

# Transport osadów w kanalizacji pod kontrolą

## Sediment transportation in sewerage under control

WOJCIECH DĄBROWSKI, BARBARA DĄBROWSKA

DOI 10.36119/15.2019.9.6

Przedstawiono przegląd literatury dotyczącej klasyfikacji różnych rodzajów osadów kanalizacyjnych. Porównano parametry opisujące zanieczyszczenia występujące w osadach kanalizacyjnych z wartościami tych parametrów typowymi dla ścieków komunalnych i ogólnospławnych w czasie pogody bezdeszczowej i deszczowej. Opisano też znane z literatury próby przewidywania transportu zanieczyszczeń określanych przez wartości ChZT, BZT i azot amonowy w ruchomych osadach. Porównano dwa rodzaje pułapek na osady.

*Słowa kluczowe: właściwości osadów ściekowych, ładunek zanieczyszczeń, kanalizacja, pułapki na osady*

A literature review of different types of sewerage sediment classification has been presented. Parameters characterizing pollution in sewerage sediments have been compared with values of the same parameters for municipal and combined sewerage wastewaters in dry and wet weather periods. Some attempts of predicting pollution transportation in terms of COD, BOD and ammonia nitrogen values in movable sediments have been described. Two different kinds of sediment traps have been compared.

*Keywords: sewerage sediment properties, pollution load, sewerage, sediment traps*

### Wprowadzenie

Osady stanowią duże utrudnienia w eksploatacji sieci kanalizacyjnych i są najczęstszą przyczyną niedrożności kanałów, a w wyniku tego niekontrolowanych wylań, podtopień i zrzutów przez przelewy burzowe kanalizacji ogólnospławnej [13], [14]. Te ostatnie często są następstwem odkładania się osadów w przelewach burzowych, co zwiększa krotkość ich działania, a w wyniku tego sumaryczny ładunek zrzucanych do odbiorników zanieczyszczeń. W Polsce niestety najpopularniejsze są przelewy burzowe boczne, które budowano zachowując ten sam spadek dna kanału wzdłuż krawędzi przelewu, co kanału głównego i nie przewidując żadnego zeskoku przed przelewem. Ponieważ poniżej przelewu kanał ma mniejszy wymiar więc w takim przypadku w czasie pogody bezdeszczowej napełnienie w nim jest wyraźnie wyższe niż w kanale głównym. Jest to oczywistym powodem powstawania cofki i zatrzymywania osadu wzdłuż krawędzi przelewu. Stosowana popularnie w Niemczech znacznie lepsza konstrukcja przelewu z rurą dławicą uwzględnia zeskoku przy przejściu z kanału do tej rury, tak aby uniemożliwić powstanie piętrzenia ścieków powyżej w czasie pogody bezdeszczowej.

Pisząc o osadach ściekowych konieczne jest rozpoczęcie od stwierdzenia, że nie jest możliwe całkowite ich wyeliminowanie

z kanalizacji i że zawsze będą takie miejsca, z których zajdzie konieczność usuwania osadów metodami hydraulicznymi, lub mechanicznymi. W kanalizacji występują wysoce organiczne osady, które są transportowane przez całą dobę ze zmienną prędkością przesuwania się, takie które w okresie niskich nocnych przepływów zatrzymują się, ale przesuwać w czasie większych przepływów dziennych i takie, które w czasie pogody bezdeszczowej w kanalizacji ogólnospławnej są akumulowane i erodowane dopiero w czasie nawalnych opadów deszczu. Dotyczy to w mniejszym stopniu również kanalizacji bytowo-gospodarczej, do której niemal z reguły w czasie deszczu dostają się wody infiltracyjne i przypadkowe. Najlepszym rozwiązaniem jest takie projektowanie kanałów, aby osady były transportowane w nich chociażby raz na dobę. Część osadów jest bowiem kohezyjna, to znaczy taka, iż w czasie zalegania w kanale zachodzą w nich procesy zmieniające właściwości mechaniczne i utrudniające usunięcie ich z miejsca zalegania. Te osady po dłuższym przebywaniu w kanalizacji ogólnospławnej mogą stać się na tyle spójne, że żaden duży przepływ w czasie intensywnych opadów ich już nie wyplucze. W literaturze anglosaskiej dotyczącej transportu osadów używana jest terminologia oparta na słowni-

twie stosowanym do opisu transportu rumoszu w potokach i stosuje się określenia „transport osadów zawieszonych” oraz „transport osadów włączonych”. Ten drugi odbywa się z prędkością znacznie mniejszą od prędkości przepływu ścieków.

W Wielkiej Brytanii utarł się podział osadów na następujące kategorie [15], [2], [6] [7]:

- A – mineralny gruboziarnisty bez właściwości kohezyjnych,
  - B – również mineralny i gruboziarnisty jak „A” ale sklejonny ropopochodnymi,
  - C – organiczny, drobnoziarnisty, przesuwający się po powierzchni osadów A oraz B,
  - D – organiczny osad narastający na ścianach kanałów,
  - E – drobnoziarniste osady, a więc zawierające więcej metali ciężkich, które odkładają się w zbiornikach retencyjnych.
- Klasyfikację tę zaproponowano uzupełnić [7], [8] o dwa bardzo charakterystyczne i różniące się zasadniczo od wszystkich innych rodzaje osadów, a mianowicie o osady:
- F – tłuszczowe narosła na sklepieniach kanałów ciśnieniowych
  - G – zatrzymane we wpustach deszczowych wyposażonych w część osadową.

Największe stężenia zanieczyszczeń organicznych występują w osadach C, których ChZT wynosi kilka tysięcy mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, a więc kilka gramów na litr. Osady te przesuwają się po powierzchni osadów A i B nawet w czasie pogody bezdeszczowej. Jednakże zazwyczaj w kanalizacji dominują osady A oraz B i w związku z tym w nich jest zgromadzony największy ładunek ChZT, chociaż stężenia zanieczyszczeń są znacznie mniejsze niż w osadach C [17].

## Właściwości osadów

Osad D na ścianach kanałów tworzą związki organiczne. Odkłada się on poniżej oraz w obszarze wahań zwierciadła ścieków w kanałach. Chociaż jego grubość jest nieznaczna i zazwyczaj nie przekracza 2mm to jednak występują w nim warunki beztlenowe i w związku z tym w tej części biofilmu, która znajduje się poniżej zwierciadła ścieków dochodzi do redukcji siarki z siarczanów do siarczków. W wyniku tej redukcji siarka zmienia wartośćowości z +6 na -2 i dostaje się do ścieków, w których pozostaje albo w postaci gazowego siarkowodoru H<sub>2</sub>S, albo jonu HS<sup>-</sup>, albo w postaci siarczku żelaza FeS. [9], [10], [11]. Pomimo występowania w przepływających ściekach warunków anoksydacyjnych redukcja w nich siarki jest znacznie mniejsza niż w biofilmie, gdyż brakuje w nich dużej liczby redukujących siarkę mikroorganizmów. Dlatego wszystkie wzory opisujące kinetykę redukcji siarki w ciśnieniowych i grawitacyjnych kanałach ściekowych biorą pod uwagę powierzchnię ścian, na których narasta biofilm, a nie objętość wypełniających kanał ścieków. Tak więc osady w kanalizacji to nie tylko kwestia zmniejszonej drożności kanałów, ale również korozji siarczanowej oraz wytwarzania odorów, albowiem siarkowodor należy do najsilniejszych z nich. To również problem zagrożenia życia pracowników schodzących do kanalizacji gdyż siarkowodor jest toksyczny, powyżej stężenia 400ppm szybko prowadzi do porażenia nerwów węchowych, przez co przestaje być wyczuwalny zmysłami powonienia, a powyżej 1000ppm po pewnym czasie powoduje zatrzymanie oddechu i w rezultacie tego śmierć. Wymagane przepisami BHP detektory gazów, będące na niezbędnym wyposażeniu osób schodzących do kanałów, mierzą między innymi stężenie siarkowodoru w powietrzu i po przekroczeniu 10ppm rozpoczynają alarm dźwiękowy.

Drobnoziarniste osady E charakteryzują się szczególnie dużym rozdrobnie-

niem, a w związku z tym dużą powierzchnią ziaren w jednostce objętości co powoduje, że są one podatne na adsorpcję trudnorozpuszczalnych zanieczyszczeń organicznych i metali ciężkich. Z uwagi na wysokie stężenie tych metali może być konieczne deponowanie tego osadu na składowiskach odpadów niebezpiecznych. Małe wymiary cząstek fazy stałej w osadach zalegających w zbiornikach retencyjnych ścieków wynikają stąd, że te grubsze osadziły się już wcześniej w kanałach położonych powyżej.

Osady F powstają w wyniku wypływania do góry tłuszczy w przewodach tłocznych pompowni, w wyniku czego sklepienia kanałów stają się tą częścią kanałów, która obrasta osadami.

Osady we wpustach deszczowych i zachodzące w nich przemiany były szczegółowo badane przez Clegg, Forster i Crabtree [5]. Skład ich zależy od pory roku i od tego czy są wybierane. W okresie wiosennym mogą być niemal wyłącznie mineralne, ale w okresie jesieni dostają się do nich dużo liści, co powoduje, że stężenie związków organicznych przekracza wówczas 10% wagowo masy suchego osadu. Zagniwający w osadnikach wpustów deszczowych osad jest przyczyną zwiększenia zanieczyszczeń wody nadosadowej i przez to może powodować zrzut dużych ładunków zanieczyszczeń do sieci kanalizacyjnej na samym początku deszczu. Współcześnie wpusty deszczowe często wyposaża się w perforowane wiadra, z których łatwo można usunąć liście i żwir.

**Tabela 1** Dane o wielkości kanałów podane za książką [7], w których prowadzone były pomiary właściwości osadu przydennego badanego w pracach [1], [3]

numer stanowiska	wymiar kanału [mm]	liczba ludności powyżej [osoby]	spadek kanału [%o]	średnie dobowe Q w czasie pogody bezdeszczowej [m <sup>3</sup> /dobę]
1	1030x686 KJ	9500	45,5	1900
2	1780x1625 KJ	13000	0,57	6700
3	1780x1625 KJ	18000	0,57	7500

**Tabela 2** Charakterystyka osadów transportowanych przy dnie trzech kanałów, których parametry przedstawiono w tabeli 1 [1]

numer stanowiska	średnica d <sub>50</sub> nieorganicznych ziaren [mm]	gęstość w stanie mokrym [kg/m <sup>3</sup> ]	zawartość substancji lotnych [%]	średnia arytmetyczna wartość ChZT [mg/dm <sup>3</sup> ]	średnia arytmetyczna wartość BZT <sub>5</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	średnia arytmetyczna wartość N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]
1	0,5-11,0	1143-1998	1,4-28,6	87522	28594	248
2	0,5-4,0	1000-1066	31,8-68,1	214000	82758	214
3	0,09-2,5	1000-1108	55,6-91,2	124246	96119	181

**Tabela 3.** Porównanie zakresu parametrów osadu przydennego w kolektorze ogólnospławnym na stanowisku nr3 z tymi samymi parametrami w ściekach z okresu bezdeszczowego [1]. Dane o kolektorach w których prowadzono pomiary zebrane są w tabeli 1

medium→	ścieki bytowo-gospodarcze			osady przydenne		
	wysokie	średnie	niskie	wysokie	średnie	niskie
BZT <sub>5</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	632,2	311	34	151200	96119	31111
ChZT [mg/dm <sup>3</sup> ]	834	503	138	207400	124246	84800
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	28,7	18	7,4	339,3	181	76,2

## Osady wleczone

Obserwacje przeprowadzone kamerą usadowioną nad dnem dużego kanału ogólnospławnego [1] pokazały, że stężenie cząstek fazy stałej gwałtownie rośnie tuż ponad dnem kanału. Wyżej też nie jest ono stałe, ale zmiany są mniej zauważalne. Bardzo blisko dna występuje jeszcze jeden wzrost stężenia fazy stałej, tym razem związany z przynajmniej czasowo nieruchomym osadem, który zalega na dnie kanału. Transport zawiesiny w warstwie położonej pomiędzy tymi dwoma poziomami zagęszczenia fazy stałej określa się mianem transportu przydennego i wiąże z występowaniem takich zjawisk jak toczenie, przesuwanie i saltacja. Warstwa ta jest w dużej części organiczna, a więc charakteryzuje się wysokimi wartościami ChZT, BZT<sub>5</sub> i NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, co przedstawiono na przykładzie badań [1] przeprowadzonych w czasie pogody bezdeszczowej w kanałach ogólnospławnych, których spadki i wymiary oraz liczbę użytkowników przedstawiono w tabeli 1.

Jak wynika z tabel 2,3 osady przydenne pobierane z pułapki zainstalowanej w dnie kanału 1 o spadku prawie dziesięciokrotnie większym od spadku kanałów wyposażonych w stanowiska 2,3 charakteryzowały się większą średnicą d<sub>50</sub> części nieorganicznych, większą gęstością właściwą w stanie uwodnionym, mniejszą procentową zawartością substancji lotnych i mniejszymi wartościami parametrów jakościowych ChZT, BZT<sub>5</sub>. Wszystkie wy-szczególnione tutaj właściwości osadów

można wytłumaczyć większymi prędkościami sedimentacji, które są niezbędne, aby cząstka została zatrzymana w kanale położonym ze znacznie większym spadkiem, a więc większym udziałem procentowym ziaren piasku. Jednakże z przedstawionych w tabelach 1,2,3 danych wynika, że stężenie azotu amonowego było najwyższe właśnie w próbach pobranych z pułapki 1. W przypadku azotu amonowego wartości podane w tabeli 3 dla ścieków i dla osadów są znacznie bardziej zbliżone do siebie niż w przypadku ChZT, czy BZT<sub>5</sub>. Nieznacznie wyższą wartość tego stężenia w osadach z pułapki 1 można wytłumaczyć tym, że jak wiadomo azot amonowy występuje w dużej części w postaci rozpuszczonej, a jego stężenie może być wyższe w mniejszych kanałach z uwagi na mniejszy udział wód infiltracyjnych. Wyprowadzanie takich hipotez na podstawie słabo udokumentowanych różnic jest o tyle niebezpieczne, iż wartości ChZT, BZT<sub>5</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> zmieniają się w ściekach w różny sposób wraz ze zmianami natężeń przepływu, a więc prawdopodobnie również w różny sposób w osadach dennych. Krzywa opisująca w dobie iloraz ChZT/ChZT<sub>sr</sub> jest bardzo podobna do tej, która opisuje iloraz chwilowej wartości przepływu do jego wartości średniodobowej.

Na podstawie opisanych powyżej badań polowych Arthur S. oraz Ashley R.M. [1] podjęli próbę utworzenia matematycznego opisu transportu osadu wlezonego w czasie pogody bezdeszczowej w postaci równania (1). Jednakże skorzystali w tym celu wyłącznie z pułapki nr3, a więc równanie to nie opisuje transportu osadu przydenne w kanale o stukrotnie większym spadku, na którym założona została pułapka 1. Autorzy równania (1) dysponowali 31 próbami zarówno osadów przydennych jak i ścieków, z których 19 par zostało użytych do wyznaczenia współczynników występujących w równaniu (1), a 12 par do sprawdzenia ich poprawności, w tym do określenia zakresu błędów w obliczanej wartości C<sub>v</sub>.

$$C_v = -105,73 + 2,55 \cdot 10^{-3}(l \cdot t_{ost}/H_{ost}) + 0,2023(y_o/y_{max}) + 47,808(\tau_o/\tau_\beta) + 120,45(\rho_d/\rho_w) \quad (1)$$

W równaniu (1) wprowadzono następujące oznaczenia:

- C<sub>v</sub> – iloraz transportowanej suchej masy osadu przydenne do masy ścieków,
- l – intensywność opadów dla uprzedniego deszczu [mm/h],
- t<sub>ost</sub> – czas od początku ostatniego opadu [h],

- H<sub>ost</sub> – wysokość uprzedniego opadu [mm],
- y<sub>o</sub> – wysokość napełnienia kanału [m],
- y<sub>max</sub> – największa możliwa wysokość napełnienia kanału [m],
- τ<sub>o</sub> – średnia wartość naprężenia ścinającego na granicy kanał – ścieki [N/m<sup>2</sup>],
- τ<sub>β</sub> – naprężenie ścinające na granicy dno kanału – ścieki [N/m<sup>2</sup>],
- ρ<sub>d</sub> – gęstość suchego osadu przydenne [kg/m<sup>3</sup>],
- ρ<sub>w</sub> – gęstość wody [kg/m<sup>3</sup>].

Chociaż według autorów [1] wyznaczone przy pomocy równania (1) wartości C<sub>v</sub> zawierają się w granicy -50% do +100% błędów względnego, to jednakże

**Tabela 4 Prędkości sedimentacji w ściekach i w zawiesinach wytworzonych z osadów według badań opisanych w pracy S. Michelbach, C.Wohrle [16]**

procent suchej masy próby [%]	ścieki sanitarne [cm/s]	ścieki ogólnospławne [cm/s]	osad kanalizacyjny [cm/s]	osady na ścianach kanałów [cm/s]
0	23.3	23	23	24
20	3.1-0.6	3.1-0.7	23-19	10.5-0.6
40	1.3-0.25	1.6-0.3	23-14	3.8-0.6
50	0.6-0.1	1.6-0.25	22-13	3.5-0.3
60	0.5-0.08	1.6-0.3	20.5-10	1.5-0.35
80	0.4-0.08	0.8-0.05	13-5	0.55-0.1
100	0.02	0.02	0.03	0.2-0.01

zostało ono wyprowadzone na podstawie pomiarów przeprowadzonych na pojedynczym kanale i ponadto uwzględnia parametry trudne, o ile nie niemożliwe, do zmierzenia w warunkach polowych. Podane w tym równaniu współczynniki prawdopodobnie każdorazowo zależą od miejsca wykonywania pomiarów. Próby potwierdzenia prawidłowości budowy tego równania przeprowadzone w głównych kolektorach miasta Krakowa [7] nie potwierdziły słuszności tego równania, do czego mogły się jednak przyczynić trudności pomiarowe, a w szczególności rozstrzygnięcie na jakiej wysokości powyżej dna występuje jeszcze transport osadu przydenne.

### Pułapki na osady

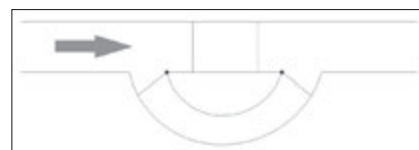
Do konstruowania pułapki na osady ważnym parametrem jest prędkość sedimentacji tych ziaren fazy stałej, które chcemy usunąć ze ścieków. W niektórych krajach osady ściekowe znacznie różnią się pomiędzy sobą. Przykładowo we Francji i w U.S.A. powszechnie stosuje się pod zlewozmywakami urządzenia do mielenia odpadów warzywnych, które są po zmieleniu transportowane kanalizacją do oczyszczalni ścieków. Innym powodem różnic w jakości ścieków są różnice klimatyczne pomiędzy poszczególnymi krajami. Co więcej, w Polsce doszło od 1989 roku do

radykalnej zmiany parametrów ścieków bytowo – gospodarczych gdyż od tego czasu do chwili obecnej średnie zużycie dobowe wody w gospodarstwach domowych spadło niemal dwu i półkrotnie. Ładunki zanieczyszczeń transportowane ściekami spadły znacznie mniej niż przepływy, a to oznacza iż kanałami płyną ścieki bardziej stężone. W tym artykule korzystamy wyłącznie z danych pochodzących z tej samej strefy klimatycznej, a zmiany w czasie są nieuchronne i gwałtowne w kanalizacji ogólnospławnej.

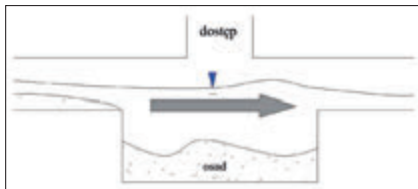
Jednym ze sposobów przepłukania sieci może być budowa zamknięć (bramek), którymi skierowuje się ścieki inną drogą do oczyszczalni. W ten sposób raz

na pewien czas można doprowadzić do przepłukania przewody kanalizacyjne znacznie większą ilością ścieków niż nimi zazwyczaj płynie. Jest to w znacznie większej skali odmiana metody na przepłukanie krótkiego kanału przez zablokowanie odpływu w studzienice powyżej i po zgromadzeniu w niej ścieków odblokowanie wypływu z niej. Inną metodą ochrony kanałów jest stosowanie pułapek na osady. Dla umożliwienia ich opróżniania stosuje się najkrótsze, jak to tylko możliwe, obejścia zamykane i otwierane dwoma furtkami. Furtki te zbudowane są w taki sposób, że każda z nich leży po przeciwnej stronie obejścia i równocześnie po przeciwnej stronie pułapki na osady. W jednej pozycji każda z furtek równocześnie otwiera obejście i zamyka dopływ do pułapki, a w drugiej pozycji otwiera przepływ przez pułapkę i zamyka dopływ do obejścia. Poglądowy rysunek instalacji pułapki na osady z obejściem pokazano na rysunku 1.

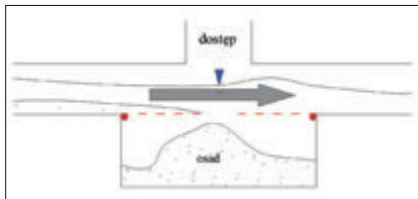
Popularne w Europie są dwa rodzaje pułapek, a mianowicie odmiana angielska



**Rys. 1**  
Poglądowy rysunek instalacji pułapki na kanale ogólnospławnym



Rys. 2  
Pułapka na osady w stylu angielskim



Rys. 3  
Pułapka na osady w stylu francuskim

i francuska [12]. Pierwszą z nich przedstawiono na rysunku 2, a drugą na rysunku 3. Ta pierwsza stosowana była już w czasach wiktoriańskich i okazała się być mało efektywna, albowiem najpierw zatrzymuje osad z dużą efektywnością, łącznie z tym drobnym, którego zatrzymanie jest niecelowe. Następnie w miarę napełniania się pułapki efektywność zatrzymywania osadu najpierw nieznacznie, a później gwałtownie, zaczyna spadać. Jednocześnie zmienia się skład granulometryczny zatrzymanego osadu. Zaczyna przeważać osad grubszy. W pracy [12] podano jak uziarnienie osadu zmieniało się w funkcji wysokości pułapki założonej na kanale ogólnospławny miasta Dundee, w Szkocji. Wyraźnie możliwe było rozdzielanie osadów grubiej ziarnistych trafiających do pułapki w okresie deszczu od osadów bardziej organicznych pochodzących z okresów bezdeszczowych. Ogólnie stwierdzono małą przydatność badanej pułapki. Częściowo wynikała ona z porcjowego podawania ścieków przewodem ciśnieniowym, tak iż zdarzały się okresy, w których prędkość średnia przepływu nad pułapką nie przekraczała 1cm/s. Usunięcie tej niedogodności poprawiło co prawda efektywność działania pułapki, lecz nie na tyle, aby jej okresowe opróżnianie można było uznać za opłacalne. Pułapka napełniała się w ciągu tygodnia. Dlatego poddano testom pułapkę typu francuskiego pokazaną na rysunku 3.

W tym typie pułapki komora osadowa jest przykryta otwieranymi kłapami tak, że do opadania na dno tej komory pozostaje szczelina ułożona poprzecznie do kierunku przepływu ścieków w kanale. Szerokość tej szczeliny wynosi zazwyczaj od 10cm do 30cm i jest dobierana do warunków lokalnych, to znaczy: frakcji uziarnienia osadu, którą chcemy zatrzymać, spadku kanału i występujących w nim prędkości przepływu. W omawianym przypadku zlewni na podstawie obliczeń wybrano szerokość szczeliny 250mm. Obliczenia takie można prowadzić wyłącznie stosując specjalistyczne oprogramowanie i w dodatku zakładając parametry ciał stałych wleczonych po dnie kanału, co z góry nie jest znane na etapie projektowania. Jednak zakres szerokości szczeliny pomiędzy 10cm a 30 cm jest nieduży i może być łatwo konstrukcyjnie zmniejszony już po wybudowaniu pułapki.

Stosowanie pułapek na osady jest celowe w odniesieniu do eliminacji kamieni, fragmentów cegieł lub betonu. Usuwanie zwykłych osadów wymaga częstego opróżniania pułapki, co jest kosztowne i uciążliwe, szczególnie gdy jest ona zlokalizowana w centrum miasta.

### Wnioski

- Osady w przewodach kanalizacyjnych stanowią istotny problem eksploatacyjny, a metody projektowania powinny prowadzić do ich ograniczenia. Jednakże nigdy nie spowodują ich całkowitej eliminacji.
- Osady kanalizacyjne to nie tylko utrudnienia w eksploatacji kanałów, ale również zwiększone ładunki zanieczyszczeń transportowanych z wyerodowanych osadów do przelewów burzowych kanalizacji ogólnospławnej.
- Osady kanalizacyjne przyczyniają się również do korozji siarczanowej kanałów betonowych, gdyż to w biofilmie i w powierzchniowej warstwie osadów dochodzi do redukcji siarki, a w znacznie mniejszym stopniu w ściekach.
- Jednym ze sposobów eliminacji gruboziarnistej frakcji osadów z kanałów jest stosowanie pułapek na osady. Preferowane jest rozwiązanie francuskie,

w którym pułapka jest otwierana wyłącznie do opróżnienia, a w czasie eksploatacji gruboziarnisty osad przydenny dostaje się do niej szczeliną o niedużej szerokości, położoną w poprzek dna kanału.

### LITERATURA

- [1] Arthur S., Ashley R.M., Near bed solids transport rate prediction in a combined sewer network, *Wat.Sci.Tech.*, 1997, 36, 8-9, 120-134
- [2] Ashley R.M., Cohesive sediment erosion and transport in sewers, proceedings from the Scottish Hydraulics Study Group Symposium on Sediment Transport, 1993, Edinburgh 1993, 4/1-11
- [3] Ashley R.M., Crabtree R.W., Sediment origin, deposition and building up in combined sewer systems, *Wat.Sci.Tech.*, 1992, 25,8,1-12
- [4] Ashley R.M., Dąbrowski W., Dry and storm weather transport of *Coliforms* and Faecal *Streptococci* in combined sewage, *ibid.*, 1995, 31, 7, 311-21
- [5] Clegg S., Forster C.F., Crabtree R.W., An examination into the ageing of gully pot sediment, raport na prawach maszynopisu, 1992
- [6] Crabtree R., Gent R., Spooner S., Mousetrap: Specification of pollutant and sediment characteristic default values, 1993, Report No. UC 1950, WPC Swindon, U.K.
- [7] Dąbrowski W., Oddziaływanie sieci kanalizacyjnych na środowisko, Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, Kraków 2004, 218 str.
- [8] Dąbrowski W., Ashley R.M., Transport osadów w kanałach ściekowych – pobór próbek ścieków i osadu, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1994, 5, 135-139
- [9] Dąbrowski W., Czy stężenie siarczanów ma istotny wpływ na korozję siarczanową, część I – podstawy prognozowania?, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2010, 11,25-28
- [10] Dąbrowski W., Czy stężenie siarczanów ma istotny wpływ na korozję siarczanową, część II – Rzeczywisty przykład obliczeniowy, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2010, 12, 34-38
- [11] Dąbrowski W., Zwalczanie zapachów i korozji siarczanowej w kanalizacji, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2001, 3, 95-99
- [12] Fraser A.G., Ashley R.M., Buxton A., Full scale performance testing the UK and French style sediment traps, *Novatech*, 2001, 955-962
- [13] Kuliczowska E., Kuliczowski A., Kubicka U., Design of the pipelines considering exploitative parameters, rozdział w *Underground Infrastructure of Urban Areas*, 2009, 165-171
- [14] Kuliczowski A., Kuliczowska E., Optymalny dobór badań umożliwiających zarządzanie przewodami kanalizacyjnymi w utrzymaniu ich prawidłowego stanu technicznego, rozdział w *Infrastruktura miast*, 2017, 95-122
- [15] McGregor I., Ashley R.M., Specification of laboratory analysis and sampling of sewage and sewer sediments, A report for Water Research Centre, UK – grudzień 1992
- [16] Michelbach S., Wohrle C., Settleable solids in a combined sewer system – measurement, quality, characteristics, *Wat. Sci. Tech.*, 1992, 25, 8, 181-188
- [17] Wallingford software, Wallrus User Manual, 1991, wydanie 4



Kwartalnik „Budownictwo i Prawo” ukazuje się piętnasty rok i ma już uśaloną grupę odbiorców wśród: firm budowlanych, wydziałów budownictwa urzędów miejskich i starostw, biur projektowych, firm kosztorysowych i innych. Obecnie nakład czasopisma wynosi ok. 2000 egz. (w zależności od uczestnictwa w targach lub sympozjach i konferencjach, podczas których prowadzone są akcje promocyjne).

Współpracujemy z Ministerstwem Infrastruktury i Budownictwa, Ministerstwem Energetyki, Ministerstwem Środowiska, Głównym Urzędem Nadzoru Budowlanego, Urzędem Zamówień Publicznych, Instytutem Techniki Budowlanej, uczelniami oraz licznymi stowarzyszeniami z sektora budownictwa.

Autorzy z tytułu publikacji w „Budownictwo i Prawo” otrzymują 5 pkt w klasyfikacji MNiSW. Czasopismo jest wydawane przez Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie” oraz Oficynę Wydawniczą POLCEN i rozpowszechniane na terenie całego kraju w prenumeracie oraz w sieci sprzedaży ww. wydawców.

**Zamówienia na prenumeratę w 2019 roku w wysokości 80 zł przyjmuje:**

**Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”**

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax: 22/843-77-71

redakcja@informacjainstal.com.pl, wydawnictwo@informacjainstal.com.pl