

1 **Analityka próbek wód spływnych z terenu portów lotniczych**

2 **Analysis of airport runoff waters samples**

3 **Sulej Anna, Żaneta Polkowska, Jacek Namieśnik**

4 **Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Analitycznej**

5 **mail: [anna.maria.sulej@gmail.com](mailto:anna.maria.sulej@gmail.com)**

6

7 **Streszczenie**

8 Pomimo wielu pozytywnych aspektów płynących z intensywnego rozwoju sektoru  
9 transportu lotniczego trzeba zdać sobie sprawę z faktu, że wszystkie przejawy aktywności  
10 związane z eksploatacją portów lotniczych prowadzą do zanieczyszczenia środowiska.  
11 Szczególnie ważnym aspektem związanym z eksploatacją portów lotniczych jest problem  
12 zanieczyszczenia powstających wód spływnych. Wody spływne z terenu lotnisk mogą  
13 zawierać wysoki poziom stężeń różnego rodzaju zanieczyszczeń, generowanych w trakcie  
14 operacji związanych z eksploatacją portów lotniczych (operacje odladania samolotów; mycie  
15 czyszczenie samolotów, platformy lotniska; rozlewy paliw, smarów; spalanie paliw;  
16 odchwaszczanie platformy lotniska). Zanieczyszczenia powstające w trakcie czynności  
17 związanych z eksploatacją portów lotniczych mają wpływ na glebę, wody powierzchniowe  
18 oraz gruntowe. W pracy przedstawiono informacje dotyczące (1) typów zanieczyszczeń  
19 generowanych na lotniskach, (2) analitycznych metod przygotowania próbki do analizy, (3)  
20 dostępnych metod analitycznych mających na celu oznaczenie końcowe zanieczyszczeń w  
21 próbkach wód spływnych.

22 **Abstract:**

23 Despite the many positives ensuing from the rapid expansion of the air transport sector,  
24 airport operations as a whole are a substantial source of environmental pollution. One of the  
25 more important problems in this respect are the runoff waters that form when precipitation or  
26 atmospheric deposits flush the airport surface during operation: aircraft and ground vehicle  
27 washing, cleaning, fuelling operations, fuel combustion, de/anti-icing operations, weeding the  
28 airport platform. This runoff gets into the soil, surface waters, and even ground waters. The  
29 paper presents generally review data on the types of pollution generated at airports. The paper  
30 also summarizes information on the analytical methodologies available for the preparation  
31 and determination of pollutants emitted during airport operations.

32

1 **Słowa kluczowe:** lotniskowe wody spływne, zanieczyszczenia, źródła emisji, procedury  
2 analityczne

3 **Keywords:** airport runoff waters , pollutants, sources of emission, sample preparation,  
4 analytical procedures

5

## 6 1. Wstęp

7 Pomimo wielu pozytywnych aspektów płynących z intensywnego rozwoju sektoru  
8 transportu lotniczego trzeba zdać sobie sprawę z faktu, że wszystkie przejawy aktywności  
9 związane z eksploatacją portów lotniczych prowadzą do zanieczyszczenia środowiska.  
10 Codzienna aktywność portów lotniczych związana jest z następującymi czynnościami:

- 11 • mycie i czyszczenie samolotów oraz pojazdów obsługi technicznej;
- 12 • naprawy i przeglądy samolotów oraz pojazdów obsługi technicznej;
- 13 • odladzanie oraz operacje zapobiegające ponownemu oblodzeniu samolotów, dróg  
14 technicznych oraz nawierzchni platformy lotniska;
- 15 • tankowanie paliwa (samoloty, pojazdy obsługi naziemnej);
- 16 • odchwaszczanie nawierzchni platformy lotniska;
- 17 • przeładunki towarów w rejonie terminalu towarowego.

18 W trakcie tych czynności bardzo duże ilości szkodliwych związków chemicznych  
19 emitowanych jest do środowiska. Na Rysunku 1 przedstawiono schematycznie zagrożenia  
20 związane z eksploatacją portów lotniczych. Wszystkie czynności związane z eksploatacją  
21 lotnisk mają negatywny wpływ na wodę, powietrze, glebę oraz zwierzęta. Dodatkowo  
22 przyczyniają się do zmian klimatycznych oraz emisji hałasu na dużą skalę.

23 Szczególnie ważnym aspektem związanym z eksploatacją portów lotniczych jest  
24 problem zanieczyszczenia powstających wód spływnych. Wody spływne z terenów portów  
25 lotniczych powstają na skutek zmywania przez opad lub osad atmosferyczny zanieczyszczeń  
26 powstających w trakcie działalności związanej z utrzymaniem portów lotniczych (m.in.  
27 odladzanie samolotów oraz powierzchni platformy lotniska, tankowanie samolotów, mycie i  
28 przeglądy samolotów oraz pojazdów obsługi naziemnej). Zanieczyszczone wody spływne z  
29 terenów lotnisk przedostają się do gleby, wód powierzchniowych, a nawet do wód  
30 gruntowych.

31

32

## 2. Typy zanieczyszczeń emitowanych w wyniku eksploatacji portu lotniczego

Różne przejawy antropopresji związane z działalnością każdego lotniska mają wpływ na elementy środowiska nieożywionego oraz na organizmy żywe. Typy zanieczyszczeń generowanych w trakcie eksploatacji lotnisk można podzielić na 3 grupy:

- przemysłowe zanieczyszczenia wód, charakteryzowane za pomocą pomiarów pH, oraz parametrów sumarycznych: ogólny węgiel organiczny (OWO), całkowita materia zawieszona (Total Suspended Solids- TSS), biologiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT<sub>5</sub>), chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT);
- zanieczyszczenia niebezpieczne, charakteryzują się toksycznością, reaktywnością, korozyjnością do grupy tej zalicz się m.in. anality z grupy polichlorowanych bifenyli, wielopierściniowe węglowodory aromatyczne (WWA), metale ciężkie, cyjanki;
- zanieczyszczenia nieszkodliwe, mogą być poddawane recyklingowi (np. folie, opakowania plastikowe)

Informacje o typach zanieczyszczeń wytworzonych na lotniskach przedstawiono w Tabeli 1.

## 3. Problemy i wyzwania związane z badaniami próbek wód spływnych z terenów lotniska

W celu określenia stopnia w jakim są zagrożone wody powierzchniowe oraz gleby, a także w dalszej kolejności wody gruntowe i głębinowe, konieczna jest identyfikacja związków chemicznych stanowiących zanieczyszczenia wód spływnych z terenu portów lotniczych. Przy próbie oceny szybkości i sposobu migracji w środowisku zanieczyszczeń obecnych w wodach spływnych konieczna jest znajomość ich właściwości fizykochemicznych. Bo one decydują o udziale procesów chemicznych, biochemicznych i fotochemicznych w ich losie środowiskowym. Poziomy stężenie zanieczyszczeń oraz ich skład w wodach spływnych znacznie różni się między różnymi portami lotniczymi. Na różnorodność tą wpływa wiele czynników takich jak: warunki meteorologiczne, system zbierania i drenażu wód spływnych z terenu lotniska, stosowanie specyficznych środków czyszczących, odladzających oraz system ich aplikowania.

Analityka takich próbek stanowi duże wyzwanie dla każdego zespołu analitycznego. Jako najważniejsze problemy z tym związane należy wymienić:

- niskie a nawet bardzo niskie poziomy zawartości szerokiego spektrum zanieczyszczeń;
- bardzo duża zmienność poziomów zawartości określonych zanieczyszczeń w próbkach wód spływnych pochodzących różnych lotnisk;

- 1 • trudności ze standaryzacją uzyskiwanych wyników pomiarów ze względu na:
  - 2 ✓ różną intensywność ruchu lotniczego,
  - 3 ✓ zmiany warunków meteorologicznych,
  - 4 ✓ usytuowanie geograficzne lotniska,
- 5 • możliwość występowania w badanych próbkach składników, które charakteryzują się
- 6 bardzo podobnymi właściwościami fizykochemicznymi i jednocześnie wykazują
- 7 zdecydowanie różną toksyczność zarówno w stosunku do części nieożywionej
- 8 składowiska, jak i bioty;
- 9 • brak standardowych technik zbierania próbek wód spływnych może mieć istotny
- 10 wpływ na wiarygodność uzyskiwanych danych pomiarowych;
- 11 • ograniczony dostęp do odpowiednich roztworów wzorcowych oraz brak materiałów
- 12 odniesienia (o różnej wartości metrologicznej), które są niezbędne do:
  - 13 ✓ kalibracji przyrządów kontrolno-pomiarowych;
  - 14 ✓ walidacji poszczególnych etapów, jak i całych metodyk analitycznych, które stanowią
  - 15 narzędzie do uzyskiwania wiarygodnych informacji o składzie i procesach
  - 16 zachodzących w próbkach wód spływnych w trakcie ich transportu, przechowywania i
  - 17 przygotowania do analizy.

18 Z tego wynika, że przygotowanie próbek wód spływnych do oznaczenia końcowego jest

19 zadaniem bardzo złożonym. Na Rysunku 2 przedstawiono schematycznie procedury

20 stosowane do oznaczenia analitów i odpowiednich parametrów w próbkach wód spływnych.

### 22 3.1 Pobieranie i przygotowanie próbek do analizy

23 Etap pobierania i przygotowania próbek do analizy stanowi kluczowy etap każdej

24 procedury analitycznej oznaczania określonej grupy składników. Bardzo ważne jest aby

25 pobrana próbka była reprezentatywna. Jednak precyzyjne pobranie próbki wód spływnych

26 może być trudne, ponieważ wody spływające z platformy lotniska rzadko są jednolite, np. ich

27 skład może się bardzo różnić w ciągu kilku minut.

28 Punkty pomiarowo-kontrolne powinny być zlokalizowane w pobliżu miejsc gdzie

29 emitowana jest największa ilość zanieczyszczeń (w tym miejscu należy wymienić strefy:

30 odladzania samolotów, dystrybucji paliw oraz takie instalacje jak: zbiorniki paliw, stacje

31 przeładunkowe, rurociągi palilowe, warsztaty naprawcze).

32 Okres czasu, w którym badaniom analitycznym poddaje się próbki wód spływnych

33 zbieranych z różnych punktów lotniska należy podzielić na dwa przedziały:

- 1 • początkowy okres badań, w tym okresie próbki należy pobierać z możliwie dużą  
2 częstotliwością (np. pobieranie kilku próbek za każdym razem genertowania  
3 zanieczyszczeń);
- 4 • okres monitoringu wód spływnych, w trakcie którego pobieranie próbek powinno być  
5 wykonywane okresowo (np. co miesiąc, co roku) aby potwierdzić, że właściwości wód  
6 • spływnych powstających w czasie eksploatacji lotnisk nie zmieniły się.

7 Zebrane próbki należy przechowywać w warunkach obniżonej temperatury (ok. 4°C).  
8 Jednocześnie powinny być przetransportowane do laboratorium w możliwie szybkim tempie.  
9 Analizę próbek wód spływnych należy przeprowadzić również w jak najkrótszym czasie.  
10 Jeśli nie jest to możliwe zaleca się podjęcie działań zapewniających stabilność składu próbki  
11 na czas transportu oraz przechowywania. Gdy próbki są w wysokim stopniu zanieczyszczone  
12 cząstkami stałymi (piasek, liście, owady) dalsza analiza fazy rozpuszczonej wymaga  
13 zastosowania wstępnego etapu filtracji (sączenie, dekantacja).

### 14 3. 2 Techniki przygotowania próbek do analizy

15 Przygotowanie próbki do analizy jest niekiedy niezbędnym etapem procedury  
16 analitycznej, szczególnie procedur przygotowawczych do oznaczania składników  
17 występujących w badanych próbkach na poziomie śladów i ultraśladów. Próbki wód  
18 spływnych są próbkami o złożonym składzie matrycy i parametry metrologiczne większości  
19 technik analitycznych są takie, że nie jest możliwe oznaczenie większości składników  
20 występujących w zebranych próbkach wód spływnych. W celu przeprowadzenia analizy  
21 ilościowej próbki te należy poddać obróbce polegającej głównie na izolacji i/lub wzbogaceniu  
22 analitów przed etapem analizy próbek odpowiednich ekstraktów z wykorzystaniem  
23 odpowiedniego narzędzia kontrolno-pomiarowego.

24 W praktyce analitycznej wykorzystuje się następujące techniki ekstrakcji analitów :

- 25 • ekstrakcja do fazy stałej (Solid Phase Extraction-SPE)
- 26 • ekstrakcja ciecz-ciecz (Liquid-Liquid Extraction- LLE)
- 27 • mikroekstrakcja do fazy stałej (Headspace Solid-Phase Microextraction- HS-  
28 SPME).

### 30 3.2 Techniki oznaczania określonych parametrów fizykochemicznych i zawartości 31 analitów w zebranych próbkach wód spływnych

32 Dzięki zastosowaniu i wykorzystaniu odpowiednich procedur analitycznych, możliwe jest  
33 oznaczenie parametrów fizykochemicznych i analitów zawartych w próbkach wód spływnych

1 z terenów lotnisk. Na Rysunku 3 przedstawiono informacje o stosowanych technikach  
2 oznaczania analitów w próbkach wód spływnych pobranych z terenów portów lotniczych.

### 3 **4. Podsumowanie**

4 Jak do tej pory danych na temat wyników badań analitycznych wód spływnych nie ma  
5 zbyt dużo. Można jednak z pełnym przekonaniem stwierdzić, wody spływne z terenu portów  
6 lotniczych cieszą się coraz większym zainteresowaniem, jako źródło informacji o  
7 potencjalnym negatywnym wpływie działalności lotnisk na stan środowiska. Intensyfikacja  
8 transportu lotniczego, czyli wzrost natężenia ruchu lotniczego na lotniskach oraz rozwój sieci  
9 lotnisk sprawia, że ten przejaw antropopresji ma coraz bardziej istotny wpływ na środowisko.  
10 Nie ma więc wątpliwości, że konieczne jest prowadzenie możliwie wszechstronnej kontroli  
11 składu próbek wód spływnych zebranych z lotnisk. Tylko możliwie powszechny monitoring  
12 tego typu próbek może zapewnić uzyskanie danych, które będą podstawą do oszacowania  
13 intensywności oddziaływania działalności lotnisk na środowisko nieożywione i organizmy  
14 żywe oraz w dalszej kolejności do opracowania solidnych podstaw zarządzania ściekami  
15 (zmniejszenie ich ilości, recykling oraz modyfikacje procesów), które powstają w portach  
16 lotniczych.

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

1 **Tabele:**

2 **Tabela 1.** Typy zanieczyszczeń generowanych na lotniskach.

Typ zanieczyszczenia	Źródło powstawania zanieczyszczenia
Gazy spalinowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• spalanie paliwa lotniczego;</li> <li>• spalanie paliwa samochodowego;</li> </ul>
Paliwo, oleje, smary detergenty	<ul style="list-style-type: none"> <li>• czyszczenie samolotów oraz pojazdów obsługi naziemnej;</li> <li>• przeglądy pojazdów;</li> <li>• operacje tankowania;</li> <li>• operacje testowania silników;</li> </ul>
Substancje odladzające/chroniące przed ponownym oblodzeniem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• operacje odladzania i chroniące ponownemu zamrażaniu</li> </ul>
Toksyczne metale ciężkie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• galwaniczne chromowanie;</li> <li>• usuwanie miedzi;</li> <li>• operacje anodowania;</li> </ul>
Kwasy oraz zasady	<ul style="list-style-type: none"> <li>• operacje czyszczenia;</li> </ul>
Rozpuszczalniki organiczne i fenole	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mycie samolotów, pojazdów obsługi naziemnej oraz powierzchni platformy lotniska;</li> <li>• malowanie i usuwanie warstw farby z samolotów oraz nawierzchni lotniska;</li> </ul>
Baterie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zużyte baterie ołowiane, litowe i nikielowo-kadmowe (stosowane w pojazdach obsługi naziemnej)</li> </ul>
Cyjanki	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hartowanie stali nie rdzewnej;</li> <li>• powlekania metalowe;</li> <li>• środki ochona przed rdzą;</li> </ul>
Pestycydy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• operacje odchwaszczania platformy lotniska</li> </ul>

1 Rysunki:



2

3 Rysunek 1. Zagrożenia środowiskowe związane z działalnością portu lotniczego



4

5

6 Rysunek 2. Etapy procedur oznaczania analitów w próbkach wód spływnych



## Techniki oznaczania analitów w próbkach wód splaynych

<u>Parametry fizykochemiczne</u>	<u>Parametry sumaryczne</u>	<u>Kationy i aniony</u>	<u>Metale</u>	<u>Związki organiczne</u>
Miniaturowe systemy analityczne-LOC	Wysokotemperaturowa mineralizacja z kulometrycznym oznaczeniem punktu końcowego LOC; GC-MS; PT-GC-ECD; DAI-GC-ECD;	•IC; •AAS; •ICP-OES; •ICP-MS;	•AAS; •ICP-OES; •ICP-MS;	•GC-FID; •GC-MS; •GPC;

1

2 **Rysunek 3.** Techniki oznaczania analitów w próbkach wód splaynych

3