczeń, co wskazuje na stabilność filtratu wypływającego z kolumny A.

W tabeli 2 porównano wartości  $BZT_5$ ,  $ChZT_{Cr}$  i zawiesiny ogólnej oznaczone w trakcie trwania eksperymentu w filtracie z kolumny A z wartościami dopuszczalnymi w ściekach oczyszczonych dla oczyszczalni mniejszych od 2000 RLM (ROZPORZĄDZENIE... 2006) oraz z wartościami uzyskanymi podczas badań nad skutecznością filtracji ścieków przez złożo z węglem aktywnym (filtr jednowarstwowy) usypane w kolumnie o identycznych wymiarach jak użyte w omawianym eksperymencie (WĄSIK I CHMIEŁOWSKI 2013).

Podczas trzymiesięcznego cyklu badań stwierdzono, że dla obciążenia hydraulicznego wzrastającego w przedziale od  $22 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  do  $131 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  wartości  $BZT_5$ ,  $ChZT_{Cr}$  oraz stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych, zarówno w filtrze dwuwarstwowym z górną warstwą węgla aktywnego oraz dolną warstwą piasku (kolumna A), jak i w filtrze jednowarstwowym wypełnionym w całości węglem aktywnym, nie przekroczyły wartości wymaganych w ściekach oczyszczonych dla oczyszczalni o wielkości mniejszej od 2000 RLM.



Rys. 5. Skuteczność usunięcia zawiesiny ogólnej na kolumnach A, B i C  
Fig. 5. Effectiveness of total suspension removal in the columns A, B and C

Tabela 2. Porównanie wyników badań uzyskanych na filtrze dwuwarstwowym węglowo-piaskowym (kolumna A) z wartościami uzyskanymi przy oczyszczaniu ścieków na filtrze jednowarstwowym z wypełnieniem z węgla aktywnego oraz z wymaganiami stawianymi ściekom oczyszczonym dla oczyszczalni mniejszych od 2000 RLM

Table 2. Comparison of results of the research obtained on two-layer carbon-sand filter (column A) with the values obtained in the wastewater treatment with the mono-layer activated carbon filter and the effluent limit values for RLM lower than 2000

Wskaźnik Indicator	Wartości dopuszczalne Limit values (ROZPORZĄDZENIE... 2006)	Statystyka opisowa Descriptive statistics (n = 4)	Filtr węglowo-piaskowy (kolumna A) Carbon-sand filter (column A)	Filtr węglowy Carbon filter (WĄSIK i/and CHMIEŁOWSKI 2013)
1	2	3	4	5
BZT <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> w 1 dm <sup>3</sup> )	40	Średnia – Average	3,55	6,28
BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> per 1 dm <sup>3</sup> )		Minimum	1,00	0,50
		Maksimum – Maximum	10,00	25,00
		Odchylenie std. – Standard dev.	2,80	6,79
		Rozstęp – Interval	9,00	24,50
ChZT <sub>Cr</sub> (mg O <sub>2</sub> w 1 dm <sup>3</sup> )	150	Średnia – Average	14,78	6,26
COD <sub>Cr</sub> (mg O <sub>2</sub> per 1 dm <sup>3</sup> )		Minimum	2,40	1,78
		Maksimum – Maximum	136,45	19,82



Tabela 2 – cd. / Table 2 – cont.

1	2	3	4	5
Zawiesina ogólna Total suspension (mg·dm <sup>-3</sup> )	50	Odchylenie std. – Standard dev.	29,74	5,33
		Rozstęp – Interval	134,05	18,04
		Średnia – Average	35,07	30,35
		Minimum	17,92	18,80
		Maksimum – Maximum	46,6	40,40
		Odchylenie std. – Standard dev.	7,50	6,88
		Rozstęp – Interval	28,68	21,6

n – liczebność próby statystycznej.  
n – number of statistical sample.

## Podsumowanie

Badania nad oczyszczaniem ścieków na filtrach piaskowo-węglowych wykazały, że w warunkach zmiennego obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń złoża dwuwarstwowe pracowały z podobną efektywnością przy obciążeniach hydraulicznych wynoszących 22 mm·d<sup>-1</sup> i 43 mm·d<sup>-1</sup>. Gorsze wyniki oczyszczania uzyskano na filtrze wielowarstwowym, wypełnionym naprzemiennie piaskiem kwarcowym i węglem aktywnym.

W przypadku dwuwarstwowego złoża, w którym węgiel aktywny znajdował się w dolnej warstwie biofiltra, zaobserwowano zatykanie się powierzchni górnej warstwy piasku przy większych wartościach obciążenia hydraulicznego (88 mm·d<sup>-1</sup> i 131 mm·d<sup>-1</sup>), co skutkowało gwałtownym pogorszeniem się efektywności oczyszczania ścieków.

Dwuwarstwowy filtr piaskowo-węglowy, którego górną warstwę stanowił ziarnisty węgiel aktywny, charakteryzował się najlepszymi warunkami pracy. Średnie zmniejszenie BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oraz zawiesiny ogólnej dla tego filtra w czasie trzymiesięcznego cyklu badań przy zmiennym obciążeniu hydraulicznym wyniosło odpowiednio 98%, 94%, 98% oraz 82%. Wartości te kształtowały się na poziomie tylko do 5% niższym od uzyskanych na biologicznie aktywnym złożu adsorpcyjnym wypełnionym w całości węglem aktywnym (WĄSIK i CHMIEŁOWSKI 2013).

## Literatura

- BANSAL R.CH., GOYAL M., 2009. Adsorpcja na węglu aktywnym. WN-T, Warszawa.
- BEVER J., STEIN A., TEICHMANN H., 1997. Zaawansowane metody oczyszczania ścieków. Ofic. Wyd. Projprzem-EKO, Bydgoszcz.
- ÇEÇEN F., AKTAŞ Ö., 2011. Activated carbon for water and wastewater treatment: integration of adsorption and biological treatment. Wiley-VCH, Weinheim.
- CHAUDHARY D.S., VIGNESWARAN S., NGO H.H., SHIM W.G., MOON H., 2003. Biofilter in water and wastewater treatment, review. *Korean J. Chem. Eng.* 20, 6: 1054-1065.
- KOWAL A.L., ŚWIDERSKA-BRÓŻ M., 1996. Oczyszczanie wody. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

- PN-C-04576-4:1994. Woda i ścieki – Badania zawartości związków azotu – Oznaczanie azotu amonowego w wodzie metodą bezpośredniej nessleryzacji. PKN, Warszawa.
- PN-EN 1899-1:2002. Jakość wody – Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dniach (BZT<sub>n</sub>) – Część 1: Metoda rozcieńczania i szczepienia z dodatkiem allilotiomocznika. PKN, Warszawa.
- PN-EN 872:2007. Jakość wody – Oznaczanie zawiesin – Metoda z zastosowaniem filtracji przez sączki z włókna szklanego. PKN, Warszawa.
- PN-ISO 6060:2006. Jakość wody – Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu. PKN, Warszawa.
- ROLLAND L., MOLLE P., LIÉNARD A., BOUTELDJA F., GRASMICK A., 2009. Influence of the physical and mechanical characteristics of sands on the hydraulic and biological behaviors of sand filters. *Desalination* 248, 1: 998-1007.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. 2006. *Dz.U.* 137, poz. 984.
- SPYCHAŁA M., BŁAŻEJEWSKI R., 2003. Sand filter clogging by septic tank effluent. *Water Sci. Technol.* 48, 11: 153-159.
- WANG J.W., SUMMERS R.C., MILTNER R.J., 1995. Biofiltration performance. Part 1. Relationship to biomass. *J. Am. Water Works Assoc.* 87, 12: 55-63.
- WASTEWATER ENGINEERING: treatment, disposal, and reuse. 1991. Red. G. Tchobanoglous, F.L. Burton. McGraw-Hill, New York.
- WĄSIK E., CHMIEŁOWSKI K., 2013. Skuteczność oczyszczania ścieków bytowych w filtrach piaskowych o przepływie pionowym z dodatkiem ziarnistego węgla aktywnego. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 3/I: 7-17.

## EFFECT OF ACTIVATED CARBON LAYER AT SAND-CARBON FILTERS VERTICAL FLOW IN DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT

**Summary.** The paper presents the results of the research concerning treatment of domestic sewage in sand filters of vertical flow with granular activated carbon layer. Removal of organic compounds and nitrogen from wastewater pre-treated in a septic tank, as well as total suspended solids at different hydraulic load of sand-carbon filters were specified. It was shown that favourable conditions for the development of both heterotrophic and nitrifying bacteria were created in the double layer of sand and carbon filter with the upper layer of the activated carbon. For three-month cycle in the load range of 13-131 mm·d<sup>-1</sup>, mean effectiveness of BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and total suspension were respectively 98%, 94%, 98% and 82%.

**Key words:** effectiveness of treatment, sand-carbon filters with vertical flow, granular activated carbon

Wąsik E., Chmielowski K., 2014. Wpływ ułożenia warstwy węgla aktywnego na sprawność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków bytowych na pionowych filtrach piaskowo-węglowych. *Nauka Przyr. Technol.* 8, 4, #48.

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Ewa Wąsik, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, Poland, e-mail: ewasik@ar.krakow.pl*

*Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:*

*18.06.2014*

*Do cytowania – For citation:*

*Wąsik E., Chmielowski K., 2014. Wpływ ułożenia warstwy węgla aktywnego na sprawność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków bytowych na pionowych filtrach piaskowo-węglowych. *Nauka Przyr. Technol.* 8, 4, #48.*