



**Fundusze Europejskie**

# **Zanieczyszczenia nieorganiczne i organiczne, nowopojawiające się zanieczyszczenia w wodzie przeznaczanej do spożycia**

**prof. dr hab. Agata Rosińska**

**Politechnika Częstochowska**

**Wydział Infrastruktury i Środowiska**



Fundusze  
Europejskie



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską





**Woda przeznaczona do spożycia  
obowiązujące akty prawne, projekty**



- Przepisy dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi w krajach członkowskich UE są określone w **dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r.**
- Projekt ustawy o zmianie ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków oraz niektórych innych ustaw.



**Dyrektywa Parlamentu  
Europejskiego i Rady (UE)  
2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020r.**

## B. Parametry chemiczne

Wskaźnik	Jednostka	Polska	Dyrektywa
Antymon	µg/l	5,0	10,0
<b>Bisfenol A</b>	<b>µg/l</b>	-	<b>2,5</b>
Bor	mg/l	1,0	1,5 <sup>1)</sup>
<b>Chrom</b>	<b>µg/l</b>	<b>50</b>	<b>25 <sup>2)</sup></b>
<b>Kwasy halogenooctowe (HAA)</b>	<b>µg/l</b>	-	<b>60</b>
<b>Mikrocystyna LR</b>	<b>µg/l</b>	-	<b>1,0 <sup>3)</sup></b>
<b>Ołów</b>	<b>µg/l</b>	<b>10 <sup>4)</sup></b>	<b>5 <sup>5)</sup></b>
<b>Selen</b>	<b>µg/l</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>Uran</b>	<b>µg/l</b>	-	<b>30</b>

→ Wartość parametryczna wynosząca 25 µg/l musi zostać osiągnięta najpóźniej do dnia 12 stycznia 2036 r. Wartość parametryczna dla chromu do tego dnia musi wynosić 50 µg/l.

→ Wartość parametryczna wynosząca 5 µg/l musi zostać osiągnięta najpóźniej do dnia 12 stycznia 2036 r. Wartość parametryczna dla ołowiu do tego dnia musi wynosić 10 µg/l.

→ Wartość parametryczną wynoszącą 30 µg/l stosuje się w odniesieniu do regionów, w których warunki geologiczne mogą powodować wysoką zawartość selenu w wodach podziemnych.

- 1) 2,4 w przypadku oczyszczania wody słonej.
- 2) Kraje członkowskie mają 15 lat na osiągnięcie tej wartości.
- 3) Powinien być mierzony tylko w przypadku stwierdzenia intensywnego rozwoju sinic.
- 4) Wartość stosuje się dla próbki przeznaczonej do spożycia przez ludzi i otrzymanej odpowiednią metodą pobierania próbek z kranu oraz pobranej w taki sposób, by była reprezentatywna dla średniej tygodniowej spożywanej przez konsumentów, z uwzględnieniem okresowych krótkotrwałych wzrostów stężeń.
- 5) 15 lat na dostosowanie technologii.

## ■ Dodatkowe wymagania chemiczne

Wskaźnik	Jednostka	Polska	Dyrektywa
Bromodichlorometan	mg/l	0,015	
Chlor wolny	mg/l	0,3	
Chloroaminy	mg/l	0,5	
Σ chloranów i chlorynów	mg/l	0,7	0,7 (0,25 dla chloranów i 0,25 dla chlorynów)
<b>Całkowita zawartość PFAS</b>	<b>µg/l</b>		<b>0,50 <sup>1)</sup></b>
<b>ΣPFASs (20 związków)</b>	<b>µg/l</b>	-	<b>0,50 <sup>1)</sup></b>
Ozon	mg/l	0,05	
Trichlorometan	mg/l	0,03	
Magnez	mg/l	7-125	
Srebro	mg/l	0,010	
Twardość	mg/l	60-500	

1) oznacza całkowitą zawartość wszystkich substancji per- i polifluoroalkilowych. Ta wartość parametryczna ma zastosowanie dopiero po opracowaniu wytycznych technicznych dotyczących monitorowania tego parametru zgodnie z art. 13 ust. 7. Państwa członkowskie mogą wtedy zdecydować, czy będą stosowały jeden z parametrów – „PFAS ogółem” lub „Suma PFAS” – czy obydwa.

Suma PFAS” oznacza sumę wymienionych w załączniku III część B pkt 3 substancji per- i polifluoroalkilowych uznawanych za powód do obaw w odniesieniu do wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Jest to podzbiór substancji „PFAS ogółem”, które zawierają część perfluoroalkilową z co najmniej trzema atomami węgla (tj.  $-C_nF_{2n}-$ ,  $n \geq 3$ ) lub część eteru perfluoroalkilowego z co najmniej dwoma atomami węgla (tj.  $-C_nF_{2n}OC_mF_{2m}-$ ,  $n$  i  $m \geq 1$ ).

# IARC – klasyfikacja zagrożeń rakotwórczych w wodzie

## Podział IARC

### 1. GRUPA 1 – rakotwórcze dla człowieka

Istnieją jednoznaczne dowody działania rakotwórczego.

**Przykłady:** arsen w wodzie pitnej, związki chromu(VI), produkty dezynfekcji (trihalometany).

### 2. GRUPA 2A – prawdopodobnie rakotwórcze dla człowieka

Silne dowody u zwierząt, ograniczone u ludzi.

**Przykłady:** beryl, kadm, epichlorohydryna, dibromoetylen, formaldehyd.

### 3. Grupa 2B – potencjalnie rakotwórcze dla człowieka

Ograniczone dowody.

**Przykłady:** większość pestycydów, jony bromianowe, WWA, trichlorometan.

### 4. Grupa 3 – nieklasyfikowalne co do rakotwórczości dla człowieka

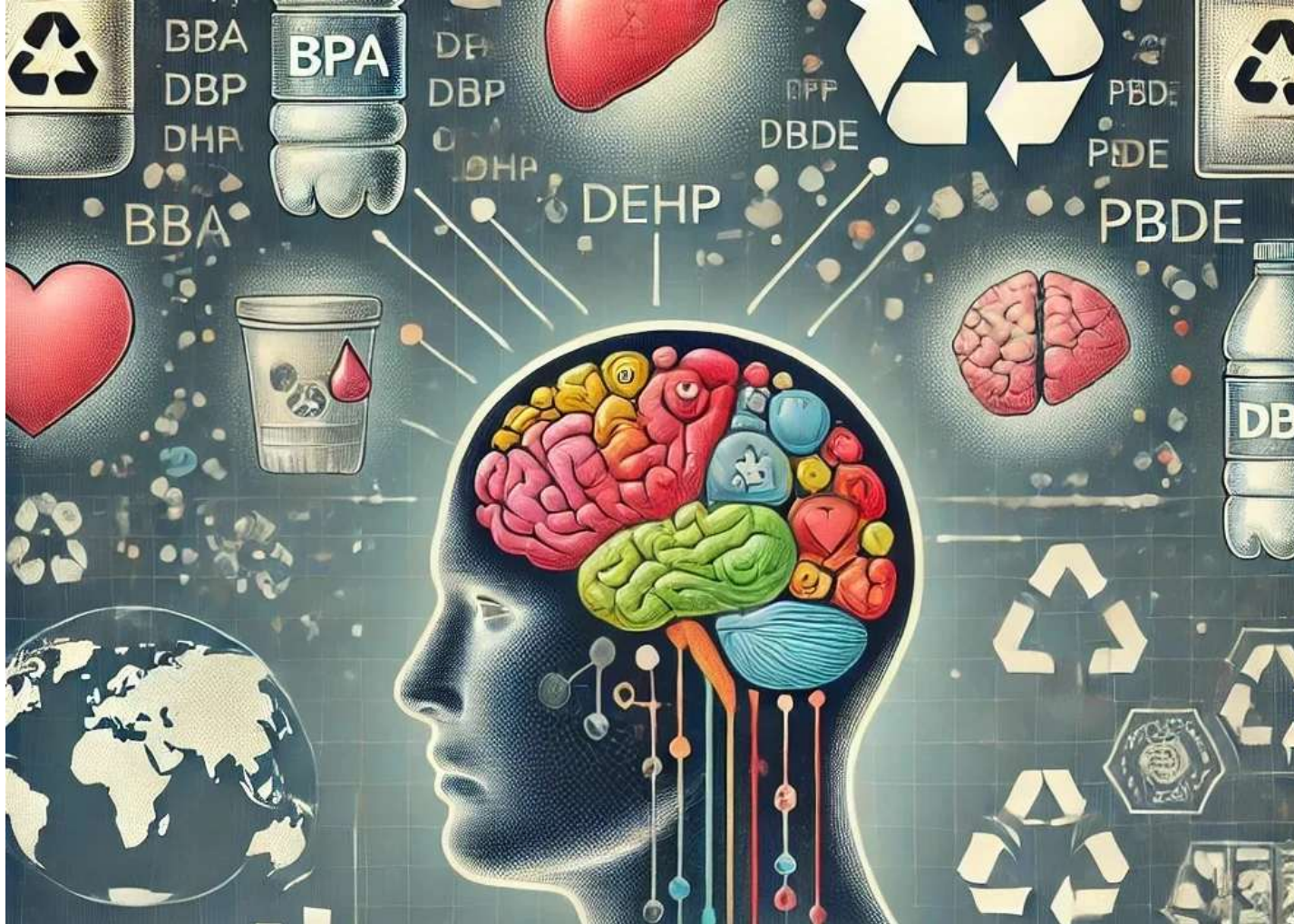
Brak wystarczających danych.

**Przykłady:** wiele substancji organicznych występujących sporadycznie w wodzie.

## Jak „wykorzystać” IARC w ocenie ryzyka wody przeznaczonej do spożycia?

- Identyfikacja zagrożeń -sprawdzenie, czy substancja obecna w wodzie jest klasyfikowana przez IARC.
- Ocena narażenia -określenie stężeń w wodzie i potencjalnej dawki pobieranej przez konsumenta.
- Charakterystyka ryzyka- porównanie z obowiązującymi limitami w dyrektywach UE i przepisach krajowych. w przypadku braku norm – zastosowanie zasady ostrożności.
- Zarządzanie ryzykiem rekomendacja działań: dodatkowe uzdatnianie, ograniczenie źródła zanieczyszczenia, monitorowanie.
- Związki klasyfikowane w Grupie 1 i 2A powinny być priorytetem w kontroli jakości wody.





**Tradycyjne zanieczyszczenia-źródła,  
ryzyko zdrowotne, prawo**



# Metale ciężkie



## Toksyczne metale ciężkie (działanie szkodliwe)

- Pb, As, Cd, Hg, Cr (VI), Ni

## Metale śladowe – mikroelementy (ważne dla życia, toksyczne w nadmiarze)

- Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Se

Właściwości toksyczne metali ujawniają się w organizmie podczas kontaktu z przyswajalną formą metalu o stężeniu wywołującym niekorzystną reakcję organizmu.

Większość metali śladowych odgrywa rolę mikroelementów spełniających ważną rolę w utrzymaniu życia organizmów wodnych, a właściwości toksyczne przejawiają się wyłącznie, gdy stężenie dostępne dla organizmu przewyższa wartość niezbędną dla zaspokojenia potrzeb żywieniowych.

**To, co potrzebne w śladowych ilościach, przy nadmiarze staje się szkodliwe.**

# Metale ciężkie



## Źródła - główne metale toksyczne

- **Ołów (Pb)** – stare rury wodociągowe
- **Arsen (As)** – naturalne podłoże geologiczne
- **Kadm (Cd)** – nawozy fosforowe, przemysł
- **Rtęć (Hg)** – przemysł chemiczny, spalanie węgla
- **Chrom (Cr VI), Nikiel (Ni)** – korozja instalacji, przemysł
- **Żelazo** – naturalne minerały, korozja rur

## Toksyczność

- **Ołów** → neurotoksyczność (dzieci)
- **Arsen** → rak skóry, płuc, pęcherza
- **Kadm** → uszkodzenie nerek, osteoporoza
- **Rtęć** → neurotoksyczność, uszkodzenie nerek
- **Chrom (VI)** → silnie kancerogeny
- **Żelazo** → nie jest toksyczne w typowych stężeniach – problem estetyczny i techniczny,

# Metale ciężkie – monitoring i zapobieganie



## Regularne badania

- Arsen, ołów, kadm, rtęć, chrom (VI) – kluczowe metale ciężkie.
- Metody: ICP-MS, AAS, spektrofotometria.
- Częstotliwość: zgodna z dyrektywą 2020/2184.
- Transparentność: wyniki udostępniane konsumentom.



## Infrastruktura wodociągowa

- Źródła zanieczyszczeń: stare rury, korozja instalacji.
- Inwentaryzacja sieci i ocena ryzyka materiałów.
- Wymiana przewodów ołowianych, modernizacja sieci.
- Certyfikowane materiały.



## Uzdatnianie wody

- Innowacyjne metody usuwania zanieczyszczeń
- Optymalizacja procesów
- Monitoring procesu



## Edukacja

- Świadomość mieszkańców
- Szkolenia dla pracowników wodociągów i laboratoriów
- Komunikacja z odbiorcami
- Promocja dobrych praktyk



## Bezpieczeństwo zdrowotne

- Grupy wrażliwe
- Ocena ryzyka zdrowotnego
- Minimalizacje ekspozycji



## **Pestycydy – problem praktyczny**



# Od DDT do nowoczesnych herbicydów – niekończąca się lista pestycydów



## ➤ Ze względu na działanie biologiczne:

- zoocydy 🐭 (insektycydy, rodentycydy, limacydy, akarycydy, repelenty)
- herbicydy 🌱 (chwastobójcze, regulatory wzrostu)
- fungicydy 🍄 (grzybobójcze)
- synergetyki (wzmacniające działanie innych).

## ➤ Ze względu na budowę chemiczną:

- nieorganiczne (arseniany, fluorki, związki miedzi)
  - organiczne (np. DDT, HCH, fosforoorganiczne, karbaminiany, fenoksykwasy, pochodne mocznika i ditiokarbaminianów)
- **Skala:** około **1000 substancji aktywnych**, tysiące preparatów handlowych.

**Pestycydy to nie tylko herbicydy/insektycydy, ale cała gama preparatów.**

**Różnorodność chemiczna = różne drogi toksyczności i trwałości w środowisku.**

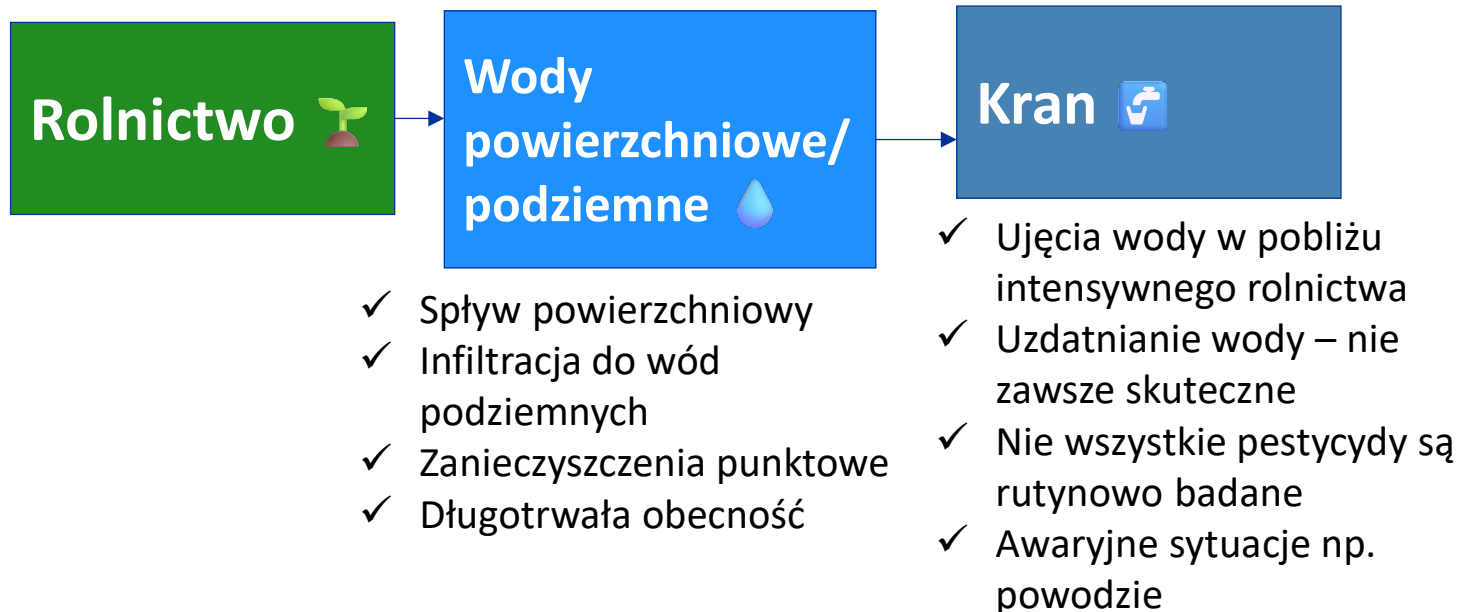
**Ważne: metabolity pestycydów często są równie toksyczne lub bardziej trwałe niż związek pierwotny.**



# Pestycydy w środowisku i wodzie



- Produkcja światowa > 4 mln ton rocznie (tendencja wzrostowa)
- Polska: sprzedaż pestycydów w 2022 r. ponad 71 tys. ton (22,3 tys. ton substancji aktywnych)
- W Polsce zarejestrowanych około 2780 produktów (około 300 substancji czynnych)
- Pestycydy i ich metabolity → trwałość w środowisku, bioakumulacja.







# Pestycydy - jak trafiają do wody i organizmu?



## ➤ Do wód:

- spływ powierzchniowy z pól i sadów 🌧️
- wymywanie z gleby do wód podziemnych 💧 ,
- transport z wiatrem 🌬️ depozycja w opadach
- odpady z przemysłu chemicznego, magazynowanie 🏭
- problem szczególnie istotny w obszarach rolniczych i wodach powierzchniowych o wysokiej przepuszczalności.

## ➤ Do organizmu człowieka:

- woda przeznaczona do spożycia 
- żywność (rośliny, ryby, mięso) 



# Pestycydy – wyzwania prawne i zdrowotne



## ➤ PRAWO

- Polska i UE: **limit 0,1 µg/l dla pojedynczego** pestycydu, **0,5 µg/l dla sumy**.
- **przepisy**: brak pełnego obrazu - nie wszystkie pestycydy i metabolity są badane – tylko te „prawdopodobne”. Oznacza to ryzyko, że nowe lub mniej popularne substancje mogą zostać przeoczone.
- Problem metabolitów - często nie wiadomo, które metabolity są istotne, a które nieszkodliwe. Brakuje danych toksykologicznych.
- Metabolity mogą być bardziej trwałe i trudniejsze do usunięcia niż substancja pierwotna.
- Koszty i zasoby - badania pestycydów na poziomie µg/l wymagają drogiej metod (LC-MS/MS, GC-MS). Małe stacje uzdatniania wody mogą mieć problem z finansowaniem takiego monitoringu.
- Nowe pestycydy na rynku - substancje wprowadzane po zatwierdzeniu dyrektywy mogą nie być od razu uwzględnione w monitoringu. Proces tworzenia bazy danych w UE może być opóźniony.
- Komunikacja ryzyka - „wykrycie pestycydu” nie oznacza automatycznie zagrożenia (bo liczą się limity i dawki).

## ➤ RYZYKA ZDROWOTNE (nawet niewielkie stężenia!!!)

- ostre: zatrucia, uszkodzenia układu nerwowego i oddechowego.
- przewlekłe: kancerogenność, zaburzenia hormonalne, uszkodzenie wątroby i nerek.
- synergia mieszanin – nieprzewidywalne efekty zdrowotne.



# Pestycydy – monitoring i zapobieganie



## PESTYCYDY W WODZIE DO SPOŻYCIA

### MONITORING

- regularne testy wody
- lista kontrolna pestycydów
- normy jakości wody



### ZAPOBIEGANIE

- zarządzanie środkami chemicznymi
- ochrona źródeł wody





**Nowopojawiające się  
zanieczyszczenia**



# Przykłady:



**Substancje per-  
i polifluoroalkilowe (PFAS)**

**Bisfenol A (BPA)**

**Farmaceutyki i środki higieny  
osobistej (PPCP)**

**Mikroplastik, nanocząstki**

# PFAS („wieczne chemikalia”) - nowość w

## Źródła: przykłady

- powłoki odporne na tłuszcz
- środki gaśnicze
- farby
- szampony

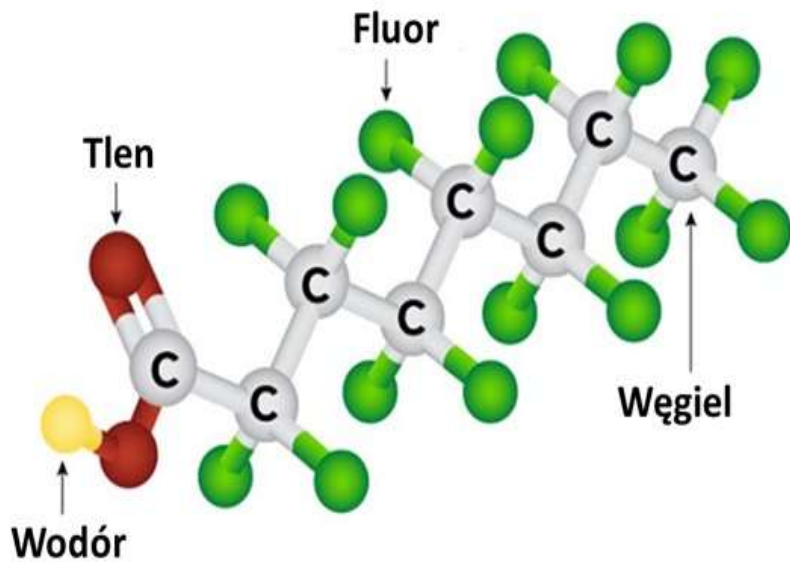
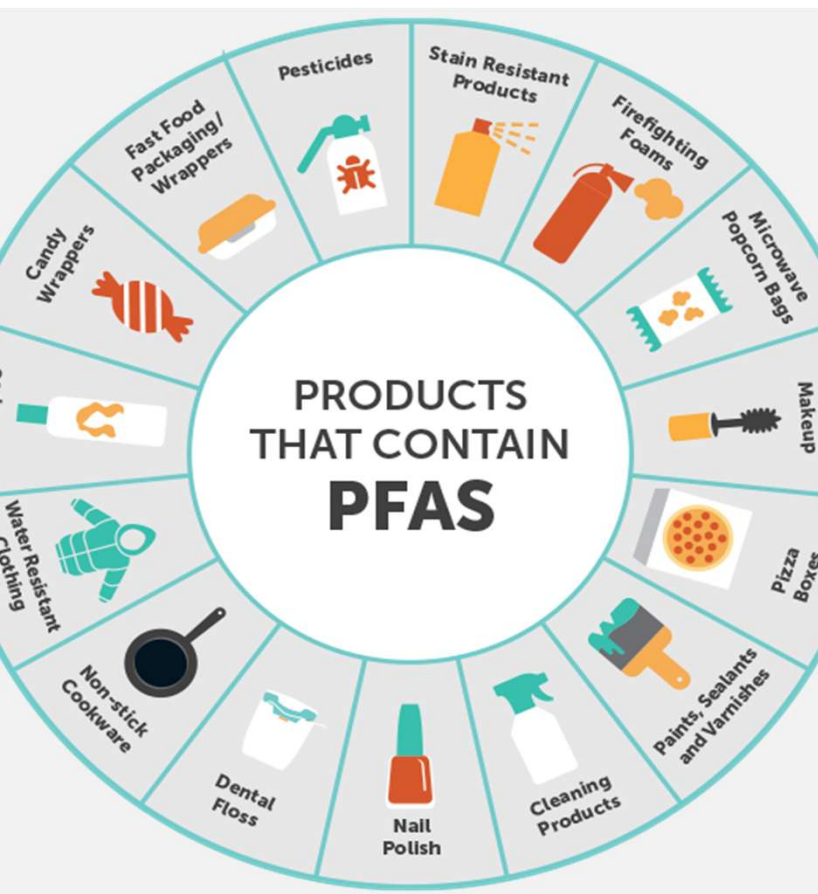
## Ryzyko dla zdrowia

- zaburzenia hormonalne (układ rozrodczy, tarczyca)
- bioakumulacja w organizmach

## Regulacje prawne

Ustalono dwa kluczowe parametry jakości wody:

- **PFAS ogółem:** całkowita zawartość wszystkich związków PFAS – limit 0,50 µg/l
- **Suma PFAS:** suma 20 priorytetowych związków (m.in. PFOS, PFOA) – limit 0,10 µg/l.
- EPA (USA) proponuje znacznie obniżone <0,004 µg/l dla PFOA/PFOS).
- WHO (2022) zaleca tymczasowo ≤100 ng/l dla PFOA/PFOS indywidualnie





# Bisfenol A (BPA) - "ukrutyv hormon"

Bisfenol wykazuje zdolność interakcji z układem hormonalnym - budową przypomina estrogen, hormon charakterystyczny przede wszystkim dla kobiet

## Źródła: przykłady

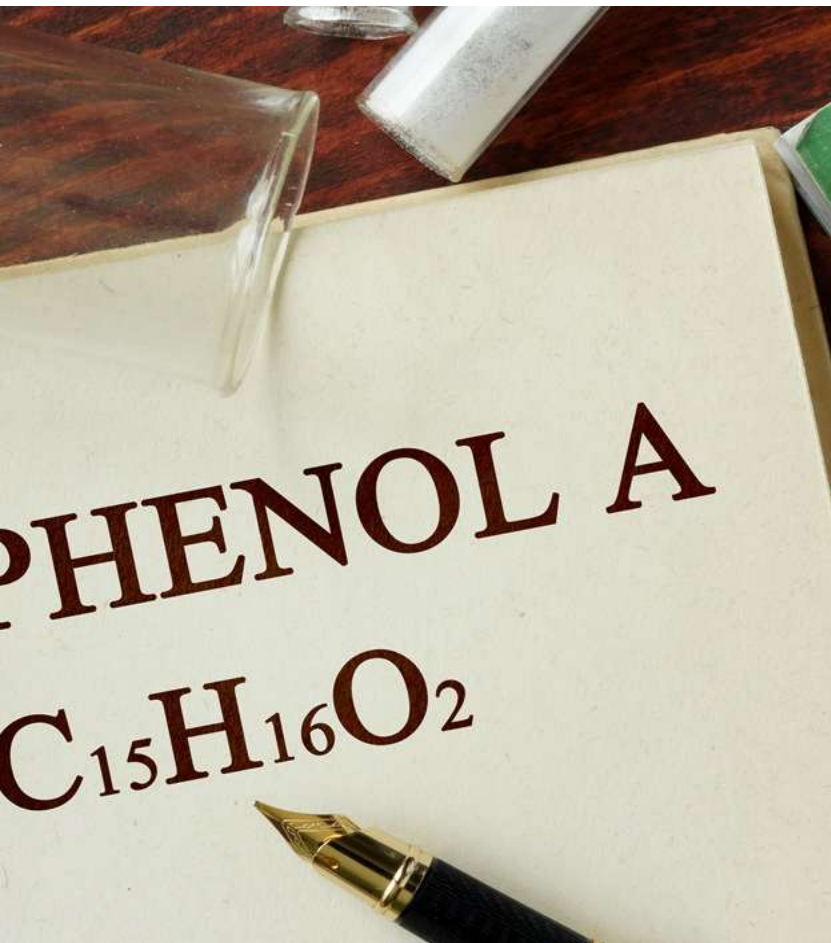
- tworzywa poliwęglanowe i żywice epoksydowe
- foliowe woreczki do gotowania ryżu, kaszy, foliowych rękawach do pieczenia mięsa
- smoczki, butelki, talerzyki, zabawki dla dzieci
- farby i kleje

## Ryzyko dla zdrowia

- zaburzenia hormonalne (układ rozrodczy, tarczyca)
- układ odpornościowy (zaburzenia autoimmunologiczne)
- działanie rakotwórcze (zwiększone ryzyko raka piersi i prostaty)

## UE –dyrektywa

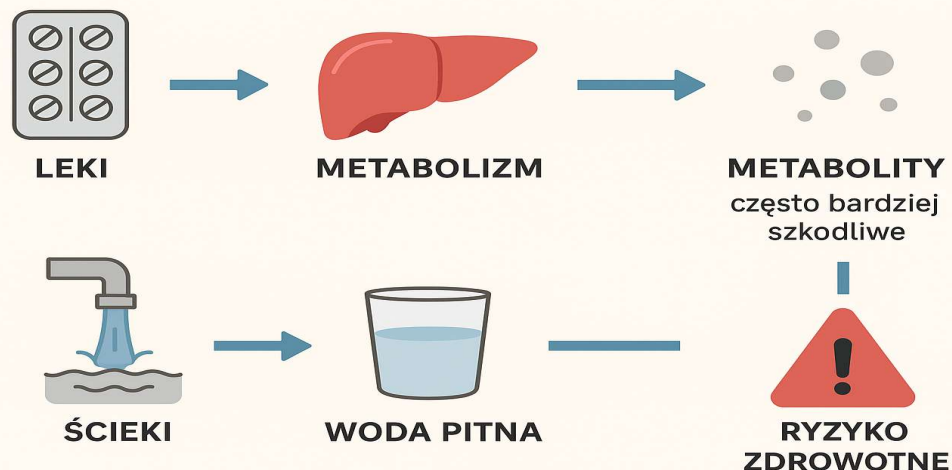
Wprowadzono bisfenol A - w wodzie przeznaczonej do spożycia limit: 2,5 µg/l. WHO nie ma wytycznej dla BPA w wodzie (ze względu na niską ekspozycję z tego źródła).



# Farmaceutyki w wodzie- ukryte zagrożenie



## PROBLEM FARMACEUTYKÓW W WODZIE



- Coraz większe spożycie leków (m.in. przeciwbólowych, antybiotyków, antydepresantów, hormonów) prowadzi do wzrostu ich obecności w ściekach.
- Wiele związków ulega przekształceniom metabolicznym, tworząc produkty rozpadu, które mogą być bardziej toksyczne niż substancje macierzyste.
- Standardowe procesy oczyszczania ścieków często nie usuwają w pełni farmaceutyków i ich metabolitów, przez co trafiają one do wody przeznaczonej do spożycia.

# Farmaceutyki w wodzie- ukryte zagrożenie



## Źródła: przykłady

- ścieki komunalne/szpitalne, przemysłowe
- hodowla zwierząt (akwakultura, produkcja trzody, bydła i drobiu)
- aplikacja osadów ściekowych na grunty rolne
- niewłaściwa gospodarka odpadami

## Ryzyko dla zdrowia

- zaburzenia endokrynologiczne, wpływ na płodność, rozwój nowotworów hormonozależnych)
- antybiotykooporność

## UE –dyrektywa

Lista obserwacyjna:

17-beta-estradiol - 0,001  $\mu\text{g/l}$

Nonylofenol - 0,3  $\mu\text{g/l}$

„należy umieścić na pierwszej liście obserwacyjnej ze względu na ich właściwości zaburzające funkcjonowanie układu hormonalnego oraz zagrożenie, jakie stwarzają dla zdrowia ludzi”.



# Środki higieny osobistej (PCP) - podział

**PCP** są produktami przeznaczonymi do użytku zewnętrznego przez ludzi, nie podlegają przemianom metabolicznym i stosowane regularnie przedostają się do środowiska w niezmienionej postaci. Wiele z tych związków jest stosowanych w dużych ilościach. Badania wykazały, że większość z nich jest trwała w środowisku, bioaktywna i wykazuje wysoki potencjał bioakumulacji.



## Środki higieny osobistej

środki dezynfekujące (np. triclosan)	środki zapachowe (np. piżma)	repelenty owadów (np. N,N- dietylo-m- toluamid – DEET	konserwanty (np. parabeny)	filtry UV (np. 3-(4'- metylobenzylid eno) kamfora	inne Alkilofenole, Cyklosiloksany
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--	---

# Środki higieny osobistej



## Źródła: przykłady

- kosmetyki
- środki dezynfekujące
- repelenty owadów
- konserwanty

## Ryzyko dla zdrowia

- zaburzenia hormonalne (parabeny, ftalany)
- alergie, podrażnienia skóry
- wchłanianie i bioakumulacja
- koktajl efektów

## UE –dyrektywa

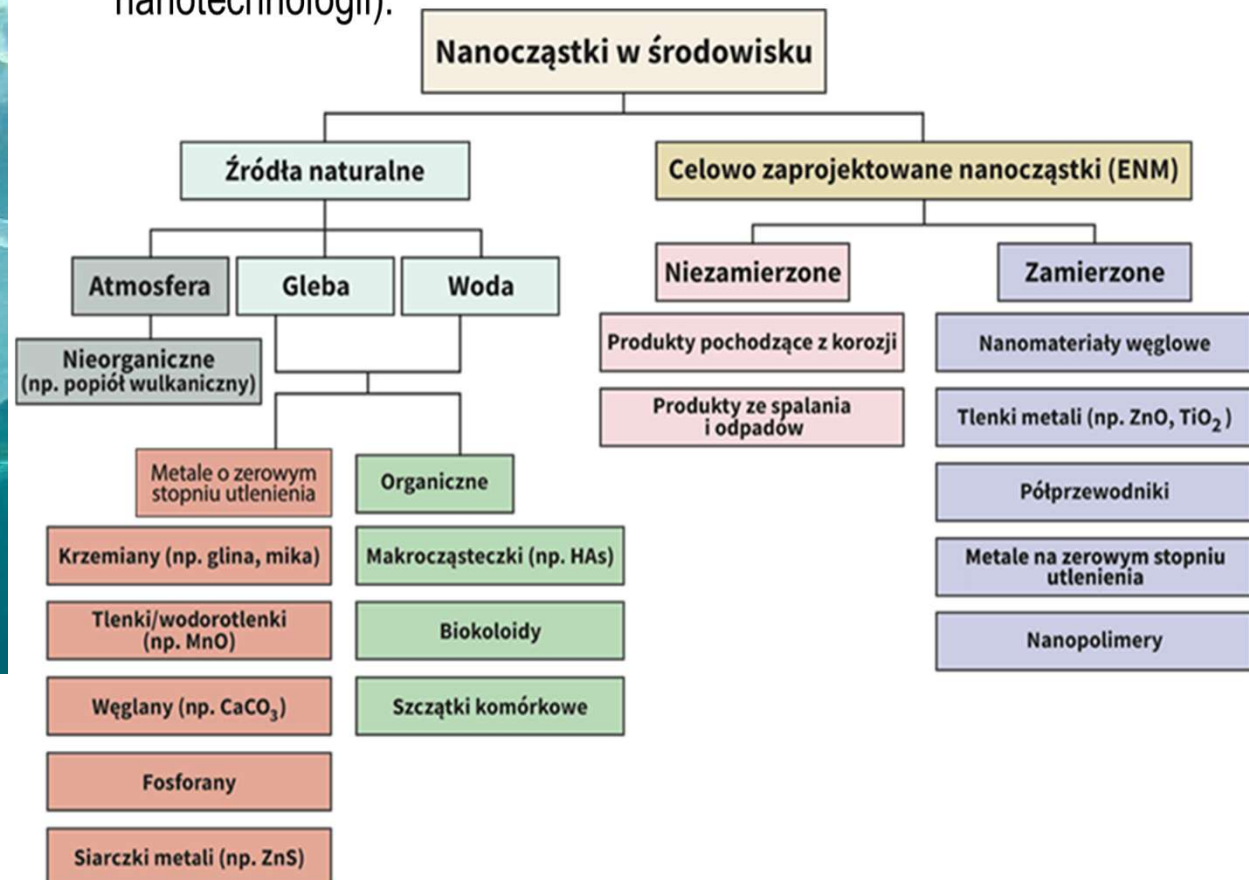
Brak bezpośrednich limitów UE lub polskich przepisów. Niektóre substancje (np. triclosan) są regulowane w kosmetykach.

# Mikroplastik i nanomateriały



Nanozanieczyszczenia zalicza się do szerokiej grupy nowo pojawiających się zanieczyszczeń. W literaturze funkcjonują dwa główne źródła nanocząstek, które są faktycznie „nowe” dla środowiska:

- związki chemiczne nowo wprowadzone na rynek (np. zatwierdzone lub niezatwierdzone leki, pestycydy, nanomateriały),
- produkty uboczne w nowych procesach antropogenicznych (np. w nanotechnologii).





# Mikroplastik i nanomateriały

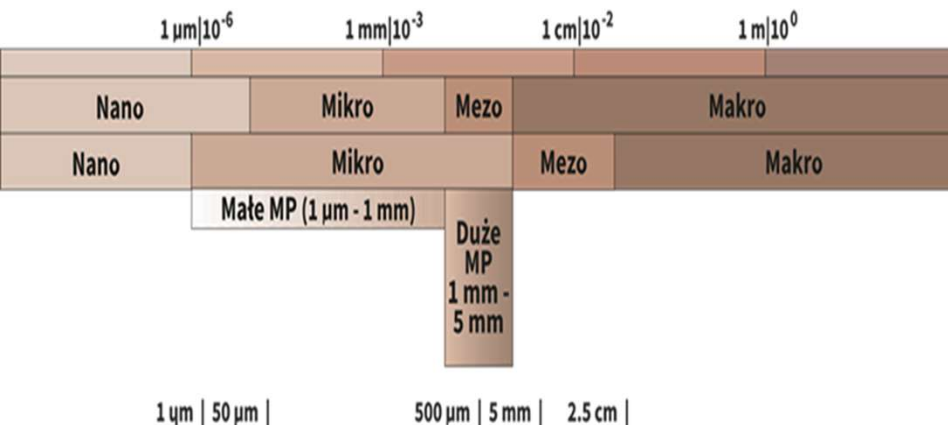


W literaturze nie ma jednoznacznych definicji rozmiaru cząstek odpadów z tworzyw sztucznych określanych jako „mikroplastiki”. Termin „mikroplastik” został początkowo zastosowany do cząstek plastiku o wielkości około 50  $\mu\text{m}$ .

W zależności od zaczerpniętego źródła literaturowego cząstki mikroplastiku definiowane są jako kawałki tworzywa sztucznego o rozmiarze mniejszym niż podane zakresy średnic które są różne i mogą wynosić:

- ✓ < 10 mm,
- ✓ < 5 mm,
- ✓ 2-6 mm,
- ✓ < 2 mm,
- ✓ < 1 mm.

Ze względu na duże zagrożenie mikroplastiku dla fauny morskiej w porównaniu z makroplastikiem niektórzy autorzy wprowadzili bardziej rygorystyczne kryteria rozmiarów w klasyfikacji mikroplastiku odpowiadające cząstkom o średnicy mniejszej niż 500  $\mu\text{m}$ .

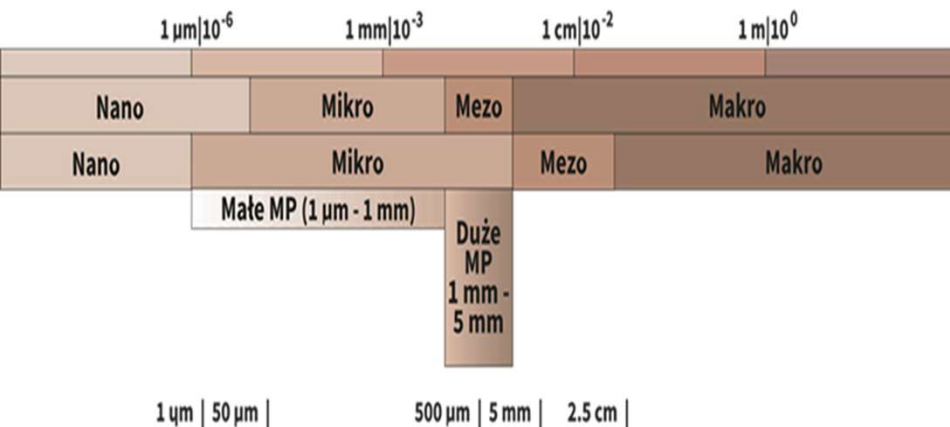


# Mikroplastik i nanomateriały



Ze względu na tak **niejednoznaczną definicję mikroplastiku** ustalono konsensus, jako kryterium klasyfikacji odpadów plastikowych wybrano ich pochodzenie (pierwotne i wtórne) oraz rozmiar cząstek i podzielono na:

- ✓ makroplastik (> 1 cm),
- ✓ mezoplastik (1-10 mm),
- ✓ mikroplastik (1-1000  $\mu\text{m}$ ; MP),
- ✓ nanoplastik (1-1000 nm; NP).



# Mikroplastik i nanomateriały



## Źródła: przykłady

- tekstylia (mikrowłókna)
- kosmetyki (peelingi, pasty, żele)
- rozpad większych tworzyw sztucznych
- produkcja i obróbka tworzyw sztucznych

## Ryzyko dla zdrowia

- wchłanianie i akumulacja
- nośniki toksyn
- przewlekłe stany zapalne
- potencjalne działanie cytotoksyczne i genotoksyczne



# Mikroplastik

## Prawo - UE



### **DECYZJA DELEGOWANA KOMISJI (UE) 2024/1441**

**z dnia 11 marca 2024 r. uzupełniająca dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 poprzez ustanowienie metodyki pomiaru zawartości mikroplastiku w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi.**

**Mikroplastik:** ciała stałe z polimerów  $\leq 5$  mm (cząstki) lub  $\leq 15$  mm (włókna).

**Polimery priorytetowe:** PE, PP, PET, PS, PVC, PA, PU, PMMA, PTFE, PC.

**Stężenie:** liczba cząstek/włókien na  $1 \text{ m}^3$  wody.

**Pobór próbek:** filtracja kaskadowa: filtry  $100 \mu\text{m}$  i  $20 \mu\text{m}$  (próbki) oraz  $100 \mu\text{m}$  i  $20 \mu\text{m}$  (ślepe próby tła).

Min. objętość próbek: 1000 litrów.

Ścisła kontrola zanieczyszczeń z otoczenia i sprzętu.

### **Analiza:**

wielkość i kształt: mikroskopia optyczna/mapowanie chemiczne.

Skład: mikrospektroskopia wibracyjna ( $\mu$ -FTIR,  $\mu$ -Raman, QCL-IR).

Odzysk materiału: 60–140% przy weryfikacji cząstek kontrolnych.

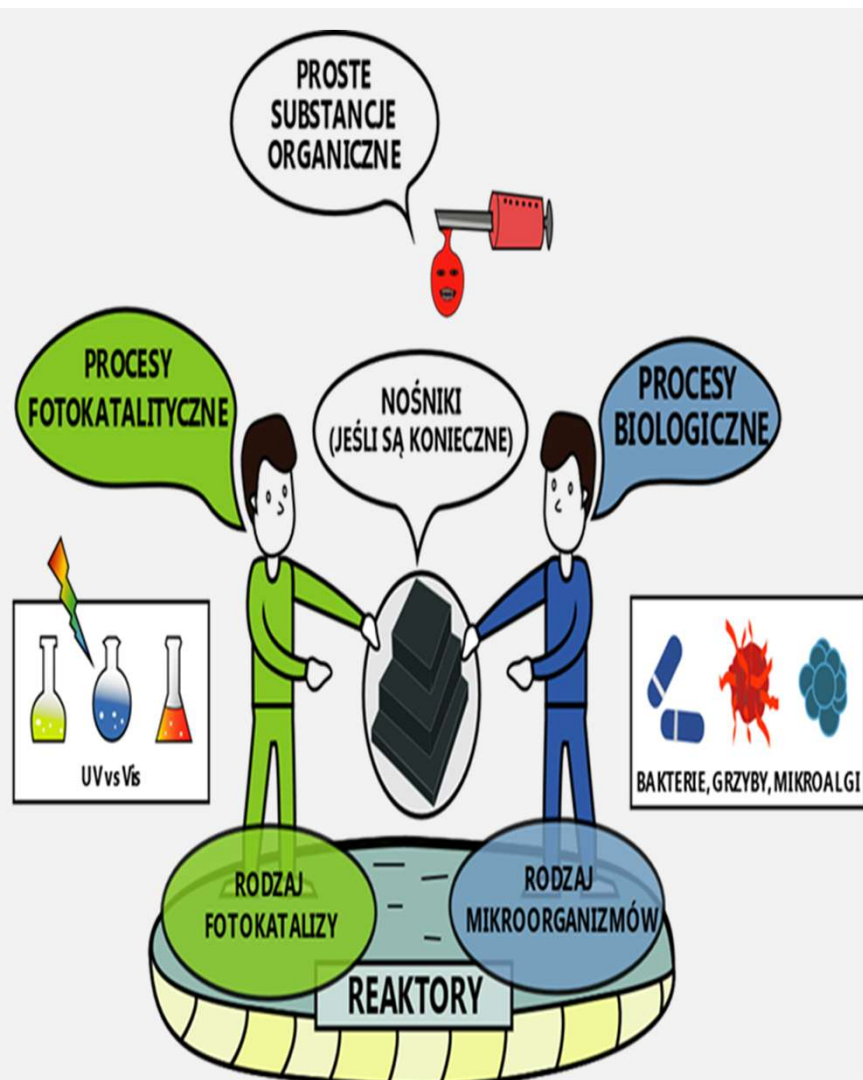
Podpróbki: min. 20% filtra, wszystkie cząstki  $\geq 20 \mu\text{m}$ .

Identyfikacja: porównanie z biblioteką polimerów i materiałów naturalnych.

**Rejestracja danych:** objętość, miejsce, czas, metoda, sprzęt, podpróbki, odstępstwa.



## Monitoring i identyfikacja



## Metody analityczne

- GC-MS, HPLC, LC-MS/MS
- ICP-MS, AAS, ICP-OES
- LC-HRMS, spektroskopia FTIR/Raman

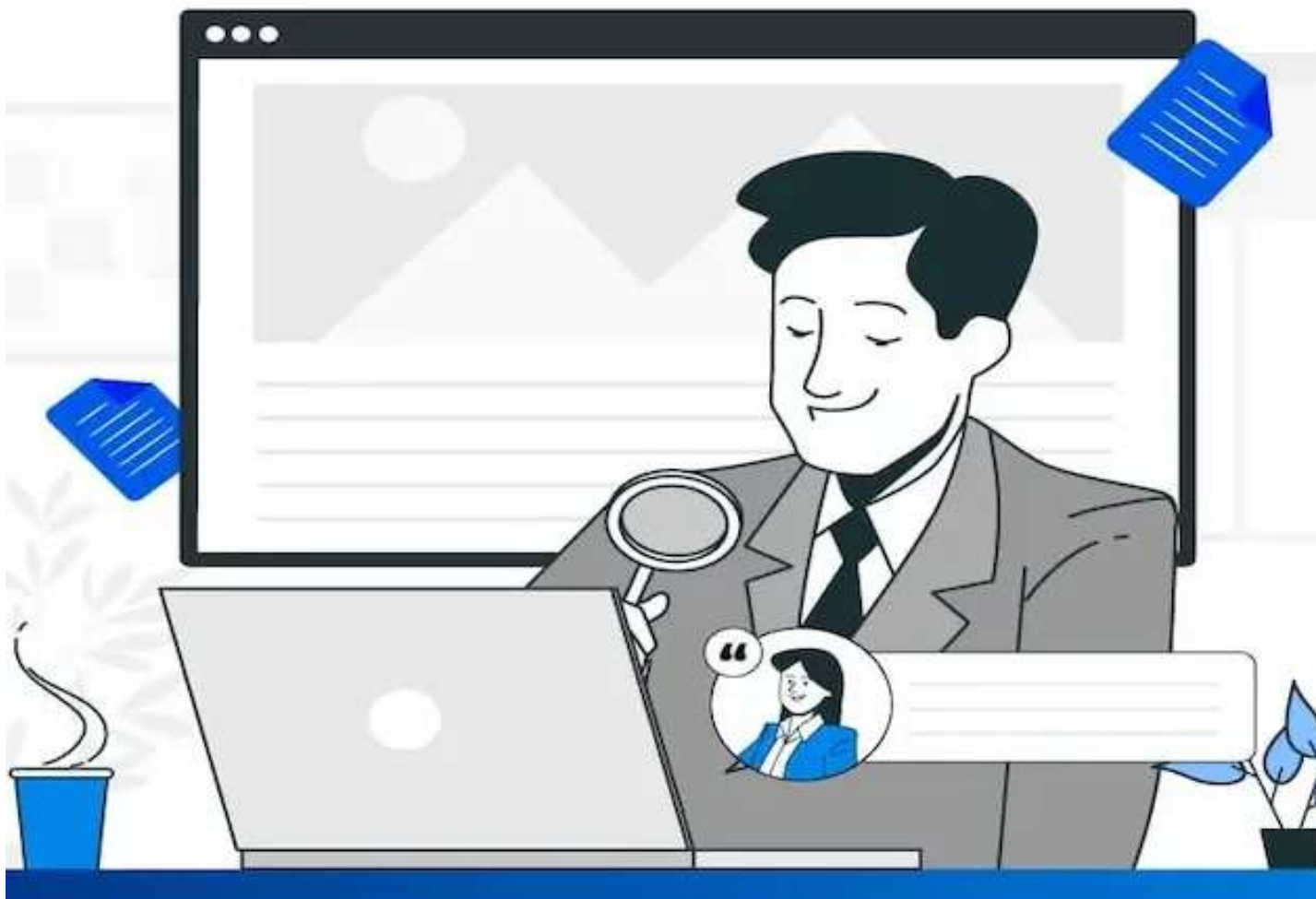
## Wymogi regulacyjne (UE i rozporządzenie)

- Dopuszczalne stężenia regulowanych zanieczyszczeń w wodzie przeznaczonej do spożycia są określone przepisami dla różnych grup substancji, przy czym dla niektórych zanieczyszczeń wartości graniczne nie zostały ustalone

## Ograniczenia i wyzwania

- Śladowe stężenia trudne do oznaczenia
- Złożona matryca wody
- Konieczność badania zarówno substancji pierwotnych, jak i metabolitów
- Szybkie tempo pojawiania się nowych zanieczyszczeń.





## Studium przypadku

## Tło sytuacyjne

W mieście Y wykryto obecność **benzo(a)pirenu** w wodzie z ujęcia powierzchniowego, które zasila lokalną sieć wodociągową. WWA mogą pochodzić z zanieczyszczeń przemysłowych, opadów atmosferycznych lub spalania paliw kopalnych w pobliżu źródła wody. Chociaż stężenia są na poziomie bliskim granicy wykrywalności, ich długotrwałe spożycie może zwiększać ryzyko nowotworów.

Miesiąc	Benzo(a)piren [µg/l]	Miesiąc	Benzo(a)piren [µg/l]
Styczeń	0,008	Lipiec	0,014
Luty	0,009	Sierpień	0,015
Marzec	0,010	Wrzesień	0,013
Kwiecień	0,011	Październik	0,012
Maj	0,012	Listopad	0,011
Czerwiec	0,013	Grudzień	0,010

**Norma UE dla benzo(a)pirenu:  $\leq 0,01 \mu\text{g/l}$**

## **Zadania:**

### **1. Analiza trendu**

- Oceń, w których miesiącach stężenie benzo(a)pirenu przekracza normę.
- Zidentyfikuj możliwe przyczyny sezonowych wzrostów (np. spalanie paliw, opady, działalność przemysłowa).

### **2. Ocena ryzyka**

- Jakie grupy populacji są najbardziej narażone przy długotrwałym spożyciu wody z takimi stężeniami?
- Oceń, czy sytuacja wymaga natychmiastowego działania, czy wystarczy monitorowanie.

### **3. Propozycje działań prewencyjnych i korygujących**

- Zaproponuj metody uzdatniania wody skuteczne w redukcji B[a]P i innych WWA (filtry węglowe, odwrócona osmoza, nanofiltracja).
- Zaplanuj częstotliwość monitoringu wody, aby wczesne wykrywać przekroczenia.





**Fundusze Europejskie**

**Dziękuję za uwagę**



Fundusze  
Europejskie



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską

