



SEJM

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

IV kadencja

Komisja Ochrony Środowiska, Zasobów

Naturalnych i Leśnictwa

OSZ-00-42-03

**Druk nr 2115**

Warszawa, 18 września 2003 r.

Pan

Marek Borowski

Marszałek Sejmu

Rzeczypospolitej Polskiej

Uprzejmie informuję, że na posiedzeniu w dniu 17 września 2003 r. Komisja Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa rozpatrzyła raport przygotowany przez Inspekcję Ochrony Środowiska **„Stan środowiska w Polsce w latach 1996-2001”**. Komisja pozytywnie oceniła rozpatrywany dokument, raport jest obszernym i czytelnie sformuowanym dokumentem obrazującym zmiany w środowisku na przestrzeni 5 lat.

Większość przedstawionych w raporcie informacji o środowisku pochodzi z funkcjonujących w Polsce systemów zbierania informacji, w tym głównie z systemów Państwowego Monitoringu Środowiska oraz statystyki publicznej. Raport jest kompendium wiedzy o polskim środowisku, wskazuje również kierunki zmian. Z raportu wynika, że istnieje wiele oznak poprawy jakości środowiska.

Komisja zdecydowała, że zwróci się do Pana Marszałka z prośbą o rozważenie możliwości włączenia raportu do porządku obrad jednego z posiedzeń Sejmu. W ocenie Komisji przedstawione w raporcie informacje powinny być przedmiotem debaty plenarnej. Stworzy to wyjątkową możliwość szerokiego upowszechnienia wiedzy o stanie środowiska w Polsce.

Licząc na przychylne rozpatrzenie propozycji Komisji, informuję Pana Marszałka, że do reprezentowania stanowiska Komisji, w toku prac sejmowych upoważniono Panią Posłankę Joannę Grobel – Proszowską. W załączeniu przekazuję egzemplarz raportu „Stan środowiska w Polsce w latach 1996-2001”

Przewodniczący Komisji

(-) Krzysztof Filipek

---

Tłoczono z polecenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej

Skierowano do druku 22 października 2003 r.

Cena 0,04 zł + 22% VAT



INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA

RAPORT  
STAN ŚRODOWISKA  
W POLSCE  
*w latach 1996–2001*

BIBLIOTEKA MONITORINGU ŚRODOWISKA

WARSZAWA 2003



Wydano ze środków  
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Opracowano  
w Głównym Inspektoracie Ochrony Środowiska  
przez zespół w składzie:

**Magdalena Brodowska**  
**Joanna Czajka**  
**Lucyna Dygas-Ciołkowska**  
**Bogdan Fornal**  
**Przemysław Gruszecki**  
**Roman Jaworski**  
**Hanna Kasprowicz**  
**Zdzisław Krajewski**  
**Barbara Kuroczko**  
**Andrzej Miłoszewski**  
**Honorata Szatkowska-Konon**  
**Anna Rudlicka**  
**Zbigniew Wolnicki**  
**Dorota Wróblewska**  
**Ewa Żrałek**

Opracowanie graficzne:

**Elżbieta Kosińska**  
**Sławomir Kwiatkowski**

Akceptował:

Główny Inspektor Ochrony Środowiska  
**Krzysztof Zaręba**

Autorzy zdjęć na okładki:

**Marcin Wężyk, Radosław Kucharski, Hanna Kasprowicz, Elżbieta Kosińska, Wojciech Komorowski, Tomasz Śnieżek, Stefan Różycki, Dariusz Czajka**

W raporcie wykorzystano materiały opracowane przez:

**Lucynę Zalewską, Zbigniewa Duszyca, Danutę Kasprzak, Grażynę Mitosek, Magdalenę Kachniarz, Krzysztofa Skotaka, Jacka Iwanka, Annę Degórską, Gabrielę Przybylską, Ryszarda Twarowskiego, Annę Olecką, Janusza Borkowskiego, Zenobię Lityńską, Bonawenturę Rajewską-Więch, Rafalinę Korol, Hannę Soszka, Dorotę Cydzik, Izabelę Bojakowską, Tomasza Gliwicza, Włodzimierza Krzymińskiego, Elżbietę Łysiak-Pastuszek, Bogusława Kazimierskiego, Tadeusza Hordejuka, Agnieszkę Olszańską, Romana Michałaka, Jerzego Wawrzoniaka, Małgorzatę Mazurek, Radosława Kucharskiego, Macieja Skarżewskiego, Jana Czerwińskiego.**

© Copyright by Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2003

ISBN 83-7217-201-3

Wydrukowano na papierze ekologicznym bezchlorowym

Przygotowanie do druku:



**Agencja Reklamowo-Wydawnicza**  
**Arkadiusz Grzegorzczak,**  
tel. (022) 722 09 81

Druk:

**mikron**, tel. (022) 733 11 99

## SPIS TREŚCI

<b>WPROWADZENIE</b>	9
<b>1. ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE I GOSPODARKA POLSKI</b>	11
1.1. Środowisko geograficzne Polski	13
1.2. Zaludnienie	13
1.3. Gospodarka kraju	14
1.4. Eksploatacja surowców naturalnych	17
1.5. Wnioski	18
<b>2. ODPADY</b>	21
2.1. Informacje ogólne	23
2.2. Wytwarzanie odpadów	23
2.3. Gospodarka odpadami	30
2.4. Składowiska odpadów	30
2.5. Eksport i import odpadów	32
2.6. Inicjatywy podejmowane na rzecz ograniczenia ilości powstających odpadów	34
2.7. Wnioski	35
<b>3. ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA</b>	37
3.1. Informacje ogólne	39
3.2. Główne źródła emisji zanieczyszczeń	40
3.3. Jakość powietrza w Polsce	46
3.4. Inicjatywy podejmowane na rzecz poprawy jakości powietrza	65
3.5. Wnioski	67
<b>4. ZAKWASZENIE</b>	69
4.1. Informacje ogólne	71
4.2. Główne przyczyny zakwaszenia	71
4.3. Depozycja substancji zakwaszających do podłoża	71
4.4. Inicjatywy podejmowane w odniesieniu do problemu zakwaszenia	76
4.5. Wnioski	77
<b>5. GLOBALNE PROBLEMY ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA</b>	79
5.1. Zmiany klimatu	81
5.2. Osłabienie warstwy ozonowej	86
<b>6. RZEKI</b>	93
6.1. Informacje ogólne podstawy prawne	95
6.2. Charakterystyka ogólna sieci hydrograficznej	95
6.3. Zasoby wód	95
6.4. Pobór wody	96
6.5. Główne źródła zanieczyszczenia wód powierzchniowych	98
6.6. Oczyszczalnie ścieków	100
6.7. Wody zasolone	102

6.8.	Stan jakości wód rzek	102
6.9.	Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony wód śródlądowych	107
6.10.	Wnioski	108
<b>7.</b>	<b>JEZIORA</b>	<b>109</b>
7.1.	Informacje ogólne	111
7.2.	Główne źródła zanieczyszczenia jezior	111
7.3.	Stan jakości wód jezior przebadanych w latach 1994-2000	112
7.4.	Zmiany jakości wód jezior w latach 1991-2000	114
7.5.	Eutrofizacja jezior	115
7.6.	Działania podejmowania na rzecz ochrony jezior	117
7.7.	Wnioski	117
<b>8.</b>	<b>ZBIORNIKI ZAPOROWE</b>	<b>119</b>
8.1.	Informacje ogólne	121
8.2.	Stan jakości wód w zbiornikach zaporowych	122
8.3.	Wnioski	129
<b>9.</b>	<b>OSADY DENNE W WODACH POWIERZCHNIOWYCH</b>	<b>131</b>
9.1.	Informacje ogólne	133
9.2.	Zagrożenia wynikające z zanieczyszczenia osadów dennych	133
9.3.	Jakość osadów dennych	134
9.4.	Wnioski	139
<b>10.</b>	<b>MORZE BAŁTYCKIE I STREFA PRZYBRZEŻNA</b>	<b>141</b>
10.1.	Informacje ogólne	143
10.2.	Ładunki zanieczyszczeń odprowadzanych rzekami do morza Bałtyckiego w latach 1990, 1996-2000	144
10.3.	Jakość wód polskich obszarów Morza Bałtyckiego w latach 1990, 1996-2000	145
10.4.	Stężenia wybranych zanieczyszczeń chemicznych w latach 1990, 1996-2000	150
10.5.	Wnioski	156
<b>11.</b>	<b>WODY PODZIEMNE</b>	<b>157</b>
11.1.	Informacje ogólne	159
11.2.	Zasoby i pobór wód podziemnych	160
11.3.	Zagrożenia wód podziemnych	161
11.4.	Jakość wód podziemnych	162
11.5.	Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony zasobów wód podziemnych	165
11.6.	Wnioski	166
<b>12.</b>	<b>GLEBY</b>	<b>167</b>
12.1.	Informacje ogólne	169
12.2.	Rodzaje gleb występujących w Polsce	169
12.3.	Sposoby użytkowania gleb	170
12.4.	Grunty zdewastowane i zdegradowane	170
12.5.	Stan jakości gleb użytkowanych rolniczo	173
12.6.	Wnioski	173
<b>13.</b>	<b>PRZYRODA</b>	<b>175</b>
13.1.	Informacje ogólne	177
13.2.	Zasoby przyrodnicze Polski	177
13.3.	Gatunki ginące i zagrożone w Polsce	178
13.4.	Obszary chronione	181
13.5.	Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony przyrody	183
13.6.	Wnioski	184

<b>14. LASY</b>	185
14.1. Informacje ogólne	187
14.2. Zasoby leśne	187
14.3. Zasoby drzewne i ich użytkowanie	192
14.4. Zagrożenia lasów	194
14.5. Stan zdrowotny lasów	196
14.6. Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony lasów	199
14.7. Wnioski	201
<b>15. ZINTEGROWANY MONITORING ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO</b>	203
15.1. Informacje ogólne	205
15.2. Stan wybranych geosystemów Polski w latach 1994-2001	206
15.3. Aktualne tendencje rozwoju wybranych geosystemów Polski – podsumowanie	211
<b>16. HAŁAS</b>	213
16.1. Informacje ogólne	215
16.2. Główne źródła hałasu	216
16.3. Hałas przemysłowy	217
16.4. Hałas komunikacyjny	218
16.5. Obszary o ponadnormatywnych poziomach hałasu	222
16.6. Inicjatywy podejmowane na rzecz ograniczenia hałasu	224
16.7. Wnioski	225
<b>17. PROMIENIOWNIE JONIZUJĄCE</b>	229
17.1. Informacje ogólne	231
17.2. Główne źródła promieniowania jonizującego	231
17.3. Skażenia promieniotwórcze środowiska	232
17.4. Odpady promieniotwórcze	236
17.5. Środowisko wokół byłych kopalń rud uranu w Sudetach	238
17.6. Ogólna ocena stanu radiologicznego środowiska w Polsce	238
<b>18. PROMIENIOWANIE ELEKTROMAGNETYCZNE</b>	239
18.1. Informacje ogólne	241
18.2. Główne źródła promieniowania elektromagnetycznego	243
18.3. Ogólna ocena poziomu PEM	244
18.4. Wnioski	244
<b>19. INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA</b>	247
<b>20. ŹRÓDŁA FINANSOWANIA OCHRONY ŚRODOWISKA W POLSCE</b>	253
<b>PODSUMOWANIE</b>	261
<b>BIBLOGRAFIA I MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE</b>	265

*Szanowni Państwo*

*W ostatnim dziesięcioleciu XX wieku przed społeczeństwem polskim stanęły ogromne wyzwania. Dotyczyły one problemów politycznych, ekonomicznych, gospodarczych i społecznych. W czasie niezwykle krótkiego okresu dokonały się zmiany ustrojowe, gospodarcze i administracyjne kraju. Polska stała się integralną częścią Europy zespoloną w strukturach obronnych NATO i zmierzającą do integracji z Unią Europejską. Konsekwencje tych zmian mają charakter wieloraki – tak pozytywny jak i negatywny. Koncentrują one na sobie uwagę polityków wszystkich orientacji i zainteresowanie szerokich kręgów społecznych. Problemy związane z transformacją gospodarki, jej efektywnością, głębokimi zmianami struktur Państwa, reformami społecznymi spowolniły realizację niektórych zadań w zakresie ochrony środowiska, choć paradoksalnie, przyczyniły się do poprawy stanu środowiska w wyniku likwidacji wielu uciążliwych gałęzi wytwórczości.*

*Mimo trudności natury finansowej, Państwo Polskie i jego władze zawsze dostrzegały potrzeby w zakresie ochrony środowiska i gospodarki wodnej. Powstały liczne akty prawne regulujące ważne zagadnienia mające wpływ na środowisko lub związane z jego odnową, a wiele z nich ostatnio znowelizowano dostosowując do współczesnych potrzeb krajowych i wymogów Unii Europejskiej. Należy stwierdzić, że istnieje wiele oznak poprawy jakości środowiska w licznych jego komponentach*

*Poprawa środowiska leży w interesie całego społeczeństwa i jego potrzeb zdrowotnych. Ludzie powinni żyć i odpoczywać w zdrowym środowisku i w otoczeniu pięknej polskiej przyrody. Jest to również wymóg naszych zobowiązań międzynarodowych wynikających z umów dwustronnych i wielostronnych, z przynależności do grupy państw OECD i z przyszłego członkostwa w Unii Europejskiej.*

*Przed nami stają również problemy zachowania i utrzymania unikalnych obszarów przyrodniczych, bogatego zróżnicowania w zakresie bioróżnorodności krajobrazu, ekosystemów i gatunków roślin oraz zwierząt. Zasoby te bowiem są najcenniejszym bogactwem kraju, chronionym przed degradacją. Tworzą one także olbrzymie zasoby odnawialne, stwarzające naszemu krajowi duże szanse rozwoju.*

*Realizacja tych celów wymaga kompleksowego podejścia i zmian w zakresie metod ochrony środowiska związanych z ekorozwojem kraju, zintegrowanym z rozwojem społeczno-gospodarczym. Duże znaczenie przywiązuje się do poprawy świadomości społeczeństwa w zakresie istotnych i rzeczywistych źródeł zagrożeń oraz kierunków przeciwdziałania tym zagrożeniom. Zwraca się obecnie większą uwagę na możliwości w zakresie zmniejszenia presji na środowisko i wykorzystania najnowszych osiągnięć naukowych i technicznych.*

*Zmianie ulega zakres presji na poszczególne elementy środowiska. Ograniczono wzrost skażenia atmosfery, a nawet zmniejszono emisję zanieczyszczeń, podobnie dotyczy to ochrony wód i gospodarki wodnej. Pojawił się z dużym nasileniem problem gospodarki odpadami i ich wtórnego wykorzystania, recyklingu. Wzrasta zapotrzebowanie na energię różnego rodzaju, paliwa niekonwencjonalne, coraz więcej wykorzystuje się produktów krótkotrwałego użytkowania.*

*Konsumpcja zaczyna dominować w gospodarce kraju. Wiele wartości traci na znaczeniu, humanizacja życia stała się potrzebą przyszłości.*

*Zasada zrównoważonego rozwoju przyjęta na szczycie Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 r., potwierdzona w Johannesburgu w 2002 r., stanowi drogowskaz dla naszej działalności, określonej w II Polityce Ekologicznej Państwa. Program ten pozwala łączyć ze sobą w sposób harmonijny potrzeby społeczne w zakresie poprawy warunków życia i jego komfortu z potrzebami ochrony środowiska i rozwojem gospodarczym kraju. Wybór strategii w tym zakresie sprecyzowany w zasadach II Polityki Ekologicznej Państwa, wymaga zabezpieczenia stałej, obiektywnej i kompleksowej informacji o stanie środowiska, o stopniu zagrożenia jego elementów i możliwości stosowania niezbędnych środków zapobiegawczych.*

*Ustawowy obowiązek informowania władz Państwa i opinii publicznej spoczywa na Inspekcji Ochrony Środowiska. Instytucja ta pełni również funkcję strażnika w zakresie przestrzegania prawa dotyczącego ochrony środowiska. Inspekcja zobowiązana jest do opracowywania i udostępniania takiej informacji przedstawicielom naczelnych władz, gospodarzom jednostek regionalnych i samorządowych. „Raport” stanowiący taką informację kierujemy również do społeczeństwa, aby znało jaki jest stan środowiska, co zrobiono dla jego poprawy i jakie są dalsze możliwości działań w tym zakresie. Pokazanie pozytywów i negatywów, źródeł zagrożeń i skali problemów oraz trudności stojących jeszcze przed nami, koniecznych do rozwiązania w najbliższej i dalszej przyszłości, jest także celem prezentowanego „Raportu”.*

*Oddając czytelnikowi „Raport” mamy świadomość, że nie będzie on dokumentem doskonałym, mimo iż każda jego kolejna edycja zostaje wzbogacona nowymi elementami, wynikającymi ze zmieniających się warunków prawno-ustrojowych oraz priorytetów i zadań wynikających z aktualnego stanu środowiska.*

*Składam podziękowania wszystkim współpracownikom, których trud złożył się na ostateczną formę i treść „Raportu”.*

*Podziękowania należą się również licznym organizacjom pozarządowym, których działacze nie szczędzili czasu i wysiłku w walce o poprawę stanu naszego środowiska i przyrody. To dzięki nim zdołano zachować wiele pięknych i niepowtarzalnych obiektów przyrodniczych oraz zmniejszyć presję na ważne elementy środowiska. To te organizacje skutecznie przyczyniają się do podnoszenia świadomości ekologicznej, bez której nie mogłoby istnieć i rozwijać się nowoczesne społeczeństwo.*

Główny Inspektor  
Ochrony Środowiska  
Krzysztof Zaręba



## WPROWADZENIE

Inspekcja Ochrony Środowiska przedstawia Państwu kolejny, trzeci raport „Stan środowiska w Polsce”. Raport powstał w przełomowym momencie całkowitej przebudowy regulacji prawnych dotyczących ochrony środowiska w Polsce. Przebudowy wynikającej z faktu dostosowania polskich przepisów do obowiązujących w krajach członkowskich Unii Europejskiej. W 2001 r. został uchwalony przez Sejm RP pakiet ustaw ekologicznych. Równocześnie wiele z istniejących ustaw zostało znowelizowanych. Nowe regulacje prawne zmieniają dotychczasową filozofię ochrony środowiska, wprowadzają nowe instrumenty prawne oraz obowiązki. Pewne zmiany wynikające z nowych aktów prawnych zostaną zasygnalizowane w raporcie przy omówieniu poszczególnych komponentów środowiska oraz przy prezentacji wybranych zagadnień.

Nowe akty prawne kładą duży nacisk między innymi na powszechny dostęp do informacji o środowisku. Administracja publiczna jest zobowiązana do udostępniania informacji o środowisku, a wydanie niniejszego raportu jest wypełnieniem tego obowiązku. Ponadto, liczymy, że analogicznie jako poprzednie, niniejszy raport będzie pełnił ważną rolę edukacyjną. Udostępnienie szczególnie młodemu pokoleniu szerokiej wiedzy na temat stanu środowiska w Polsce, procesów w nim zachodzących oraz skutków postaw konsumpcyjnych może przyczynić się do uświadomienia potrzeby zmiany ich sposobu korzystania z zasobów środowiska przyrodniczego.

Dokonywanie kompleksowych ocen odnoszących się do całego kraju, obejmującego obszary niezmiernie zróżnicowane pod względem budowy geologicznej, występowania różnych ekosystemów, koncentracji różnych form przyrodniczych oraz innych elementów środowiska naturalnego jest przedsięwzięciem trudnym. Trudność ta z jednej strony wynika z konieczności wprowadzenia uogólnień i uproszczeń, z drugiej natomiast z potrzeby sformułowania jednoznacznych, ogólnie zrozumiałych konkluzji. Problem jest tym trudniejszy, że przemiany zachodzące w środowisku mają charakter dynamiczny, cały czas następuje przenikanie i oddziaływanie

różnych czynników związanych z działalnością człowieka, a także wzajemne oddziaływanie poszczególnych elementów środowiska na siebie. Te wszystkie procesy przebiegają z różną prędkością; część z nich zauważalna jest szybko np. skutki odprowadzania do wód powierzchniowych nie oczyszczonych ścieków, część wymaga długotrwałych obserwacji i badań np. efekty wynikające z ograniczenia stosowania freonów i halonów. W związku z tym nie zawsze podejmowane działania proekologiczne dają szybko zauważalne efekty. Okresem umożliwiającym zaobserwowanie zmian i określenie trendów tych zmian jest na pewno przyjęty w raporcie okres sześcioletni.

Obecne wydanie raportu prezentuje ocenę stanu środowiska przyrodniczego w Polsce w odniesieniu do lat 1996-2001. W odniesieniu do niektórych zagadnień przytoczono najbardziej aktualne, dostępne dane, nie zawsze obejmujące wymienione lata. Ocenę jakości większości komponentów przeprowadzono w oparciu o wymagania prawne obowiązujące w latach 1996-2001, w tym głównie o ustawę z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska oraz ustawę z dnia 24 października 1974 r. – Prawo wodne. Szczegółowe rozwiązania stanowiące podstawę przeprowadzonych ocen zawarte w rozporządzeniach wykonawczych do wyżej wymienionych ustaw, zostały wymienione w poszczególnych rozdziałach. W przypadku ich braku, podano kryteria oceny jakości opracowane i powszechnie stosowane dla potrzeb monitoringowych.

W raporcie przywołano także część konwencji ratyfikowanych przez Polskę, w ramach realizacji których wynika obowiązek prowadzenia badań i obserwacji stanu środowiska przyrodniczego.

Niniejszy Raport stanowi dokument zamykający okres oceny stanu środowiska przeprowadzonej w oparciu o wypracowane zasady i metody stosowane w Polsce. Następny raport będzie prezentować ocenę przeprowadzoną w oparciu o nowe regulacje prawne, spójne ze stosowanymi w krajach członkowskich Unii Europejskiej, umożliwiające przeprowadzenie pełnych porównań międzynarodowych.

Większość przedstawionych w raporcie informacji o środowisku pochodzi z funkcjonujących w Polsce systemów zbierania informacji, w tym głównie z systemu Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ) oraz systemu statystyki publicznej.

Państwowy Monitoring Środowiska, system zbierania, przetwarzania i udostępniania informacji o środowisku przyrodniczym w Polsce (PMŚ), utworzony został na mocy ustawy z dnia 20 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz. U. z 1991 r. Nr 77, poz. 335 z póź. zm.). PMŚ realizowany jest na podstawie wieloletnich programów krajowych opracowanych przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska i zatwierdzonych przez Ministra Środowiska oraz 16 programów wojewódzkich opracowanych przez wojewódzkich inspektorów ochrony środowiska w uzgodnieniu z wojewodami i zatwierdzonych przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska. Poprzez wprowadzenie ujednoliconych procedur postępowania system zapewnia obiektywną informację o środowisku, a wieloletnia realizacja programów umożliwia śledzenie zmian oraz określanie trendów przemian zachodzących w środowisku przyrodniczym. Realizacja PMŚ koordynowana jest na mocy ustawy przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska. Informacje przedstawione w niniejszym Raporcie stanowią efekt realizacji zadań określonych w „Programie Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 1994-1997” oraz „Programie Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 1998-2002”.

W strukturze systemu PMŚ wyróżniono trzy bloki: EMISJA, JAKOŚĆ ŚRODOWISKA, OCENY I PROGNOZY. W bloku dotyczącym jakości środowiska wyodrębniono podsystemy związane z poszczególnymi komponentami środowiska przyrodniczego. W odniesieniu do poszczególnych podsystemów monitoringu w programach wyszczególniono konkretne zadania, dla których określono zakres prowadzonych badań lub obserwacji, częstotliwość ich prowadzenia oraz lokalizację punktów i stacji pomiarowych lub obszarów objętych monitoringiem. Wykonawcami zadań w większości są wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska, instytuty, uczelnie wyższe oraz inne jednostki organizacyjne. Realizacja poszczególnych zadań prowadzona jest w ścisłej współpracy z wiodącymi jednostkami naukowo-badawczymi sprawującymi nadzór merytoryczny.

Przytoczone w raporcie dane dotyczące sposobu i stopnia korzystania ze środowiska, w tym wielkości emisji oraz inne przedstawione informacje pochodzą głównie z systemu statystyki publicznej.

Zestawienie informacji pochodzących z bloków EMISJA i JAKOŚĆ ŚRODOWISKA pozwala na przeprowadzenie w bloku OCENY I PROGNOZY analizy przyczynowo-skutkowej wiążącej istniejący stan śro-

dowiska z czynnikami kształtującymi ten stan a mającymi swe źródło w społeczno-gospodarczej działalności człowieka.

W odróżnieniu od poprzedniego Raportu przyjęto jako założenie, że wszystkie zagadnienia dotyczące danego problemu będą omówione całościowo w jednym rozdziale. W rozdziałach omówione zostały poszczególne komponenty środowiska. Zagadnienia o zasięgu globalnych lub o charakterze problemowym, z uwagi na ich rangę, zostały wydzielone z rozdziałów dotyczących komponentów i omówione odrębnie. W poszczególnych rozdziałach przy prezentacji zagadnień, tam gdzie było to możliwe, został zastosowany następujący schemat: **presja – stan – przeciwdziałania**.

W ramach **presji** omówiono źródła zanieczyszczeń oraz przedstawiono informacje dotyczące emisji. **Stan** odpowiada informacjom na temat jakości, opisowi zachodzących zmian i zauważalnych trendów. **Przeciwdziałania** natomiast dopowiadają inicjatywom, które obejmują zarówno działania legislacyjne, jak i techniczne. Jednocześnie w raporcie położono duży nacisk na przedstawienie, tam, gdzie było to możliwe, omawianych zagadnień w odniesieniu do innych krajów oraz standardów UE. Dokonanie obiektywnych porównań wymagało zastosowania do oceny analogicznych wskaźników, jak stosowane na świecie. Nowością jest również poszerzenie zakresu przedstawianej informacji o omówienie różnych źródeł finansowania w Polsce działań proekologicznych.

W nowych regulacjach prawnych rola PMŚ została znacznie wzmocniona i rozszerzona; system ma funkcjonować jako instrument wspomagający dla programów ekologicznych opracowanych przez różne szczeble administracji publicznej, umożliwiając jednocześnie ocenę stopnia ich realizacji, a także wspomagający opracowanie ewentualnych programów naprawczych. W przyszłości PMŚ będzie pełnić rolę narzędzia sprawdzającego osiągnięcie, założonych w programach ochrony środowiska, docelowych parametrów jakościowych odnoszących się do poszczególnych komponentów środowiska oraz będzie stanowić źródło informacji umożliwiającej weryfikowanie tych programów.

Oddając niniejszy Raport w Państwa ręce autorzy mają nadzieję, że przyczyni się on znacznie do pogłębienia wiedzy o środowisku i przemianach w nim zachodzących. Jednocześnie wpłynie na wyrobienie obiektywnego poglądu o kondycji środowiska przyrodniczego w Polsce. Przyczyni się tym samym do obalenia krążącego mitu o złej kondycji środowiska w Polsce. Pozwoli również na ocenę skali inicjatyw podejmowanych w celu poprawy jakości środowiska.

# Środowisko przyrodnicze i gospodarka Polski



# 1. ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE I GOSPODARKA POLSKI

## 1.1. Środowisko geograficzne Polski

Polska położona jest w Europie Środkowej, jej terytorium rozciąga się od 49° do 54°50' szerokości geograficznej północnej i od 14°07' do 24°09' długości geograficznej wschodniej. Powierzchnia kraju wynosi 312 685 km<sup>2</sup> (łącznie z morskimi wodami śródlądowymi i częścią wód wewnętrznych).

Sąsiadami Polski są: Rosja (poprzez Obwód Kaliniński), Litwa, Białoruś, Ukraina, Słowacja, Republika Czeska oraz Niemcy. Długość granic lądowych Polski wynosi 3055 km, a granic morskich 440 km.

Polska jest krajem w większości nizinnym, średnia wysokość terenu w odniesieniu do poziomu morza wynosi 173 m, ponad 75% powierzchni położone jest poniżej 200 m n.p.m. Tereny wyżynne i górskie, powyżej 300 m n.p.m., stanowią 8,7% powierzchni kraju. Najwyższym punktem Polski jest szczyt Rysy w Tatrach – 2499 m n.p.m. Najniższą położoną depresją, 1,8 m poniżej poziomu morza, znajduje się na południe od Elbląga. Rzeźba powierzchni kraju jest stosunkowo urozmaicona, przy czym dominujący wpływ na jej obecny kształt miały kolejne epoki lodowcowe i okresy interglacjalne.

Przez Polskę przebiegają granice różnych wiekowo regionów geologicznych. Jej obszar należy do kilku dużych jednostek tektonicznych: platformy prekambryjskiej obejmującej tereny wschodnie i północno-wschodnie kraju, platformy paleozoicznej obejmującej środkową i zachodnią część kraju, łańcuchów kaledońskich i hercyńskich: Sudetów, Gór Świętokrzyskich oraz łańcuchów alpejskich: Tatr, Pienin, Karpat i zapadliska przedkarpackiego.

Użytki rolne stanowią blisko 60% powierzchni kraju, lasy i zadrzewienia stanowią blisko 29% a 11% to tereny osadnicze, przeznaczone dla komunikacji, przemysłu, górnictwa i in.

Polska zaliczana jest jednak do krajów o ubogich zasobach wodnych, na które składają się wody powierzchniowe i podziemne. Przeciętne zasoby wód powierzchniowych wynosiły w 2001 r. 70,1 mld m<sup>3</sup>, tj. 1660 m<sup>3</sup>/mieszkańca, natomiast zasoby eksploatacyjne wód podziemnych, możliwe do wykorzystania na cele gospodarcze szacowane są na 16,2 mld m<sup>3</sup>. Prawie w całości sieć hydrologiczna Polski położona jest w granicach zlewiska Morza Bałtyckiego (99,7% powierzchni kraju). Obejmuje ono zlewnie dwóch największych rzek: Wisły (54,0% powierzchni kraju) oraz Odry (33,9% powierzchni) a także rzeki Przymorza (5,5% po-

wierzchni). Pozostałe 0,3% powierzchni kraju to zlewiska Morza Północnego (dorzecze Łaby) i Morza Czarnego (dorzecza Dunaju i Dniestru). Na terenach pojezierzy, ale także w innych rejonach kraju, znajdują się liczne jeziora, z których blisko 9000 ma powierzchnię przekraczającą 1 ha.

Polska posiada wiele złóż surowców mineralnych, zajmując poczesne miejsce w świecie pod względem zasobów węgla kamiennego i brunatnego, rud miedzi, cynku i ołowiu oraz siarki, soli kamiennej i surowców budowlanych. Szczegółowe informacje na temat zasobów kopalin, zasobów wodnych i innych zasobów środowiska podano w dalszej części Raportu.

## 1.2. Zaludnienie

Polskę wg stanu na 31.12.2001 r. zamieszkuje 38 632 tys. osób, natomiast w 1996 r. ludność w Polsce liczyła 38 639 tys. osób. W stosunku do poprzednich dziesięcioleci istotnie zmalała dynamika wzrostu liczby ludności naszego kraju. Należy zaznaczyć, że przyrost naturalny zmniejszył się w latach 1990-2001 z 4,1 do 0,1 osoby na 1000 mieszkańców. Wskaźnik przyrostu naturalnego jest stale większy na terenach wiejskich i w 2001 roku wynosił 1,0 na wsi a -0,4 w miastach. Nie spełniły się prognozy z lat wcześniejszych, które zakładały przekroczenie na początku lat dziewięćdziesiątych liczby 40 mln mieszkańców. Według aktualnych danych GUS taką liczbę mieszkańców Polska będzie miała najwcześniej w 2015 roku.

Przeciętna długość życia w Polsce wynosi obecnie 70,2 lat dla mężczyzn i 78,4 lat dla kobiet. Po okresie spadku w latach osiemdziesiątych, od roku 1991 wskaźniki te systematycznie rosną. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że w krajach Unii Europejskiej w 1998 r. przeciętna długość życia wyniosła 75 lat dla mężczyzn i 81 lat dla kobiet.

W miastach zamieszkuje obecnie 61,7% ludności Polski a na obszarach wiejskich 38,3%. Średnia gęstość zaludnienia wynosi około 124 mieszkańców na km<sup>2</sup> i jest zróżnicowana terytorialnie. Największa gęstość zaludnienia występuje w województwach: śląskim (394 os./km<sup>2</sup>) i małopolskim (214 os./km<sup>2</sup>) a najmniejsza w warmińsko-mazurskim i podkarpackim (po 61 os./km<sup>2</sup>). Najgęściej zaludnionymi regionami kraju są wielkie miasta (Warszawa: 3254 os./km<sup>2</sup>, Łódź: 2694 os./km<sup>2</sup>).

Sieć osadnicza, na którą składają się 864 miasta (tab. 1.2.1.) i ponad 40 000 wiejskich jednostek osadniczych, oraz struktura zagospodarowania przestrzeni w swoim obecnym, zasadniczym kształcie, funkcjonują od dziesięcioleci.

Tabela 1.2.1. Liczba mieszkańców w miastach w 2000 r. Źródło: GUS.

Grupy miast wg liczby mieszkańców	Liczba miast	Ludność miast	
		w tys.	w % ludności Polski
Liczba mieszkańców miast ogółem, w tym:	884	23 847	61,7
• Poniżej 5 tys.	291	892	2,3
• 5 – 10 tys.	183	1 305	3,4
• 10 – 20 tys.	181	2 661	6,9
• 20 – 50 tys.	137	4 220	10,9
• 50 – 100 tys.	50	3 353	8,7
• 100 – 200 tys.	23	3 034	7,8
• powyżej 200 tys.	19	8 380	21,7

W grupie największych miast, z liczbą mieszkańców powyżej 500 tys., znajdują się (stan na koniec 2000 roku):

- Warszawa 1610 471 mieszkańców, stolica Polski
- Łódź 793 217 mieszkańców,
- Kraków 741 510 mieszkańców,
- Wrocław 633 857 mieszkańców,
- Poznań 574 896 mieszkańców.

Należy przy tym pamiętać, że powyższe dane pochodzą z urzędów meldunkowych i mogą być znacznie заниżone w stosunku do rzeczywistej liczby osób mieszkających w największych miastach (dotyczy to zwłaszcza Warszawy). Jednocześnie trzeba odnotować, że od 1995 roku spada liczba osób zameldowanych w pięciu największych polskich miastach.

Osadnictwo wiejskie jest rozdrobnione. Na ogólną liczbę 1882 tys. gospodarstw rolnych tylko 9,4% stanowią gospodarstwa o powierzchni użytków rolnych 15 ha i więcej, przy czym ich odsetek w ogólnej liczbie gospodarstw rolnych do 2000 r. stale rósł (w 1995 roku – 8,0%, w 1998 – 8,5%, w 2000 – 9,9%).

### 1.3. Gospodarka kraju

Polska zaliczana jest do grupy państw Europy Środkowo-Wschodniej, które przechodzą proces intensywnych przemian gospodarczych.

Jednym z efektów przemian gospodarczych Polski jest zmniejszenie presji na środowisko i zahamowanie jego degradacji a w szeregu przypadków wręcz odwróceniu niekorzystnych zjawisk. Zauważalne stają się symptomy poprawy stanu polskiej przyrody i środowiska życia człowieka.

Racjonalizacja produkcji i zużycia energii, liczne inwestycje mające na celu ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko a także energiczne działania kontrolne służb ochrony środowiska oraz likwidacja wielu nierentownych zakładów doprowadziły do ograniczenia emisji zanieczyszczeń do wód i atmosfery oraz zmniejszenia ilości wytwarzanych odpadów przemysłowych.

Pojawiły się natomiast nowe kategorie zagrożeń, związane przede wszystkim z burzliwym rozwojem motoryzacji oraz wzrostem konsumpcji prowadzącej do powstawania coraz większej ilości odpadów.

W ostatnich latach gospodarkę Polski charakteryzuje nadal stosunkowo wysoka, choć stale obniżająca się stopa inflacji oraz duże bezrobocie, przy czym wg części ekspertów wskaźnik bezrobocia jest sztucznie powiększony o faktycznie zatrudnionych w tzw. „szarej strefie”. Równocześnie, od 1996 roku obserwowany jest wzrost Produktu Krajowego Brutto, choć jego dynamika w ostatnich latach słabła (tab. 1.3.1.).

Wzrost PKB wyrażony w USD wynikał nie tylko z faktycznego wzrostu gospodarczego, ale w znacznej części był spowodowany polityką umocnienia wartości złotego. Zauważalne jest przy tym, jak już wspomniano, znaczne wyhamowanie przyrostu PKB w latach 1999-2001. Produkt Krajowy Brutto był w roku 2001 o 5 pkt procentowych niższy niż w roku 1996 i aż o 5,8 pkt niższy niż w roku 1997.

Z porównania PKB przypadającego na głowę mieszkańca w Polsce i w państwach Unii Europejskiej wynika, że Polska nadal jest krajem znacznie biedniejszym. O ile w Polsce wskaźnik ten wynosił w 2001 roku (w cenach bieżących) 4737 USD, to np. w Niemczech był na poziomie

Tabela 1.3.1. Produkt Krajowy Brutto w latach 1996-2000. Źródło: GUS.

Rok	Produkt Krajowy Brutto			
	Ceny bieżące mln zł	Wskaźnik wolumenu*	PLN/głowę	USD/głowę
1996	387 826,6	106,0	10 037	3 752
1997	472 350,4	106,8	12 218	b.d.
1998	553 560,1	104,8	14 316	b.d.
1999	615 115,3	104,1	15 914	4 011
2000	685 596,7	104,0	17 741	4 082
2001	749 311,0	101,0	19 392	4 737

\*rok poprzedni = 100

b.d. – brak danych

22 511 USD a w Portugalii (państwie o najniższym dochodzie w Piętnastce) – 10 944 USD na mieszkańca.

Na Produkt Krajowy Brutto w roku 2001 złożyły się (wg cen bieżących):

- przemysł łącznie z przemysłem wydobywczym 21,1%,
- handel i naprawy 17,9%,
- budownictwo 6,4%,
- transport, składowanie i łączność 6,4%,
- rolnictwo, łowiectwo i leśnictwo 3,3%,
- pozostałe działy gospodarki 44,9%.

W ciągu ostatniego sześćdziesięciolecia nastąpiła w Polsce znaczna zmiana produkcji i usług w poszczególnych działach gospodarki narodowej (tab.1.3.2.). Przedstawione w poniższej tabeli dane wykazują wzrost produkcji przewyższający wskaźnik inflacji w energetyce i niektórych rodza-

jach produkcji przemysłowej. Istotny wzrost notowany był w produkcji: maszyn i wyrobów metalowych, artykułów spożywczych i zaopatrzenia w energię elektryczną, gaz i wodę. Jednocześnie obserwowany był spadek produkcji w rolnictwie.

W Polsce wciąż stosunkowo niskie było zużycie nawozów mineralnych lub chemicznych przypadających na 1 ha użytków rolnych. W 2001 roku było to 85,8 kg (0,3 kg mniej niż w 1990 roku). Ponad połowę z tej liczby stanowiły nawozy azotowe. Z krajów Unii Europejskiej jedynie Austria, Grecja, Szwecja, Portugalia i Hiszpania zużywają mniej nawozów (w przeliczeniu na czysty składnik), zaś średnia dla krajów Piętnastki wynosi 121,0 kg na 1 hektar. Z drugiej strony, spośród krajów kandydujących do Unii jedynie w Słowenii odnotowano większe zużycie nawozów w roku 2000 niż w Polsce.

Tabela 1.3.2. Zmiany produkcji i usług w podstawowych działach gospodarki. Źródło: GUS.

Dział gospodarki i rodzaj produkcji	Wielkość produkcji ogółem w latach		
	1990	1996	2001
<b>ENERGETYKA</b>			
Energia elektryczna – produkcja krajowa ogółem [TWh]	136,3	143,2	146,0
w tym:			
• elektrownie zawodowe ciepłe [TWh]	124,9	131,1	133,6
• elektrownie wodne [TWh]	3,3	3,8	4,2
Energia elektryczna import [TWh]	10,4	4,8	4,3
Energia elektryczna eksport [TWh]	11,5	7,9	11,0
<b>ROLNICTWO</b>			
Powierzchnia użytków rolnych [tys. ha]	18 720	18 474	18 392
Produkcja rolnicza ogółem [mln zł ceny bieżące]	8 848	51 040	60 319,5
Nawozy sztuczne i wapniowe [tys. ton]	1 752	1 575	1 615
Pestycydy [tys. ton]	19,4	25,3	22,2
<b>PRZEMYSŁ</b>			
Wartość produkcji ogółem, [mln zł, ceny bieżące]	56 591	294 990	513 218
w tym:			
• górnictwo i kopalnictwo	4 486	22 332	26 333
• działalność produkcyjna	47 628	244 193	428 450
w tym produkcja:			
• artykułów spożywczych	9 893	59 490	103 476
• chemikaliów	3 695	18 631	29 287
• metali	5 800	17 128	19 726
• maszyn i wyrobów metalowych	4 437	29 349	44 383
• zaopatrzenie w energię elektryczną, gaz i wodę	4 478	28 645	53 237
<b>TRANSPORT</b>			
Pojazdy samochodowe i ciągniki zarejestrowane [tys. sztuk],	9 041	11 765	14 724
w tym:			
• samochody osobowe	5 261	8 054	10 503
• autobusy	92	85	82
• samochody ciężarowe i ciągniki siodłowe	1 045	1 431	1 979
• ciągniki balastowe i rolnicze	1 192	1 228	1 257
Sieć kolejowa eksploatowana [km]	26 228	23 420	21 119
Drogi publiczne [tys. km]	218	239	248
Przewozy ładunków [tys. t]	1 645 542	1 385 852	1 317 169
w tym:			
• koleją	281 658	223 542	166 856
• transportem samochodowym	1 292 358	1 091 880	1 072 304
• transportem rurociągowym	32 995	35 367	45 301
• transportem morskim	28 477	25 703	22 426
• śródlądowym transportem wodnym	9 795	9 000	10 255
• transportem lotniczym	14	28	27

W tabeli 1.3.3. przedstawiono wybrane wskaźniki charakteryzujące produkcję w poszczególnych działach gospodarki narodowej w 2001 r., zaś ogólne zużycie nośników energii pierwotnej w gospodarce narodowej przedstawia tabela 1.3.4.

W 2001 roku węgiel kamienny stanowił aż 50,4% ogólnej sumy zużytych nośników energii w gospodarce. Ropa naftowa miała udział w strukturze zużycia nośników energii w wysokości 19,8%. Na trzecim miejscu plasował się węgiel brunatny (13,1%) a na czwartym – gaz ziemny (11,8%). Pozostałe 4,9% przypadało na torf, drewno opałowe i inne nośniki.

Wciąż mały jest udział produkowanej w Polsce energii ze źródeł odnawialnych w ogólnej produkcji energii elektrycznej. W 2001 roku aż 98,2% energii produkowanej w Polsce wytworzyły elektrownie ciepłone. Udział elektrowni wodnych i innych wyniósł zaledwie 1,8%. W krajach Unii Europejskiej elektrownie ciepłone produkują jedynie połowę całej energii elektrycznej. Elektrownie wodne i inne wytwarzają 15,3% energii dostępnej w krajach Piętnastki. Pozostałe 33,7% jest produkowane przez elektrownie atomowe.

Zużycie krajowe paliw w gospodarce narodowej przedstawia tabela 1.3.4. W 2001 roku zużycie węgla kamiennego zwiększyło się o 2,6% w porównaniu z rokiem 2000 (choć wciąż jest niższe niż w latach 90-tych) a zużycie benzyn spadło o 8,4%. Równocześnie nastąpił spadek zużycia gazu wielkopiecowego – o 14,3%.

Ważnym wskaźnikiem przemian gospodarczych w Polsce jest stopień decentralizacji i prywatyzacji gospodarki. W 2001 r. już 62,8% produktu krajowego brutto było wytwarzane przez sektor prywatny a tylko 25,0% przez sektor państwowy. Blisko 30% PKB wytwarzane jest w sektorze gospodarstw domowych, w tym poprzez rodzinne gospodarstwa rolne.

W stosunkowo krótkim czasie osiągnięty został duży stopień prywatyzacji takich działów gospodarki narodowej jak rolnictwo, handel, średni i drobny przemysł, transport samochodowy – gdzie udział kapitału państwowego jest obecnie niewielki. Z drugiej jednak strony przemysł wydobywczy i przemysł ciężki wciąż pozostają własnością Skarbu Państwa a ich restrukturyzacja, ze względu na skalę problemu, następuje bardzo powoli.

Tabela 1.3.3. Wskaźniki charakteryzujące produkcję w 2001 r. w poszczególnych działach gospodarki narodowej. Źródło: GUS.

Dział gospodarki i rodzaj produkcji	Wskaźniki jednostkowe
<b>ENERGETYKA</b>	
Produkcja na 1 mieszkańca	3 779 kWh/mieszkańca
Produkcja na 1 USD PKB	0,8 kWh/USD
<b>ROLNICTWO</b>	
Powierzchnia użytków rolnych	0,5 ha/mieszkańca
Zbiory zbóż	698 kg/mieszkańca
Bydło, trzoda chlewna, owce i konie w przeliczeniowych sztukach dużych	42,0 szt./100 ha użytków rolnych
<b>PRZEMYSŁ</b>	
Dynamika działalności produkcyjnej przemysłu	1995 r. – 100%; 2001 r. – 138,6%
<b>TRANSPORT</b>	
Gęstość linii kolejowych	6,75 km/100 km <sup>2</sup>
Gęstość dróg publicznych o twardej nawierzchni	77,0 km/100 km <sup>2</sup>
Przewozy ładunków na 1 USD PKB	7,19 kg/USD
Przewozy ładunków na 1 mieszkańca	34 095 kg/mieszkańca

Tabela 1.3.4. Zużycie krajowe podstawowych paliw w gospodarce narodowej. Źródło: GUS.

Wyszczególnienie	1990	1996	2001
	w liczbach bezwzględnych		
Węgiel kamienny [tys. ton]	119 926	110 131	85 558
Węgiel brunatny [tys. ton]	67 391	63 063	59 538
Ropa naftowa [tys. ton]	12 846	14 597	18 113
Gaz ziemny wysokometanowy [hm <sup>3</sup> ]	9 296	9 999	10 863
Gaz ziemny zaazotowany [hm <sup>3</sup> ]	2 742	2 956	3 278
Koks i półkoks [tys. ton]	10 009	7 888	4 970
Gaz koksowniczy [hm <sup>3</sup> ]	5 722	4 229	3 919
Gaz wielkopiecowy [hm <sup>3</sup> ]	16 949	11 713	9 723
Benzyny [tys. ton]	3 766	5 323	4 738
Oleje napędowe [tys. ton]	5 294	6 545	5 637
Oleje opałowe (łącznie z gudronem)	3 805	3 451	5 289

Dzięki przypadającemu na lata dziewięćdziesiąte szybkiemu rozwojowi gospodarczemu oraz stałej poprawie wiarygodności kraju na międzynarodowych rynkach walutowych, w roku 1996 Polska stała się członkiem Organizacji Współpracy i Rozwoju (OECD) zrzeszającej najbardziej gospodarczo rozwinięte kraje świata.

#### 1.4. Eksploatacja surowców naturalnych

Występujące w środowisku zasoby naturalne dzieli się, biorąc pod uwagę możliwość ich odtwarzania, na odnawialne i nieodnawialne. Do tych pierwszych zalicza się m.in. powietrze, wody, rośliny uprawne i lasy.

Za najważniejsze zasoby odnawialne uznaje się powietrze, gleby, zbiorowiska roślinne i lasy, wodę, łowiska i zasoby ryb, zasoby genetyczne i gatunki dziko żyjące oraz krajobraz o wysokich walorach naturalnych i kulturowych, występujący szczególnie na obszarach chronionych.

Zasobami nieodnawialnymi są natomiast zasoby energetyczne (paliwa kopalne) oraz surowce mineralne.

Eksploatacja surowców naturalnych niezbędna dla funkcjonowania gospodarki w jej obecnym kształcie – poza niewątpliwymi, doraźnymi korzyściami ekonomicznymi – powoduje również wiele problemów środowiskowych. Dewastacja i konieczność rekultywacji terenów, powstające wyrobiska, hałdy i zwalowiska oraz powodowane przez tę działalność szkody górnicze, zanieczyszczenie wód, powietrza i gleb, hałas, nieodwracalne częstokroć szkody w cennych ekosystemach, zanikanie unikalnych gatunków flory i fauny to koszty, jakie ponosimy wszyscy a które nie były dotychczas szeroko uwzględniane przy ocenie efektywności ekonomicznej tej gałęzi gospodarki.

Szczególnie istotne problemy środowiskowe, zarówno w wymiarze światowym, jak i na terenie Polski powoduje eksploatacja surowców energetycznych. Mimo że najnow-

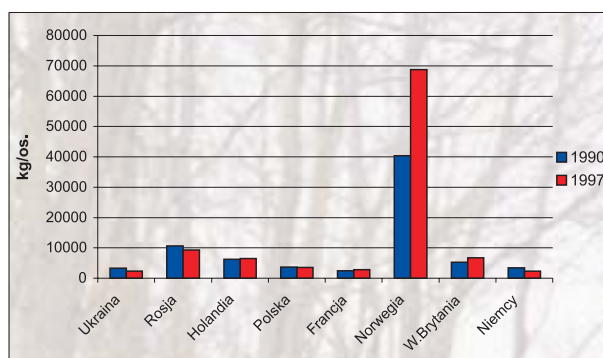
sze technologie charakteryzują się z reguły stosunkowo niskimi, jednostkowymi wskaźnikami zużycia energii, to jednak zapotrzebowanie na energię nie maleje i konieczne jest poszukiwanie nowych jej źródeł oraz wykorzystywanie rozpoznanych zasobów dyspozycyjnych.

##### Zasoby nieodnawialne (w tym surowce energetyczne)

Polska posiada duże zasoby surowców nieodnawialnych, z których najważniejszą część stanowią paliwa kopalne (tab. 1.4.1.).

W okresie mijającej dekady Polska, podobnie jak inne kraje Europy Środkowej i Wschodniej (np. Rumunia i Czechy) znacznie zmniejszyła wydobycie węgla, ale stopniowo zwiększała wydobywanie ropy naftowej i gazu ziemnego (tab.1.4.2.). Dopiero w 2001 r., po raz pierwszy odnotowano spadek ich wydobycia w porównaniu z poprzednim rokiem.

Nie jest to jednak trend ogólnosiwiatowy. W tym samym czasie niektóre kraje istotnie zwiększyły eksploatację surowców energetycznych. Znaczący wzrost wydobycia paliw kopalnych zanotowały w tym okresie np. Norwegia i Wielka Brytania (rys. 1.4.1.).



Rys. 1.4.1. Wydobycie surowców energetycznych niektórych krajów europejskich w przeliczeniu na węgiel kamienny przypadający na 1 mieszkańca. Źródło: GUS.

Tabela 1.4.1. Zasoby najważniejszych surowców nieodnawialnych w 2001 r.

Kopaliny	Zasoby bilansowe złóż geologicznie udokumentowanych [mln ton, gaz mld m <sup>3</sup> ]	
	Ogółem	w tym zagospodarowane
<b>SUROWCE ENERGETYCZNE</b>		
Ropa naftowa	12,8	12,3
Gaz ziemny	138,7	118,4
Węgiel brunatny	13 923,5	2 077,1
Węgiel kamienny	45 899,9	16 045,0
<b>SUROWCE METALICZNE</b>		
Rudy cynku i ołowiu	180,3	41,2
Rudy miedzi	2 446,7	1 528,5
<b>SUROWCE CHEMICZNE</b>		
Siarka rodzima	501,8	42,5
Sól kamienna	80 346,2	8 422,6
<b>SUROWCE SKALNE</b>		
Kamienie drogowe i budowlane	8 075,8	3 896,7
Surowce ilaste ceramiki budowlanej	3 996,6	653,9
Kruszywo naturalne	14 436,0	3 184,5
Wapienie i margle	17 385,3	6 197,2



Tabela 1.4.2. Wydobywanie surowców nieodnawialnych

Kopaliny	Wydobywanie (mln ton, gaz w hm <sup>3</sup> ) w latach				
	1990	1995	1996	1999	2001
Węgiel kamienny	147,7	137,1	136	111,9	102,5
Węgiel brunatny	67,5	63,5	64	60,8	59,6
Ropa naftowa	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5
Gaz ziemny	b.d.	b.d.	4 400	4 756	4 800
Rudy cynku i ołowiu	b.d.	5,3	5,0	b.d.	4,8
Rudy miedzi	b.d.	24,1	26,0	28,4	28,8
Siarka rodzima	b.d.	2,4	1,7	1,2	0,9
Sól kamienna	b.d.	3,2	3,1	0,9	3,2
Wapień i margle	b.d.	34,1	34,2	b.d.	18,7
Kruszywo naturalne	b.d.	54,0	62,6	b.d.	73,1
Kamienie drogowe i budowlane	b.d.	17,3	18,0	b.d.	22,1

### Zasoby odnawialne

Za najważniejsze zasoby odnawialne uznaje się powietrze, gleby, zbiorowiska roślinne i lasy, wodę, łowiska i zasoby ryb, zasoby genetyczne i gatunki dziko żyjące oraz krajobraz o wysokich walorach naturalnych i kulturowych, występujący szczególnie na obszarach chronionych.

Zarządzanie zasobami odnawialnymi leży w gestii praktycznie wszystkich dziedzin gospodarki, ale szczególnie wpływ na ich stan i możliwości harmonijnego odtwarzania mają, obok uciążliwego dla środowiska przemysłu, leśnictwo i rolnictwo (wraz z rybołówstwem), gospodarka wodna oraz gospodarka komunalna. Ich właściwe wykorzystanie pozwala niejednokrotnie na zmniejszenie zużycia surowców nieodnawialnych. Przykładem takim może być realizowany obecnie program wykorzystania wód geotermalnych jako źródła energii cieplnej.

Stopniowo zwiększa się wykorzystanie zasobów odnawialnych jako źródeł energii. Instalacje wykorzystujące te źródła wyprodukowały w 2001 roku około 2620 GWh energii elektrycznej i ponad 105 tysięcy TJ energii cieplnej. Powoli wzrasta liczba elektrowni wodnych – w 2001 roku było ich już łącznie 580 (w tej liczbie 568 małych elektrowni wodnych o mocy zainstalowanej < 5MW). W Polsce działało także 40 elektrowni wiatrowych (stan na rok 2001).

Pod względem zasobów gleb Polska wyróżnia się w Europie, ponieważ ilość gruntów ornych przypadająca na 1 mieszkańca w naszym kraju, wynosząca w 2001 r. 0,36 ha, przewyższała nieznacznie analogiczne wskaźniki w takich państwach, jak Francja i Grecja (po 0,34 ha), czy Szwecja (0,32 ha) oraz była o wiele większa niż w Austrii i Włoszech (po 0,19 ha), w Niemczech (0,15 ha) i Wielkiej Brytanii (0,10 ha) oraz w krajach Beneluxu (0,06-0,08 ha). Uzyskiwane z tych gruntów ornych plony zbóż na 1 mieszkańca, które w Polsce wyniosły w 2001 r. 698 kg, okazały się wprawdzie wyższe niż np. na Ukrainie (613 kg), Rosji (502 kg), Niemczech (609 kg), Wielkiej Brytanii (329 kg) czy Włoszech (363 kg), jednakże można zauważyć, że zasobności gleb nie towarzyszyła ich wysoka produktywność i efektywna uprawa. Dla przykładu, produktywność gleb w plonach zbóż

w Niemczech była dwukrotnie wyższa niż w Polsce. Nasz kraj osiągnął lepsze zbiory pszenicy (3,53 tony/ha) niż Bułgaria (3,04 tony/ha), Ukraina (2,49 tony/ha), Rumunia (3,13 tony/ha), czy Rosja (1,88 tony/ha), choć nie tak dobre jak Czechy (4,50 tony/ha) czy Węgry (4,29 tony/ha). Na uwagę zasługują również inne wskaźniki produkcji roślinnej. Dotyczy to przede wszystkim zbiorów ziemniaków, które wyniosły w 2001 r. 19,4 mln ton, co stanowiło 6,3% produkcji światowej i dało nam drugie miejsce w Europie. Polskie plony ziemniaków na poziomie 16,2 ton/ha były niższe niż w Czechach (21,7 ton/ha), a wyższe niż w takich krajach, jak: Rumunia (13,1 ton/ha), Rosja (9,9 ton/ha) czy Ukraina (8,46 ton/ha).

W 2001 r. powierzchnie leśne zajmowały w naszym kraju 29%, użytki orne – 45%, łąki – 8%, a sady – ok. 1%.

Wskaźnik eksploatacji zasobów drewna w Polsce, jednego z ważniejszych zasobów odnawialnych, w przeliczeniu na 1 mieszkańca wynosił w 2001 roku 0,63m<sup>3</sup> i był porównywalny z danymi z obszaru Francji (0,66m<sup>3</sup>), czy Niemiec (0,57m<sup>3</sup>).

Gospodarowanie zasobami odnawialnymi wymaga respektowania zasad zrównoważonego rozwoju i powinno opierać się na racjonalnym i oszczędnym ich wykorzystaniu, zapewniającym osiągnięcie efektu ekonomicznego przy minimalizowaniu niekorzystnego oddziaływania na środowisko. Osiągnięcie wysokiej efektywności gospodarowania zasobami jest jednym z celów polskiej polityki ekologicznej. Podejmowane w tym względzie działania, w tym prawne i ekonomiczne instrumenty ochrony i racjonalizacji wykorzystywania zasobów odnawialnych, omówiono bardziej szczegółowo w dalszych rozdziałach Raportu.

### 1.5. Wnioski

W 1988 roku, w przededniu przemian ustrojowych, Polska zajmowała wysokie miejsca w globalnych zestawieniach krajów o najwyższym poziomie eksploatacji zasobów kopaliny, w tym zwłaszcza surowców energetycznych.

nych. Decydowało o tym wydobycie takich surowców jak: siarka – 4 miejsce na świecie (8,7% produkcji światowej), węgiel kamienny – 4 miejsce (5,5%), węgiel brunatny – 5 miejsce (5,9%), miedź – 6 miejsce (5,2%), srebro – 7 miejsce (6,0%), surowce wapienne – 7 miejsce (3,4%), sól kamienna – 10 miejsce (3,1%), cynk – 11 miejsce (2,6%). Niestety, silna, wynikająca z ówczesnej doktryny gospodarczej i uwarunkowań systemowych, presja na zwiększanie lub co najmniej utrzymywanie osiągniętego poziomu wydobycia, bez liczenia się z uwarunkowaniami zewnętrznymi i wymogami efektywności, powodowała m.in. negatywne konsekwencje dla stanu środowiska Polski.

Prowadzona od początku lat 90-tych egzekucja wymogów prawnych i realizacja zasady w myśl której „zanieczyszczający płaci” oraz urealnienie kosztów korzystania ze środowiska przynosi efekty w postaci zmniejszenia presji na środowisko.

Przez ostatnie dziesięć lat wydobycie wielu surowców stale się zmniejszało. Decydowały o tym czynniki ekonomiczne, w tym zwłaszcza brak możliwości dalszego finansowania przez budżet państwa strat występujących w przemyśle wydobywczym oraz spadek krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Jednak w 2001 r. zaobserwowano w Polsce (po raz pierwszy od 1996 r.) wzrost zużycia nośników energii w gospodarce (np. o ok. 1,3% w przypadku węgla kamiennego i o ok. 0,6% w przypadku węgla brunatnego). Wzrósł także, choć nieznacznie, udział w ogólnym bilansie energetycznym takich źródeł jak energia wody i wiatru oraz energia słoneczna. W efekcie zmniejsza się presja przemysłu energetycznego na zanieczyszczenie atmosfery, jednak udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w całkowitej ilości wyprodukowanej energii elektrycznej jest wciąż w Polsce bardzo niski.

Obserwuje się również zmniejszenie światowego popytu na siarkę, eksportowaną przez Polskę w znacznych ilościach m.in. w związku z rosnącą podażą taniej siarki odzyskiwanej po odsiarczaniu gazu i ropy naftowej.

Mimo powyższych trendów Polska utrzymała drugą pozycję w Europie pod względem wielkości wydobycia węgla kamiennego (pierwszą w przeliczeniu na 1 mieszkańca), podobnie jak w produkcji siarki rodzimej. Obserwuje się również wzrost wydobycia gazu ziemnego oraz ropy naftowej.

Systematyczny wzrost produkcji przemysłowej powoduje, że przemysł wciąż stanowi jedno z głównych źródeł zanieczyszczeń. Jest też sektorem wywierającym bardzo silną presję środowiskową zwłaszcza na jakość powietrza, wody i gleb. Przemysł w znacznym stopniu oddziałuje także na gospodarkę zasobami naturalnymi. Jednocześnie jednak wraz z rozwojem polskiej gospodarki następuje spadek lub stabilizacja presji na środowisko ze strony przemysłu.

W omawianym okresie zanotowano istotne ograniczenie antropogenicznej presji na zasoby odnawialne, takie jak atmosfera, ekosystemy wodne czy lasy i zbiorowiska roślinne. Obserwuje się racjonalizację korzystania z zasobów wodnych, w tym spadek wykorzystania zasobów wód podziemnych (po skokowym wzroście w 1999 roku).

Spadło także (o 3,6% w porównaniu z rokiem 2000) pozyskanie drewna (grubizny), choć i tak jest prawie o 30% wyższe niż w roku 1996.

W ostatnich latach nastąpił gwałtowny rozwój transportu samochodowego. Niestety za szybkim wzrostem liczby zarejestrowanych samochodów (o 31% od roku 1996) nie podąża rozwój sieci drogowej. Brak autostrad, oraz mała gęstość sieci dróg kołowych (na km<sup>2</sup>) powodują zatory i korki uliczne. W efekcie wzrasta poziom hałasu i zanieczyszczeń powietrza. Z emisją spalin związane jest także zjawisko „smogu letniego”, którego wskaźnikiem jest ozon.

Maleje liczba szlaków kolejowych w Polsce. Wciąż niezrealizowane są postulaty ograniczenia tranzytu dużych pojazdów ciężarowych poprzez ich przewóz na kolejowych lawetach.

Warto jednak nadmienić, że w ostatnich latach wzrasta liczba samochodów nowych, z katalizatorami lub napędzanych paliwem gazowym. Stosowane przez producentów aut nowe technologie i konstrukcje silników powodują, że samochody zużywają coraz mniej paliwa a tym samym redukcji ulega emisja spalin. Może to w przyszłości ograniczyć lub zmniejszyć zanieczyszczenie atmosfery ze źródeł transportowych.

Pewne zmiany zachodzą również w zakresie gospodarki przestrzenią. Pomimo wzrostu globalnej produkcji rolniczej w latach 1996-2001, obserwowany jest m.in. stały ubytek przestrzeni rolniczej. Podczas gdy jeszcze w 1980 r. użytki rolne zajmowały 60,59%, to w 1992 r. – 59,56% a w 2001 r. – 59,2%. Zmiany te niekoniecznie muszą być traktowane jako zjawisko negatywne. W szeregu przypadków ubytek przestrzeni rolniczej powodowany jest przez wycofanie z eksploatacji gruntów o słabszej produktywności. Szacuje się, że powierzchnia gruntów o marginalnym znaczeniu dla rolnictwa wynosi co najmniej 3,3 mln ha, z czego około 600 tys. ha przekazano w ostatnich latach na inne cele.

Pewna część nieużytków i gruntów porolniczych przekazywana jest systematycznie gospodarce leśnej. Odnowienia i zalesienia obejmowały w ostatnich latach średnio 70 tys. ha rocznie, dzięki czemu lesistość kraju zwiększyła się w latach 1990-2001 o 2,7%, przekraczając poziom 29% powierzchni kraju.

Gospodarowanie zasobami odnawialnymi wymaga troski i przeciwdziałania ich degradacji lub ubożeniu. Niektórych elementów, np. walorów krajobrazowych, nie potrafimy jeszcze szacować według ich wymiernej wartości materialnej, ale nie powinno i nie może to oznaczać zgody na ich degradację. Stanowią one bowiem elementy bogactwa narodowego a niekiedy także dziedzictwa światowego, które powinny stać się udziałem również następnych pokoleń.

Generalnie można jednak stwierdzić, że gospodarowanie zarówno zasobami odnawialnymi, jak i nieodnawialnymi, staje się coraz bardziej racjonalne. Obserwuje się wyraźne zmniejszenie skali eksploatacji rodzimych kopalni i zasobów wodnych oraz znaczącą poprawę efektywności produkcji, wyrażającą się m.in. w stabilizacji zapotrzebowania na energię elektryczną.

# Odpady



## 2. ODPADY

Lucyna Zalewska, Zbigniew Duszczyk, Danuta Kasprzak,  
Joanna Czajka

### 2.1. Informacje ogólne

Społeczeństwo polskie w zdecydowanej większości jest świadome konieczności racjonalnej gospodarki odpadami. Zmiany jakie nastąpiły w ostatnim okresie w polskiej gospodarce związane z przejściem na gospodarkę rynkową, a także z procesem dostosowawczym do wymagań stawianych przez Unię Europejską, wymusiły również zmiany w gospodarce odpadami. Miało to wpływ na wprowadzenie przez państwo szeregu regulacji ustawowych dostosowujących gospodarkę odpadami do nowych warunków.

Od 1 stycznia 1998 roku podstawę prawną gospodarowania odpadami w Polsce stanowiła ustawa z dnia 27 czerwca 1997 roku o odpadach<sup>1</sup>. Ustawa ta wprowadziła nową klasyfikację odpadów opartą na Europejskim Katalogu Odpadów oraz Europejskiej Klasyfikacji Odpadów. System ochrony prawnej środowiska przed odpadami współtworzyła również ustawa z dnia 13 września 1996 roku o utrzymaniu porządku i czystości w gminach<sup>2</sup> oraz ustawa z dnia 31 stycznia 1980 roku o ochronie i kształtowaniu środowiska<sup>3</sup>.

Z uwagi na omawiany w Raporcie okres definicje i interpretacja danych jest zgodna z powyższymi aktami prawnymi. Raport nie odnosi się do ustawy o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 roku oraz aktów wykonawczych do tej ustawy.

W Raporcie przedstawiono dane za okres 1996-2001, a w przypadku ich braku podano najbardziej aktualne dostępne dane.

Naturalnym procesem jest, że wraz ze wzrostem produkcji i konsumpcji dóbr materialnych wzrasta obciążenie środowiska odpadami. Na ilość wytwarzanych odpadów, oprócz czynnika demograficznego, bezpośredni wpływ ma również poziom życia i świadomości ekologicznej społeczeństwa. Zwiększająca się masa nagromadzonych odpadów, zarówno przemysłowych jak i komunalnych, a także ich nielegalne lub niewłaściwe składowanie stanowią poważne zagrożenie dla ludzi i środowiska.

Poważnym zagrożeniem dla środowiska są składowiska ziemne tzw. mogilniki. W większości były one budo-

wane w latach 1960-70, kiedy nie funkcjonował żaden system prawnej ochrony środowiska.

Mogilniki pierwotnie przeznaczone były do bezterminowego gromadzenia odpadów środków ochrony roślin, których duże ilości powstały w wyniku nieprawidłowej w tych latach polityki cenowej i rozdzielnictwa oraz niestosowania małowymiarowych opakowań.

Zasady budowy składowisk ziemnych nie wymagały rozpoznania hydrogeologicznego ani nie ustalały reżimów izolacji komór mogilników. Podczas budowy nie przestrzegano przepisów obowiązującego w tych latach prawa budowlanego. Często odpady środków ochrony roślin składowane były bezpośrednio do ziemi, w tzw. dołach ziemnych. W niektórych mogilnikach w okresie późniejszym zaczęto gromadzić również przeterminowane leki i odczynniki chemiczne. W roku 2001 wg rejestru IOŚ było na terenie kraju 228 mogilników. Faktyczna ilość odpadów niebezpiecznych zgromadzonych w poszczególnych obiektach jest znana dopiero w momencie wyjmowania odpadów, w procesie likwidacji mogilnika.

### 2.2. Wytwarzanie odpadów

#### *Odpady komunalne*

Za odpady komunalne uważa się stałe i ciekłe odpady powstające w gospodarstwach domowych, w obiektach użyteczności publicznej i obsługi ludności, a także w pomieszczeniach użytkowanych na cele biurowe lub społeczne przez wytwarzającego odpady, w tym nieczystości gromadzone w zbiornikach bezodpływowych, porzucone wraki pojazdów mechanicznych oraz odpady uliczne, z wyjątkiem odpadów niebezpiecznych.

Z uwagi na skład, właściwości technologiczne oraz warunki i miejsce powstawania wyróżnia się: odpady domowe związane z bytowaniem ludzi w domach mieszkalnych (bloki, kamienice, domy jednorodzinne), odpady z obiektów użyteczności publicznej i obsługi ludności, m.in. z handlu i usług, szkolnictwa (podstawowe, średnie), lecznictwa otwartego i szpitali, odpady z terenów otwartych, odpady: uliczne z koszy, zmiotki z placów targowych, z cmentarzy, zieleni miejskiej oraz odpady wielkogabarytowe jak zużyte meble, sprzęt gospodarstwa domowego, zużyty sprzęt elektroniczny.

Głównym źródłem powstawania odpadów komunalnych związanych z działalnością bytowo-gospodarczą człowieka w środowisku są przede wszystkim gospodarstwa domo-

<sup>1</sup> Ustawa z dnia 27 czerwca 1997 r. o odpadach – Dz. U. Nr 96 poz. 592 ze zm.

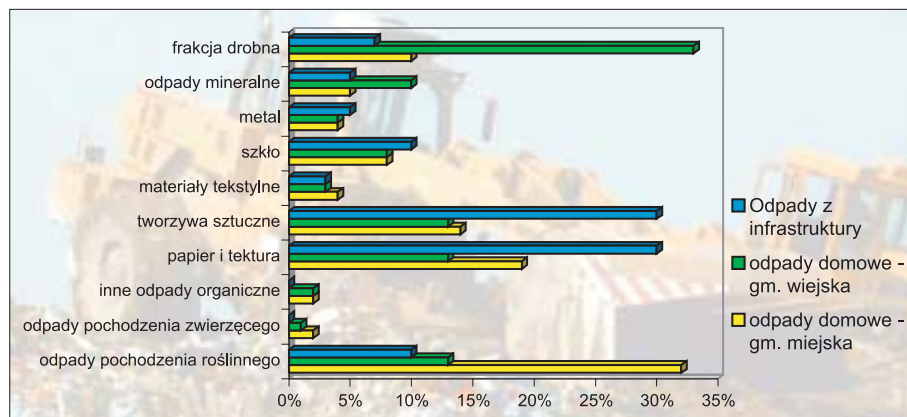
<sup>2</sup> Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach Dz. U. Nr 132 poz. 622 ze zm.

<sup>3</sup> Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska tekst jedn. Dz. U. z 1994 r. Nr 49 poz. 196 ze zm.

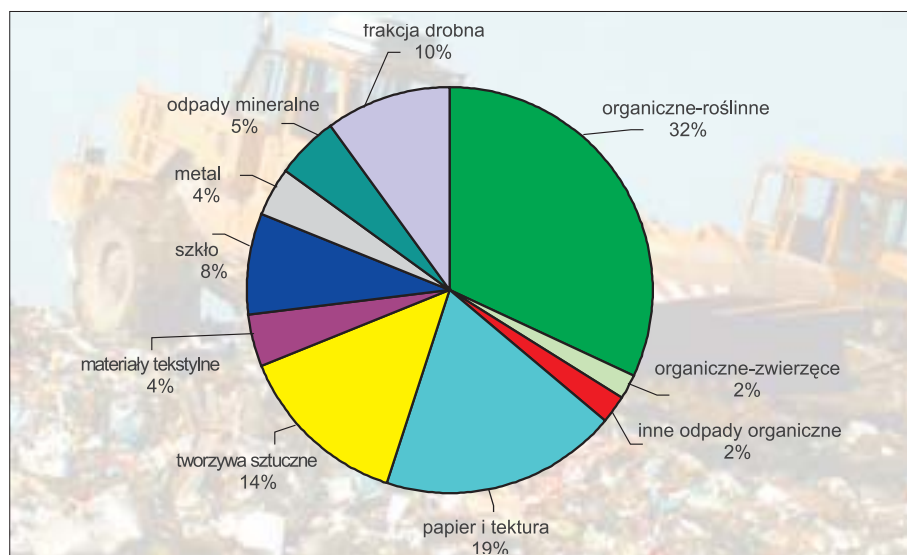
we zlokalizowane na terenach miejskich i wiejskich oraz obiekty infrastruktury (rys. 2.2.1.).

Skład odpadów z terenów miejskich zależy od typu zabudowy, stanu wyposażenia budynków, przyzwyczajęń ludzi, poziomu życia mieszkańców (rys. 2.2.2.).

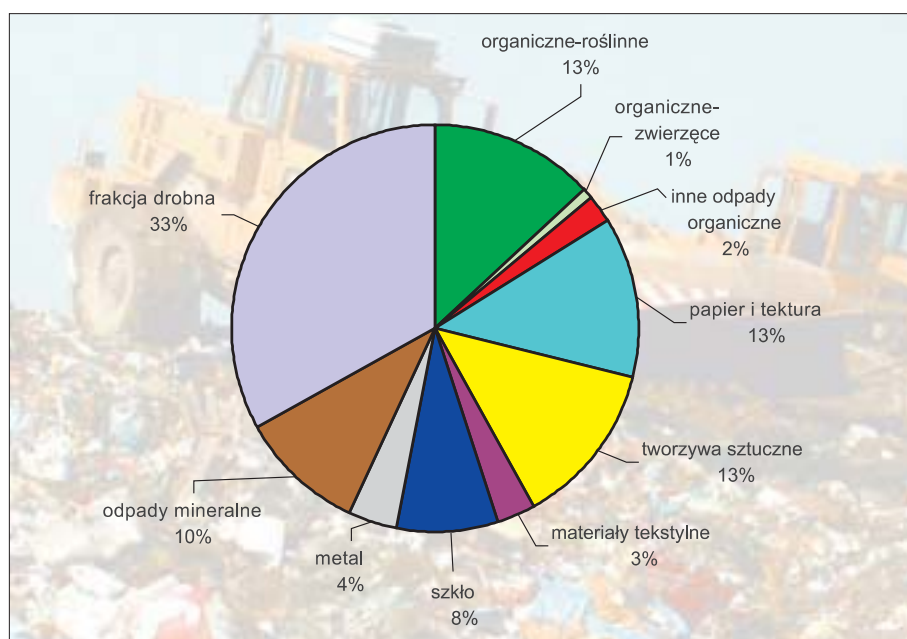
Odpady z terenów wiejskich trafiające na składowiska charakteryzują się mniejszym udziałem substancji organicznych, papieru oraz zwiększonym udziałem tworzyw sztucznych i szkła. Na terenach wiejskich papier i tektura są wykorzystywane w celach opałowych, natomiast od-



Rys. 2.2.1. Skład morfologiczny odpadów pochodzących z gospodarstw domowych i z obiektów infrastruktury. Źródło: Projekt Krajowego Planu Gospodarki Odpadami (KPGO).



Rys. 2.2.2. Skład morfologiczny odpadów domowych wytworzonych na terenach miejskich. Źródło: KPGO.



Rys. 2.2.3. Skład morfologiczny odpadów domowych wytworzonych na terenach wiejskich. Źródło: KPGO.

Tabela. 2.2.1. Bilans wytworzonych odpadów komunalnych w Polsce w 2000 roku według strumieni odpadów z podziałem na miasto/wieś [tys. ton]. Źródło: projekt KPGO.

Strumienie odpadów komunalnych	Ilość odpadów komunalnych wytworzona w Polsce w 2000 roku [tys. ton]		
	na terenach miejskich	na terenach wiejskich	ogółem
Odpady kuchenne ulegające biodegradacji	2163,7	330,2	2493,9
Odpady zielone	239,9	62,1	302,0
Papier i tektura (nieopakowaniowe)	686,5	158,9	845,4
Opakowania z papieru i tektury	996,0	230,4	1226,4
Opakowania wielomateriałowe	111,8	25,8	137,6
Tworzywa sztuczne (nieopakowaniowe)	1157,9	314,1	1472,0
Opakowania z tworzyw sztucznych	372,5	101,1	473,6
Szkło (nieopakowaniowe)	48,0	14,9	62,9
Opakowania ze szkła	674,5	282,1	956,6
Metale	306,8	68,0	374,8
Opakowania z blachy	109,6	24,3	134,0
Opakowania z aluminium	31,9	7,0	38,9
Tekstyliia	290,3	69,4	359,7
Odpady mineralne	343,0	197,9	540,9
Drobna frakcja popiołowa	1120,2	601,6	1721,8
Odpady wielkogabarytowe	479,8	224,0	703,8
Odpady budowlane	959,5	597,4	1556,9
Odpady niebezpieczne	72,0	29,9	101,8
<b>Razem</b>	<b>10163,8</b>	<b>3339,2</b>	<b>13503,0</b>

pady organiczne są zagospodarowywane jako pasza lub kompostowane (rys. 2.2.3.).

Potencjalna ilość wytwarzanych w Polsce odpadów komunalnych, z uwzględnieniem różnic dla jednostek miejskich i wiejskich, została określona w oparciu o dane

Tabela 2.2.2. Ilość odpadów komunalnych stałych wywiezionych w 2001 roku. Źródło: GUS.

Województwo	na 1 mieszkańca w kg	2001 [tys. ton]
dolnośląskie	360,9	1072
kujawsko-pomorskie	267,6	563
lubelskie	219,1	488
lubuskie	353,7	362
łódzkie	341,3	899
małopolskie	199,1	645
mazowieckie	284,2	1443
opolskie	263,1	284
podkarpackie	198,7	424
podlaskie	277,2	338
pomorskie	282,9	624
śląskie	318,9	1541
świętokrzyskie	173,8	229
warmińsko-mazurskie	319,7	470
wielkopolskie	320,0	1077
zachodniopomorskie	375,0	650
<b>Razem</b>	<b>287,6</b>	<b>11109</b>

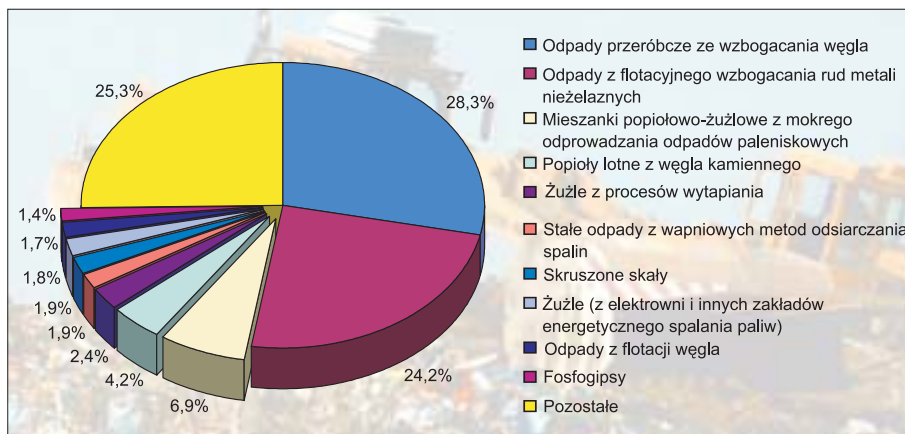
wskaźnikowe, dla 6 następujących źródeł powstawania odpadów:

1. gospodarstwa domowe,
2. obiekty infrastrukturalne,
3. budowy, remonty i demontaż obiektów budowlanych,
4. ogrody i parki,
5. czyszczenie ulic i placów,
6. odpady niebezpieczne wchodzące w strumień odpadów komunalnych.

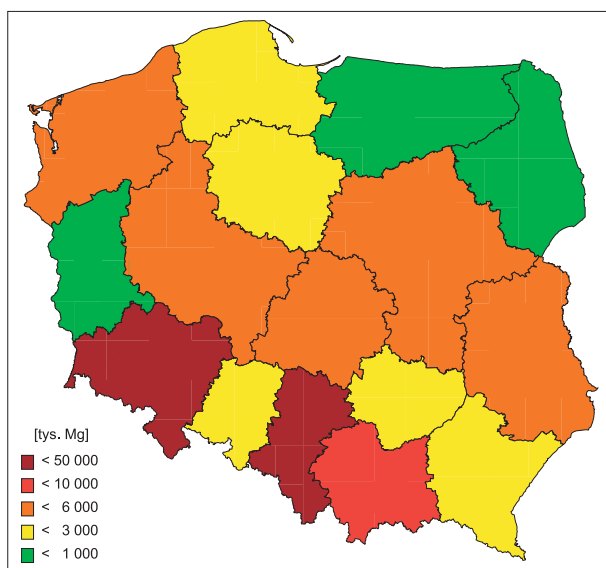
Na terenach wiejskich powstaje 24,5% a na terenach miejskich 75,5% całkowitej ilości wytworzonych odpadów. Znaczący udział w strumieniu odpadów komunalnych mają odpady pochodzące z obiektów infrastrukturalnych, przy czym 79,7% tych odpadów powstaje w miastach.

Według przeprowadzonych szacunków dla przyjętych wskaźników w Polsce powstaje rocznie 13 503 tys. ton odpadów komunalnych, (tab. 2.2.1.), co w przeliczeniu na mieszkańca wynosi 350 kg/rok. Zaznaczyć należy, że odpady powstające w gospodarstwach domowych stanowią ok. 60% całego strumienia odpadów komunalnych. Ogółem w 2001 roku wywiezionych zostało w Polsce 46 486 dam<sup>3</sup> (tj. 11 109 tys. ton) odpadów komunalnych (tab. 2.2.2.), natomiast w 1990 roku 42 686 dam<sup>3</sup>. Zatem nastąpił wzrost o ponad 10%.

Największe ilości odpadów komunalnych powstały w 2001 roku w województwie śląskim (ok. 15%), mazowieckim (ok. 12%), wielkopolskim (ok. 9,9%) oraz dolnośląskim (ok. 9,7%). Najmniej odpadów komunalnych zostało wytworzonych w województwach świętokrzyskim (ok. 1,9%), opolskim (ok. 2,4%), i podlaskim (ok. 2,8%). Ilość



Rys. 2.2.4. Odpady wytworzone według rodzajów w 2001 r. Źródło: GUS.



Rys. 2.2.5. Odpady (z wyłączeniem odpadów komunalnych) wytworzone w województwach w 2001 r. Źródło: GUS.

odpadów komunalnych wywiezionych w 2001 r. na 1 mieszkańca wyniosła 287,6 kg.

Z porównania ilości wytworzonych i wywiezionych w Polsce odpadów komunalnych wynika, że ok. 10% odpadów komunalnych powstających na terenie kraju trafia do środowiska w sposób niekontrolowany.

### Odpady przemysłowe

Odpady powstające w sektorze gospodarczym stanowią największy strumień odpadów wytwarzanych w Polsce. Jako sektory gospodarcze przyjmuje się poszczególne branże przemysłu, rolnictwo, rzemiosło i niektóre usługi. Nadal głównymi wytwórcami odpadów z sektora gospodarczego są:

- górnictwo węgla,
- wydobycie surowców mineralnych,
- przemysł energetyczny i hutnictwo.

Szczególnie dużą grupę stanowią odpady przerobcze ze wzbogacania węgla, odpady z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych. Ponadto duże ilości odpadów powstają z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych, jako mieszanki popiołowo-żużlowe, a także żużle z procesów wytapiania, popioły lotne z węgla kamiennego i żużli z elektrow-

ni, elektrociepłowni i kotłowni. Odpady należące do wymienionych grup stanowią 70% masy odpadów przemysłowych wytwarzanych w Polsce w 2001 roku (rys. 2.2.4.).

Wytwarzanie odpadów w Polsce jest nierównomierne przestrzennie – ponad 70% odpadów powstaje w trzech województwach Polski południowej: śląskim (ok. 37%), dolnośląskim (ok. 27%) i małopolskim (ok. 8%). Najmniej odpadów wytwarza się w północno-wschodniej części kraju: w województwie warmińsko-mazurskim i podlaskim powstaje poniżej 1% odpadów (rys. 2.2.5.).

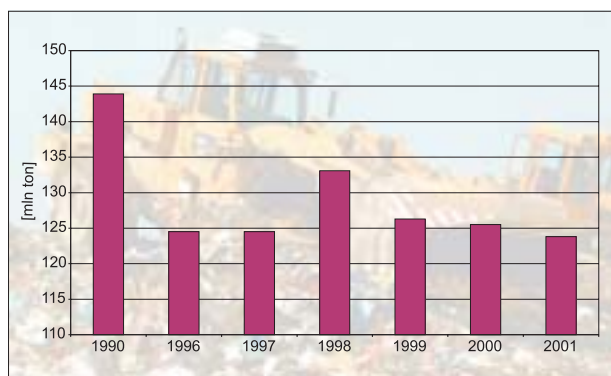
Ilość odpadów powstających w Polsce w sektorze gospodarczym sukcesywnie malała ze 143,9 mln ton w 1990 roku do 123,8 mln ton w 2001 roku. Zmieniła się również struktura gospodarki tymi odpadami: w 1990 roku wykorzystywano 53,6% odpadów, zaś składowano 46,2%. W roku 2001 wykorzystywanych było 78,2% odpadów, zaś składowanych 16,6%. Można uznać, że w dziedzinie wykorzystania odpadów z sektora gospodarczego nastąpiła znaczna poprawa (rys. 2.2.6.).

### Odpady niebezpieczne

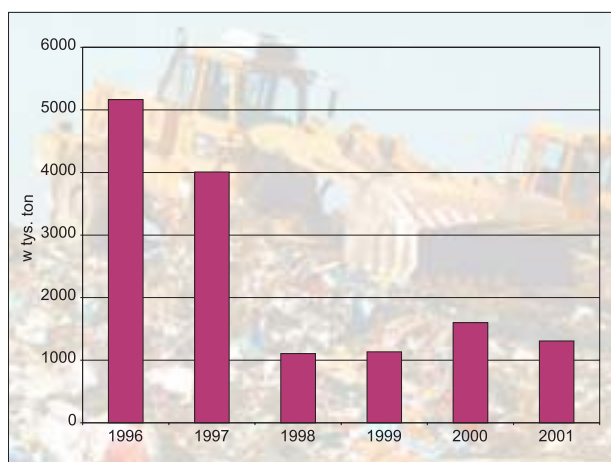
Odpady niebezpieczne są to odpady, które ze względu na swoje pochodzenie, skład chemiczny, biologiczny, inne właściwości i okoliczności stanowią zagrożenie dla życia lub zdrowia ludzi albo dla środowiska. Podstawowym źródłem powstawania odpadów niebezpiecznych jest działalność przemysłowa i usługowa. Ponadto odpady te powstają w gospodarstwach domowych, służbie zdrowia oraz w szkolnictwie.

W 1996 roku odpady niebezpieczne stanowiły 3,5% masy odpadów przemysłowych ogółem, co w przeliczeniu na 1 mieszkańca stanowiło 134 kg. Natomiast w roku 2001 odpady niebezpieczne stanowiły 1,1% odpadów, co w przeliczeniu na 1 mieszkańca wynosi 33,8 kg. W 2001 roku wytworzono 1308,50 tys. ton odpadów niebezpiecznych (rys. 2.2.7.). Liczba ta podana jest wg listy odpadów niebezpiecznych zawartej w załączniku nr 2 do rozporządzenia MOŚZNiL z dnia 24 grudnia 1997 roku w sprawie klasyfikacji odpadów<sup>4</sup>. Różni się ona zasadniczo od listy stosowanej do 1998 roku, z tego też względu dane o od-

<sup>4</sup> Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 24 grudnia 1997 r. w sprawie klasyfikacji odpadów Dz. U. Nr 162 poz. 1135



Rys. 2.2.6. Odpady przemysłowe wytworzone w roku 1990 oraz latach 1996-2001. Źródło: GUS.



Rys. 2.2.7. Ilość odpadów niebezpiecznych wytworzonych w latach 1996-2001. Źródło: PMŚ.

padach niebezpiecznych od 1998 roku są nieporównywalne z danymi za lata poprzednie.

W 2001 roku odpady niebezpieczne w przeważającej ilości to odpady z produkcji, przygotowania, obrotu i stosowania związków nieorganicznych (ok. 41,2%), z przeróbki ropy naftowej, oczyszczania gazu ziemnego oraz wysokotemperaturowej przeróbki węgla (ok. 15,9%), z urządzeń do likwidacji i neutralizacji odpadów oraz oczyszczania ścieków i gospodarki wodnej (ok. 15,7%), odpady nieorganiczne z przygotowania powierzchni i powlekania metali oraz z procesów hydrometalurgii metali nieżelaznych (ok. 8,6%).

Ponadto odpady te powstają w gospodarstwach domowych, służbie zdrowia, instytutach naukowo-badawczych oraz wszystkich podmiotach posiadających laboratoria chemiczne.

Największe ilości odpadów niebezpiecznych zarejestrowano w 2001 roku w województwie małopolskim (ok. 55%), dolnośląskim (ok. 10%), śląskim (ok. 8%). Najmniej odpadów niebezpiecznych zostało wytworzonych w województwie podlaskim (ok. 0,1%).

Gromadzone dane o wytworzonych odpadach niebezpiecznych nie uwzględniają odpadów powstających w gospodarstwach domowych, w stacjach usług motoryzacyjnych i innych małych zakładach produkcyjnych. Trafiające na składowiska odpady komunalne zawierają znaczące ilości odpadów niebezpiecznych. Najczęściej są to: farby, tusze, farby drukarskie, kleje, lepiszczka i żywice zawierające substancje niebezpieczne (35%), baterie i akumulatory (ok. 12%), oleje i tłuszcze (ok. 10%)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Źródło: Projekt Krajowego Planu Gospodarki Odpadami

Tabela 2.3.1. Odpady komunalne stałe wyselekcjonowane w kraju w latach 1996–2000. Źródło: GUS, *Ochrona środowiska 1997, 1998, 1999, 2000, Warszawa*.

Rodzaj wyselekcjonowanych odpadów komunalnych stałych	Jedn. miary	Ilość odpadów wyselekcjonowanych				
		1996	1997	1998	1999	2000
Makulatura	dam <sup>3</sup>	597	264	277	433	481
	%	1,3	0,6	0,6	0,9	1,0
Szkło	dam <sup>3</sup>	472	484	338	443	268
	%	1,1	1,0	0,7	0,9	0,5
Tworzywa sztuczne	dam <sup>3</sup>	167	157	176	231	364
	%	0,4	0,3	0,4	0,5	0,7
Metale	dam <sup>3</sup>	137	133	122	160	325
	%	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6
Inne	dam <sup>3</sup>	495	766	245	362	111
	%	1,1	1,6	0,5	0,7	0,2
<b>RAZEM</b>	dam <sup>3</sup>	<b>1868</b>	<b>1804</b>	<b>1158</b>	<b>1629</b>	<b>1549</b>
	%	<b>4,2</b>	<b>3,8</b>	<b>2,4</b>	<b>3,3</b>	<b>3,1</b>

[%] z zebranych i wywiezionych ogółem



### 2.3. Gospodarka odpadami

Pod pojęciem gospodarowania odpadami rozumie się zbieranie, transport, odzysk (wykorzystanie) i unieszkodliwianie odpadów, przy czym główny nacisk w planowaniu gospodarki odpadami powinien być położony na zapobieganie powstawaniu odpadów oraz zwiększenie ich wykorzystania. Ponowne wykorzystanie oznacza, że odpad powinien być skierowany do powtórnego użytku.

#### Wykorzystanie odpadów

Wykorzystanie odpadów polega na ich użyciu w celach przemysłowych lub nieprzemysłowych. Odpady użyteczne mogą być po ewentualnym oczyszczeniu, dezynfekcji i innych operacjach przywracających mu wartość użytkową wykorzystane bezpośrednio w produkcji przemysłowej, jako surowce wtórne np.: w postaci złomu metali, makulatury, szkła, tworzyw sztucznych lub jako surowce do produkcji półfabrykatów np.: z żużli i popiołów lotnych, z odpadów przemysłu drzewnego, włókienniczego, ceramicznego, tworzyw sztucznych. Mogą być wykorzystane jako materiały do budowy dróg i rekultywacji terenów: odpady przerobcze kruszyw, żużle hutnicze, pyły lotne, odpady górnictwa.

Wykorzystanie w celach nieprzemysłowych to przede wszystkim wykorzystanie odpadów do nawożenia w rolnictwie i rekultywacji gleb zdegradowanych, (komposty z odpadów komunalnych, odpady z przemysłu cukrowniczego, osady ściekowe z oczyszczalni ścieków i uzdatniania wody).

W Polsce ponad połowa ogólnej masy wytwarzanych odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) jest wykorzystana, w tym w 2001 roku z ogólnej masy wytworzonych odpadów przemysłowych:

- 2,7% unieszkodliwiono bez składowania (wobec 0,2% w roku 1990),
- 16,6% skierowano na składowiska (wobec 46,2% w roku 1990),
- 2,6% gromadzono przejściowo.

W latach 1996-2000 wystąpiła w Polsce tendencja zniżkowa w wykorzystaniu zebranych i wywiezionych odpadów komunalnych stałych z 4,2% do 3,1%, a ich unieszkodliwianie (bez składowania) głównie poprzez kompostowanie oscylowało w granicach 2%. W roku 2000 w skali kraju, poprzez zbiórkę selektywną i wysortowanie wyselekcjo-

nowano jedynie nieco ponad 3% zebranych stałych odpadów komunalnych (1549 dam<sup>3</sup>), przerobiono na kompost około 2% (około 250 tys. ton) oraz poddano unieszkodliwianiu termicznemu ok. 0,03% (niecałe 3 tys. ton).

W 2001 r. unieszkodliwiono w kompostowniach 2,8% wywiezionych odpadów komunalnych Z zebranych stałych odpadów komunalnych w 2001 r. wyselekcjonowano jedynie ok. 1,37% odpadów w postaci makulatury (0,4%), szkła (0,77%), tworzyw sztucznych (0,12%), metali (0,06%), i innych (0,04%).

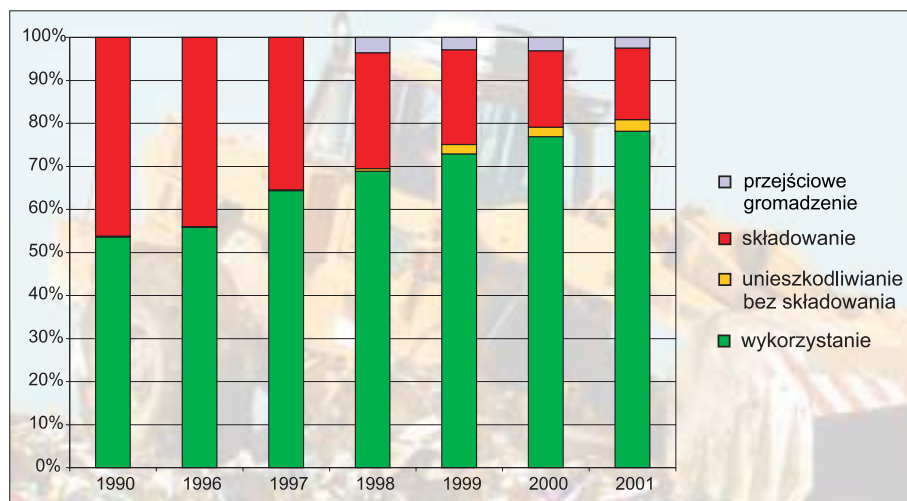
W roku 2000 funkcjonowały w Polsce 52 sortownie odpadów komunalnych, do których dostarczano wyłącznie odpady pochodzące z selektywnej zbiórki. Wyjątek stanowi sortownia w Łodzi, która doczyszczcza odpady mieszane. Przykłady lokalizacji: sortownia HORSTMANN – Wołomin, Płock, Zabrze, Łódź, Zielona Góra, Police, Olsztyn (szkło opakowaniowe); sortownia VOCHÉ – Katowice; sortownia MAKRUM – Olsztyn.

W latach 1996-2000 wśród wyselekcjonowanych odpadów komunalnych stałych wyraźną tendencję wzrostową zaobserwowano w odniesieniu do tworzyw sztucznych (głównie za sprawą działalności od roku 1998 Elana PET Sp. z o.o. w recyklingu poużytkowych butelek PET) i w metalach (tab. 2.3.1.).

W przypadku metali dwukrotny wzrost selekcji był efektem działalności Fundacji na rzecz Odzysku Opakowań Aluminiowych RECAL. Aktualnie udział recyklingu puszek aluminiowych jest dominujący pośród innych opakowań do napojów.

Na świecie odzyskuje się ponad 58% puszek, w Europie – średnio ok. 40%. W przodujących krajach, jak Szwajcaria i Finlandia powtórnie wykorzystuje się ponad 90% puszek. Recykling aluminiowych puszek w Polsce szybko rośnie i w roku 2000 osiągnął pułap 37% (wobec 7% w roku 1996 i 13% w roku 1998). Skala recyklingu aluminiowych puszek po napojach była w Polsce w roku 2000 wyższa od tej jaką osiągają Francja, Hiszpania, Portugalia czy Irlandia, a porównywalna z Wielką Brytanią, Włochami i Grecją.

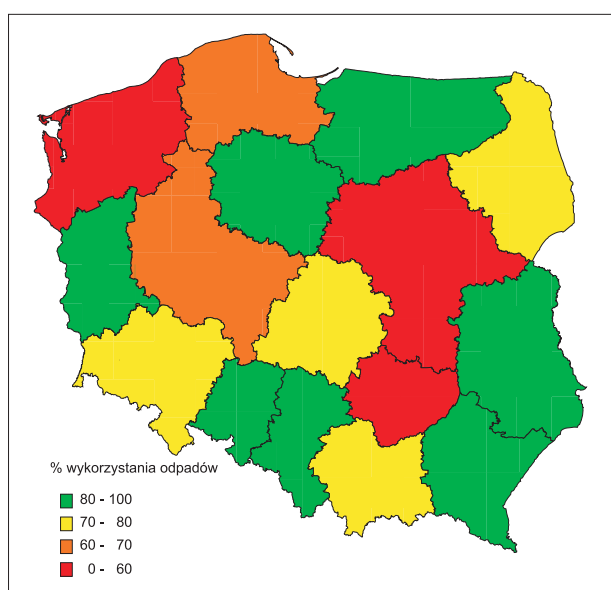
W roku 2001 wykorzystano w Polsce około 96,8 mln ton odpadów pochodzących z sektora gospodarczego,



Rys. 2.3.1. Tendencje zmian w gospodarowaniu odpadami przemysłowymi w latach 1990-2001. Źródło: GUS.

z czego około 50% wykorzystano na cele nieprzemysłowe, głównie w budownictwie i robotach inżynieryjno-drogowych. W okresie od 1990 roku wskaźnik wykorzystania tych odpadów uległ znacznemu zwiększeniu – z 53,6% w roku 1990 do 78,2% w roku 2001 (rys. 2.3.1.) i zbliżył się do wskaźnika krajów wysoko uprzemysłowionych (ponad 80%). W największym stopniu wykorzystywano stałe odpady z wapniowych metod odsiarczania spalin (96,7%), skruszone skały (98,8%), popioły lotne z węgla kamiennego (93,2%), żużle z elektrowni i innych zakładów energetycznego spalania paliw (88,3%) oraz odpady przerobcze ze wzbogacania węgla (90,1%).

Ilość wykorzystanych odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) w stosunku do ogółem wytworzonych w roku 2001 kształtowała się w poszczególnych województwach od 32,0% – zachodniopomorskie do 89,5% – śląskie i 89,8% lubelskie (rys. 2.3.2).



Rys. 2.3.2. Ilość wykorzystanych odpadów w 2001 roku. Źródło: GUS.

### Unieszkodliwianie odpadów

Unieszkodliwianie odpadów polega na poddaniu ich procesom przekształcenia biologicznego, fizycznego lub chemicznego, w celu doprowadzenia do stanu, który nie stwarza zagrożeń dla życia lub zdrowia ludzi oraz środowiska. Unieszkodliwianiem odpadów jest także ich składowanie.

Kompostowanie to kontrolowany tlenowy, biotermiczny proces, w którym odpady organiczne zostają rozłożone na kompost, będący cennym nawozem organicznym. Rozkład składników organicznych (mineralizacja) i synteza ich w związki próchniczne mają charakter biochemiczny. W procesie tym istotną rolę spełniają mikroorganizmy – bakterie, grzyby, promieniowce. Kompostowanie dzieli się na pryzmowe (na otwartej przestrzeni) i komorowe. Do kompostowania dużych mas odpadów stosuje się tzw. bioreaktory. Kompostowanie odpadów miejskich prowadzone systemem komorowym uznaje się za najwłaściwszy sposób utylizacji biomasy.

Spalanie to najbardziej radykalna metoda unieszkodliwiania odpadów. Odbywa się w specjalnie do tego przeznaczonych piecach o różnej pojemności. Piece mają zapewnić możliwie szybkie i pełne spopielenie odpadów z wytworzeniem produktów spalania nieszkodliwych dla otoczenia. Do zalet należy zaliczyć wysoki stopień likwidacji odpadów, możliwość uzyskania energii i ciepła. Inna metoda unieszkodliwiania to: piroliza polegająca na fizycznym i chemicznym rozkładzie masy organicznej przebiegająca na drodze termicznej (500-800°C) przeprowadzana w specjalnych urządzeniach, np. bębnach obrotowych, piecach fluidalnych. Nowe przepisy określiły wymagania dot. prowadzenia procesu termicznego przekształcenia odpadów, we wszystkich instalacjach i urządzeniach służących do tego celu. Określiły między innymi najniższą temperaturę w komorze spalania w zależności od ilości związków chlorowcoorganicznych przeliczonych na chlor od 1100°C do 850°C.

Składowanie odpadów jest najstarszą i najczęściej używaną metodą ich unieszkodliwiania. Składowanie odpadów na urządzonych wysypiskach, czyli na odpowiednio przygotowanych i zabezpieczonych miejscach, nie jest rozwiązaniem ani idealnym, ani najtańszym. Wielkość średniego wysypiska wynosi od 1 do 5 ha, natomiast bardzo dużego 10-30 ha.

W roku 2000 w Polsce eksploatowano 30 kompostowni odpadów komunalnych (przykłady lokalizacji: Warszawa, Katowice, Suwałki, Kołobrzeg, Grodzisk Mazowiecki, Płock – kompostowanie systemem DANO; Gorzów Wielkopolski – technologia firmy ACMB z Paryża; Białystok, Zabrze – kompostowanie systemem Kneer; Kraków – kompostowanie systemem Kyberferm; Zielona Góra – kompostowanie systemem KKO-100 opracowanym przez „BIPROWOD” Warszawa; Żywiec – kompostowanie systemem Herhof). W roku 2001 oddano do użytku 4 kompostownie o wydajności 24 480 t/rok.

Najwięcej kompostu, w 2001 roku, ok. 135 tys. ton wytworzono w województwie mazowieckim (tj. 9,4% wywiezionych odpadów komunalnych stałych).

W krajach Unii Europejskiej powstaje rocznie 2500 mln ton odpadów organicznych. Przykładowo we Włoszech działają 33 kompostownie przerabiające rocznie 1,5 mln ton odpadów komunalnych (8,5% ogólnego nagromadzenia). W trakcie budowy jest kolejne 25 obiektów oraz przewiduje się uruchomienie dalszych 10-20 zakładów, które w sumie będą mogły przerobić 33% masy odpadów komunalnych. W Japonii kompostuje się 5% odpadów komunalnych, we Francji 10%, w Portugalii 15%, w Hiszpanii 17%, w Austrii 18%.

W Polsce funkcjonuje zaledwie jedna spalarnia odpadów komunalnych, którą uruchomiono w czerwcu 2000 roku w Warszawie na Targówku Przemysłowym. Spalarnia ta w 2001 roku unieszkodliwiła 14,2 tys. ton odpadów komunalnych. W krajach Europy Zachodniej spalarnie unieszkodliwiają rocznie łącznie około 55 mln ton odpadów komunalnych.

Od ponad 10 lat bezwzględna ilość składowanych odpadów komunalnych stałych w kraju wzrasta corocznie, natomiast ich udział w ogólnej masie wytworzonych odpadów (zebranych i wywiezionych) oscyluje wokół 95%.

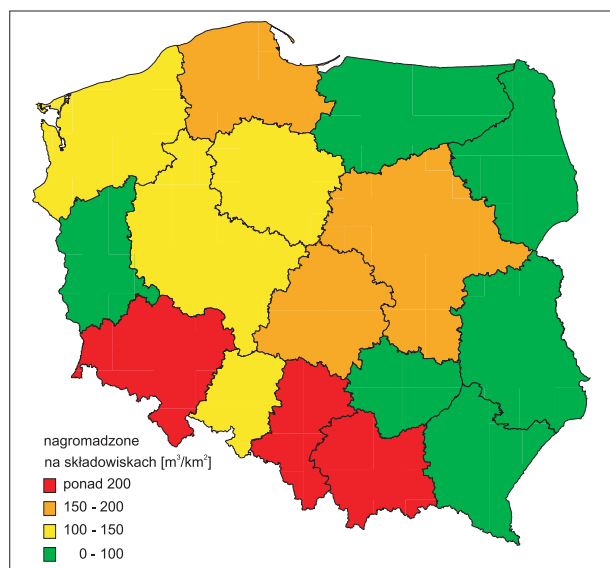
Na koniec 2001 roku nagromadzono na składowiskach 46 486 dam<sup>3</sup> odpadów komunalnych stałych, co oznacza

około 9% wzrost ich objętości w stosunku do roku 1990. Największą objętość odpadów komunalnych stałych wywieziono na składowiska w województwach: śląskim – 7186  $\text{dam}^3$ , mazowieckim – 5825  $\text{dam}^3$ , wielkopolskim – 4215  $\text{dam}^3$  i dolnośląskim – 4209  $\text{dam}^3$ .

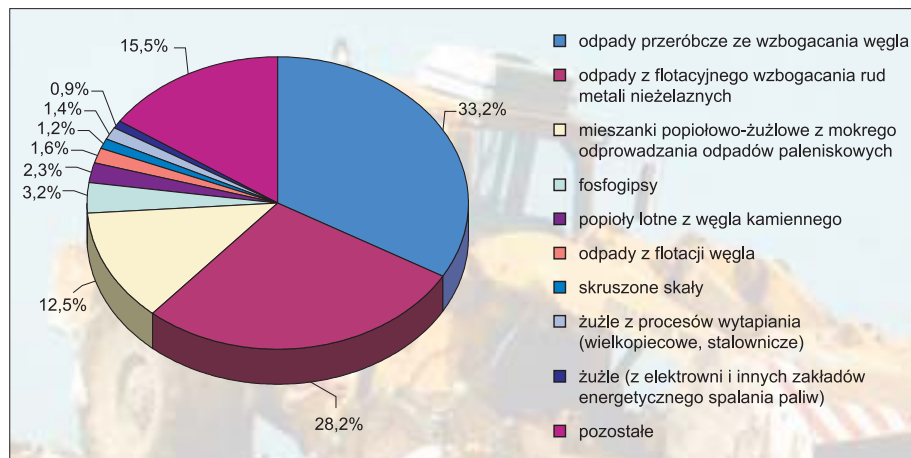
Ilość nagromadzonych odpadów komunalnych stałych w roku 2001 wyniosła w skali kraju 158 –  $\text{m}^3/\text{km}^2$  i jest w poszczególnych województwach zróżnicowana (rys. 2.3.3.). Najwyższe wskaźniki nagromadzenia odpadów komunalnych stałych na składowiskach występują w województwach: śląskim (585  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ), dolnośląskim (211  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ) i małopolskim (214  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ), natomiast najniższe w województwach: podlaskim (64  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ), warmińsko-mazurskim (85  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ), lubelskim (85  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ) i świętokrzyskim (78  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ).

Od ponad 10 lat zarówno bezwzględna ilość składowanych odpadów, jak również ich udział w ogólnej masie wytworzonych odpadów przemysłowych maleje corocznie (rys. 2.3.1.). W roku 1990 składowano 46,2%, w roku 1996 – 44,0%, a w roku 2001 – już tylko 16,6% masy odpadów wytworzonych.

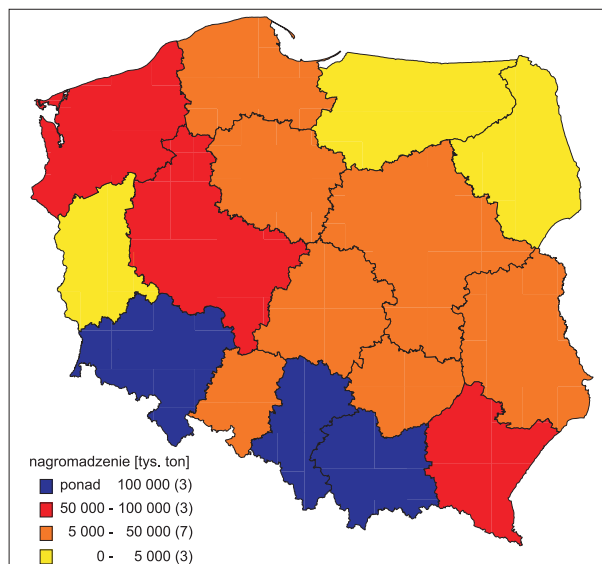
Na koniec 2001 roku na terenach 1391 ewidencjonowanych obiektów (zakładów) nagromadzonych zostało 1978 mln ton odpadów przemysłowych, co oznacza ok. 9%



Rys. 2.3.3. Wskaźniki nagromadzenia odpadów komunalnych stałych na składowiskach w województwach w roku 2001. Źródło: GUS.



Rys. 2.3.4. Rodzaje odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) nagromadzonych w roku 2001. Źródło: GUS.



Rys. 2.3.5. Ilość odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) nagromadzonych w województwach w roku 2001. Źródło: GUS.

wzrost ich masy w stosunku do roku 1998. Odpady przerobcze ze wzbogacania węgla nadal stanowią poważny udział (rys. 2.3.4.) w ogólnej ilości nagromadzonych odpadów (w roku 2001 – 33%), podobnie odpady z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych (w roku 2001 – ok. 28%).

Ilość nagromadzonych odpadów w poszczególnych województwach jest zróżnicowana (rys. 2.3.5.). Blisko 80% nagromadzonych w kraju odpadów przypada na województwa: śląskie (ok. 40%), dolnośląskie (ok. 31%) i małopolskie (ok. 9%). Na koniec 2000 roku istniało w Polsce 67 spalarni odpadów przemysłowych (w tym 44 spalarnie odpadów niebezpiecznych) oraz 4 spalarnie osadów ściekowych.

## 2.4. Składowiska odpadów

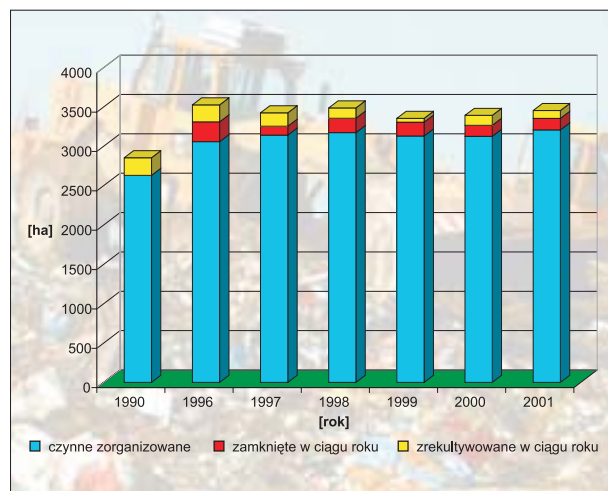
Pomimo działań zmierzających do wdrożenia prawidłowej gospodarki odpadami podjętych w latach 1990-2001, składowanie nadal pozostaje podstawowym sposobem unieszkodliwiania odpadów komunalnych oraz niektórych rodzajów odpadów przemysłowych. Niezależnie od rodzaju odpadów na składowiskach, obiekty te obniżają walory przyrodnicze i krajobrazowe terenu, na którym są zlokalizowane. Składowiska odpadów innych niż obojętne, które nie posiadają właściwej

konstrukcji, lub nie są prawidłowo eksploatowane, stanowią również źródła zanieczyszczenia środowiska.

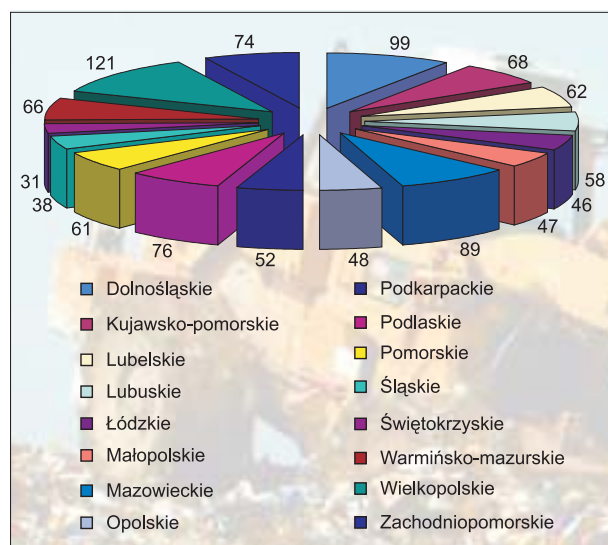
### Składowiska odpadów komunalnych

W końcu roku 2001 składowiska odpadów komunalnych czynne zorganizowane, zajmowały powierzchnię 3206,8 ha. W roku 2001 powierzchnia terenów zajmowanych przez te składowiska zwiększyła się o ok. 580 ha w stosunku do roku 1990, natomiast w odniesieniu do roku 1998 uległa zmniejszeniu o ok. 50 ha (rys. 2.4.1.). Jednocześnie, w latach 1996-2001 zamknięto obiekty o łącznej powierzchni 1008,1 ha, a rekultywacji poddano tereny, na których składowano odpady komunalne o łącznej powierzchni 793,3 ha. W latach od 1996 do 2001 (oprócz roku 1997), więcej składowisk odpadów komunalnych wyłączano z eksploatacji niż poddano rekultywacji. Najwięcej nieczynnych składowisk odpadów komunalnych zrehabilitowano w roku 1996 (216 ha), natomiast najmniej (niecałe 50 ha) w roku 1999.

W latach 1996-2001 ilość czynnych zorganizowanych składowisk odpadów komunalnych wzrosła z 884 w roku 1996 do 1036 w roku 2001.



Rys. 2.4.1. Powierzchnia terenów składowania odpadów komunalnych [ha] w latach 1990, 1996-2001. Źródło: GUS.



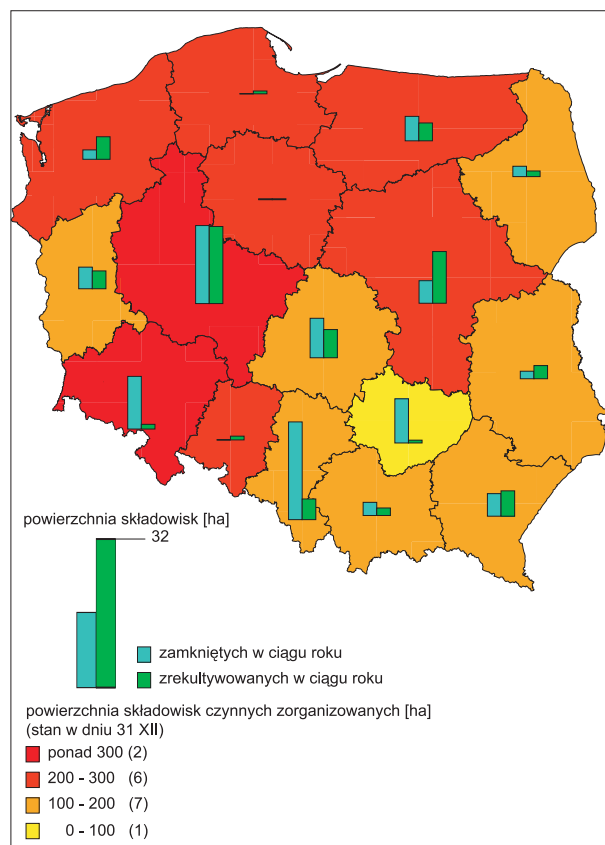
Rys. 2.4.2. Ilość składowisk odpadów komunalnych czynnych zorganizowanych w roku 2001 wg województw. Źródło: GUS.

W końcu roku 2001 najwięcej składowisk zorganizowanych funkcjonowało w województwach: wielkopolskim – 121 (406,3 ha) i dolnośląskim – 99 (324,7 ha). W ciągu roku 2001 zamknięto 61 składowisk odpadów komunalnych, najwięcej w województwie wielkopolskim (13). Zamknięte składowiska odpadów komunalnych zajmowały łącznie powierzchnię 146,3 ha, największą w województwie: śląskim (32,2 ha), wielkopolskim (25,8 ha) i dolnośląskim (17,3 ha). W 2001 roku zrehabilitowano składowiska zorganizowane o powierzchni 99,8 ha, przy czym najwięcej zrehabilitowano w województwach: wielkopolskim (25,4 ha) i mazowieckim (17,0 ha). W województwie mazowieckim i zachodniopomorskim powierzchnia składowisk zrehabilitowanych była zdecydowanie większa od powierzchni składowisk zamkniętych.

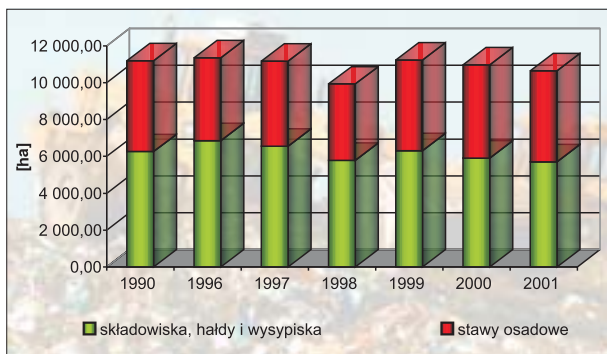
Na rysunkach 2.4.2. i 2.4.3. przedstawiono ilość i powierzchnię składowisk odpadów komunalnych czynnych zorganizowanych, zamkniętych w ciągu roku oraz powierzchnię składowisk zrehabilitowanych w ciągu roku.

### Składowiska odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych)

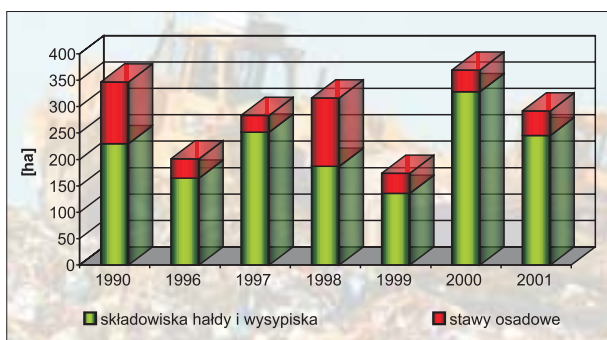
W końcu roku 2000 powierzchnia składowisk odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) wynosiła ok. 10 973,1 ha przy czym składowiska, hałdy i wysypiska zajmowały niemal 6 000 ha, a stawy osadowe ponad 5 000 ha. Natomiast w 2001 r. powierzchnia składowisk zmniejszyła się do 10 642,4 ha, składowiska, hałdy i wysypiska zajmowały 5701,0 ha, stawy osadowe



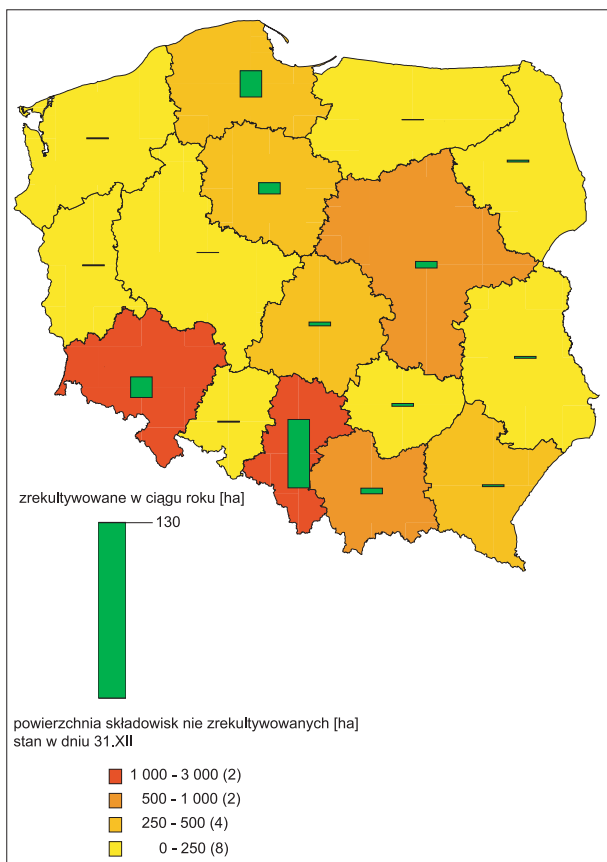
Rys. 2.4.3. Powierzchnia składowisk odpadów komunalnych czynnych zorganizowanych, zamkniętych oraz zrehabilitowanych w ciągu roku wg województw w roku 2001. Źródło: GUS.



Rys. 2.4.4. Powierzchnia nie rekultywowanych terenów składowania odpadów (z wyłączeniem składowisk odpadów komunalnych) w latach 1990, 1996-2001. Źródło: GUS.



Rys. 2.4.5. Powierzchnia zrehabilitowanych w ciągu roku terenów składowania odpadów (z wyłączeniem składowisk odpadów komunalnych) w latach 1990, 1996-2001. Źródło: GUS.



Rys. 2.4.6. Powierzchnia terenów składowania odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) nie zrehabilitowanych (stan w dniu 31 XII) oraz zrehabilitowane w ciągu roku w 2001 wg województw. Źródło: GUS.

49141,4 ha. W roku 2000 łączna powierzchnia składowisk odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) zmniejszyła się jedynie o ok. 200 ha w stosunku do roku 1990. Powierzchnia hałd, składowisk i wysypisk odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) w ciągu rozpatrywanych dziesięciu lat zmniejszyła się o ok. 350 ha a powierzchnia stawów osadowych powiększyła się o blisko 150 ha.

Pomimo prowadzenia rekultywacji składowisk oraz podejmowania przedsięwzięć zmierzających do ograniczenia ilości wytwarzanych odpadów oraz zwiększenia ich wykorzystania, powierzchnia terenów zajmowanych przez składowiska na przestrzeni lat 1990-2001 nie zmieniała się w istotny sposób (rys. 2.4.4. i 2.4.5.).

W roku 2001 tereny składowania odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) zajmowały największą powierzchnię w województwach: śląskim (2839,5 ha), dolnośląskim (2855,7 ha) i małopolskim (991,6 ha). W ciągu 2001 roku najwięcej składowisk zrehabilitowano w województwie śląskim (129,8 ha), co stanowiło prawie 45% całej zrehabilitowanej w ciągu roku powierzchni (rys. 2.4.6.).

## 2.5. Eksport i import odpadów

W Polsce eksport i import odpadów jest prawnie regulowany i jego zasady wynikają z ustawy o odpadach oraz Konwencji Bazylejskiej.

Dane dotyczące międzynarodowego obrotu odpadami obejmują jedynie liczbę wydanych zezwoleń na import odpadów innych niż niebezpieczne oraz eksport odpadów niebezpiecznych (tab. 2.5.1.).

Liczbę składanych wniosków dotyczących międzynarodowego obrotu i sposób w jaki je rozpatrzono wg źródeł GIOŚ przedstawiono w tabeli 2.5.2.

Tabela. 2.5.2. Liczba składanych wniosków dotyczących międzynarodowego obrotu w latach 1996-2001. Źródło GIOŚ.

Rok	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Liczba wniosków	344	293	235	150	143	191
Zezwolenia	101	106	97	53	69	102
Odmowa	43	28	15	30	8	6
Inne	200	159	123	67	66	83

Jak wynika z powyższych danych, liczba składanych wniosków dotyczących udzielenia zezwoleń na międzynarodowy obrót odpadami w latach 1996-2000 wykazywał tendencję malejącą. W 2001 roku zanotowano niewielki wzrost składanych wniosków. Tendencje występujące w strukturze importowanych odpadów innych niż niebezpieczne w latach 1996-2000 przedstawiono w tabeli 2.5.3.

Jak wynika z powyższego zestawienia do 1999 roku największe zainteresowanie dotyczyło importu odpadów używanej odzieży oraz bawełny, lnu, wełny a także opony, ścinki skór i złom. W roku 2000 obserwuje się wyraź-

Tabela. 2.5.1. Liczba zezwoleń na import i eksport odpadów wydanych w 2000 r. Źródło: GIOŚ.

Import odpadów		Eksport odpadów	
Wyszczególnienie	Liczba decyzji	Wyszczególnienie	Liczba decyzji
ścinki skór	13	katalizatory z instalacji hydroodsiarczania gurdonu	1
ług posulfitowy	9	polichlorowane bifenyle (PCB)	1
odzież używana do przerobu na czyściwo	7	arsenian amonowo-magnezowy; szlam arsenowy	1
żyły tytoniowe	7	przeterminowane pestycydy	1
makulatura	5	roztwory trawiące	1
tworzywa sztuczne	4	pozostałości podestylacyjne	1
opony	3	światłówki	1
stłuczka szklana	3	zużyty węgiel aktywny	1
odpady bawełniane	3	-	-
zagry cynkowe	3	-	-
odpady zwierzęce	3	-	-
odpady granitowe	2	-	-
mikrosfery	1	-	-
biomasa	1	-	-
materiały budowlane	1	-	-
trociny	1	-	-
złom urządzeń elektrycznych	1	-	-
alternatory	1	-	-
<b>Łącznie liczba wydanych zezwoleń</b>	<b>69</b>	<b>Łącznie</b>	<b>8</b>

Tabela.2.5.3. Struktura wniosków na import odpadów innych niż niebezpieczne w latach 1996-2001. Źródło: GIOŚ.

Wyszczególnienie	Udział poszczególnych rodzajów odpadów [%] w latach					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
odzież używana	28,5	29	23,5	24	12	17
opony	10	8	8	5	8	8
ścinki skór	8	5	8	8	10,5	6
złom	8,5	9	5	5	4	4
makulatura	5	3,5	3	4	9	3
tworzywa sztuczne	5	8	9	4	10,5	12
stłuczka szklana	-	3	3,5	-	-	-
pojazdy	4	-	3	3	-	24
bawełna, wełna, len	12	11	9	9	5,5	4
ług posulfitowy	-	-	3	-	6	3
żyły tytoniowe	-	-	6	5	5	3
pozostałe	19	23,5	19,5	33	29	16

ny spadek zainteresowania importem odpadów tekstylnych, w ogólnej ilości importowanych odpadów. W 2001 roku nastąpił natomiast wzrost zainteresowania importem pojazdów.

Ilość i strukturę odpadów niebezpiecznych wyeksportowanych w roku 2001 przedstawiono w tabeli 2.5.4.

W większości przypadków krajem przeznaczenia eksportowanych odpadów były Niemcy.

W 2001 roku zlikwidowano w kraju 37 mogilników. Wyjęte z mogilników odpady środków ochrony roślin zostały wywiezione za granicę kraju do spalania w Niemczech i Holandii.

Tabela. 2.5.4. Ilość i struktura odpadów niebezpiecznych wyeksportowanych w roku 2001. Źródło: GIOŚ.

Rodzaj odpadu	Ilość	Kraj przeznaczenia
Zużyty katalizator niklowy	25 ton	Austria
Zużyty katalizator niklowy	21 ton	Austria
Lampy fluorescencyjne	200 ton	Niemcy
Szlamy z fizykochemicznej obróbki odpadów	93 tony	Niemcy
Zużyte roztwory trawiące	300 ton	Belgia
Substancje niszczące warstwę ozonową (CFC, HCFC, HFC)	60 ton	USA
Zużyty węgiel aktywny	44 tony	Belgia
Przeterminowane środki ochrony roślin	999 ton	Niemcy
Przeterminowane środki ochrony roślin	2000 ton	Belgia
Przeterminowane środki ochrony roślin	1000 ton	Niemcy
Przeterminowane środki ochrony roślin	1000 ton	Niemcy
Przeterminowane środki ochrony roślin	2000 ton	Niemcy
Przeterminowane środki ochrony roślin	1500 ton	Niemcy
Przeterminowane środki ochrony roślin	3000 ton	Holandia
Rozpuszczalniki organiczne	220000 litrów	Niemcy
Szlamy lakiernicze	4800 ton	Niemcy
PCB	260 ton	Francja
Kwasy trawiące	340 ton	Niemcy

## 2.6. Inicjatywy podejmowane na rzecz ograniczenia ilości powstających odpadów

Nowe uregulowania prawne w zakresie gospodarki odpadami wprowadzają instrumenty prawne umożliwiające właściwe postępowanie z odpadami. Polega to na ogólnej zasadzie, przede wszystkim unikanie powstawania odpadów, następnie ich wykorzystanie oraz unieszkodliwienie, a w ostateczności składowanie.

Między innymi takim mechanizmem jest tworzenie planów gospodarki odpadami. Plany opracowane będą na wszystkich poziomach administracji. Opracowany został krajowy plan gospodarki odpadami, który został uchwalony przez radę ministrów 29 października 2002 roku. W dalszej kolejności zostaną opracowane plany wojewódzkie, powiatowe i gminne. Plany na poszczególnych poziomach będą ze sobą spójne.

W gospodarce odpadami, podstawowym priorytetem powinna być redukcja u źródła, tj. minimalizacja ilości i szkodliwości odpadów. Minimalizacja ilości powstawania odpadów jest zwykle związana ze specyfiką zakładu i prowadzonych w nim procesów technologicznych. Jednakże istnieją rodzaje odpadów powstających w różnych branżach przemysłowych, do których można określić typowe techniki minimalizacyjne:

- odpadowe rozpuszczalniki – odzysk (destylacja) i ponowne wykorzystanie w procesie; proces może być realizowany we własnej instalacji lub przez firmę specjalistyczną,
- odpady w postaci wód popłucznych zawierające metale – odparowanie, odwrócona osmoza, wymiana jonowa, elektrolityczny odzysk metali, elektrodializa,

- odpady rozdrobnionych metali (pyły i szlamy) – granulowanie i wykorzystanie w procesach hutniczych,
- odpadowe kwasy i alkalia – rozkład termiczny (proces odzysku kwasu solnego), odparowanie (dla stężonych kwasów i zasad z małymi ilościami lotnych substancji organicznych) i ponowne wykorzystanie w procesie, krystalizacja, wymiana jonowa (oczyszczanie kwasów i zasad z zanieczyszczeń metalami ciężkimi i cyjankami).

Minimalizacja ilości powstawania odpadów może być również realizowana poprzez modyfikacje urządzeń i zmianę procesów produkcyjnych. Przykładowo zmiany technologiczne mogą obejmować np. zastosowanie kąpeli galwanicznych bezcyjankowych, zastosowanie środków odłuszczeniowych na bazie wodnej w miejsce rozpuszczalników organicznych. Modyfikacja urządzeń może dotyczyć natomiast wprowadzenia urządzeń do filtracji kąpeli galwanicznych wydłużając w ten sposób okres ich użytkowania, a tym samym mniejszą ilość osadów z neutralizacji zużytych kąpeli.

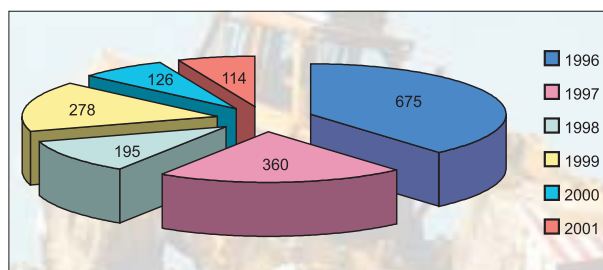
Często wprowadzanie systemu zarządzania środowiskiem zgodnie z normą ISO 14 000 jest bodźcem do realizowania w zakładzie powyższych założeń.

Najkorzystniejszą dla środowiska formą minimalizacji odpadów jest wprowadzanie na rynek produktów ekologicznych tzn. takich, które w wyniku ich użycia nie będą stwarzać zagrożenia dla środowiska, bądź będą łatwe do przetworzenia. Przykładem takich produktów są farby wodorozpuszczalne i proszki wprowadzane w miejsce farb na bazie rozpuszczalników organicznych lub baterie nie zawierające związków rtęci i kadmu.

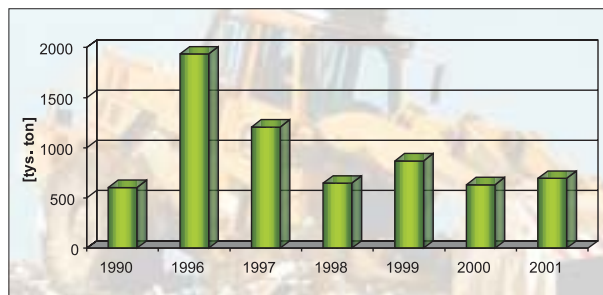
Dostosowanie polskiej gospodarki odpadami do standardów UE wymagać będzie w najbliższych latach inten-

syfikacji działań związanych z odzyskiem i unieszkodliwianiem odpadów ulegających biodegradacji. Spełnienie wymogu Dyrektywy Rady 1999/31/EC z 26 kwietnia 1999 r. w sprawie ziemnych składowisk odpadów związane będzie ze znaczną redukcją odpadów ulegających biodegradacji kierowanych do składowania. Oznacza to konieczność rozwoju metod odzysku, w tym recyklingu organicznego, a także odzysku energii, poprzez wprowadzanie termicznego przekształcania odpadów. Niezbędny będzie rozwój lokalnych kompostowni wykorzystujących selektywnie gromadzone kuchenne odpady ulegające biodegradacji i odpady zielone. Promować i wspierać należy (poprzez odpowiednie akcje władz lokalnych) kompostowanie odpadów we własnym zakresie przez mieszkańców peryferyjnych rejonów miast oraz mieszkańców wsi.

Pomimo że wiele jest jeszcze do zrobienia to jednak widać już pierwsze efekty. Przykładowo: w roku 2000 w Polsce eksploatowano 30 kompostowni odpadów komunalnych między innymi w Warszawie, Katowicach, Suwałkach, Kołobrzegu, Grodzisku Mazowieckim, Płocku – kompostowanie systemem DANO; Gorzowie Wielkopolskim – technologia firmy ACMB z Paryża; Białymstoku,



Rys. 2.6.1. Powierzchnia składowisk odpadów oddanych do użytku rocznie w latach 1996-2001 [ha].



Rys. 2.6.2. Wydajność składowisk oddanych do użytku rocznie w latach 1990, 1996-2001.

Tabela 2.6.1. Efekty rzeczowe nakładów inwestycyjnych poniesionych w skali kraju w latach 1999-2001, z uwzględnieniem podziału na składowiska odpadów. Źródło: GUS.

Składowiska oddane do użytku	Ilość			Powierzchnia [ha]			Wydajność [Ton/rok]		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001	1999	2000	2001
odpadów (z wyłączeniem komunalnych)	6	8	4	26,1	3,4	3,1	110 001	19 960	9676
odpadów komunalnych	78	56	41	251,5	122,1	110,9	759 364	609 709	686 616
tylko odpadów niebezpiecznych	3	2	1	0,2	0,6	0,1	17	1 660	93
razem	87	66	46	277,8	126,1	114,1	869 382	631 329	696 385

Zabrze – kompostowanie systemem Kneer; Krakowie – kompostowanie systemem Kyberferm; Zielonej Górze – kompostowanie systemem KKO-100 opracowanym przez „BIPROWOD” Warszawa; Żywcu – kompostowanie systemem Herhof). W roku 2001 oddano do użytku 4 kompostownie o wydajności 24 480 t/rok.

W wyniku ponoszonych w latach 1996-2001 nakładów inwestycyjnych oddano do użytku składowiska odpadów o łącznej powierzchni 1748 ha. Najwięcej składowisk oddano do eksploatacji w 1996 roku (675 ha), natomiast w latach następnych zaobserwowano zmniejszenie łącznej powierzchni uruchamianych obiektów. Efekty rzeczowe poniesionych nakładów inwestycyjnych, uzyskane w poszczególnych latach przedstawiono na rys. 2.6.1. i 2.6.2.

W tabeli 2.6.1. przedstawiono efekty rzeczowe nakładów inwestycyjnych poniesionych w skali kraju w latach 1999-2001, z uwzględnieniem podziału na rodzaje składowisk:

- odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych),
- odpadów komunalnych,
- odpadów niebezpiecznych.

W latach 1999-2001 najczęściej wybudowanych obiektów było przeznaczonych do składowania odpadów komunalnych, przy czym w 2001 roku powierzchnia składowisk odpadów komunalnych oddana do użytku była o ponad połowę mniejsza niż w roku 1999.

## 2.7. Wnioski

Prawne uregulowania dotyczące gospodarki odpadami komunalnymi na szczeblu gmin powinny stanowić podstawę tworzenia nowych systemów gospodarki odpadami, umożliwiających spełnienie wymogów prawa polskiego i unijnego. W tym celu należy podjąć działania zmierzające do wyeliminowania niekontrolowanego wprowadzania odpadów komunalnych do środowiska oraz zdecydowanego rozwoju systemów selektywnej zbiórki odpadów komunalnych, w tym odpadów ulegających biodegradacji.

Celowym jest również tworzenie struktur organizacyjnych przez łączenie się gmin w związki do realizacji wspólnych celów związanych z prawidłową gospodarką odpadami.



Niezbędnym jest stworzenie mechanizmów ekonomicznych, które wpłyną na opłacalność stosowania surowców z odzysku.

W celu zmniejszenia ilości wytwarzanych odpadów istnieje potrzeba dążenia do stosowania niskoodpadowych czystszych technologii produkcji, w odniesieniu do środowiska oraz zapewniających produkcyjne wykorzystanie wszystkich składników przerabianych surowców. Jednocześnie celowa jest kontynuacja badań nad nowymi technologiami w zakresie odzysku/unieszkodliwiania odpadów.

Uzyskane w skali kraju w latach 1996-2001 efekty w gospodarce odpadami komunalnymi stałymi (zebranymi selektywnie i wysortowanymi), pomimo podejmowanych działań w skali gmin, powiatów i województw (programy gospodarki odpadami, programy edukacyjne, selektywna zbiórka, recykling, budowa wielu sortowni i kompostowni) należy uznać za niezadowolające. Wykorzystanie odpadów komunalnych wykazuje tendencję zniżkową (z 4,2% do 3,1%), a ich nieszkodliwienie (bez składowania) głównie poprzez kompostowanie oscyluje wokół 2%, przy szczątkowym udziale spalania (w roku 2000 – 0,03%). Są to wskaźniki zdecydowanie odbiegające „in minus” od standardów krajów Unii Europejskiej. Składowanie jest nadal działaniem dominującym w gospodarowaniu odpadami komunalnymi.

Natomiast za zadowolające należy uznać uzyskane w skali kraju w latach 1990-2001 efekty w gospodarce odpadami przemysłowymi. Wskaźnik wykorzystania tych odpadów zdecydowanie zbliżył się do wskaźnika krajów wysoko uprzemysłowionych (z 53,6% do 78,2%) przy wyraźnym spadku ilości odpadów kierowanych na składowiska (z 46,2% do 16,6%).

Jest to zatem efektem działania I Polityki Ekologicznej, której jako cele średnio okresowe przyjęto między innymi zwiększenie wykorzystania odpadów na cele gospodarcze oraz zmniejszenie o co najmniej 20% ogólnej ilości wytwarzanych odpadów przemysłowych wymagających składowania.

W ogólnej ilości nagromadzonych odpadów przemysłowych odpady przeróbcze ze wzbogacania węgla oraz odpady z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych nadal stanowią poważny udział (łącznie 61% w roku 2001).

W związku z nowymi polskimi przepisami dotyczącymi ochrony środowiska istnieje uzasadniona obawa, że większość spośród istniejących 67 spalarni odpadów przemysłowych może nie sprostać wymogom w zakresie prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów.

Działania zmierzające do wdrożenia prawidłowej gospodarki odpadami, podjęte w latach 1990-2001, oraz zaistniałe w rozpatrywanym okresie zmiany gospodarcze, nie spowodowały istotnego zmniejszenia powierzchni terenów zajmowanych przez składowiska odpadów.

W 2001 r. powierzchnia czynnych zorganizowanych składowisk odpadów komunalnych zajmowała ponad 3 207 ha, tzn. w odniesieniu do stanu z roku 1990 uległa zwiększeniu o ok. 0,6 tys. ha. Od 1998 r., pomimo oddawania do eksploatacji nowych obiektów, obserwuje się nieznaczną tendencję ograniczania powierzchni składowisk. Spowodowane jest to głównie wzrostem liczby zajmowanych składowisk.

Łączna powierzchnia terenów zajmowanych przez składowiska odpadów (z wyłączeniem odpadów komunalnych) w końcu roku 2001 wynosiła ok. 11 000 ha i nie zmieniła się w istotny sposób w stosunku do roku 1990. Należy jednak stwierdzić, że obserwuje się zmniejszanie się powierzchni zajmowanej przez hałdy, wysypiska i składowiska przy jednoczesnym powiększaniu się powierzchni stawów osadowych.

Efekty rzeczowe nakładów inwestycyjnych ponoszonych na nieszkodliwienie odpadów przez składowanie w latach 1996-2001 wykazują tendencję malejącą. W latach 1999-2001 działalność inwestycyjna koncentrowała się głównie w sektorze obejmującym składowanie odpadów komunalnych.

# Zanieczyszczenie powietrza



### 3. ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA

*Grażyna Mitosek, Magdalena Kachniarz, Krzysztof Skotak, Jacek Iwanek, Lucyna Dygas Ciołkowska*

#### 3.1. Informacje ogólne

Zanieczyszczenia powietrza, emitowane do atmosfery w wyniku procesów naturalnych i działalności człowieka, stwarzają szereg zagrożeń dla zdrowia i wykazują niekorzystny wpływ na przyrodę i wytwory kultury materialnej. Do negatywnych skutków zanieczyszczenia powietrza stanowiących od wielu lat przedmiot zainteresowania środowisk naukowych, rządów i społeczeństw wielu krajów należą:

- zakwaszenie środowiska (wód, gleb i ekosystemów) powodowane przez emitowane do atmosfery:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  i  $\text{NH}_3$ , które wskutek przemian chemicznych, suchego osiadania oraz wymywania, docierają do powierzchni ziemi w postaci jonów obniżających pH wód i gleb, prowadząc w konsekwencji m.in. do zmian ekologicznych w szczególnie wrażliwych zbiornikach wodnych, osłabienia odporności lasów, przyspieszenia korozji konstrukcji, budynków czy zabytków;
- eutrofizacja polegająca na dostarczeniu nadmiarowej ilości składników pokarmowych w postaci azotu pochodzącego z  $\text{NO}_2$  i  $\text{NH}_3$ , docierających między innymi z powietrza do zbiorników wodnych i powodujących ich zarastanie;
- powstawanie utleniaczy fotochemicznych, w tym ozonu troposferycznego, wskutek reakcji fotochemicznych  $\text{NO}_2$  i lotnych związków organicznych (LZO) przy sprzyjających warunkach nasłonecznienia i temperatury, wykazujących szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka i rośliny (niszczenie upraw i lasów);
- zmiany klimatu związane z wzmocnieniem efektu cieplarnianego powodowanym gromadzeniem się w górnej warstwie atmosfery gazów takich jak:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  i  $\text{N}_2\text{O}$  oraz freonów i halonów;
- zanikanie warstwy ozonowej spowodowane wzrostem stężeń substancji zawierających chlor lub brom (w tym freonów i halonów) w górnej warstwie atmosfery.

Do głównych problemów zanieczyszczenia powietrza, na których przede wszystkim koncentrują się wysiłki zmierzające do redukcji szkodliwego oddziaływania, należą jednak wszelkie aspekty niekorzystnego oddziaływania określonych substancji na zdrowie ludzkie, w tym:

- narażenie zdrowia ludzi w związku z nadmierną ekspozycją na ozon,

- narażenie zdrowia ludzi w związku z obecnością w atmosferze:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ , ołowiu i benzenu, szczególnie w obszarach miejskich,
- narażenie zdrowia ludzi w związku z obecnością w atmosferze drobnych cząstek zawieszonych (frakcji  $\text{PM}_{10}$  o wymiarach ziaren  $10\ \mu\text{m}$  i mniejszych),
- zwiększenia zagrożeń zdrowotnych wyższych organizmów (w tym człowieka) wynikających z obecności w atmosferze trwałych zanieczyszczeń organicznych (POP) i metali ciężkich (HM).

Zanieczyszczenia emitowane do powietrza podlegają procesowi transportu z masami powietrza – mogą być rozpraszane w niedużych odległościach od miejsca ich emisji, szczególnie w przypadku niskich źródeł, lub też być przenoszone ponad granicami państw na duże odległości, szczególnie jeśli są emitowane z wysokich kominów. Pod wpływem reakcji zachodzących w atmosferze związki pierwotnie wyemitowane ulegają przemianom, tworząc zanieczyszczenia wtórne (m.in. utleniacze fotochemiczne, w tym ozon).

W rezultacie, problemy związane z zanieczyszczeniem powietrza odnoszą się do różnych skal przestrzennych: mogą mieć charakter lokalny (np. przekroczenia dopuszczalnych stężeń zanieczyszczenia w rejonie oddziaływania określonych źródeł emisji), regionalny (zakwaszenie i eutrofizacja), kontynentalny (wysokie stężenia ozonu w przyziemnej warstwie atmosfery w warunkach sprzyjających jego tworzeniu) lub globalny (zmiany klimatyczne, zanik warstwy ozonowej). Zagadnienia te zostały omówione w dalszych rozdziałach Raportu.

Skala problemu z jednej strony określa przestrzenny zasięg zagrożenia, z drugiej zaś bezpośrednio przekłada się na poziom działań niezbędnych do jego zmniejszenia. Rozwiązanie niektórych problemów, możliwe jedynie poprzez ograniczanie emisji określonych związków do atmosfery na szeroką skalę, wymaga wspólnych działań społeczności międzynarodowych. Ramy prawne dla tego rodzaju działań stanowią konwencje międzynarodowe i odpowiednie protokoły do konwencji. Działania niezbędne do przeprowadzenia na poziomie kraju (w tym wynikające z potrzeb realizacji określonych umów i przepisów międzynarodowych) określają odpowiednie krajowe akty prawne.

W Polsce podstawowym aktem prawnym regulującym wszelkie działania związane z ochroną środowiska, w tym także dotyczące zanieczyszczenia powietrza, jest ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. W treści ustawy i w wydawanych w ślad za nią rozporządzeniach, uwzględnione zostały podstawowe uregulowania obowiązujące w Unii Europejskiej.

### 3.2. Główne źródła emisji zanieczyszczeń

#### Emisja zanieczyszczeń w Polsce

Główną przyczyną antropogenicznego zanieczyszczenia atmosfery jest spalanie paliw w celu wytwarzania energii. Wielkość emisji określonego zanieczyszczenia jest ściśle związana z rodzajem źródła oraz zastosowanych urządzeń oczyszczających gazy odlotowe. W tabeli 3.2.1. przedstawiono emisje wybranych zanieczyszczeń w 2000r. w Polsce, a na rysunku 3.2.1. udziały poszczególnych grup źródeł w emisji danego zanieczyszczenia.

Procentowe udziały wyróżniających sektorów w emisji badanych zanieczyszczeń pozwalają ocenić rolę poszczególnych źródeł w całkowitej emisji danego zanieczyszczenia oraz określić cele i możliwości redukcji zanieczyszczeń, w przypadku konieczności wdrożeń ewentualnych programów naprawczych.

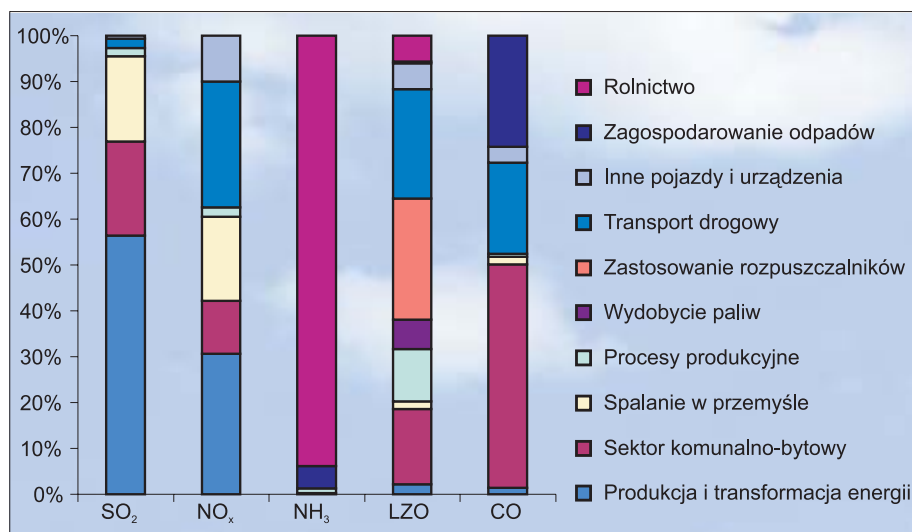
Podstawowym źródłem emisji dwutlenku siarki jest energetyczne spalanie paliw zanieczyszczonych siarką. Ponad 95% emisji stanowi spalanie paliw w kotłach, różnego rodzaju paleniskach oraz silnikach pojazdów, maszyn i urządzeń, przy czym dominujący udział mają źródła stacjonarne, w których spalane są paliwa stałe. Zasadniczo jest to tendencja trwała, wynikająca ze struktury paliw wykorzystywanych w polskiej gospodarce, opartej na paliwach stałych. W minionej dekadzie obserwuje się spadek emisji  $SO_2$  we wszystkich sektorach gospodarki (rys. 3.2.2.).

Przestrzenny rozkład całkowitej wielkości emisji  $SO_2$  w 2000 r. przedstawiono na rysunku 3.2.3. Największy wpływ na emisję z poszczególnych oczek siatki mają duże zakłady energetyczne i przemysłowe, zlokalizowane w ich obrębie. Przyjęto, że źródła ruchome i rozproszone są rozłożone równomiernie na całym obszarze.

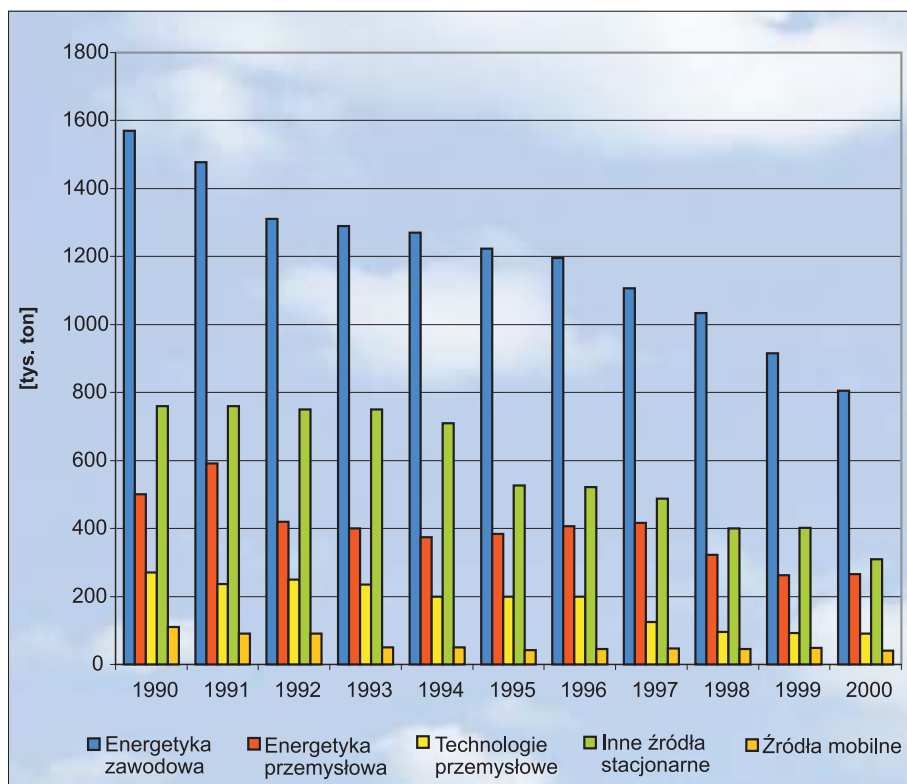
Tabela.3.2.1. Antropogeniczna emisja wybranych zanieczyszczeń w Polsce w 2000 r. ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $NH_3$ , LZO, CO w tys. ton i otów w tonach). Źródło: MŚ, GUS.

L.p	Grupa źródeł	$SO_2$	$NO_2$	$NH_3$	LZO	CO	Pył *	Pb
1.	Produkcja i transformacja energii	853	257	1	13	50	72	27,1
2.	Spalanie w sektorze bytowo-komunalnym	310	97		98	1688	162	156,4
3.	Energetyka przemysłowa i procesy spalania w przemyśle	281	153		10	54	47	284,4
4.	Procesy przemysłowe	26	17	3	69	25	36	131,4
5.	Wydobycie i dystrybucja paliw				38		37	
6.	Zastosowanie rozpuszczalników				158			
7.	Transport drogowy	32	230		143	688	54	38,1
8.	Inne pojazdy i urządzenia	9	84		34	117	7	3,5
9.	Zagospodarowanie odpadów			16	2	841	20	6,6
10.	Rolnictwo			302	34		24	
<b>R a z e m</b>		<b>1511</b>	<b>838</b>	<b>322</b>	<b>599</b>	<b>3463</b>	<b>459</b>	<b>647,5</b>
Zmiana w stosunku do 1990 = 100%		47,1%	65,5%	62,9%	72,1%	46,8%		47,2%

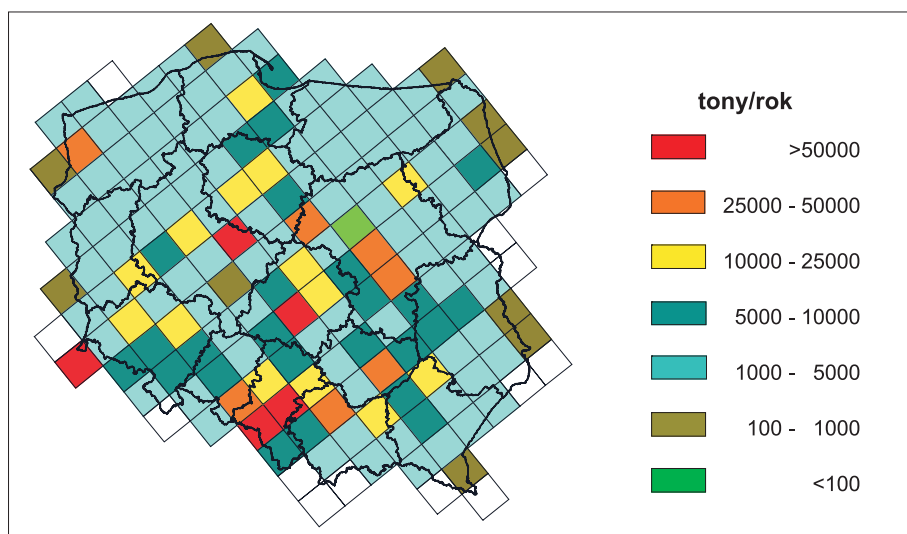
\* nie uwzględniono emisji pyłów, powstających podczas pożarów lasów i palenia tytoniu. Nie podano zmiany wielkości emisji w stosunku do 1990 r., z powodu zmiany metodologii oceny emisji pyłów.



Rys. 3.2.1. Struktura emisji zanieczyszczeń powietrza wg sektorów gospodarki w 2000 r. Źródło: MŚ, GUS.



Rys. 3.2.2. Trendy emisji SO<sub>2</sub> w sektorach prezentowanych przez GUS. Źródło: MŚ, GUS.

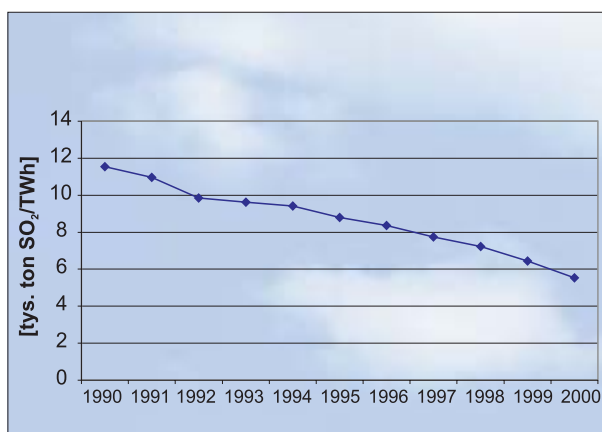


Rys. 3.2.3. Emisja SO<sub>2</sub> w siatce 50 km x 50 km w 2000 r. Źródło: MŚ.

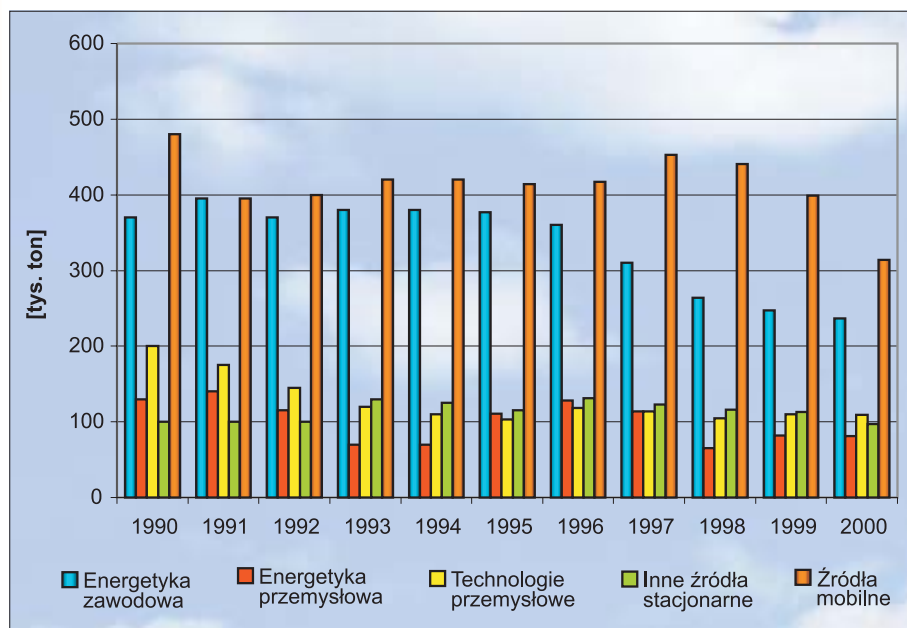
Pozytywnym zjawiskiem jest obserwowany w ostatniej dekadzie systematyczny spadek średniej rocznej emisji SO<sub>2</sub> powstającej podczas produkcji 1 TWh energii elektrycznej (rys. 3.2.4.). Stała tendencja spadkowa tego wskaźnika jest dowodem na skuteczność działań podejmowanych w celu wytwarzania coraz czystszej energii elektrycznej ze źródeł, jakimi Polska dysponuje.

Spalanie paliw jest odpowiedzialne za powstanie 98% emisji **tlenków azotu** (wyrażonych w NO<sub>2</sub>), przy czym 37% pochodzi ze spalania benzyn i olejów napędowych w różnego rodzaju silnikach pojazdów, maszyn i urządzeń.

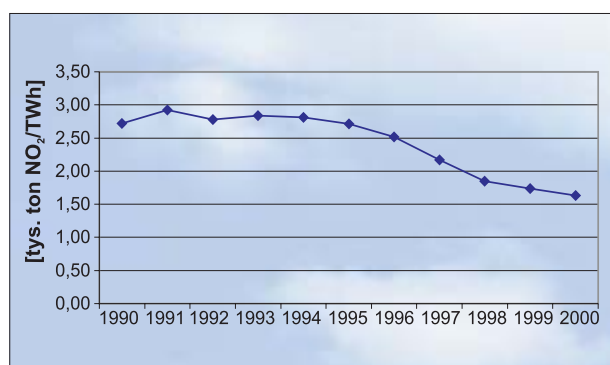
W minionym dziesięcioleciu daje się zauważyć wyraźny spadek emisji NO<sub>2</sub> z dużych źródeł sektora energetyki zawodowej, co jest niewątpliwym wynikiem zmian technologicznych w procesach energetycznego spalania paliw. Od kilku lat, zdecydowanie zaczyna dominować emi-



Rys. 3.2.4. Zmiany wskaźnika emisji SO<sub>2</sub> w produkcji energii elektrycznej. Źródło: MŚ, GUS.



Rys. 3.2.5. Trendy emisji NO<sub>2</sub> w sektorach prezentowanych przez GUS. Źródło: MŚ, GUS.



Rys. 3.2.6. Zmiany wskaźnika emisji NO<sub>2</sub> w produkcji energii elektrycznej. Źródło: MŚ, GUS.

sja NO<sub>2</sub> z silników pojazdów maszyn i urządzeń, co jest cechą krajów wysoko rozwiniętych. Przeciwdziałanie wzrostowi emisji NO<sub>2</sub> z tej grupy źródeł jest dotychczas nierozwiązanym problemem.

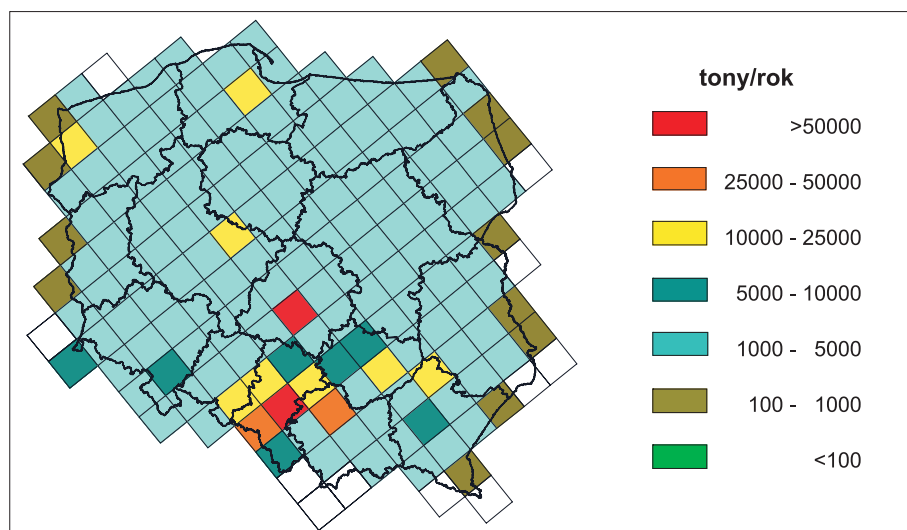
Również średnia roczna emisja NO<sub>2</sub> przypadająca na jednostkę wyprodukowanej energii elektrycznej (rys. 3.2.6.)

wykazuje tendencję spadkową. Jest to wynik coraz powszechniejszego instalowania palników nisko emisyjnych w kotłach energetycznych.

Przestrzenny rozkład emisji NO<sub>2</sub> przedstawiono na rysunku 3.2.7. Należy jednak zastrzec, że podobnie jak dla SO<sub>2</sub>, wysoka emisja zanieczyszczeń w danym kwadracie nie przekłada się bezpośrednio na wysokość stężeń, na jakie może być narażony jego mieszkaniec.

**Tlenek węgla** jest prawie wyłącznie produktem mało efektywnego spalania paliw, głównie w małych wyeksploatowanych kotłowniach i w paleniskach domowych. Ocenia się, że 24% całkowitej emisji CO, stanowi niekontrolowane spalanie odpadów rolniczych na otwartej przestrzeni (zagospodarowanie odpadów). Wydaje się jednak, że udział ten będzie systematycznie malał z uwagi na możliwość gospodarczego wykorzystania tych odpadów do produkcji energii, o czym świadczy instalowanie, zwłaszcza na obszarach rolniczych, kotłów na biomasę, zastępujących stare kotłownie węglowe.

Emisja **lotnych związków organicznych** (LZO) pochodzi głównie ze spalania paliw, co stanowi 70% całkowitej



Rys. 3.2.7. Emisja NO<sub>2</sub> w siatce 50 km x 50 km w 2000 r. Źródło: MŚ.

rocznej emisji tej grupy związków z obszaru Polski (bez uwzględniania źródeł naturalnych). Biorąc pod uwagę 10 grup źródeł emisji (tab. 3.2.1.), największy wkład, bo 26%, ma kategoria odnosząca się do zastosowania rozpuszczalników. Problem ten został dostrzeżony i obecnie coraz częściej można napotkać w handlu farby na podłożu wodnym.

Źródłem **amoniaku** jest prawie wyłącznie rolnictwo, którego udział stanowi 94% całkowitej emisji tej substancji, związany przede wszystkim z chowem zwierząt gospodarskich i, w niewielkim stopniu, zastosowaniem nawozów azotowych.

Podsumowując, można stwierdzić, że w roku 2000 w odniesieniu do roku 1990 emisja wszystkich zanieczyszczeń gazowych spadła i dla:

- dwutlenku siarki była o 53% niższa,
- tlenków azotu o 34% niższa,
- niemetanowych lotnych związków organicznych o 28% niższa,
- amoniaku o 37% niższa.

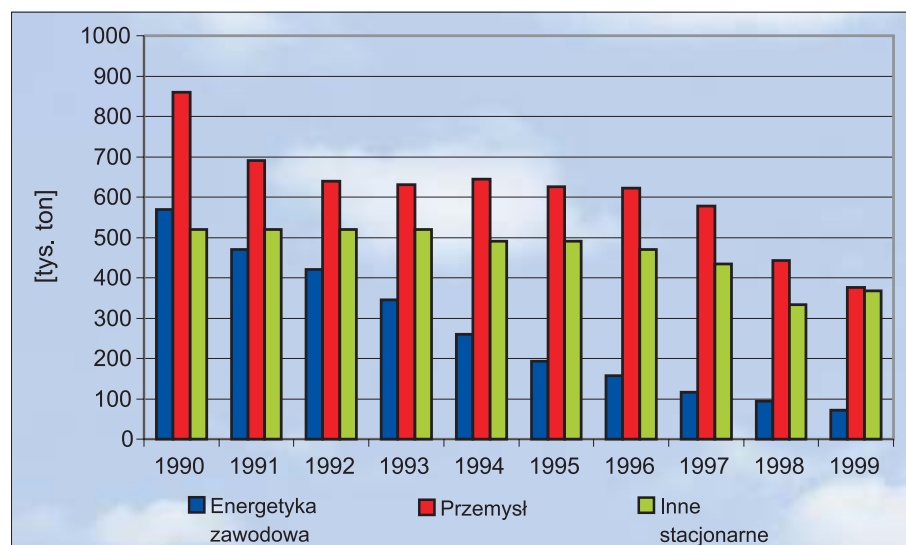
Należy jednak podkreślić, że o ile redukcja gazów emitowanych przez szeroko pojęty przemysł, była wynikiem nie tylko załamania gospodarczego, ale efektem celowych działań inwestycyjnych, o tyle spadek emisji amoniaku jest wywołany spadkiem pogłowia zwierząt gospodarskich.

Głównym źródłem antropogenicznej emisji **pyłów** jest również spalanie paliw stałych w celach energetycznych.

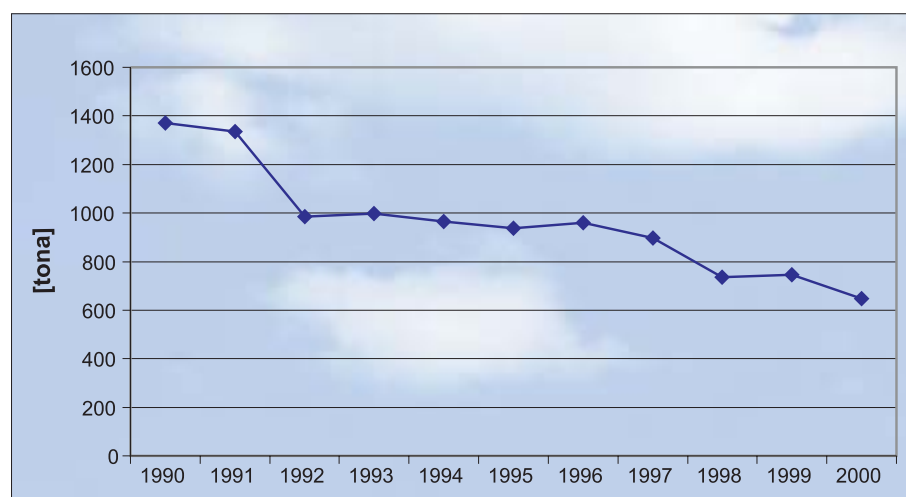
We wszystkich sektorach widać spadek emisji pyłów, ale wyraźną, systematyczną tendencją spadkową charakteryzuje się emisja pyłów sektora energetyki zawodowej. Jest to wyraz skutecznych działań w dziedzinie ochrony powietrza w postaci instalowania wysoko sprawnych urządzeń odpylających oraz poprawy jakości węgla. Dla małych, rozproszonych źródeł indywidualnych podobną redukcję można by uzyskać jedynie w przypadku zmiany nośnika energii pierwotnej. Z uwagi na względnie wysoki koszt gazu, nie jest możliwe w przewidywanym okresie znaczne zredukowanie emisji pyłów w tym sektorze. Ze względu na zmianę metodologii szacowania wielkości emisji pyłów w 2000 r. (tab. 3.2.1.) i brak informacji o emisji z sektorów tradycyjnie raportowanych przez GUS, nie ujęto tych danych na wykresie (rys. 3.2.8.).

Jednym ze składników pyłów emitowanych do atmosfery są **metale ciężkie**. Zmiany emisji **ołowiu** przedstawiono na rysunku 3.2.9., natomiast **kadm i rtęć** na rysunku 3.2.10.

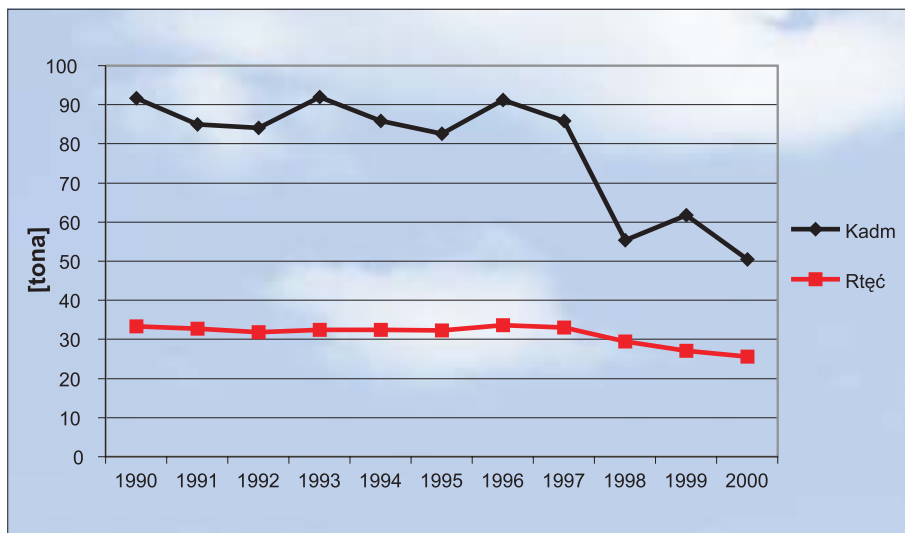
Głównym źródłem emisji metali ciężkich do atmosfery jest energetyczne spalanie paliw stałych, które zawierają domieszki tych metali. Ich ilość zależy do złoża, z którego pochodzi węgiel. Ponadto duże ilości metali ciężkich po-



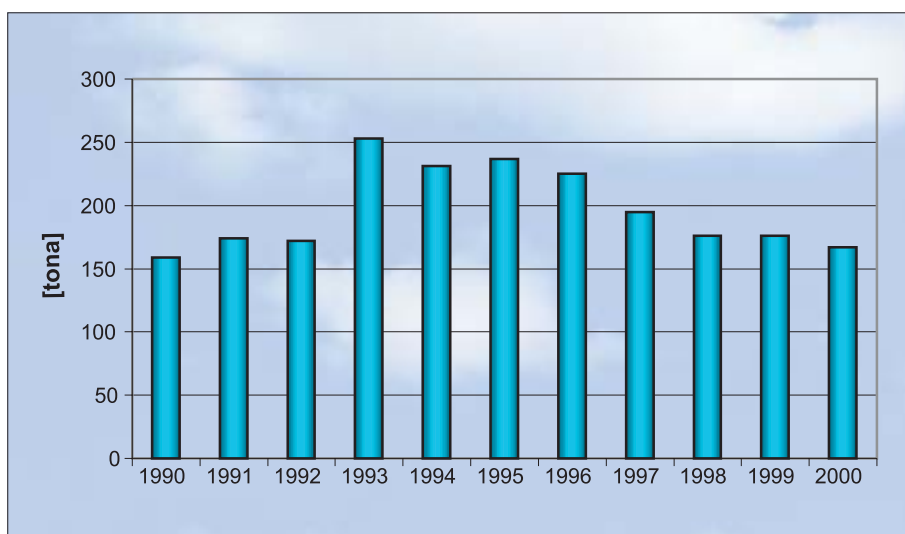
Rys. 3.2.8. Trendy emisji pyłu w sektorach prezentowanych przez GUS. Źródło: MŚ, GUS.



Rys. 3.2.9. Emisja ołowiu w latach 1990-2000. Źródło: MŚ.



Rys. 3.2.10. Emisja kadmu i rtęci w latach 1990-2000. Źródło: MŚ.



Rys. 3.2.11. Emisja trwałych związków organicznych w latach 1990-2000. Źródło: MŚ.

chodzą z procesów przemysłowych, takich jak hutnictwo żelaza i stali oraz metali nieżelaznych. Produkcja cementu stanowi duży udział w emisji rtęci. Systematycznie spada emisja ołowiu związana z zużyciem benzyn etylizowanych w pojazdach i urządzeniach. W roku 2000 etyliny stanowiły tylko 7,5% całkowitego zużycia benzyn.

**Trwale zanieczyszczenia organiczne** objęte bilanowaniem stanowią: sumę 4 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (benzo[a]piren, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten i indeno[1,2,3-cd]piren), dioksyny i furany oraz sześciochlorobenzen. Zmiany emisji tych substancji na przestrzeni ostatniego dziesięciolecia przedstawiono odpowiednio na rysunkach 3.2.11., 3.2.12. i 3.2.13.

W Polsce głównym źródłem emisji WWA jest spalanie paliw w małych kotłowniach i paleniskach domowych. Również nieefektywne spalanie paliw stałych, zawierających domieszki związków chloru, głównie w małych kotłach, pozbawionych urządzeń odpylających jest źródłem emisji dioksyn i furanów. Natomiast przyczyną obecności sześciochlorobenzenu w środowisku naturalnym jest stosowanie tego fungicydu na otwartej przestrzeni. W Polsce emisja HCB nie stanowi problemu.

### **Polska na tle innych krajów**

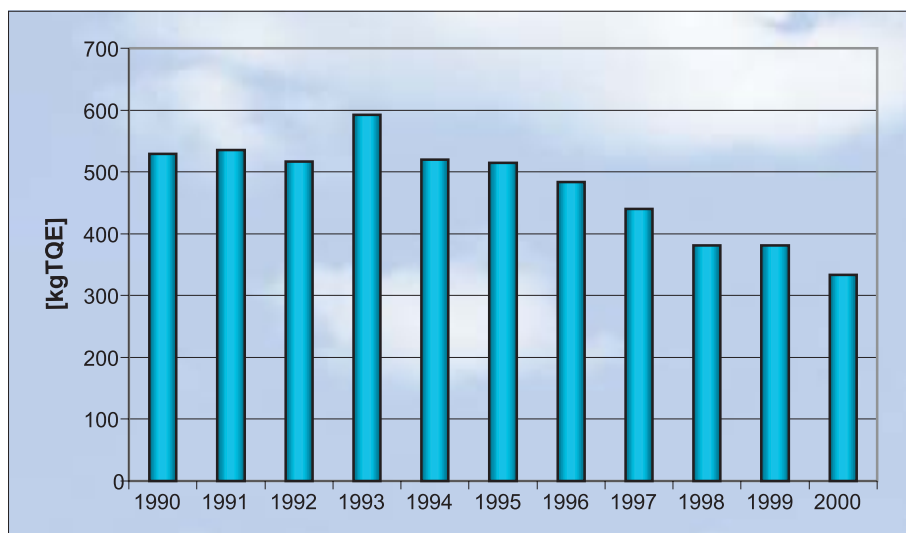
Polska emisja  $\text{SO}_2$  z uwagi na obszar kraju, liczbę jego mieszkańców i strukturę zużycia energii pierwotnej, należy do wyższych w Europie, natomiast emisję  $\text{NO}_2$  można określić jako przeciętną. Porównanie bezwzględnych wartości wielkości emisji  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$  w wybranych krajach Europy przedstawia rysunek 3.2.14.

Poziom emisji poszczególnych krajów często porównuje się przy pomocy wielkości wskaźnikowych. Wielkości bezwzględne emisji nie oddają rzetelnie tego stanu, ponieważ poszczególne kraje różnią się zarówno wielkością terytorium jakie zajmują, jak i liczbą mieszkańców oraz stosowanymi technologiami przemysłowymi.

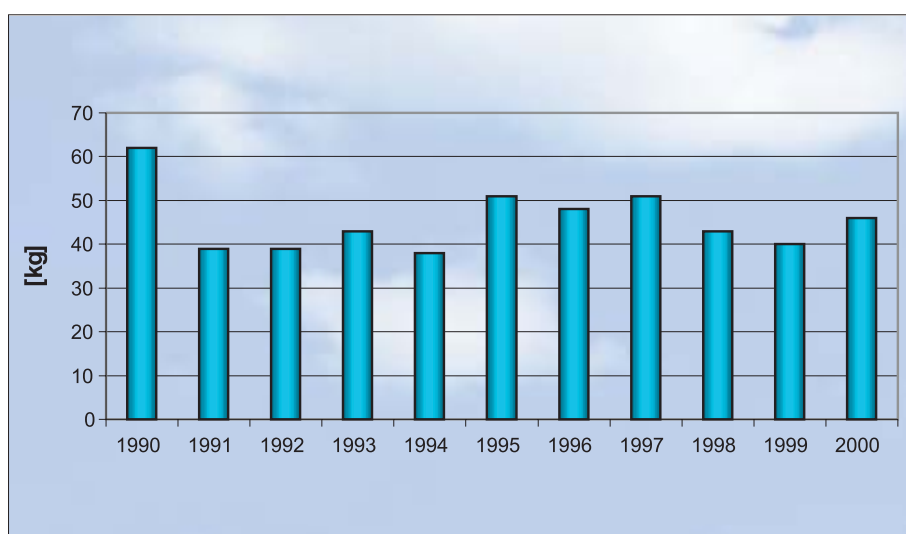
Wskaźnikiem powszechnie stosowanym w porównaniach międzynarodowych jest emisja zanieczyszczenia przypadająca na jednostkę PKB. Porównanie wielkości tych wskaźników dla  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$  dla wybranych krajów przedstawiają rysunki 3.2.15. i 3.2.16.

Kraje kandydujące do Unii Europejskiej charakteryzują się szczególnie wysokim wskaźnikiem emisji  $\text{SO}_2$  przypadającej na jednostkę wytworzonego PKB. Należy jednak stwierdzić, że w rozpatrywanym okresie wskaźnik ten w Polsce prawie trzykrotnie zmalał. Wzrost PKB i redukcja emisji zanieczysz-

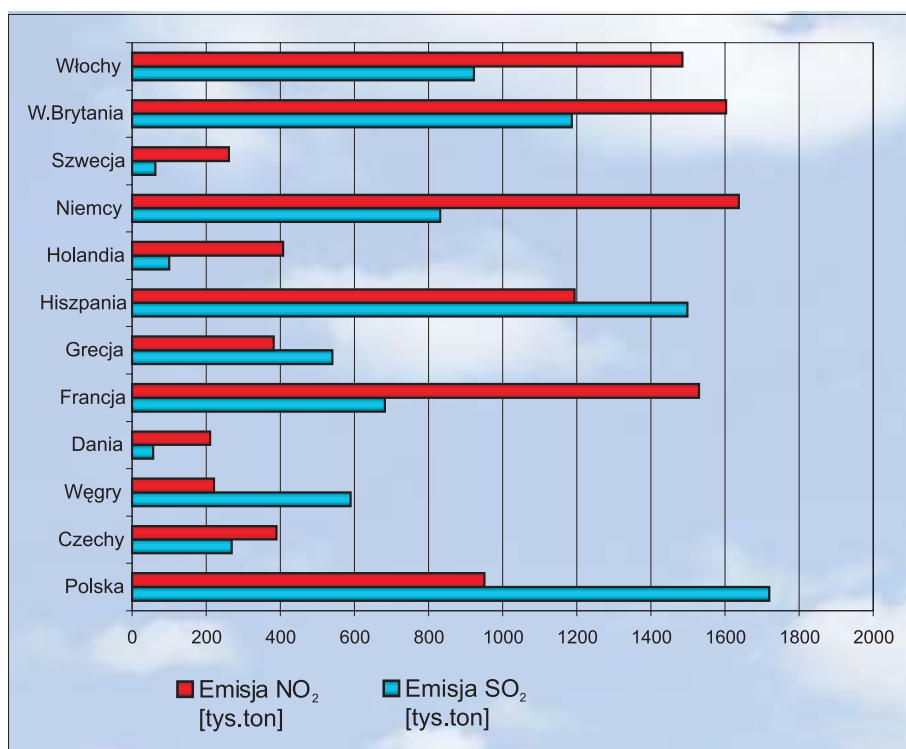




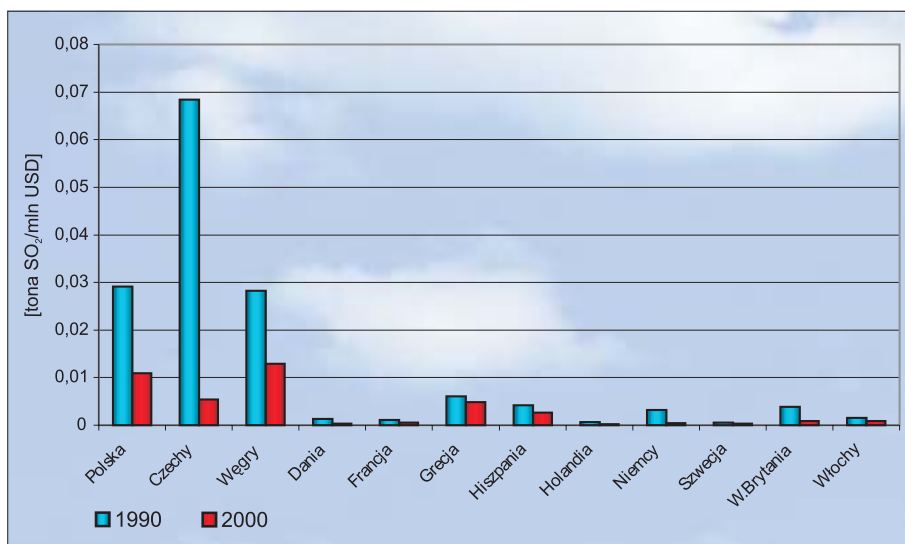
Rys. 3.2.12. Emisja dioksyn i furanów w latach 1990-2000. Źródło: MŚ.



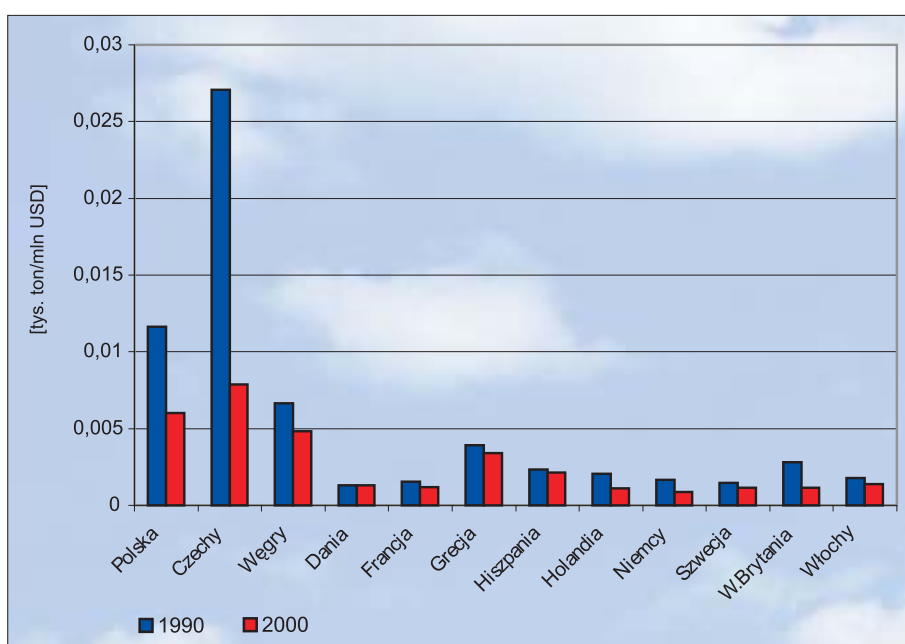
Rys. 3.2.13. Emisja sześciochlorobenzenu (HCB) w latach 1990-2000. Źródło: MŚ.



Rys. 3.2.14. Emisja podstawowych zanieczyszczeń w wybranych krajach europejskich. Źródło: GUS.



Rys. 3.2.15. Emisja SO<sub>2</sub> na PKB w wybranych krajach Europy w roku 1990 i 2000. Źródło: GUS, EMEP.



Rys. 3.2.16. Emisja NO<sub>2</sub> na PKB w wybranych krajach Europy w roku 1990 i 2000. Źródło: GUS, EMEP.

czeń wpływają na obniżenie badanego wskaźnika. W przypadku Polski 43% wzrost PKB skutkowało 87% redukcją emisji SO<sub>2</sub>, na Węgrzech przy 30% wzroście PKB obniżono emisję SO<sub>2</sub> o ok. 70%, natomiast w Czechach – 81% wzrost PKB spowodował siedmiokrotny spadek emisji SO<sub>2</sub>.

Podobny obraz dla NO<sub>2</sub> i podobnie interpretowany prezentuje rysunek 3.2.16. W minionej dekadzie wartość tego wskaźnika w Polsce zmalała prawie dwukrotnie. Zmiana PKB w ubiegłym dziesięcioleciu spowodowała w Polsce 35% redukcję NO<sub>2</sub>, na Węgrzech – 8%, a w Czechach dwukrotną redukcję emisji tego zanieczyszczenia.

### 3.3. Jakość powietrza w Polsce

#### Wstęp

Ocenę jakości powietrza w Polsce przedstawioną w Raplocie ograniczono do zanieczyszczeń powszechnie występujących w atmosferze, dla których nowe prawo polskie oraz przepisy UE określają wartości dopuszczalnych stężeń. Do grupy tej należą: dwutlenek siarki SO<sub>2</sub>, dwutle-

nek azotu NO<sub>2</sub>, pył PM10, ołów Pb, tlenek węgla CO, benzen oraz ozon O<sub>3</sub>. W ocenie uwzględniono również stężenia pyłu BS (z ang. „black smoke”) oznaczane szeroko stosowaną dotychczas w kraju metodą reflektometryczną. Dla większości wymienionych zanieczyszczeń istnieją dość dobrze udokumentowane wyniki wieloletnich pomiarów stężeń, prowadzonych zarówno w Polsce, jak i w innych krajach Europy. W powietrzu znajduje się również cały szereg innych substancji, w tym również związków o szkodliwym oddziaływaniu na człowieka i jego otoczenie. Niektóre z nich, często występujące w atmosferze w ilościach śladowych, ze względu na swoją toksyczność absorbują coraz większą uwagę środowisk naukowych i społeczeństw. Dotyczy to, między innymi, niektórych trwałych związków organicznych, takich jak dioksyny, furany, czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. W odniesieniu do wielu z nich, zasoby dostępnych obecnie informacji o stężeniach są ograniczone do określonych obszarów i dalece niewystarczające do prowadzenia ogólnych ocen na poziomie kraju czy porównań międzynarodowych.

Dokonując oceny stanu zanieczyszczenia powietrza w miastach i analizując potencjalne przyczyny zagrożeń warto pamiętać, że zanieczyszczenia emitowane z wysokich kominów, np. elektrowni, elektrociepłowni czy dużych zakładów przemysłowych, są przenoszone na duże odległości i rozpraszane na znacznym obszarze – przyczyniając się do ograniczonego wzrostu stężeń (na poziomie tzw. tła) w dużej skali przestrzennej. Często nie mają one bezpośredniego znaczącego wpływu na jakość powietrza w miastach. Większą rolę mogą tu odgrywać liczne małe obiekty zaliczane do sektora komunalno-bytowego: lokalne kotłownie, zakłady usługowe oraz gospodarstwa indywidualne, wyposażone w niskie emitory, emitujące produkty nieefektywnego spalania paliw, głównie węgla, w zamieszkałych rejonach miast, często bezpośrednio w rejonach zwartej zabudowy mieszkaniowej. W niektórych miastach źródła sektora komunalno-bytowego stanowią ciągle poważny problem.

Innym problemem w obszarach gęsto zaludnionych jest zanieczyszczenie powietrza związane z ruchem drogowym. Zanieczyszczenia emitowane przez pojazdy są wprowadzane do atmosfery na małych wysokościach i w bezpośrednim sąsiedztwie ulic mogą osiągać znaczne stężenia w powietrzu, stwarzając zagrożenie dla przebywających w tych rejonach ludzi.

Istnienie licznych źródeł emisji na obszarze miast sprawia, że stężenia zanieczyszczeń (pierwotnych) są tu zwykle wyższe niż poza miastami.

Zanieczyszczenia wtórne, z uwagi na czas potrzebny do ich powstania w atmosferze, z reguły osiągają wyższe wartości w rejonach oddalonych od źródeł emisji zanieczyszczeń wyjściowych (prekursorów). Tym samym ich stężenia w atmosferze bywają wyższe poza miastami niż w miastach.

W prezentowanej w Raporcie ocenie stanu zanieczyszczenia powietrza w Polsce wykorzystano przede wszystkim wyniki pomiarów prowadzonych w ramach krajowej sieci stacji podstawowych monitoringu zanieczyszczenia powietrza (nazywanej też siecią podstawową), funkcjonującej w ramach PMS.

Sieć podstawowa, funkcjonująca od 1992 r., składa się z wybranych stacji pomiarowych należących do Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska, Wojewódzkich Stacji Sanitarno-Epidemiologicznych oraz jednostek naukowo-badawczych. W 2001 r. do sieci włączonych było 106 stacji, znajdujących się na obszarze całego kraju, głównie w miastach, w tym trzy tzw. stacje komunikacyjne, mierzące stężenia zanieczyszczeń w strefie bezpośredniego oddziaływania drogi. W opracowaniu wykorzystano także wyniki badań wykonywanych w ogólnokrajowej sieci podlegającej Państwowej Inspekcji Sanitarnej (PIS).

W raporcie wykorzystano również wyniki pomiarów z automatycznych systemów monitoringu powietrza na terenie „Czarnego Trójkąta” i Aglomeracji Śląskiej oraz dane zgromadzone i przygotowane przez odpowiednie wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska na potrzeby wstępnej oceny jakości powietrza (prowadzonej w 2001 roku).

W porównaniach zanieczyszczenia powietrza w miastach w Polsce i w Europie wykorzystano najnowsze

dostępne dane (za rok 2000) zgromadzone w bazie AIRBASE, utworzonej i prowadzonej przez Europejską Agencję Środowiska (EAŚ). Do porównań wybrano kilkanaście miast (głównie stolic) europejskich. Dokonując oceny stanu zanieczyszczenia powietrza na poziomie tła regionalnego w Europie wykorzystano wyniki prac (w tym modelowania) prowadzonych przez międzynarodowe centra syntetyzujące EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) – programu monitoringu i oceny przenoszenia zanieczyszczeń powietrza na duże odległości, którego uczestnikiem jest również Polska.

Informacje na temat stanu zanieczyszczenia powietrza w Polsce zawarte w niniejszym raporcie dotyczą okresu, w którym w Polsce obowiązywały wartości dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń powietrza określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z kwietnia 1998 roku (Dz.U. Nr 55, poz. 355). W czerwcu 2002 roku weszły w życie nowe przepisy, będące rezultatem prac nad dostosowaniem prawa polskiego do przepisów UE i określające nowe wartości dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu (Dz.U. Nr 87, poz. 796).

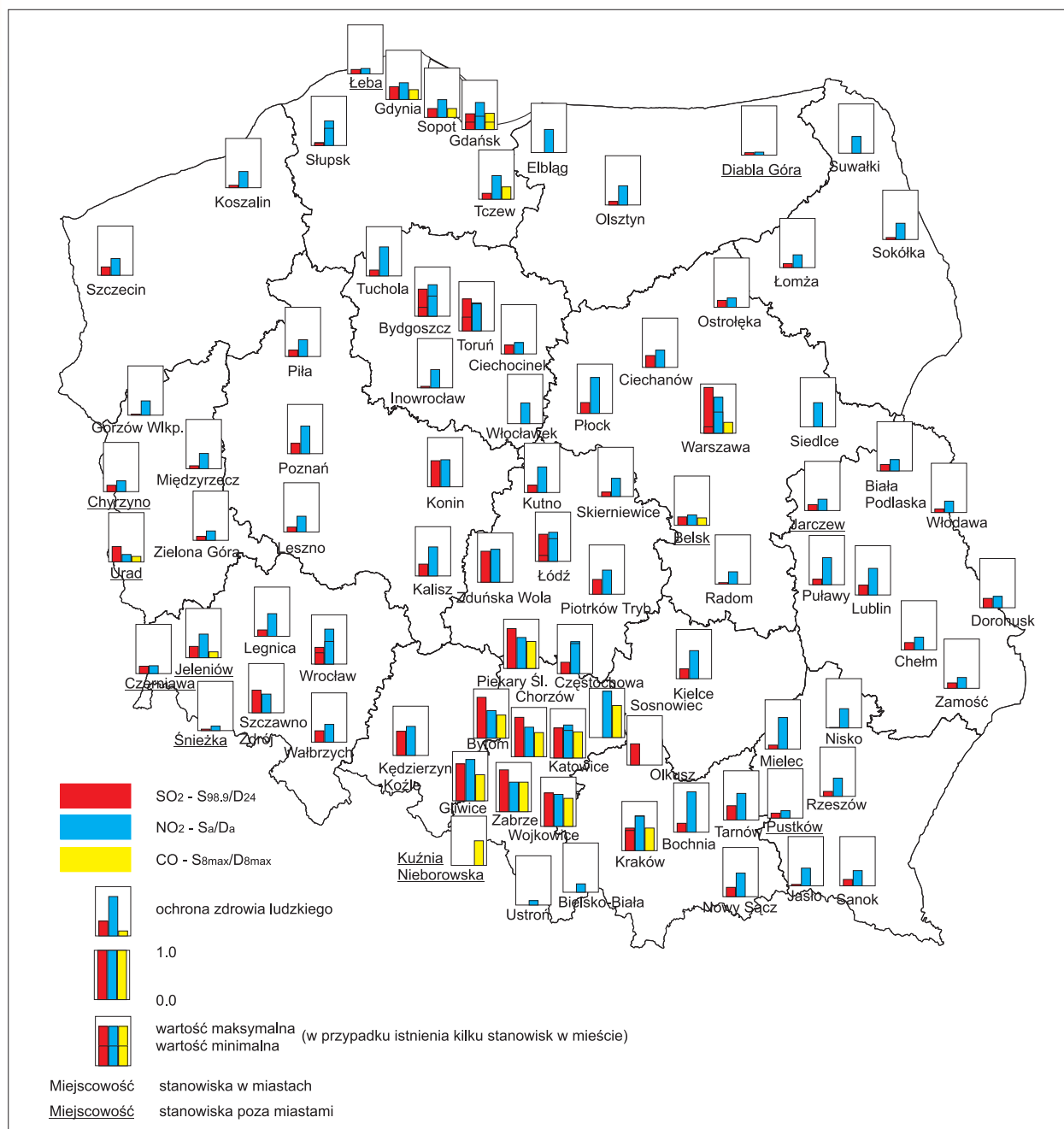
Ze względów praktycznych, w ocenach prezentowanych w raporcie wykorzystano już nowe wartości dopuszczalne, aktualnie obowiązujące. Podejście takie ułatwi porównywanie stanu zanieczyszczenia powietrza opisanego w raporcie (obejmującym okres do roku 2001) z wynikami badań prowadzonych w następnych latach, jak również umożliwi bezpośrednie porównywanie zanieczyszczenia powietrza w Polsce z sytuacją w krajach UE oraz tam gdzie obowiązują normy zgodne z przyjętymi w UE.

### **Dwutlenek siarki**

Zanieczyszczenie powietrza dwutlenkiem siarki, powstającym przede wszystkim w procesach spalania paliw zawierających siarkę, stanowiło bardzo poważny problem w Europie Zachodniej do lat sześćdziesiątych i w Polsce do lat osiemdziesiątych. W tym okresie stężenia  $SO_2$  często przekraczały wartości dopuszczalne, przede wszystkim w miastach oraz w rejonach uprzemysłowionych. Intensywne działania na rzecz ograniczania emisji siarki, prowadzone od wielu lat w większości krajów europejskich, w tym w Polsce, doprowadziły do wyraźnej poprawy sytuacji.

Z badań prowadzonych w krajowej sieci stacji podstawowych monitoringu zanieczyszczeń powietrza wynika, że stężenia dwutlenku siarki w większości miast objętych pomiarami, rejestrowane w okresie ostatnich kilku lat, są dość niskie. W roku 2001 na blisko 85 procentach stanowisk pomiarowych w miastach stężenia średnie dobowe  $SO_2$  (wartość normowanego percentyla) nie przekraczały połowy wartości dopuszczalnej określonej w nowym rozporządzeniu Ministra Środowiska. Nie zarejestrowano także przekroczeń wartości dopuszczalnej w skali roku. Poza stacjami znajdującymi się na terenie Aglomeracji Śląskiej, stężenia średnie roczne na terenie miast z reguły nie przekraczały  $20 \mu g/m^3$ .

Stężenia dwutlenku siarki, podobnie jak w przypadku większości zanieczyszczeń, są na terenie miast wyższe niż poza miastami. W roku 2001, przeciętna wartość stężenia średniego w miastach wynosiła około  $9.7 \mu g/m^3$ , poza miastami około  $5.3 \mu g/m^3$ .



Rys. 3.3.1. Stosunek stężeń zanieczyszczeń gazowych:  $\text{SO}_2$  (percentyl S98.9 z wartości 24-godzinnych),  $\text{NO}_2$  (stężenie średnie roczne) i CO (maksymalne stężenie 8-godzinne) do wartości dopuszczalnych wg pomiarów w sieci podstawowej w 2001 r. Źródło PMS.

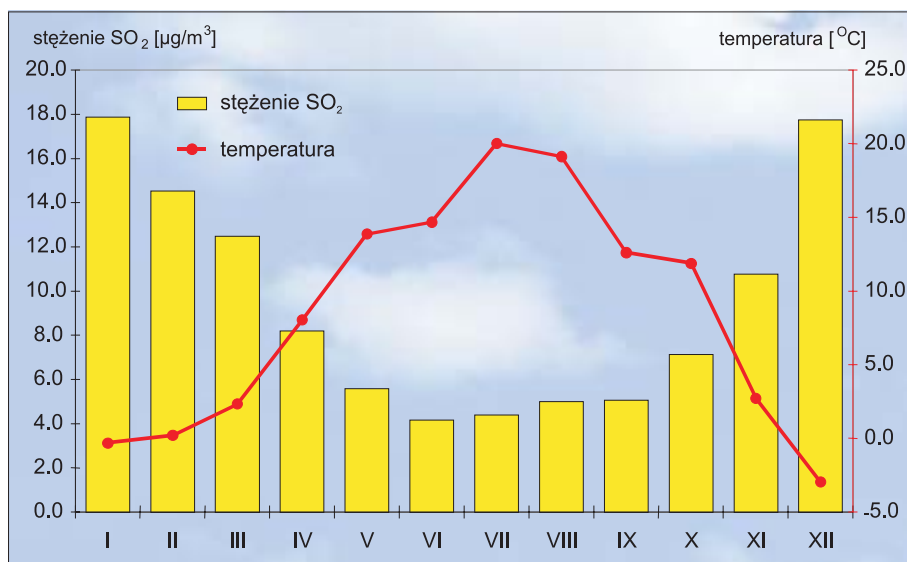
Stężenia  $\text{SO}_2$  poza miastami są znacznie niższe od wartości dopuszczalnych określonych w nowym prawie polskim i przepisach UE.

W układzie przestrzennym (rys. 3.3.1.) najwyższe stężenia  $\text{SO}_2$  na terenie Polski występują na obszarze GOP. W roku 2001, na większości znajdujących się tu stacji sieci podstawowej wartość stężenia 24-godzinne (percentyla stanowiącego przedmiot normy według nowych przepisów polskich i przepisów UE) mieściła się w granicach 100-130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , czyli w granicach 70-85% wspomnianej wartości dopuszczalnej. Średnie roczne stężenia  $\text{SO}_2$  wynosiły 30-38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (obowiązująca przed rokiem 2002 wartość dopuszczalna dla stężeń średnich rocznych była równa 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Mimo utrzymywania się na terenie GOP wyższych stężeń  $\text{SO}_2$  niż w innych rejonach kraju, widać tu jed-

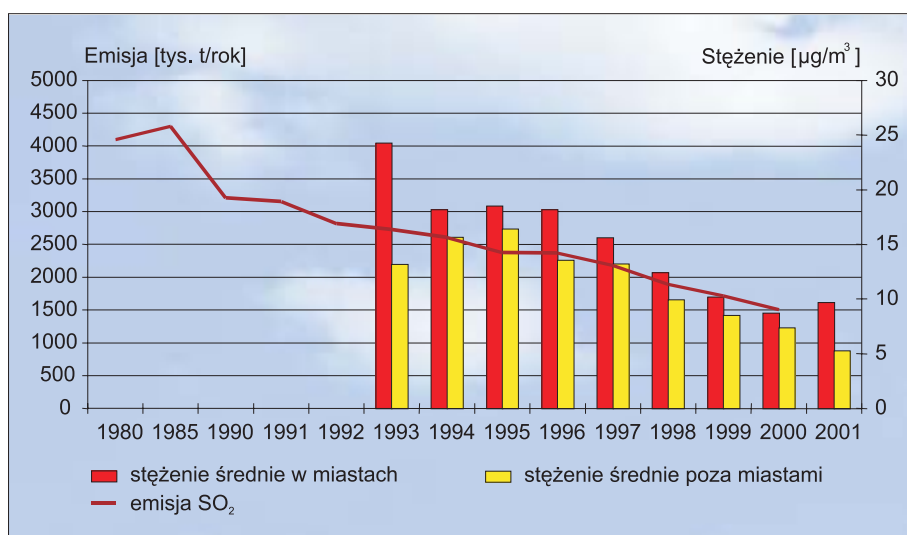
nak wyraźną poprawę w stosunku do końca lat osiemdziesiątych, kiedy nierzadko dopuszczalne stężenia były przekraczane nawet kilkunastokrotnie.

Najwyższe stężenia  $\text{SO}_2$  na stacjach pozamiejskich od wielu lat są rejestrowane w rejonie tzw. „Czarnego Trójkąta”, obejmującego, po stronie polskiej, południowo-zachodnią część województwa dolnośląskiego. W ostatnich 2-3 latach stężenia te są jednak względnie niskie (np. w Czerniawie w 2001 r. stężenie średnie roczne nie przekraczało 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , zaś wartość normowanego percentyla dla stężeń 24-godzinnych wynosiła 23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (15% dopuszczalnej).

Stężenia zanieczyszczeń, których emisja w znacznym stopniu wiąże się ze spalaniem paliw w celach grzewczych, do których należy  $\text{SO}_2$ , charakteryzują się wyraźną zmiennością w ciągu roku (rys. 3.3.2.). W okresie zimowym, złasz-



Rys. 3.3.2. Średnie miesięczne wartości dobowych stężeń SO<sub>2</sub> w miastach w 2001 r. wg pomiarów w sieci podstawowej. Źródło: PMŚ.



Rys. 3.3.3. Zmiany średnich rocznych stężeń SO<sub>2</sub> w Polsce uśrednionych w skali kraju (wg danych z sieci podstawowej) na tle zmian krajowej emisji. Źródło: PMŚ, MŚ.

cza w najchłodniejszych miesiącach roku, następuje wyraźny wzrost stężeń w stosunku do okresu ciepłego. W przypadku dwutlenku siarki, przeciętnie w miastach stężenia w okresie zimnym (obejmującym miesiące od stycznia do marca i od października do grudnia) są ponad dwukrotnie wyższe niż w sezonie ciepłym (od kwietnia do września). W niektórych rejonach różnice stężeń w obu rozważanych sezonach mogą być znacznie większe. Szczególnie duże różnice obserwuje się w latach z surową zimą, w rejonach zabudowy mieszkaniowej z lokalnymi systemami ogrzewania opartego na węglu. Duży wzrost stężeń w sezonie grzewczym, w takich rejonach świadczy o znacznym wpływie źródeł sektora komunalno-bytowego na jakość powietrza w obszarach zabudowy mieszkaniowej.

Z prowadzonych w kraju bilansów emisji wynika, że od roku 1988 emisja SO<sub>2</sub> w Polsce systematycznie maleje. W okresie 1990-2000 nastąpiło ponad dwukrotne jej zmniejszenie. Rezultatem tak znaczących zmian emisji jest obserwowany w ciągu ostatnich lat spadek stężeń dwutlenku siarki w powietrzu – zarówno w miastach, jak i poza nimi. Korzystne zmiany zachodzące w tym zakresie w Polsce ilustrują rysunki przedstawiające przeciętne stę-

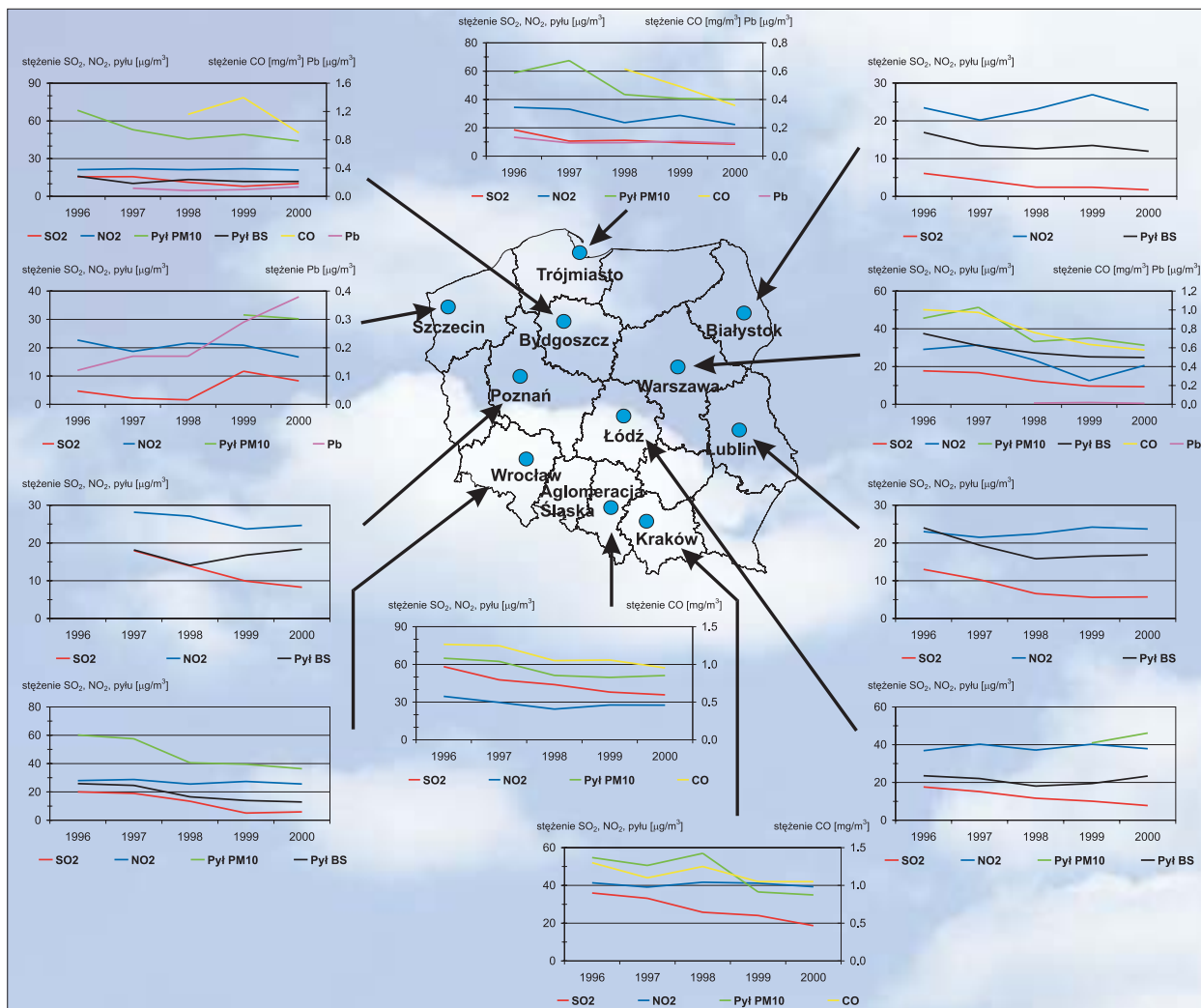
żenia średnie roczne SO<sub>2</sub> na stacjach sieci podstawowej w miastach i poza nimi w latach 1993-2001 (rys. 3.3.3.). Wyraźną poprawę jakości powietrza pod kątem stężeń SO<sub>2</sub> obserwuje się w ostatnich latach również na terenie większości aglomeracji w Polsce (rys. 3.3.4. i 3.3.5.).

Na uwagę zasługują zmiany stężeń SO<sub>2</sub> zachodzące na terenach zaliczanych do najbardziej zanieczyszczonych i zagrożonych w Polsce – Górnego Śląska i „Czarnego Trójkąta”.

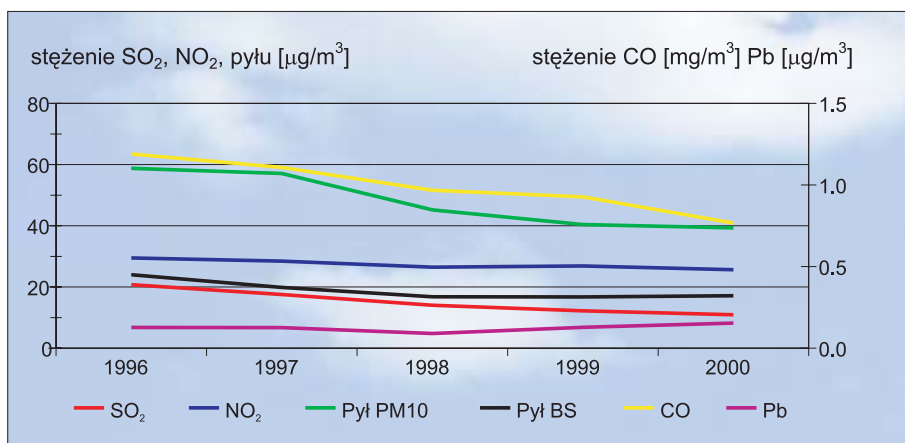
Z badań prowadzonych na terenie GOP wynika, że w latach 1994-2000 stężenia średnie roczne SO<sub>2</sub> zmniejszyły się średnio o 35% (w niektórych rejonach nawet do 50%) – rys. 3.3.6.

Badania prowadzone w sieci monitoringu „Czarny Trójkąt” wykazują, że średnie roczne stężenia SO<sub>2</sub> na terenie Gór Izerskich, mierzone na stacji w Czerniawie, w okresie 1990-2000 zmniejszyły się z 48 µg/m<sup>3</sup> do 9 µg/m<sup>3</sup>. Wyraźna malejąca tendencja stężeń SO<sub>2</sub> zaznacza się w ostatnich latach na całym obszarze polskiej części „Czarnego Trójkąta” (rys. 3.3.7.).

Pomimo znacznego zmniejszenia poziomu stężeń dwutlenku siarki w Europie w ciągu ostatnich dziesięciu lat,



Rys. 3.3.4. Zmiany średnich rocznych stężeń zanieczyszczeń powietrza w poszczególnych aglomeracjach w Polsce w latach 1996-2000. Źródło: PMS.

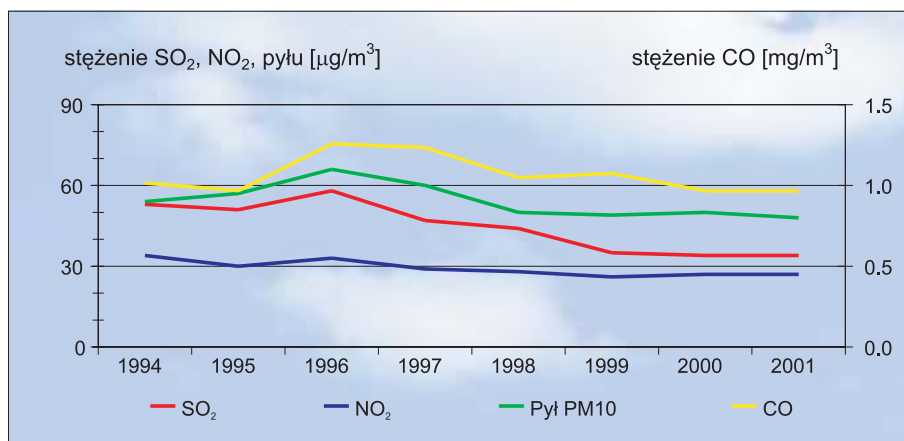


Rys. 3.3.5. Przeciętne zmiany średnich rocznych stężeń zanieczyszczeń powietrza w aglomeracjach w Polsce w latach 1996-2000. Źródło: PMS.

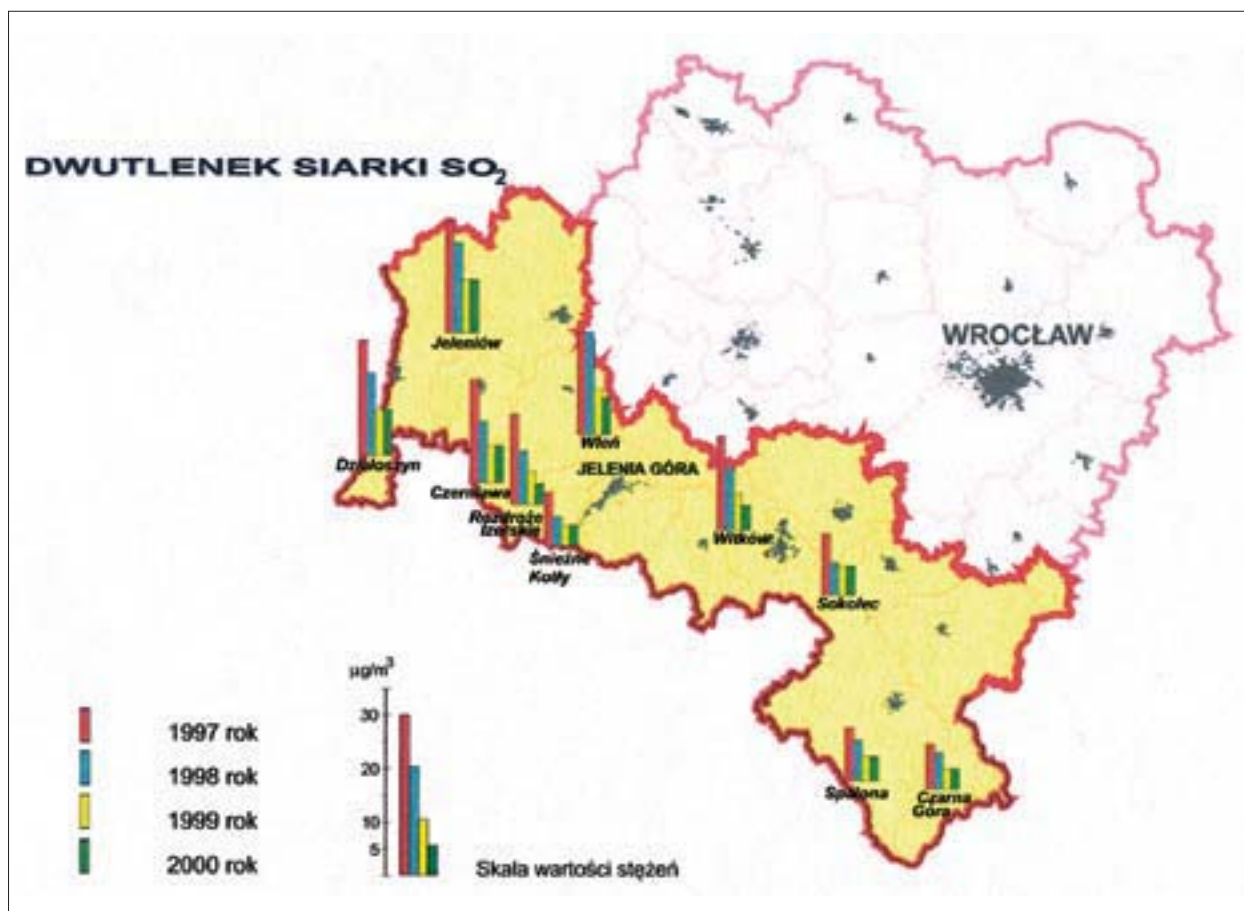
w wielu jej rejonach zanieczyszczenie to nadal stanowi problem – głównie w miastach. W niektórych krajach ciągle zdarzają się przekroczenia dopuszczalnych stężeń określonych w przepisach UE (24-godzinnych i 1-godzinnych). W 1999 roku (dla którego są dostępne odpowiednie dane) przekroczenia odnotowano m.in. we Francji, Hiszpanii, Portugalii, Bułgarii oraz w Polsce – na terenie Aglomeracji Śląskiej. Mimo wyraźnej poprawy, stężenia  $\text{SO}_2$  w miastach Aglomeracji Śląskiej są ciągle wyższe

niż w wielu innych miastach europejskich. W pozostałych dużych miastach Polski (aglomeracjach powyżej 250 tys. mieszkańców) poziomy stężenie dwutlenku siarki nie różni się w istotny sposób od rejestrowanych w wielkich miastach Europy. Większość polskich aglomeracji można zaliczyć do grupy miast średnio zanieczyszczonych (rys. 3.3.8.).

Stężenia dwutlenku siarki na poziomie tła regionalnego, z dala od obszarów zamieszkałych, są w Polsce zbliżone do występujących w innych krajach Europy Środkowej,



Rys. 3.3.6. Zmiany średnich rocznych stężeń zanieczyszczeń na terenie GOP w latach 1994-2001. Źródło: PMŚ.



Rys. 3.3.7. Średnie roczne stężenia SO<sub>2</sub> w polskiej części „Czarnego Trójkąta” w latach 1997-2000. Źródło: „Monitoring powietrza Czarny Trójkąt”; WIOŚ Wrocław 2001.

szczególnie w Czechach czy w Słowacji i nieco wyższe niż w krajach Europy Zachodniej (rys. 3.3.9.).

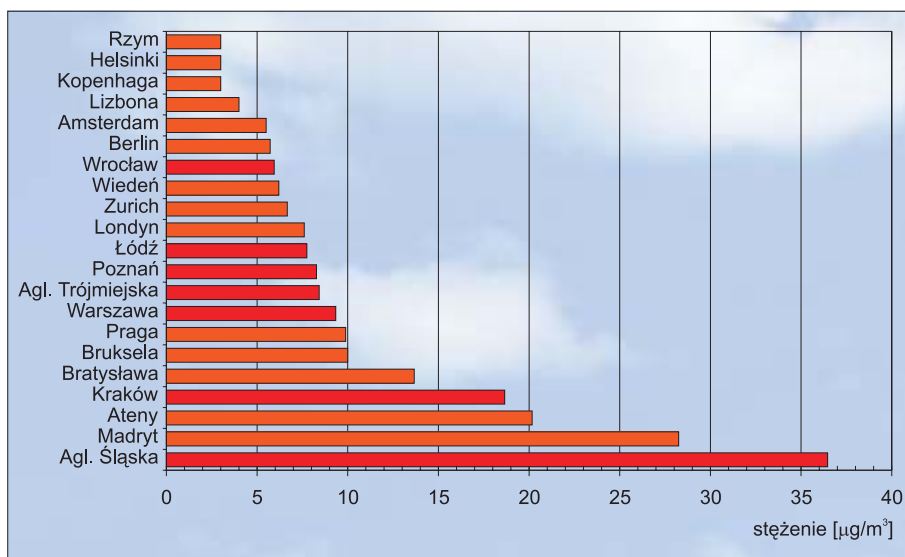
#### Dwutlenek azotu

Głównymi źródłami emisji tlenków azotu do powietrza są: energetyka zawodowa i przemysłowa oraz transport drogowy (zob. rozdz. 3.1.). Wobec szybko rosnącej liczby pojazdów w Polsce i wielu problemów z zapewnieniem płynności ruchu w miastach, transport drogowy ma szczególnie istotny i rosnący wpływ na występujące tu stężenia tlenków azotu.

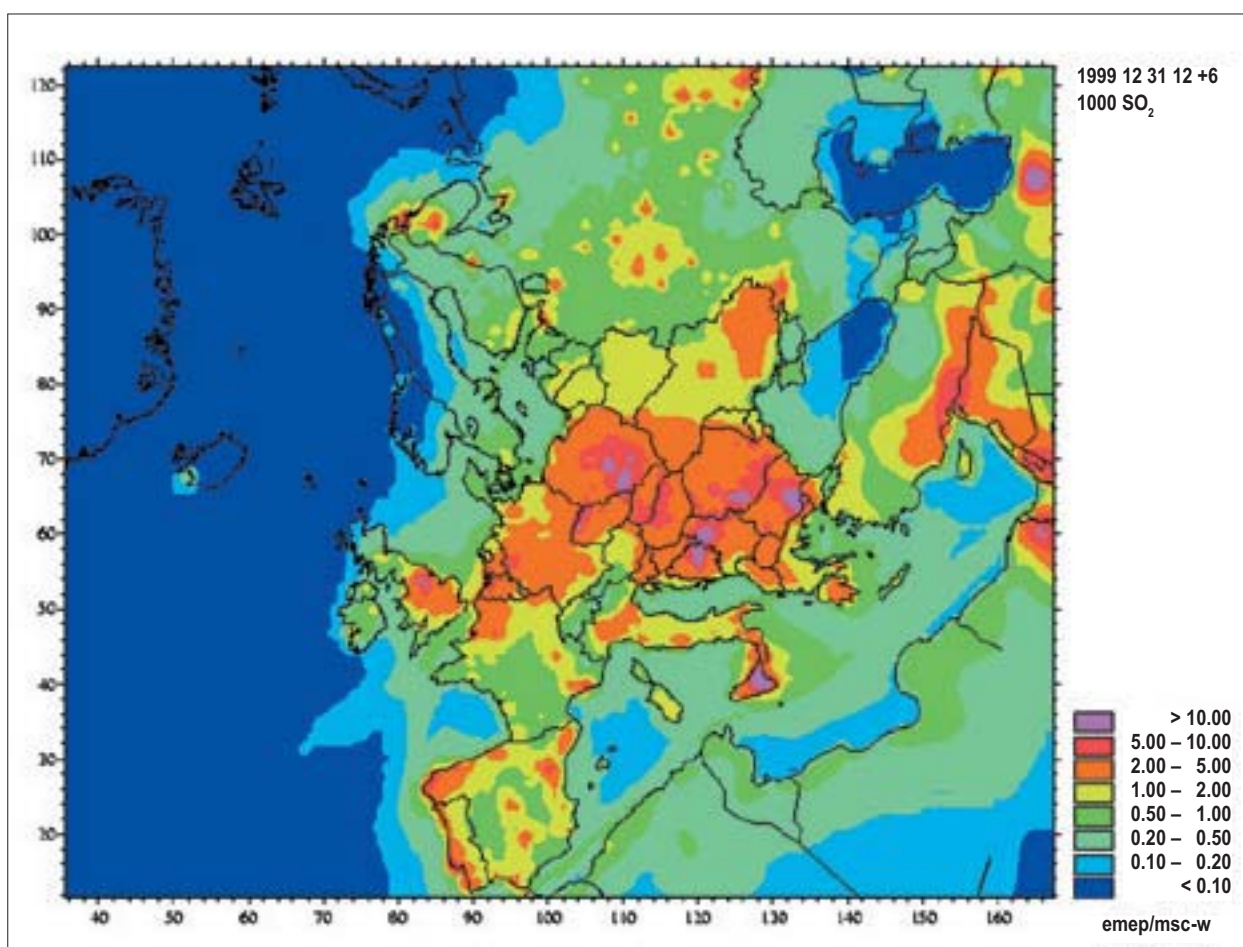
Jak pokazują wyniki badań prowadzonych w krajowej sieci stacji podstawowych, w 2001 roku na ponad połowie (57%) miejskich stanowisk pomiarowych zlokalizowanych

poza bezpośrednim wpływem ruchu drogowego średnie roczne stężenia NO<sub>2</sub> były mniejsze od 20 µg/m<sup>3</sup>, czyli połowy wartości dopuszczalnej. Podobnie jak w okresie kilku ostatnich lat nie występowały tu przekroczenia stężeń dopuszczalnych średnich rocznych. W sąsiedztwie ulic o dużym natężeniu ruchu poziomy stężenie NO<sub>2</sub> są zwykle wyższe i mogą tu występować przekroczenia wartości dopuszczalnych.

Wpływ emisji z pojazdów na zanieczyszczenie powietrza w miastach sprawia, że przeciętne stężenia NO<sub>2</sub> są tu z reguły wyraźnie wyższe niż poza miastami. Przeciętne stężenie NO<sub>2</sub> w miastach w 2001 r. (wartość średnia ze wszystkich miejskich stacji sieci podstawowej, z wyłącze-



Rys. 3.3.8. Średnie roczne stężenia  $\text{SO}_2$  w wybranych miastach w Polsce na tle innych miast europejskich w 2000 r. Źródło: PMS, Airbase EEA.



Rys. 3.3.9. Rozkład średnich rocznych stężeń  $\text{SO}_2$  [ $\mu\text{g}(\text{S})/\text{m}^3$ ] na poziomie tła regionalnego w Europie w 1999 r. wg obliczeń MSC-W EMEP. Źródło: EMEP – [www.emep.int](http://www.emep.int).

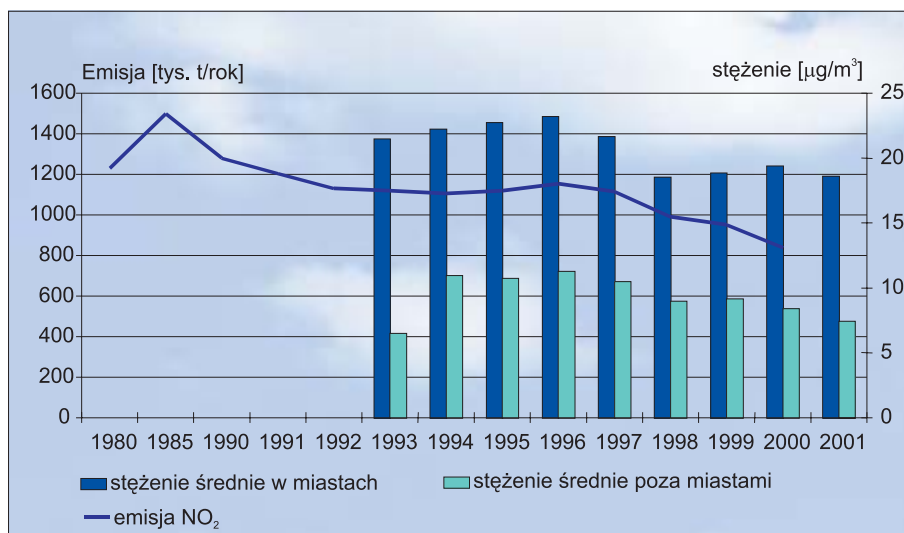
niem stacji komunikacyjnych), wynoszące  $18.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  było 2.5 razy wyższe niż poza miastami – gdzie jego wartość wynosiła  $7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Na stacjach komunikacyjnych w miastach (3 stanowiska  $\text{NO}_2$ ) przeciętne stężenie średnie roczne wynosiło  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

W układzie przestrzennym, podwyższone stężenia  $\text{NO}_2$  w Polsce występują na terenie GOP, w większości dużych miast w kraju oraz na obszarze „Czarnego Trójkąta” (rys. 3.3.1.).

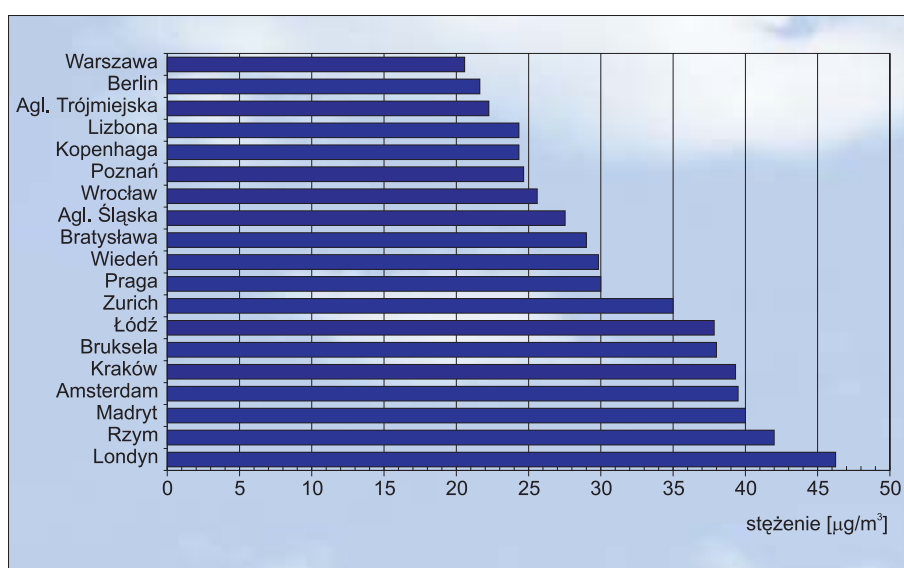
Emisja dwutlenku azotu w Polsce wykazuje ogólną tendencję malejącą od roku 1988. Spadkowa tendencja jest głównie wynikiem redukcji emisji z sektora energetyki zawodowej i przemysłowej – w mniejszym stopniu dotyczy źródeł mobilnych, mających istotny wpływ na jakość powietrza w miastach.

W rezultacie, w ostatnich latach w Polsce obserwuje się zmniejszanie się stężeń  $\text{NO}_2$  poza miastami i brak takiej





Rys. 3.3.10. Zmiany średnich rocznych stężeń NO<sub>2</sub> w Polsce uśrednionych w skali kraju (wg danych z sieci podstawowej) na tle zmian krajowej emisji. Źródło: PMS, MS.



Rys. 3.3.11. Średnie roczne stężenia NO<sub>2</sub> w największych miastach w Polsce na tle innych miast europejskich w 2000 r. (uśrednione wyniki pomiarów na stacjach znajdujących się poza bezpośrednim wpływem ruchu drogowego). Źródło: PMS, Airbase EEA.

tendencji w przypadku stężeń w miastach. Ilustrują to rysunki przedstawiające zmiany przeciętnych stężeń średnich rocznych, uśrednionych w skali kraju: w miastach i poza miastami (rys. 3.3.10.) oraz uśrednione wyniki pomiarów stężeń w największych miastach w Polsce (rys. 3.3.4. i 3.3.5.).

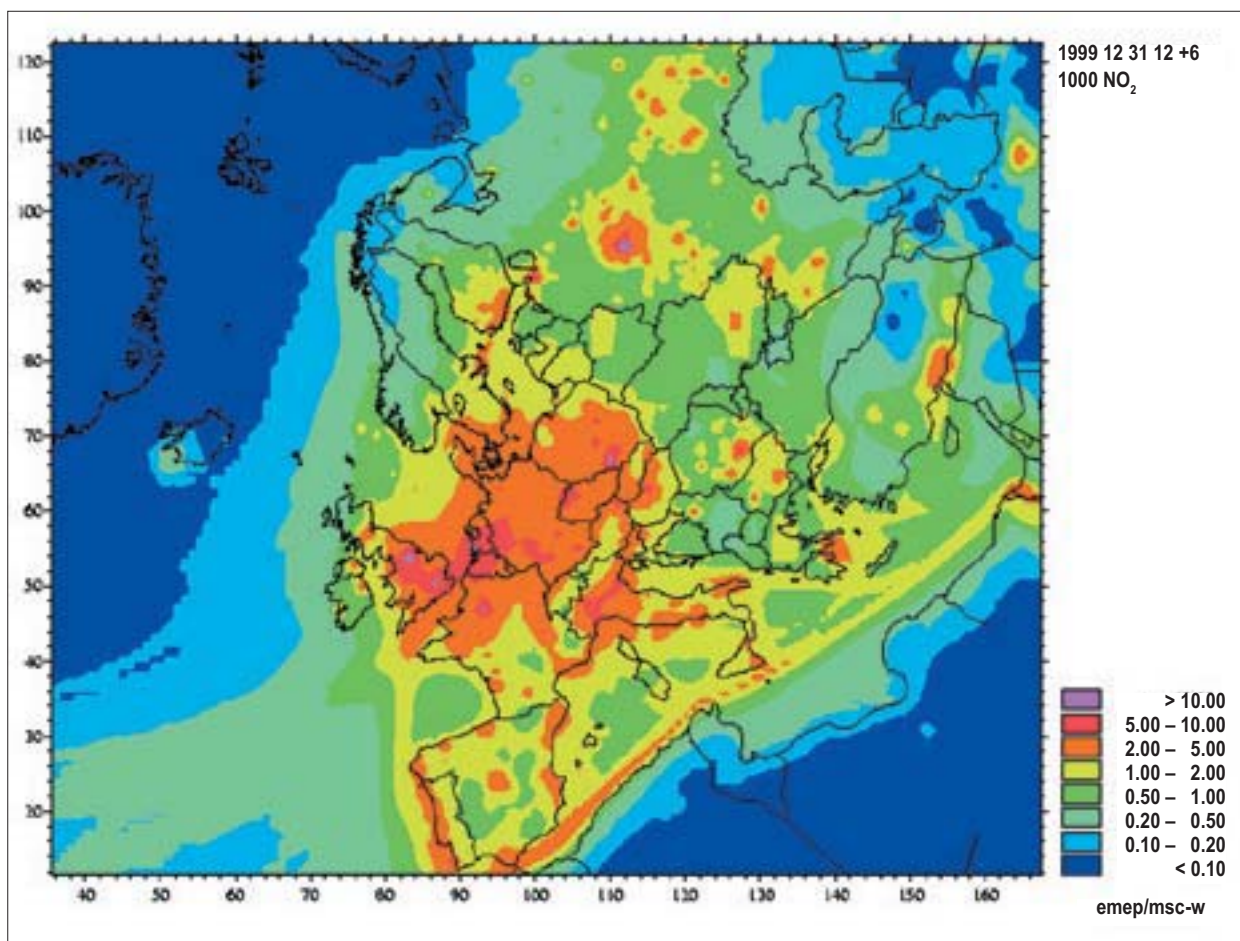
Zanieczyszczenie powietrza tlenkami azotu w miastach w Polsce stanowi mniejszy problem niż w wielu innych miastach europejskich. Wynika to głównie z bardzo dużego udziału pojazdów w emisji tlenków azotu w krajach UE (57%) i określonych warunków klimatycznych w niektórych z nich. Wysokie stężenia NO<sub>2</sub>, przekraczające wartości dopuszczalne w 1999 roku występowały w miastach Wielkiej Brytanii, zachodnich Niemiec, północnych Włoch oraz Hiszpanii. Średnie roczne stężenia NO<sub>2</sub> uzyskiwane z pomiarów na stacjach znajdujących się poza bezpośrednim wpływem ruchu drogowego, w największych miastach w Polsce są niższe niż w wielu innych wielkich miastach Europy (rys. 3.3.11.). Wyniki pomiarów na stacjach komunikacyjnych wskazują, że stężenia NO<sub>2</sub> w Krakowie, najwyższe spośród mierzonych w Polsce na bardzo nielicznych stacjach tego typu, są niższe od uzyskiwanych z pomiarów w bardzo wielu innych wielkich miastach Europy.

Stężenia NO<sub>2</sub> na poziomie tła regionalnego (poza miastami) występujące w Polsce nie różnią się od występujących na znacznym obszarze centralnej części Europy (rys. 3.3.12.).

#### Pył zawieszony

W ostatnich dziesięciu latach coraz większe zainteresowanie budzą drobne cząstki zawieszony w powietrzu – PM10 (frakcja o średnicy równoważnej ziaren mniejszej od 10 µm), uznawane za jedno z bardziej istotnych potencjalnych zagrożeń zdrowia związanych z zanieczyszczeniem powietrza. Według najnowszych badań, z punktu widzenia oddziaływania na zdrowie jeszcze większe zagrożenie mogą stanowić frakcje drobniejsze: PM2.5, PM1 a nawet PM0.1 (oznaczające odpowiednio ziarna o średnicach 2.5 µm, 1 µm oraz 0.1 µm) zawierające w swym składzie bardziej agresywne związki chemiczne.

Drobne cząstki zawarte w powietrzu (PM10 i mniejsze) są wprowadzane do atmosfery w wyniku emisji pierwotnej (w Europie głównie z elektrowni i elektrociepłowni opalanych węglem, ze spalania drewna, z silników Diesla i procesów przemysłowych) lub powstają w atmosferze w rezultacie reakcji i procesów zachodzących przy transpor-



Rys. 3.3.12. Rozkład średnich rocznych stężeń NO<sub>2</sub> [µg(N)/m<sup>3</sup>] na poziomie tła regionalnego w Europie w 1999 r. wg obliczeń MSC-W EMEP. Źródło: [www.emep.int](http://www.emep.int).

cie na większe odległości gazów: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> oraz lotnych związków organicznych LZO – emisja wtórna. W rejonach gdzie stężenia pyłu drobnego są wysokie, ich źródłem jest zwykle emisja pierwotna oraz podrywanie pyłu osadzonego na podłożu (w miastach pylenie ze źle zagospodarowanych terenów).

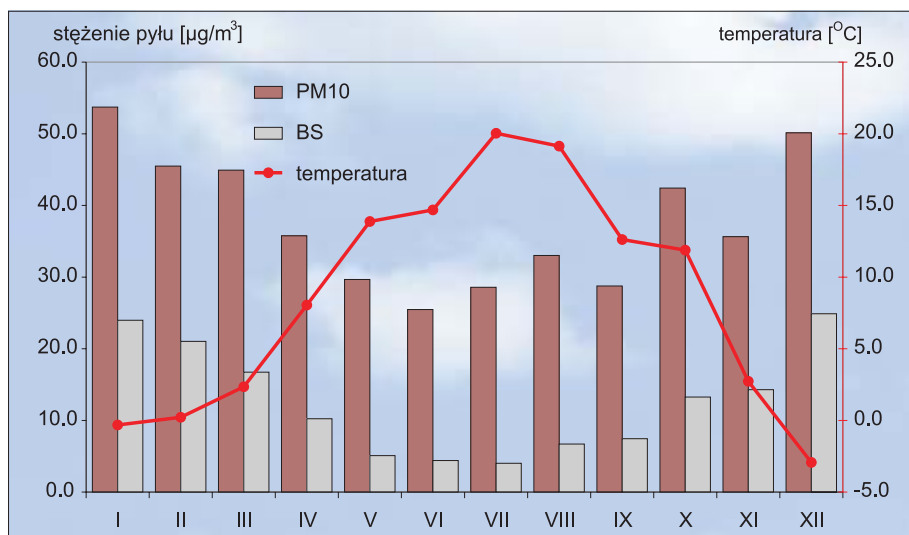
Stężenia pyłu PM<sub>10</sub> rejestrowane w Polsce, od wielu lat utrzymują się na dość wysokim poziomie, szczególnie w miastach, i znacznie częściej przekraczają wartości dopuszczalne niż np. SO<sub>2</sub> czy NO<sub>2</sub>. Według badań prowadzonych w 2001 roku w krajowej sieci stacji podstawowych, na około 70 procentach stacji w miastach nastąpiło przekroczenie dopuszczalnej wartości dla stężeń 24-godzinnych w skali roku (określonej w nowym rozporządzeniu Ministra Środowiska z czerwca 2002, znacznie ostrzejszej od obowiązującej dotychczas). Stężenia średnie roczne były wyższe od wartości dopuszczalnej na ok. 40 procentach stanowisk.

Poza miastami stężenia pyłu PM<sub>10</sub> (mierzone znacznie rzadziej) są wyraźnie niższe. Przeciętne stężenie średnie roczne w miastach, wynoszące 36.7 µg/m<sup>3</sup>, było w 2001 roku ponad 2.4 razy wyższe niż poza miastami, wynoszące 15.1 µg/m<sup>3</sup>. Na obszarach pozamiejskich przekroczenia dopuszczalnych stężeń pyłu PM<sub>10</sub>, poza rejonami lokalnych oddziaływań zakładów przemysłowych, praktycznie nie występują.

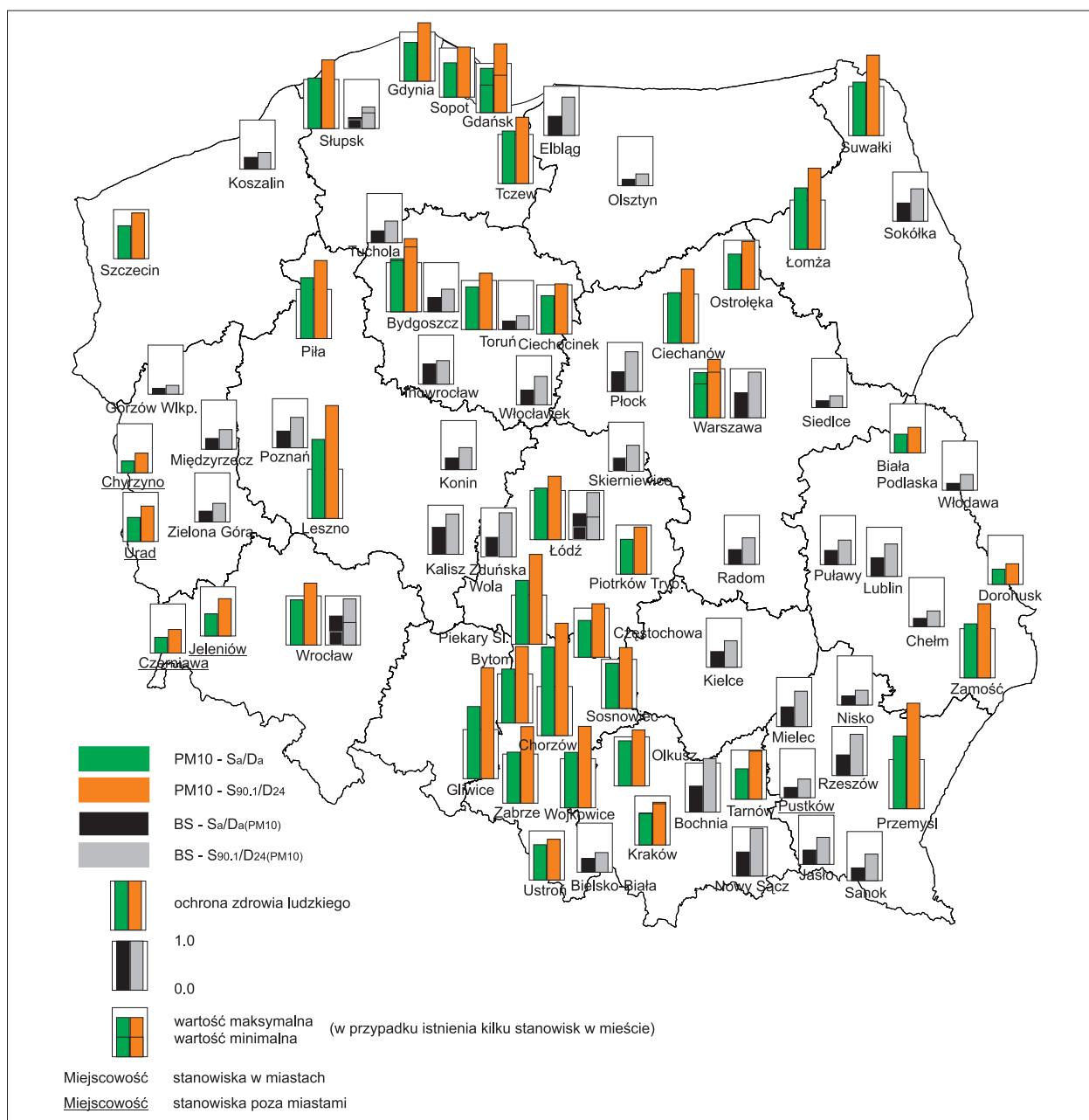
Pomiary stężeń pyłu PM<sub>10</sub> w Polsce stopniowo wypierają prowadzone dotychczas na szeroką skalę pomia-

ry stężeń pyłu oznaczanego metodą reflektometryczną (zaczernienia filtra). Nadal jednak w wielu miastach pomiary reflektometryczne stanowią jedyne źródło informacji o stężeniach pyłu w powietrzu. Stężenia pyłu oznaczanego tą metodą (określanego jako „black smoke” BS) są wyraźnie niższe. Najwyższe wartości średnie roczne uzyskane na stacjach sieci podstawowej w roku 2001 nie przekraczały połowy stężenia dopuszczalnego dla PM<sub>10</sub>. Mimo to, w niektórych rejonach uzyskano stężenia 24-godzinne BS bliskie przekroczenia wartości dopuszczalnej (powyżej 90% tej wartości na kilkunastu procentach stacji), a także pojedyncze nieliczne przypadki przekraczające dopuszczalną wartość dobową w skali roku. Pył oznaczany metodą reflektometryczną wykazuje w okresie roku zmienność typową dla zanieczyszczeń emitowanych głównie w wyniku spalania paliw. Jego stężenia w okresie zimowym są wyraźnie wyższe niż w miesiącach letnich – (rys. 3.3.13.). Różnica stężeń uśrednionych w okresie zimowym i ciepłym w miastach jest ponad dwukrotna. W przypadku pyłu PM<sub>10</sub> różnice te są na poziomie 30 procent.

Do rejonów o wysokich stężeniach pyłu PM<sub>10</sub> w Polsce należy obszar GOP (na większości znajdujących się tam stacji stężenia w 2001 roku były wyższe od nowej wartości dopuszczalnej, na niektórych nawet ponad dwukrotnie). Wysokie stężenia obserwuje się także w wielu miastach w innych rejonach kraju (rys. 3.3.14.).



Rys. 3.3.13. Średnie miesięczne wartości dobowych stężeń pyłu w miastach w 2001 r. wg pomiarów w sieci podstawowej. Źródło: PMS.



Rys. 3.3.14. Stosunek stężeń pyłu: PM10 i BS (percentyl S90.1 z wartości 24-godzinnych i stężenie średnie roczne) do wartości dopuszczalnych wg pomiarów w sieci podstawowej w 2001 r. Źródło: PMS.

Emisja pyłu w Polsce systematycznie maleje od 1989 r. – w roku 1999 była o 58% niższa niż w 1990. Stężenia pyłu PM10 (wartości przeciętne w skali kraju) wykazują ogólną tendencję spadkową od 1996 roku, w miastach i poza miastami. Ogólny spadek stężeń obserwuje się także w odniesieniu do pyłu oznaczanego metodą reflektometryczną – jednakże różnice pomiędzy stężeniami w ciągu ostatnich czterech lat są tu raczej niewielkie (rys. 3.3.15.).

W największych miastach w Polsce, w okresie 1996-2000 zaznaczała się malejąca tendencja stężeń pyłu PM10 w większości z nich. W niektórych zmniejszenie stężeń pyłu w tym okresie było wyraźne (rys. 3.3.4., rys. 3.3.5.). Należy do nich także Aglomeracja Śląska (rys. 3.3.6.). Wyniki pomiarów reflektometrycznych wskazują na utrzymywanie się stężeń pyłu na dość niskim poziomie, lecz bez wyraźnych tendencji malejących w większości wielkich miast, w których pomiary takie prowadzono (rys. 3.3.4., rys. 3.3.5.).

Stężenia PM10 wyższe od wartości dopuszczalnych (średnich rocznych i dobowych) określonych w przepisach UE i nowych przepisach polskich występują na terenie wielu miast w Europie. Szczególnie często notuje się przypadki przekroczenia bardzo rygorystycznej normy ustanowionej dla stężeń 24-godzinnych. Wartości dopuszczalnych stężeń są przekraczane na stacjach komunikacyjnych (pomiary w strefie bezpośredniego oddziaływania ruchu dro-

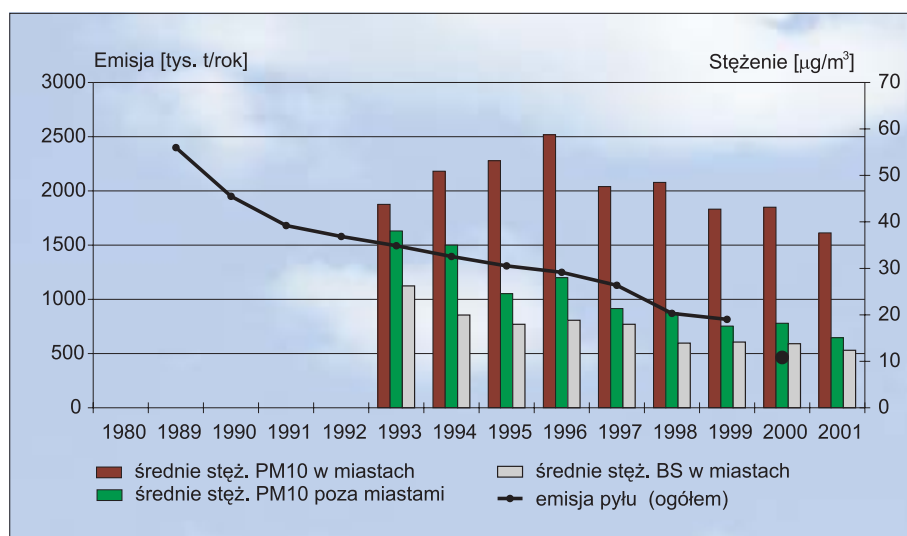
gowego) oraz na stacjach tła miejskiego, m.in. w wielkich miastach Czech, Hiszpanii a także Holandii. Stężenia pyłu w wielkich miastach w Polsce są jednak wyższe niż w wielu innych miastach Europy (rys. 3.3.16.).

Wysokie stężenia pyłu obserwuje się w niektórych rejonach Europy także na obszarach pozamiejskich – do rejonów tych zalicza się również obszar Górnego Śląska (rys. 3.3.17.).

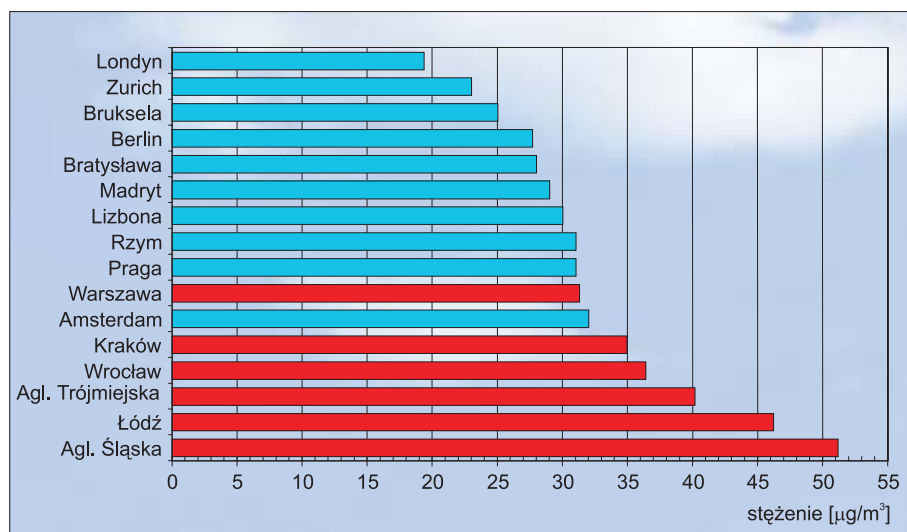
### Tlenek węgla

Tlenek węgla powstaje w wyniku niepełnego spalania paliw. W Polsce największe ilości tlenu węgla wydalanego do atmosfery pochodzą z procesów spalania w sektorze komunalno-bytowym oraz z transportu drogowego. Przeważająca część emisji pochodzi zatem z niskich źródeł, mających bezpośredni wpływ na wzrost stężeń w ich najbliższym otoczeniu – w terenach zabudowanych gdzie dominują indywidualne systemy ogrzewania opartego na węglu oraz w pobliżu dróg z dużym natężeniem ruchu (szczególnie w rejonach tworzenia się korków ulicznych).

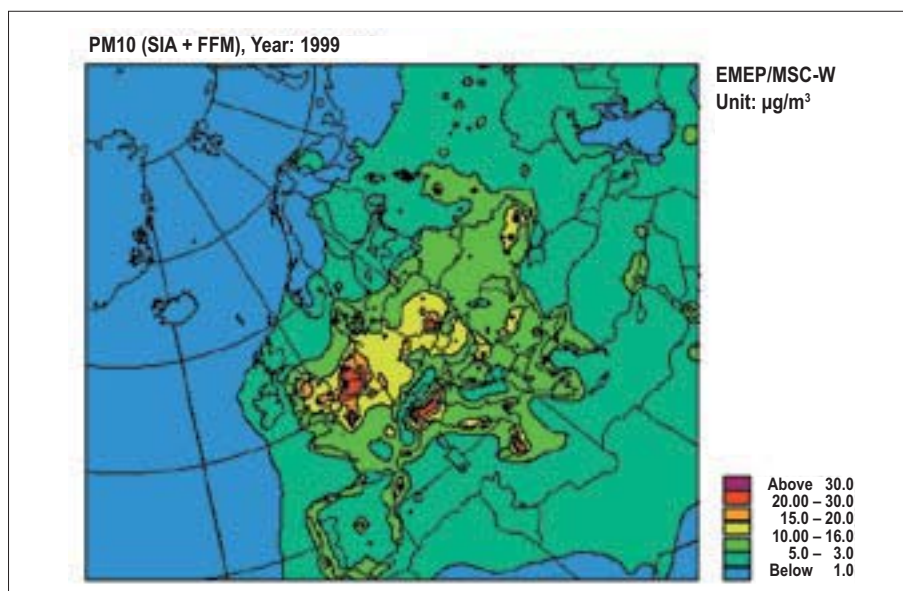
Pomiary stężeń tlenu węgla, wymagające mierników automatycznych, prowadzone są przede wszystkim w rejonach, gdzie istnieją automatyczne systemy monitoringu jakości powietrza: na Górnym Śląsku, w Aglomeracji



Rys. 3.3.15. Zmiany średnich rocznych stężeń pyłu w Polsce uśrednionych w skali kraju (wg danych z sieci podstawowej) na tle zmian krajowej emisji. (Uwaga: emisję za rok 2000 obliczono z wykorzystaniem nowej metody szacowania). Źródło: PMŚ, MŚ.



Rys. 3.3.16. Średnie roczne stężenia pyłu PM10 w największych miastach w Polsce na tle innych miast europejskich w 2000 r. (uśrednione wyniki pomiarów prowadzonych na stacjach znajdujących się poza bezpośrednim wpływem ruchu drogowego). Źródło: PMŚ, Airbase EEA.



Rys. 3.3.17. Rozkład średnich rocznych stężeń pyłu PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] na poziomie tła regionalnego w Europie w 1999 r. wg wstępnych obliczeń MSC-W EMEP. Źródło: EMEP – [www.emep.int](http://www.emep.int).

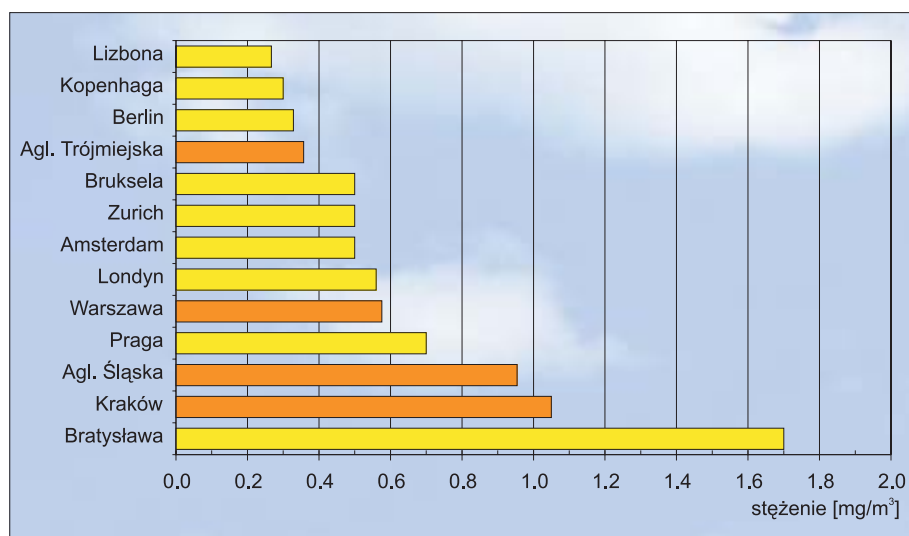


Rys. 3.3.18. Maksymalne stężenia 8-godzinne CO w miastach Europy w 1999 r. mierzone na stacjach tzw. „hot spot”, znajdujących się w strefie oddziaływania tras komunikacyjnych i zakładów przemysłowych. Źródło: „Air Quality in Europe 1999”; EEA 2002 .

Gdańskiej, w Krakowie, Warszawie, Kędzierzynie. W roku 2001 na żadnej ze stacji włączonych do sieci podstawowej normowane stężenia 8-godzinne (wartość średnia krocząca) nie przekraczały wartości dopuszczalnej określonej w nowych przepisach polskich i przepisach UE. Najwyższe stężenia (na poziomie 65% stężenia dopuszczalnego) rejestrowano na terenie Aglomeracji Śląskiej oraz na stacji komunikacyjnej w Krakowie.

Nie oznacza to jednak, że w Polsce nie istnieje problem podwyższonych stężeń CO. Jak pokazują badania na stacji komunikacyjnej w Krakowie, gdzie w roku 2000 normowana wartość stężenia CO była wyższa od dopuszczalnej,

głównie w krajach Europy Południowej (we Włoszech, Grecji, Hiszpanii, Portugalii). Pod tym względem sytuacja w Polsce wygląda korzystniej (rys. 3.3.18.). Krótkookresowe stężenia CO mierzone na stacjach nie narażonych na bezpośrednie oddziaływanie ruchu drogowego w miastach europejskich są z reguły niższe od dopuszczalnych (w 1999 roku na żadnej ze stacji nie zanotowano przekroczeń normy) – jakkolwiek w wielu miastach Europy Południowej są one wyższe niż uzyskane z pomiarów w Polsce. Wartości stężeń średnich rocznych CO (nie normowane) w niektórych wielkich miastach w Polsce są jednak wyższe niż w wielkich miastach Europy Zachodniej (rys. 3.3.19.).



Rys. 3.3.19. Średnie roczne stężenia CO w wybranych miastach w Polsce na tle innych miast europejskich w 2000 r. (uśrednione wyniki pomiarów na stacjach znajdujących się poza bezpośrednim wpływem ruchu drogowego). Źródło: PMŚ, Airbase EEA.

stężenia tlenku węgla mogą osiągać wysokie poziomy, nawet wyższe od dopuszczalnego, także w innych miastach w sąsiedztwie dużych tras komunikacyjnych z ograniczoną płynnością ruchu. Podwyższonych stężeń można się również spodziewać w rejonach zwartej zabudowy mieszkaniowej, gdzie dominują systemy indywidualnego ogrzewania budynków oparte na spalaniu węgla.

Poza miastami stężenia CO są znacznie niższe (na poziomie kilkunastu procent dopuszczalnego), z wyjątkiem obszaru Górnego Śląska (rys. 3.3.1.).

W ciągu ostatnich dziesięciu lat (1990-2000) krajowa emisja tlenku węgla zmalała ponad dwukrotnie. Pomiaru stężeń CO w Polsce prowadzone są na znacznie mniejszej liczbie stacji i obejmują znacznie krótszy okres niż w przypadku stężeń innych powszechnie występujących zanieczyszczeń, np. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> i pyłu. Dostępne dane świadczą jednak o malejącej tendencji stężeń CO w niektórych miastach w ostatnich latach, np. w Warszawie, Aglomeracji Gdańskiej, Krakowie, a także Aglomeracji Śląskiej (rys. 3.3.4; 3.3.5; 3.3.6.).

Wyraźne zmniejszenie stężeń tlenku węgla w powietrzu obserwuje się w ostatnich latach w wielu miastach europejskich. Wynika to przede wszystkim z podjętych w Europie Zachodniej intensywnych działań na rzecz redukcji emisji z pojazdów, stanowiących tu główne źródło zanieczyszczenia powietrza w miastach. Mimo to normowane stężenia krótkookresowe (8-godzinne) na stacjach komunikacyjnych są w wielu rejonach ciągle wyższe od wartości dopuszczalnych,

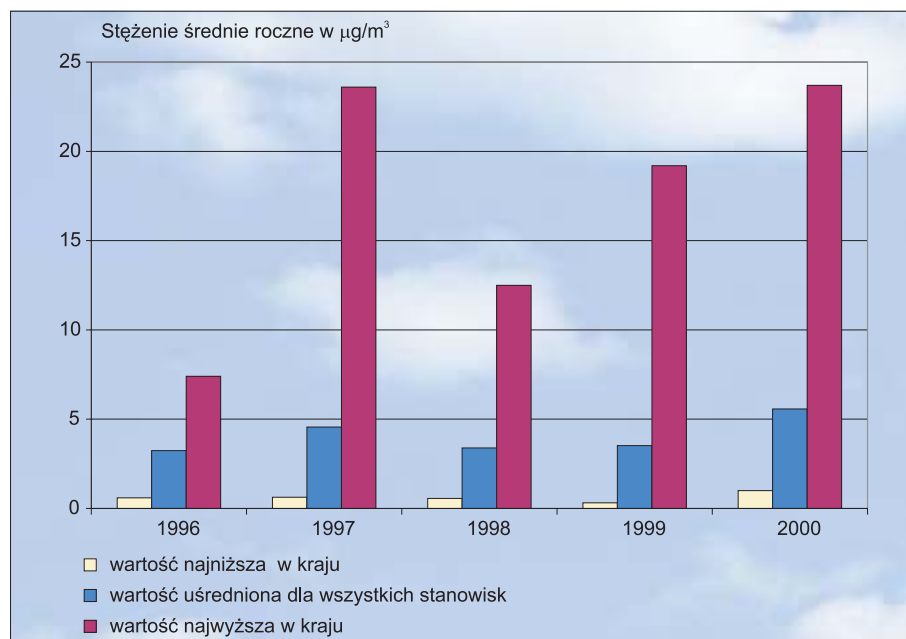
### Benzen

Benzen, zaliczany do grupy lotnych związków organicznych, jest najprostszym węglowodorem aromatycznym. Emitowany jest głównie z pojazdów samochodowych, stacji benzynowych i baz paliw oraz z procesów technologicznych, w których używane są rozpuszczalniki organiczne. Benzen wprowadzany jest również do atmosfery w wyniku niepełnego spalania węgla w piecach i paleniskach domowych. Emitowany jest też z koksowni i z zakładów petrochemicznych. Benzen jest substancją o działaniu rakotwórczym.

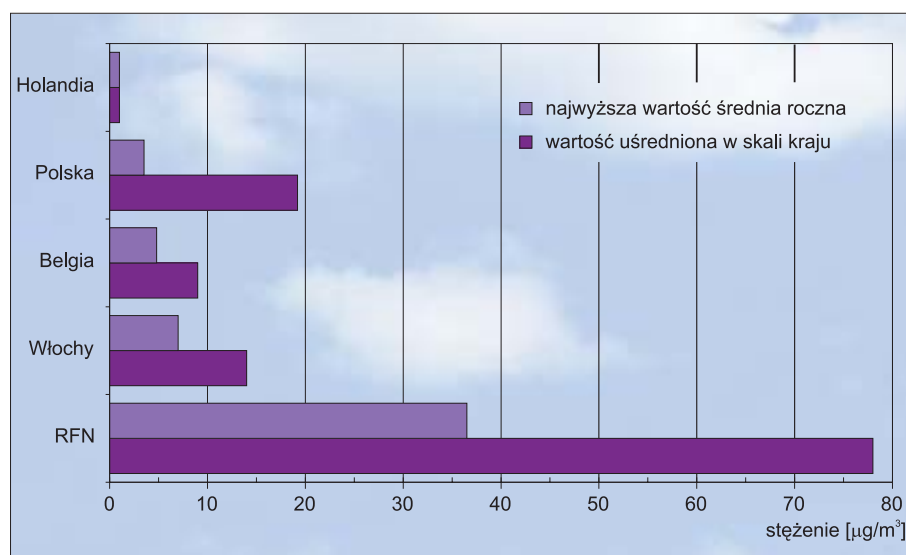
Pomiary stężeń benzenu w powietrzu prowadzone są w Polsce na bardzo nielicznych stacjach. Sieć pomiarowa obejmuje zaledwie kilkanaście stanowisk, znajdujących się na stosunkowo niewielkim obszarze kraju. Z tego względu prezentowane tu wyniki badań mają mniejszą reprezentatywność niż w przypadku innych omawianych zanieczyszczeń.

Średnie roczne stężenia benzenu uzyskiwane z pomiarów na poszczególnych stanowiskach wykazują znaczne różnice (rys. 3.3.20.). W roku 2000 stężenia wynosiły od 1 µg/m<sup>3</sup> do 24 µg/m<sup>3</sup>. Wartość dopuszczalnego stężenia (wynosząca 5 µg/m<sup>3</sup>) była przekroczona na 4 spośród 12 stanowisk pomiarowych uwzględnionych w analizie.

Wyniki pomiarów prowadzonych w Europie wskazują na znaczną rozpiętość stężeń benzenu w powietrzu w różnych krajach (rys. 3.3.21.). Stężenia notowane w Polsce w 1999 r. były znacznie niższe niż np. w RFN i wyższe niż w Holandii. Według ocen Europejskiej Agencji Środowiska



Rys. 3.3.20. Średnie roczne stężenia benzenu w Polsce w latach 1996-2000. Źródło: PMS.



Rys. 3.3.21. Średnie roczne stężenia benzenu w krajach europejskich w 1999 roku. Źródło: PMS, Airbase EEA.

w 1999 r. około 50% populacji Unii Europejskiej narażone było na ponadnormatywne stężenia benzenu. Od 2001 r. sytuacja w krajach UE powinna ulec poprawie w związku z ograniczeniem do 1% zawartości benzenu w benzynach.

### Ołów

Ołów jest jednym z metali ciężkich. Do organizmu dostaje się przede wszystkim z żywnością i wodą ale także podczas oddychania powietrzem zanieczyszczonym drobnym pyłem zawierającym ołów. U ludzi może powodować choroby układu nerwowego.

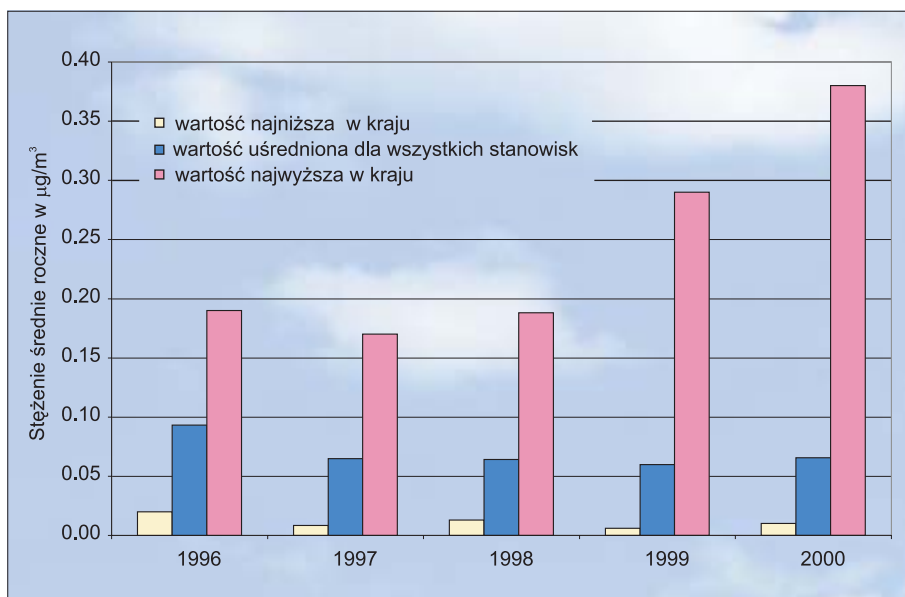
Ołów emitowany jest do atmosfery głównie z procesu spalania paliw i procesów technologicznych w przemyśle metalurgicznym. Znaczenie emisji ołowiu z silników samochodowych wyraźnie zmniejszyło się wraz z coraz mniejszym udziałem benzyn z dodatkiem ołowiu w rynku paliw (w 2000 r. udział ten nie przekraczał 7,5%).

Badania stanu zanieczyszczenia powietrza ołowiem prowadzone są w Polsce na stosunkowo niewielu stanowiskach

i na ograniczonym obszarze kraju. Według pomiarów prowadzonych w 2000 r. stężenia ołowiu na żadnym stanowisku nie przekraczały wartości dopuszczalnych. Na blisko 90 procentach stanowisk stężenia były niższe od  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , co stanowi 20% wartości dopuszczalnej. Średnie roczne stężenia ołowiu uzyskane z pomiarów na poszczególnych stanowiskach znacznie różnią się od siebie – w roku 2000 wynosiły od  $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (między innymi na dwóch stanowiskach w Warszawie) do  $0.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na stanowisku w Szczecinie.

Po silnym trendzie spadkowym stężeń obserwowanym w okresie 1990-1997, w kolejnych latach stężenia ołowiu uśrednione dla wszystkich stanowisk w kraju utrzymywały się w przybliżeniu na stałym poziomie ( $0.060$  do  $0.066 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – rys. 3.3.22.

W Europie stężenia ołowiu przewyższające  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  notowane są w pobliżu szlaków komunikacyjnych w krajach, gdzie w dalszym ciągu znaczący jest udział etylizowanych benzyn w rynku paliw, a także w otoczeniu instalacji przemysłowych z których emitowany jest ołów.



Rys. 3.3.22. Średnie roczne stężenia ozonu w Polsce w latach 1996-2000. Źródło: PMŚ.

### Ozon

Ozon jest głównym składnikiem grupy fotochemicznych zanieczyszczeń atmosfery. Powstaje w atmosferze pod wpływem promieniowania słonecznego w powietrzu zanieczyszczonym tlenkami azotu i węglowodorami, zwanymi prekursorami ozonu.

Tlenki azotu i węglowodory wprowadzane są do atmosfery przede wszystkim w wyniku działalności człowieka, chociaż w przypadku węglodorów, znaczna część emisji tych związków pochodzi z procesów i źródeł naturalnych (patrz rozdz. 3.1.). Tlenki azotu wprowadzane są do atmosfery przede wszystkim w wyniku spalania paliw a znaczący w tym udział ma emisja ze środków transportu. Węglowodory emitowane są do atmosfery głównie z procesów, w których wykorzystywane są rozpuszczalniki organiczne, ze środków transportu oraz z systemu produkcji i dystrybucji paliw. Na obszarach leśnych istotny udział w formowaniu ozonu mogą mieć naturalne emisje olejków eterycznych.

Zjawisko zanieczyszczenia powietrza ozonem ma charakter kontynentalny i sezonowy. Powietrze zanieczysz-

czone prekursorami ozonu może przemieszczać się na duże odległości. Zachodzi w nim ciąg reakcji fotochemicznych, które w określonych warunkach meteorologicznych (wysokiej temperatury i nasłonecznienia) mogą prowadzić do znacznego wzrostu stężenia ozonu w atmosferze. Podwyższone stężenia ozonu mogą być przy tym notowane nawet w znacznych odległościach od miejsc, gdzie zanieczyszczenia wprowadzone zostały do atmosfery, w tym często poza granicami kraju, z którego emisja prekursorów doprowadziła do wzrostu stężeń ozonu.

Podwyższone stężenia ozonu w dolnej części troposfery notowane są w sezonie ciepłym w większości krajów Europy, w szczególności w jej części południowej, gdzie notuje się poziomy stężeń przekraczające wartości dopuszczalne.

Ozon jest silnym utleniaczem – u osób wrażliwych podwyższone stężenia ozonu mogą powodować podrażnienie górnych dróg oddechowych i oczu, kaszel, ból głowy. U roślin podwyższone stężenia ozonu mogą powodować uszkodzenia ich części zielonych. Mając powyższe na uwadze określone zostały dopuszczalne poziomy zanieczyszczenia powietrza przez ozon.

Tabela 3.3.1. Stężenia dopuszczalne ozonu według uregulowań i zaleceń WHO, UE i Polski. Źródło: PMŚ.

Uregulowanie	Parametr	Wartość dopuszczalna (zalecana)	Dozwolona częstość przekrocze
Wytyczne WHO	stężenie 8-godz. kroczące	120 µg/m <sup>3</sup>	-
Dyrektywa Unii Europejskiej 92/72/EEC	stężenie 8-godz. kroczące; stężenie 8-godz. z godzin: 0-8,8-16, 16-24,12-20	110 µg/m <sup>3</sup>	-
Dyrektywa Unii Europejskiej 2002/3/EC	dzienne maksimum ze stężeń 8-godz. kroczących	120 µg/m <sup>3</sup>	25 razy w roku jako średnia z 3 lat (wartość docelowa do osiągnięcia w 2010 r.
Rozporządzenie MOŚZNiL z 28.04.1998	stężenie 8-godz. z godzin 10-18	110 µg/m <sup>3</sup>	-
Rozporządzenie MŚ z dnia 6.06.2002	dzienne maksimum ze stężeń 8-godz. kroczących	120 µg/m <sup>3</sup>	do 2004 r.: 60 razy w roku od 2005 r.: 25 razy w roku



Dodatkowo, zarówno w aktualnych przepisach polskich, jak i Unii Europejskiej wprowadzono tzw. próg informowania ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i alarmu ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dla stężeń 1-godz. ozonu.

Stopień narażenia roślin określa się za pomocą parametru AOT 40<sup>1</sup>. Wartość dopuszczalna tego parametru określona jest w Polsce rozporządzeniem MŚ na poziomie  $24\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$  (do 2009 roku), a w krajach Unii Europejskiej dyrektywa 2002/3/EC na poziomie  $18\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$  (jako wartość docelową do osiągnięcia w 2010 r.).

Wyniki pomiarów stężeń ozonu przedstawione w dalszej części odnoszono do poziomów dopuszczalnych stężeń wprowadzonych rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 6.06.2002.

W Polsce nie notuje się bardzo wysokich stężeń ozonu, chociaż każdego roku powtarza się od kilku do kilkunastu parodniowych okresów, w których występują podwyższone stężenia tego zanieczyszczenia, najczęściej jednocześnie na znacznym obszarze kraju (rys. 3.3.23.).

Podwyższone stężenia ozonu występują z reguły w okresie od kwietnia do sierpnia. Najwyższe stężenia notowane są w godzinach popołudniowych w dniach z intensywnym nasłonecznieniem, wysoką temperaturą powietrza, szczególnie jeżeli taka sytuacja meteorologiczna trwa już od kilku dni i dodatkowo napływa powietrze z rejonów, gdzie wprowadzane są do atmosfery znaczne ilości tlenków azotu i węglowodorów. W miastach stężenia ozonu zwykle osiągają wyższe wartości na ich obrzeżach gdyż w centrach miast o intensywnym ruchu samochodowym ozon jest redukowany w wyniku reakcji z tlenkiem azotu (NO) emitowanym z silników pojazdów.

Próg informowania ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) w Polsce w 2001 r. przekraczany był rzadziej niż w większości krajów Europy Centralnej i Południowej; natomiast częściej niż w Europie Północnej (rys. 3.3.24. i 3.3.25.).

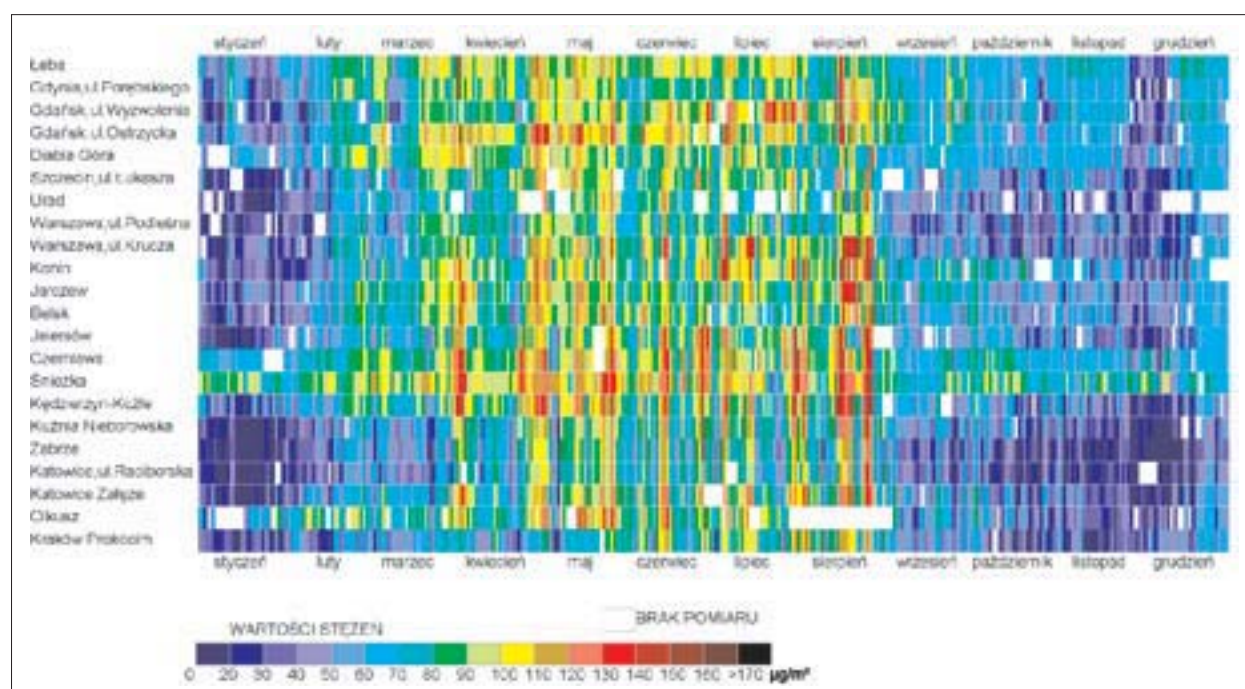
Badania zanieczyszczenia powietrza ozonem w największych miastach w Polsce w 2000 r. pokazały, że poziom notowanych w nich stężeń był zbliżony do poziomów rejestrowanych w największych miastach Europy Zachodniej i Centralnej, niższy niż w miastach Europy Południowej (rys. 3.3.24., 3.3.25., 3.3.26.).

Na wszystkich stanowiskach pomiarowych sieci podstawowej w 2001 r. stężenia ozonu nie przekraczały polskich wartości dopuszczalnych (rys. 3.3.27.), jednocześnie na 18% stanowisk przekroczone były stężenia dopuszczalne (docelowe dla roku 2010) określone dyrektywą 2002/3/EC Unii Europejskiej. Na wszystkich stanowiskach stężenia ozonu nie przekraczały dopuszczalnego poziomu określonego ze względu na narażenie roślinności (według standardów polskich i UE).

Przebiegi stężeń ozonu, w tym częstość występowania szkodliwych – wysokich wartości stężeń, różnią się znacznie w kolejnych latach. Różnice te wynikają głównie z różnych częstości występowania i stopnia nasilenia warunków meteorologicznych sprzyjających tworzeniu ozonu w atmosferze. W związku z powyższym trudno jednoznacznie określić trend w zagrożeniu wysokimi stężeniami ozonu. Obserwuje się natomiast stały wzrost stężeń średnich rocznych ozonu – w Europie stężenia te wzrosły ok. dwukrotnie od początku XX wieku<sup>2</sup>. Tendencję tę potwierdzają też pomiary prowadzone w ciągu ostatnich kilku lat w Polsce.

<sup>1</sup> AOT 40 oznacza sumę różnic pomiędzy stężeniem średnim jednogodzinnym wyrażonym w  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a wartością  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dla każdej godziny w ciągu doby pomiędzy godziną 8.00 a 20.00 czasu środkowoeuropejskiego, dla której stężenie jest większe niż  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

<sup>2</sup> [http://www.emep.int/index\\_pollutants.html](http://www.emep.int/index_pollutants.html)

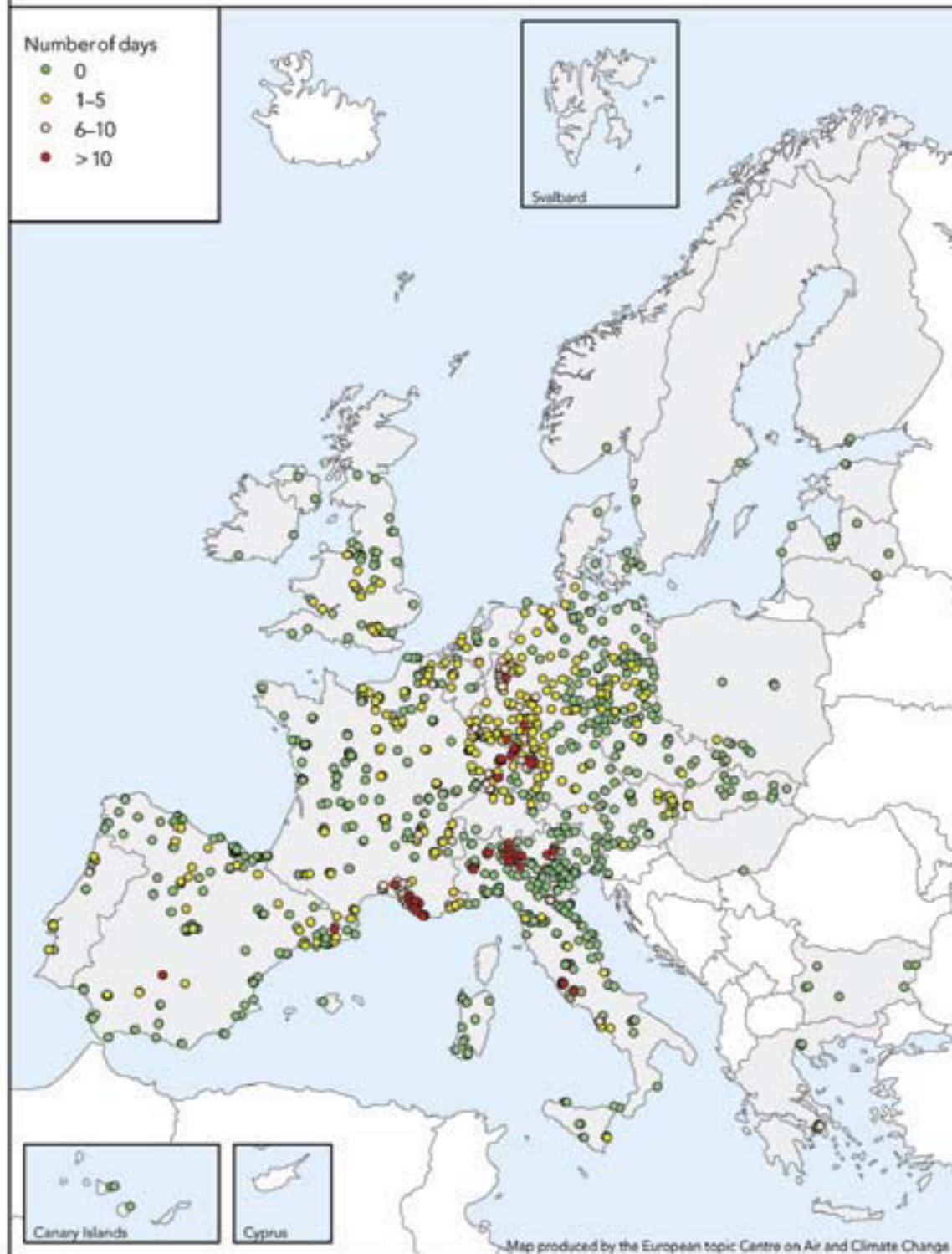


Rys. 3.3.23. Stężenia maksymalne 8-godz. ozonu notowane w poszczególnych dniach 2001 r. na stacjach sieci podstawowej. Źródło: PMŚ.

Number of exceedances of the threshold value for the information of the public (1h ozone concentration  $> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) observed at urban/street stations and stations of unspecified type in the EU and other countries, summer 2001 (April–August)

### Exceedance of the $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ozone threshold Urban, street and other stations

Reference period: summer 2001 (April–August)

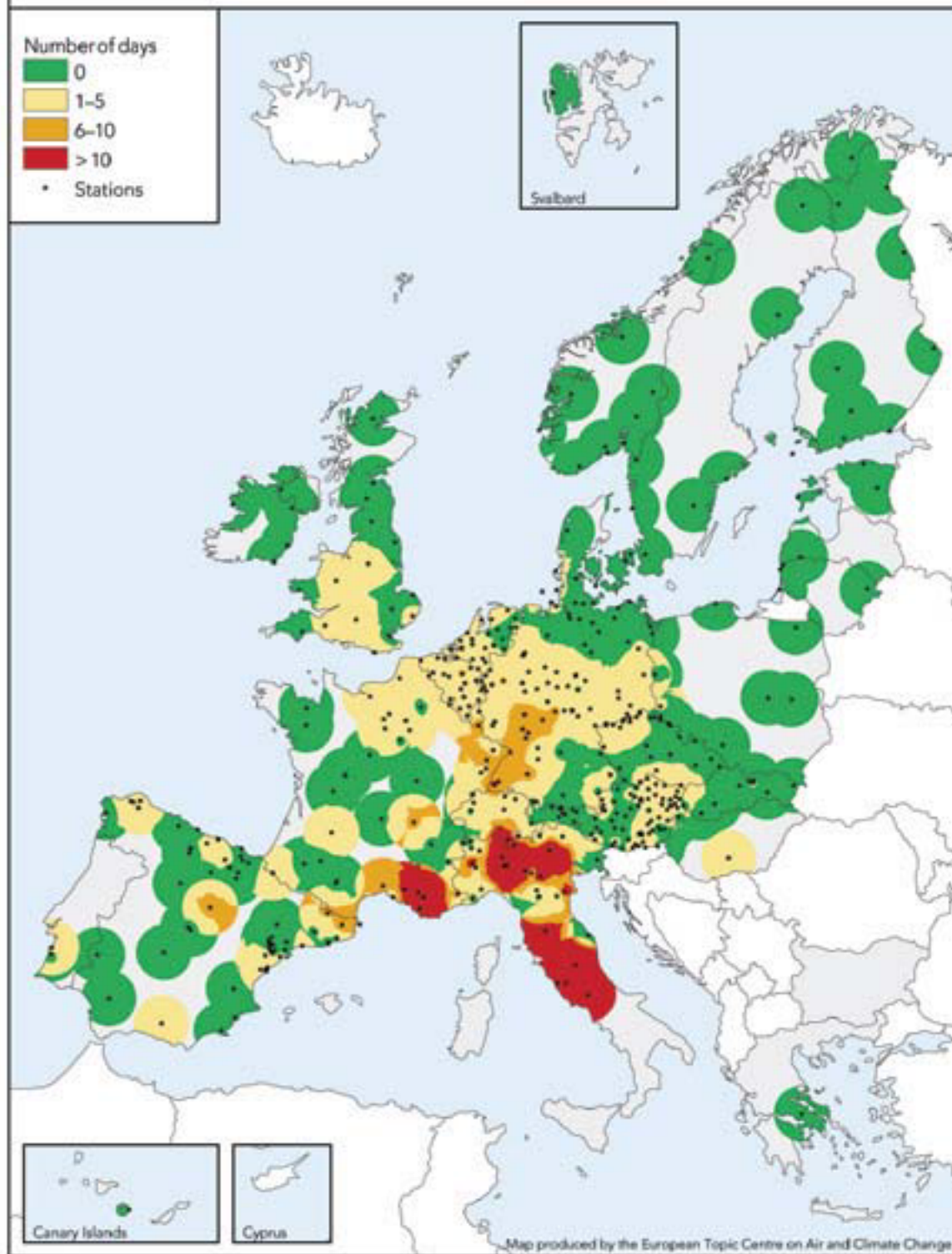


Rys. 3.3.24. Liczba dni z przekroczeniami stężenia  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  przez stężenia 1-godz. ozonu w 2001 r. na stanowiskach zlokalizowanych w miastach. Źródło: *Air pollution by ozone in Europe in summer 2001*.

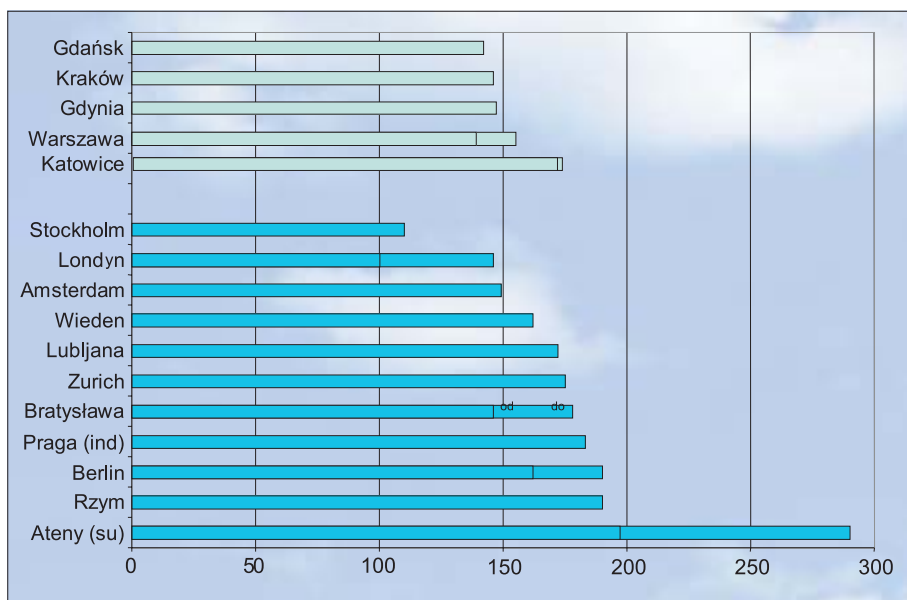
Number of exceedances of the threshold value for the information of the public  
(1h ozone concentration  $> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) observed at background station, summer 2001 data (April–August),  
interpolated using inverse distance weighting, cut-off distance of 100 km

### Exceedance of the $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ozone threshold Interpolated 100 km around rural stations

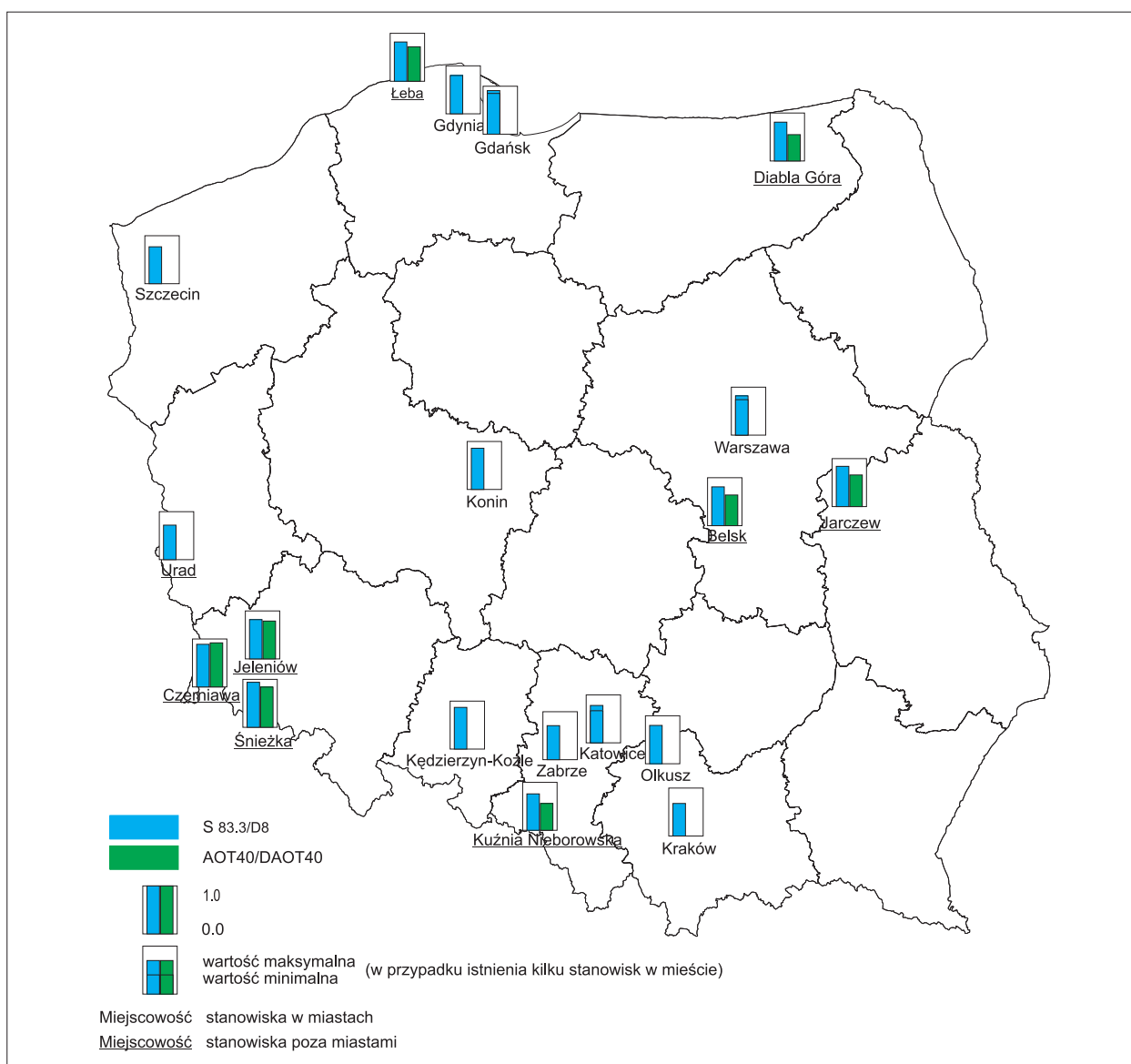
Reference period: summer 2001 (April–August)



Rys. 3.3.25. Liczba dni z przekroczeniami stężenia  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  przez stężenia 1-godz. ozonu w 2001 r. na stanowiskach pozamiejskich.  
Źródło: *Air pollution by ozone in Europe in summer 2001*.



Rys. 3.3.26. Percentyle S99.9 z serii pomiarów stężeń 1-godz. ozonu na stacjach tła miejskiego<sup>3</sup> w 2000 r. na podstawie danych zgromadzonych przez Europejską Agencję Środowiska w systemie Airbase. Źródło: PMS, EEA.



Rys. 3.3.27. Stosunek percentyla S83.3 (wartości normowanej) z dziennych maksimów stężeń 8-godz. ozonu do wartości dopuszczalnej  $D_8$  określonej ze względu na narażenie ludzi oraz stosunek wartości parametru AOT 40 do wartości dopuszczalnej tego parametru określonej ze względu na narażenie roślinności wg pomiarów w sieci podstawowej w 2001 r. Źródło: PMS.

<sup>3</sup> Praga: stacja zlokalizowana na terenie znajdującym się pod wpływem przemysłu; Ateny: stacje podmiejskie

### 3.4. Inicjatywy podejmowane na rzecz poprawy jakości powietrza

Zachodzące w Polsce korzystne zmiany stanu środowiska, w tym jakości powietrza, są efektem wieloletniej aktywnej polityki państwa w tej dziedzinie. Stosowane instrumenty prawne i ekonomiczne, a także zakrojona na szeroką skalę edukacja, podniosły świadomość społeczeństwa i przedsiębiorców. Ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska z 1980 r. wraz z aktami wykonawczymi była wielokrotnie nowelizowana. W 2001 r. weszła w życie nowa ustawa – Prawo ochrony środowiska (w tym powietrza), mająca na celu zapewnienie zgodności polskich przepisów z dyrektywami Unii Europejskiej.

Zaobserwowane zmiany w środowisku naturalnym, spowodowane nadmierną emisją zanieczyszczeń powietrza, już w roku 1979 skłoniły społeczność międzynarodową do podpisania w Genewie w ramach EKG ONZ *Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości*, którą Polska ratyfikowała w 1985 r.

Do konwencji genewskiej w kolejnych latach sporządzono protokoły zobowiązujące do ograniczenia emisji niektórych substancji. W roku 1999 podpisano w Göteborgu ósmy z kolei protokół w sprawie przeciwdziałania zakwaszeniu, eutrofizacji i ozonowi przyziemnemu. W nowym protokole

określono limity emisji dla dwutlenku siarki, tlenków azotu, lotnych związków organicznych i amoniaku, które należy spełnić do roku 2010. Postanowiono, że strony protokołu mające większe problemy ze szkodami powstającymi w środowisku i szkodliwym wpływem na zdrowie mieszkańców spowodowanymi przez zanieczyszczenia powietrza, a także w tych, w których redukcja emisji jest względnie tania, przyjmą na siebie większe zobowiązania. Dokument ten określa również normy emisji dla pewnych źródeł (w tym energetyki, pralni chemicznych, samochodów) oraz wymaga stosowania najlepszych dostępnych technik (BAT). Nowością jest zobowiązanie do ograniczenia emisji amoniaku pochodzącego z rolnictwa.

Przewiduje się, że pełne wdrożenie protokołu spowoduje w Europie spadek emisji siarki, o co najmniej 63%, tlenków azotu o 41%, lotnych związków organicznych o 40% i amoniaku o 17% w odniesieniu do roku 1990.

Polska, po ratyfikacji protokołu, będzie zobowiązana do ograniczenia emisji w stosunku do roku 1990:

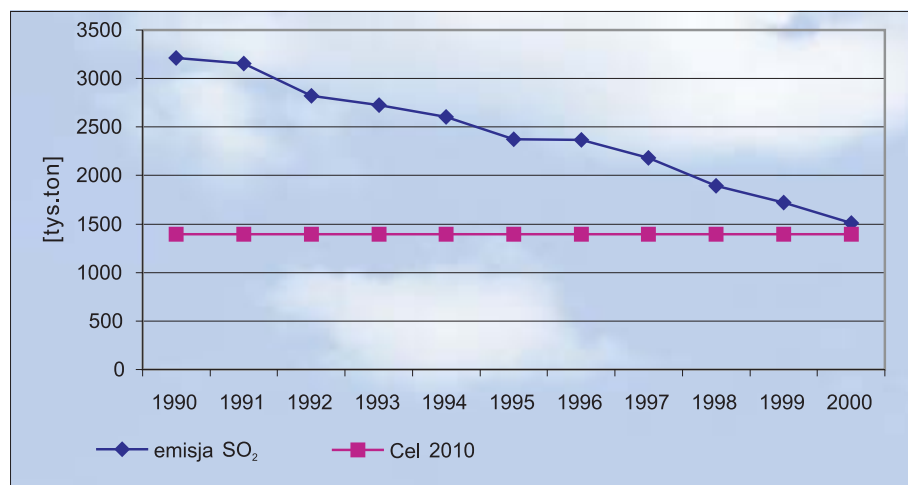
SO<sub>2</sub> do poziomu 1397 Gg, co odpowiada 56% redukcji emisji;

NO<sub>2</sub> – do 879 Gg, czyli redukcji emisji o 31%;

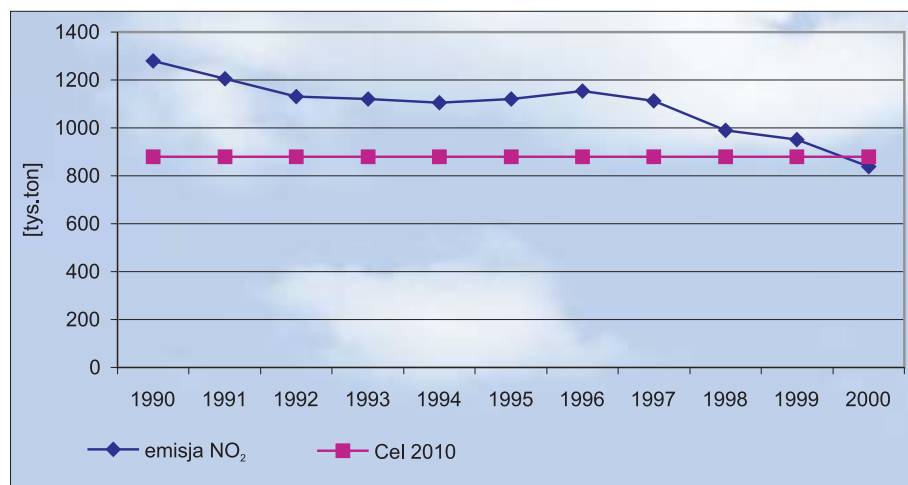
LZO – do 800 Gg, czyli redukcji o 4%;

NH<sub>3</sub> – do 468 Gg, czyli redukcji o 8%.

Polska osiągnęła już cel drugiego protokołu siarkowego i protokołu z Göteborga przewidziany na rok 2005 i wy-



Rys. 3.4.1. Trendy emisji SO<sub>2</sub> w Polsce na tle zobowiązań wynikających z zapisów protokołu z Göteborga. Źródło: MŚ, EMEP.



Rys. 3.4.2. Trendy emisji NO<sub>2</sub> w Polsce na tle zobowiązań wynikających z zapisów protokołu z Göteborga. Źródło: MŚ, EMEP.

noszący 2173 tys. ton i zbliża się do poziomu przewidzianego na rok 2010.

Jak widać z wykresu Polska osiągnęła już cel emisji  $\text{NO}_2$  przewidziany na rok 2010. Istnieje jednak niebezpieczeństwo, że dalszy, intensywny rozwój motoryzacji może spowodować wzrost emisji  $\text{NO}_2$ .

W chwili obecnej Polska charakteryzuje się znacznie niższą emisją LZO aniżeli poziom określony dla Polski na rok 2010.

W przypadku amoniaku aktualna emisja jest niższa od poziomu określonego dla Polski w protokole z Göteborga. Emisja  $\text{NH}_3$  pochodzi prawie wyłącznie z rolnictwa, głównie chowu zwierząt gospodarskich i jest związana ściśle z pogłowiem zwierząt. Trudno zatem ocenić jej prawdopodobną wielkość w roku 2010, ponieważ brak jest prognoz rolniczych na ten okres. Prawdopodobnie będzie ona wynikała z kwot produkcyjnych przyznanych Polsce po wstąpieniu do Unii Europejskiej.

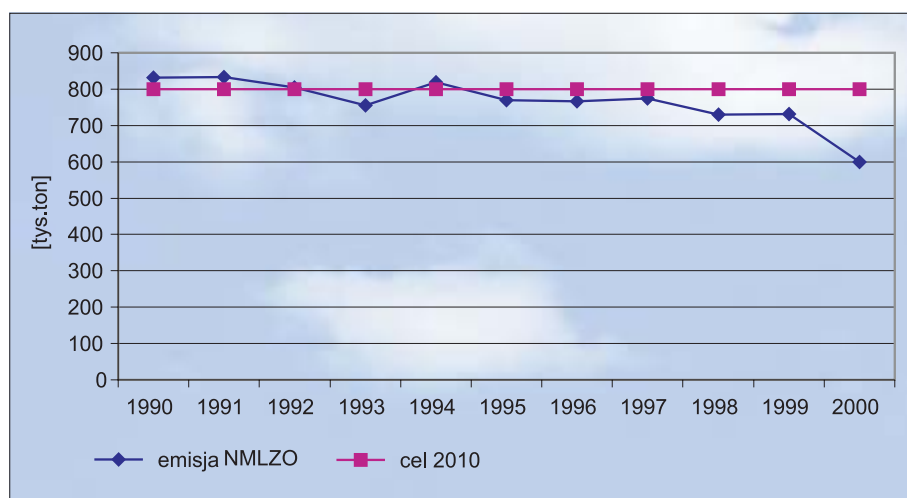
W celu ochrony zdrowia sporządzono jeszcze dwa protokoły do konwencji genewskiej, podpisane w Aarhus w 1998 r.

Pierwszy z nich dotyczy ograniczenia emisji metali ciężkich – kadmu, ołowiu i rtęci, poprzez wprowadzenie norm emisji dla określonych źródeł, norm zawartości ołowiu w etylinach oraz rtęci w bateriach alkaliczno-magnezowych.

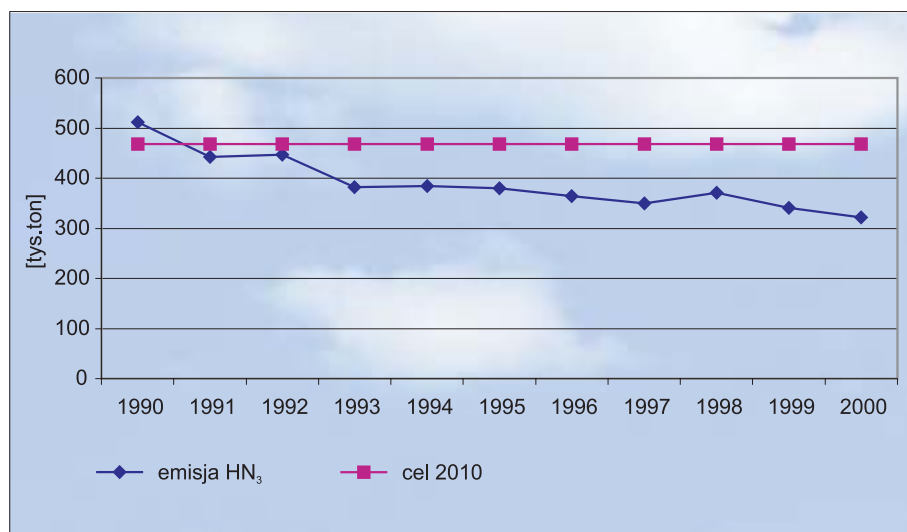
Drugi jest poświęcony trwałym związkom organicznym, w tym ograniczeniu emisji: wielopierścieniowych węglowo-

dorów aromatycznych, reprezentowanych przez 4 związki wskaźnikowe – benzo[a]piren, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten i indeno[1,2,3-cd]piren, dioksyn i furanów, sześciochlorobenzenu. Ponadto protokół ten zobowiązuje do zaprzestania produkcji i użytkowania 12 substancji, głównie pestycydów, w tym DDT.

Pozytywnym efektem prowadzącym do poprawy jakości powietrza, a wynikającym ze wzrostu świadomości ekologicznej i ekonomicznej, są różnorodne działania podejmowane na szczeblu lokalnym. Szczególnie w miastach istotne znaczenie ma zastępowanie indywidualnych palenisk węglowych siecią gazową i zwiększeniem zasięgu sieci ciepłej. W miarę posiadanych środków, często przy wsparciu funduszy ekologicznych, wdraża się przedsięwzięcia prowadzące do ograniczenia zużycia energii, takich jak termomodernizacja budynków, uszczelnianie lub wymiana okien, termoizolację sieci ciepłowniczych. Na terenach rolniczych zastępuje się stare, nisko sprawne kotły węglowe, kotłami na biomasę. Coraz popularniejsze stają się również stosowanie baterii słonecznych do podgrzewania wody użytkowej, czy pomp ciepła do ogrzewania pomieszczeń. Na obszarach występowania wód geotermalnych są podejmowane skuteczne próby jej wykorzystania w gospodarce komunalnej (np. Geotermia Podhalańska czy Geotermia Pyrzycka). W coraz większym zakresie wykorzystuje się również energię wiatru, głównie na Pomorzu oraz Warmii i Mazurach.



Rys. 3.4.3. Trendy emisji niemetanowych lotnych związków organicznych na tle zobowiązań wynikających z zapisów protokołu z Göteborga. Źródło: MŚ, EMEP.



Rys. 3.4.4. Trendy emisji  $\text{NH}_3$  na tle zobowiązań wynikających z zapisów protokołu z Göteborga. Źródło: MŚ, EMEP.

### 3.5. Wnioski

Podstawowym czynnikiem determinującym jakość powietrza jest emisja zanieczyszczeń – jej wielkość, rozkład przestrzenny, wysokość źródeł. W ciągu ostatnich dziesięciu lat w Polsce nastąpił znaczący spadek krajowej emisji większości zanieczyszczeń. W latach 1990-2000 emisja: dwutlenku siarki, tlenku węgla, pyłu oraz ołowiu zmniejszyła się ponad dwukrotnie, tlenków azotu o ponad 1/3; niemetalicznych lotnych związków organicznych o blisko 30%.

Zmiany te były przede wszystkim wynikiem szeregu celowych działań podejmowanych na rzecz ograniczania emisji. W przypadku niektórych zanieczyszczeń, dodatkowym czynnikiem wpływającym na zmniejszenie emisji była transformacja gospodarcza i związane z nią zmiany strukturalne w przemyśle. Spadkowa tendencja emisji obserwowana w ostatnich kilku latach w Polsce jest głównie wynikiem redukcji emisji z sektora energetyki zawodowej i przemysłowej – w mniejszym stopniu dotyczy źródeł mobilnych (głównie pojazdów samochodowych) mających istotny wpływ na jakość powietrza w miastach.

Zmniejszenie ilości zanieczyszczeń emitowanych do powietrza wpłynęło na ogólną poprawę jakości powietrza w skali kraju. Dynamika obserwowanych zmian stężeń jest jednak dość zróżnicowana – dla różnych zanieczyszczeń i obszarów.

W odniesieniu do większości zanieczyszczeń, w okresie ostatnich kilku lat obserwuje się malejący trend stężeń w skali kraju. Wyraźny spadek stężeń nastąpił w przypadku  $\text{SO}_2$ , zarówno w miastach jak i poza miastami. Szczególnie widoczne korzystne zmiany zaszły na terenach zaliczanych do najbardziej zanieczyszczonych i zagrożonych w Polsce – Górnego Śląska i „Czarnego Trójkąta”. W tym ostatnim przypadku, poprawa sytuacji była efektem redukcji emisji  $\text{SO}_2$  nie tylko ze źródeł znajdujących się na obszarze Polski, ale także na terenie Niemiec i Czech.

Malejącą tendencję stężeń, w miastach i poza miastami, obserwuje się również w przypadku pyłu PM10.

W odniesieniu do  $\text{NO}_2$  obserwuje się zmniejszanie się stężeń poza miastami i brak takiej tendencji w miastach.

Obecnie, jakość powietrza w Polsce można generalnie określić jako dobrą. Prowadzone w ramach PMŚ badania stanu zanieczyszczenia powietrza wykazują, że w ostatnich latach stężenia  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , CO oraz pyłu BS (pomiaru refraktometryczne) są z reguły niskie, znacznie niższe od wartości dopuszczalnych. Przekroczenia wartości dopuszczalnych nie są rejestrowane lub ich występowanie, rejestrowane rzadko, ma charakter lokalny, ograniczony do obszarów narażonych na bezpośrednie oddziaływanie źródeł emisji rozważanych zanieczyszczeń. W przypadku  $\text{NO}_2$ , CO, a także benzenu i ołowiu, obszarami podwyższonych stężeń (niekiedy przekraczających wartości dopuszczalne) są tereny położone w bezpośrednim sąsiedztwie ulic miejskich o dużym natężeniu ruchu.

Zanieczyszczeniem powszechnie występującym, którego stężenia w powietrzu nadal pozostają dość wysokie i dość często przekraczają wartości dopuszczalne, szczególnie w miastach (minio znacznej redukcji emisji

i korzystnych zmian stężeń) jest pył zawieszony PM10. Występowanie wysokich stężeń dotyczy również ozonu. Oba zanieczyszczenia ciągle stanowią istotny, nierozwiązany problem w większości krajów w Europie.

Warto nadmienić, że ogólnie dobra ocena jakości powietrza w skali kraju nie oznacza braku rejonów gdzie stężenia określonych zanieczyszczeń nadal utrzymują się na podwyższonym poziomie i gdzie konieczne jest podejmowanie bardziej intensywnych działań, głównie o charakterze lokalnym, na rzecz poprawy sytuacji.

Jednym z założeń polityki ekologicznej państwa jest dalsze ograniczanie ilości zanieczyszczeń emitowanych do powietrza. Bez wątpienia przyczyni się to do dalszej poprawy jakości powietrza. Można jednak oceniać, że rozwiązanie niektórych problemów obecnie występujących będzie wymagało długiego okresu czasu.

Na podstawie analizy dynamiki zmian emisji i towarzyszących im zmian stężeń poszczególnych zanieczyszczeń, obserwowanych w ostatnich latach w Polsce, można przyjąć prawdopodobne kierunki zmian jakości powietrza w najbliższych latach.

W przypadku  $\text{SO}_2$  można oczekiwać dalszej poprawy jakości powietrza, szczególnie, choć nie wyłącznie, w rezultacie podejmowanych inicjatyw lokalnych na rzecz zmniejszenia emisji, w tym redukcji emisji z niskich źródeł sektora komunalno-bytowego.

W odniesieniu do zanieczyszczeń, dla których znaczącym źródłem emisji są pojazdy:  $\text{NO}_2$ , CO i benzenu – nie należy oczekiwać szybkiej poprawy sytuacji w miastach. Stężenia tych zanieczyszczeń, szczególnie w bezpośrednim sąsiedztwie ulic, mogą utrzymywać się na obecnym poziomie lub nawet wzrosnąć. Wynika to przede wszystkim z obserwowanych tendencji zmian emisji z pojazdów (będącej wypadkową poprawy jakości pojazdów i systematycznego wzrostu ich liczby) i określonej sytuacji w zakresie infrastruktury (głównie sieci dróg). Wyjątek w tej grupie zanieczyszczeń stanowi ołów. Stopniowe wycofywanie z użycia benzyny ołowiowej powinno doprowadzić do istotnego zmniejszenia się stężeń ołowiu w powietrzu w rejonach oddziaływania ruchu drogowego.

Korzystne zmiany emisji i stężeń pyłu zawieszonego PM10 w powietrzu mogą się utrzymywać w kolejnych latach – nie należy jednak oczekiwać szybkiego rozwiązania problemu występowania wysokich stężeń pyłu w wielu rejonach kraju (szczególnie w miastach). Znaczne ilości pyłu zawartego w powietrzu pochodzą z tzw. źródeł nieorganizowanych (pylenie wtórne), gdzie możliwości redukcji emisji są ciągle ograniczone.

Rezultatem badań prowadzonych w ostatnich latach na świecie jest rosnące zainteresowanie bardzo drobnymi frakcjami pyłu: PM 2.5, PM 1 a nawet PM 0.1 (oznaczającymi odpowiednio ziarna o średnicach 2.5  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$  oraz 0.1  $\mu\text{m}$ ). W prawodawstwie UE planowane jest wprowadzenie obowiązku kontrolowania zawartości bardzo drobnych frakcji pyłu w powietrzu (obecnie PM 2.5). Należy się zatem liczyć z potrzebą podjęcia w przyszłości pomiarów stężeń PM 2.5 w powietrzu w Polsce.

# Zakwaszenie





## 4. ZAKWASZENIE

*Anna Degórska, Gabriela Przybylska, Ryszard Twarowski,  
Lucyna Dygas-Ciołkowska*

### 4.1. Informacje ogólne

Przez zakwaszenie rozumiemy utratę zdolności neutralizacji dopływających substancji o charakterze kwaśnym, przejawiającą się spadkiem zasadowości i wzrostem stężenia jonów wodorowych. Może ono dotyczyć wód powierzchniowych, gleby, ekosystemów, budowli i materiałów. Substancje zakwaszające dostają się do podłoża wskutek wymywania z atmosfery przez opady, suchego osiadania cząsteczek aerozolowych lub adsorpcji składników gazowych na powierzchni. Zatem depozycja zanieczyszczeń z atmosfery może oddziaływać na rośliny i materiały bezpośrednio, bądź pośrednio – poprzez obniżenie pH gleby lub wód powierzchniowych i niekorzystne zmiany ich właściwości. Zakwaszenie wód powierzchniowych może prowadzić do wymierania ryb i roślinności wodnej, zaś zakwaszenie gleb może prowadzić do spadku ich żyzności, uszkodzeń lasów i innych wrażliwych ekosystemów, oraz uwalniania toksycznych metali i przedostawania się ich do dalszych elementów łańcucha pokarmowego. Kwaśna depozycja może także powodować uszkodzenia budowli i konstrukcji, w tym pomników, zabytków i innych dóbr kultury.

Ani w Europie, ani w Polsce nie ustalono prawnie normatywnych poziomów zakwaszenia, nie wprowadzono przepisów określających dopuszczalną zawartość substancji kwaśnych w opadach atmosferycznych bądź normujących poziom odczynu opadów. Wobec braku stosownych regulacji prawnych, przyjmowane są różne kryteria oceny określone przez ekspertów – np. wartość  $0.5 \text{ gS/m}^2$  przyjmowana jest jako graniczna, powyżej której następuje zakwaszenie wód powierzchniowych, a  $60 \text{ mgH}^+/\text{m}^2$  jako wartość graniczna, powyżej której następuje degradacja mchów epifitycznych (Acid..., 1997).

Na początku lat 90-tych wprowadzono koncepcję ładunków krytycznych, stanowiących powiązanie wielkości depozycji związków kwasotwórczych ze skutkami w środowisku. Ładunek krytyczny związków kwaśnych wprowadzanych z atmosfery do poszczególnych elementów środowiska to największa depozycja tych związków nie wywołująca zmian chemicznych prowadzących do długotrwałych, szkodliwych skutków dla struktury i funkcjonowania ekosystemów.

### 4.2. Główne przyczyny zakwaszenia

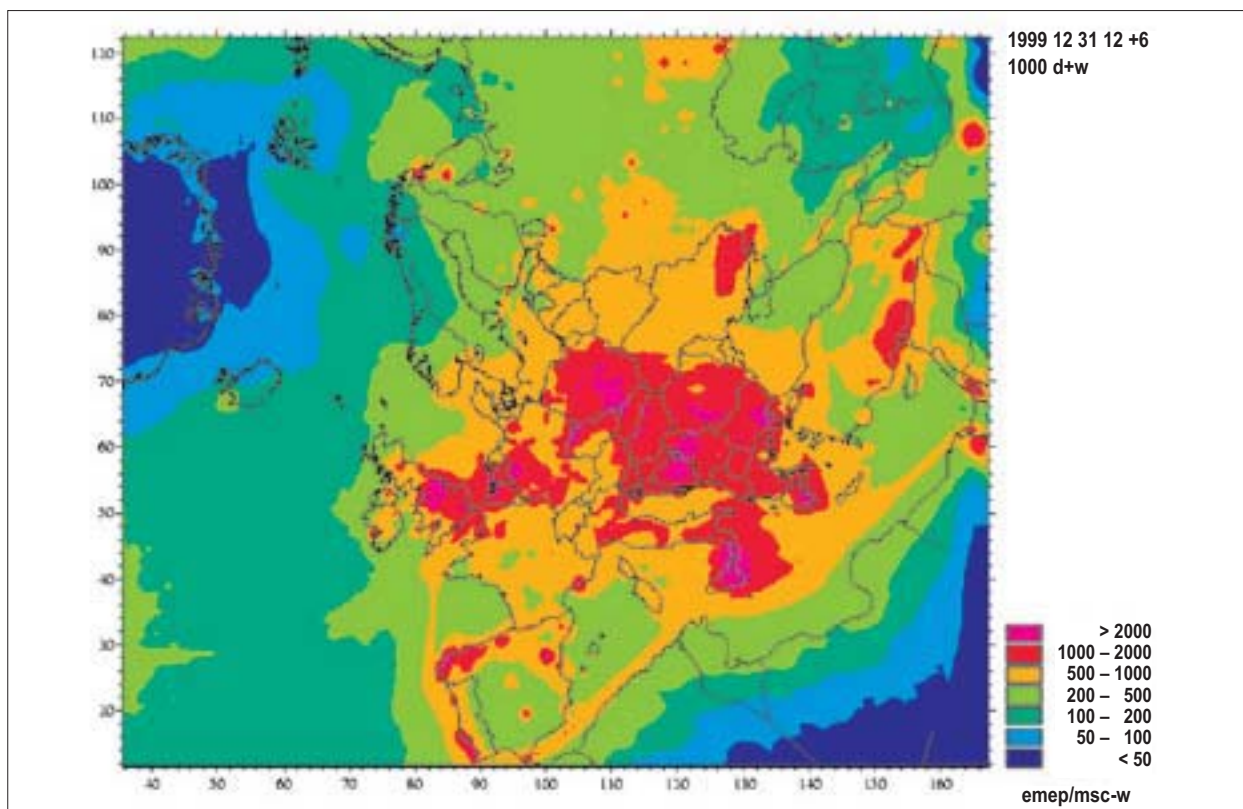
Zakwaszenie opadów atmosferycznych wynika z reakcji chemicznych zachodzących wówczas, gdy znajdująca się w atmosferze woda i emitowane z różnych procesów zanieczyszczenia – dwutlenek siarki, tlenki azotu, amoniak – ulegają reakcjom chemicznym przekształcającym je odpowiednio w kwas siarkowy lub azotowy.

Główne źródła emisji dwutlenku siarki związane są ze spalaniem paliw w stałych paleniskach, podczas gdy tlenki azotu emitowane są w znacznym stopniu ze źródeł ruchomych (patrz rozdział 3.2.). Ponad połowa emisji tlenków azotu w Europie pochodzi ze spalania paliw w ruchu drogowym, reszta zaś z przemysłowych procesów spalania. Głównym źródłem emisji amoniaku, przyczyniającego się także do zakwaszenia jest hodowla bydła i trzody chlewnej. Substancje emitowane do atmosfery rozprzestrzeniają się na dalekie odległości, pokonując granice państw i mogą oddziaływać na ekosystemy daleko od źródła ich powstania. Z wysokich źródeł emisji pochodzi głównie dwutlenek siarki oraz część tlenków azotu. Tlenki azotu emitowane w transporcie oraz amoniak emitowany w hodowli bydła (tzn. ze źródeł niskich) nie rozprzestrzeniają się tak daleko i mają oddziaływanie bardziej lokalne. Wielkości emisji  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$  w Polsce i w innych krajach europejskich, jak również z różnych sektorów i rodzajów źródeł przedstawiono w rozdziale 3.2.

Emitowane w Polsce związki siarki i azotu docierają głównie do Rosji, Ukrainy, na Białoruś i do krajów skandynawskich, podczas gdy do Polski napływają głównie zanieczyszczenia z Niemiec, Czech i Wielkiej Brytanii. W ostatnich latach dzięki redukcji emisji tlenków siarki i azotu w Europie systematycznie zmniejsza się ilość związków siarki i azotu napływających do Polski.

### 4.3. Depozycja substancji zakwaszających do podłoża

Z obliczeń modelowych wykonywanych przez Meteorologiczne Centrum Syntetyzujące – Zachód EMEP na podstawie danych o emisji i parametrów meteorologicznych wynika, że Polska znajduje się w obszarze największych depozycji siarki w Europie. Obszar ten obejmuje większość krajów Europy Centralnej, Holandię, Belgię, część Wielkiej Brytanii i południowe Włochy (rys. 4.3.1.).

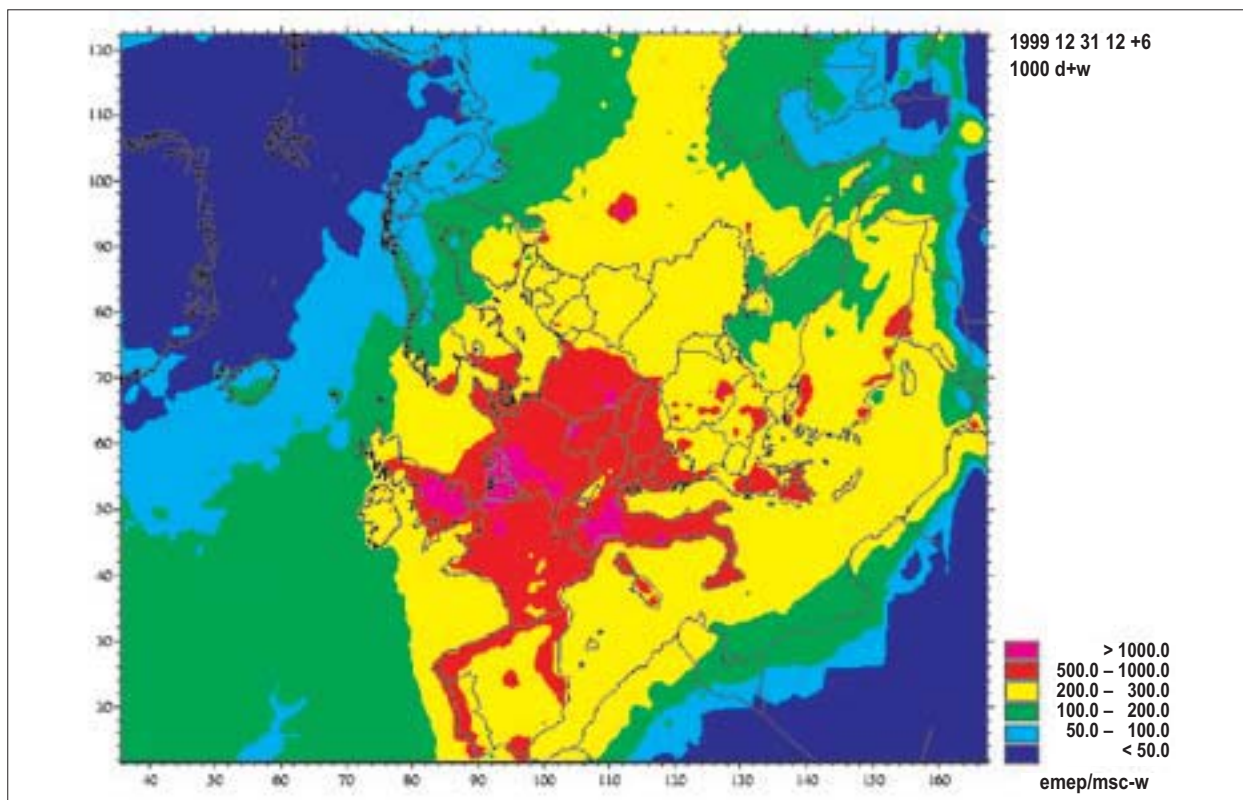


Rys. 4.3.1. Depozycja siarki do podłoża na terenie Europy w 1999 roku [ $\text{mg}/\text{m}^2$  rok]. Źródło: EMEP/MS-C-W.

Z obliczeń wykonanych dla tlenowych związków azotu wynika, że obszarami o największej depozycji azotu do podłoża jest Zachodnia Europa a szczególnie Holandia, Belgia, Luxemburg, część Wielkiej Brytanii, zachodnia część Niemiec i północne Włochy (rys. 4.3.2.). Polska znaj-

duje się w obszarze znaczącej w skali europejskiej depozycji azotu pochodzącego ze związków tlenowych.

Do weryfikacji wyników uzyskanych za pomocą modeli służą dane pochodzące ze stacji pomiarowych, zlokalizowanych według ściśle określonych kryteriów i reprezen-

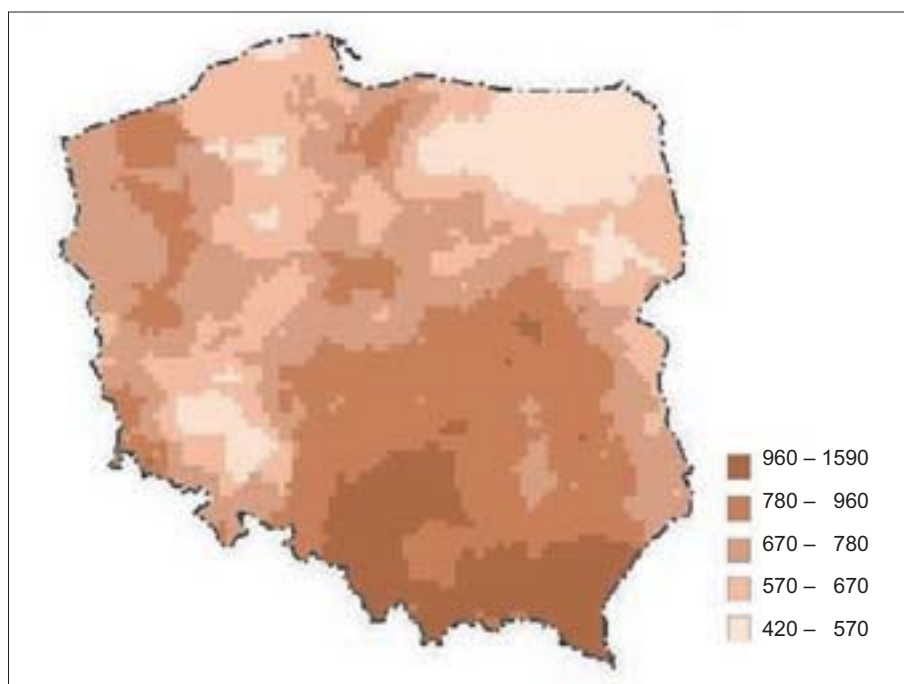


Rys. 4.3.2. Depozycja azotu do podłoża na terenie Europy w 1999 roku [ $\text{mg}/\text{m}^2$  rok]. Źródło: EMEP/MS-C-W.

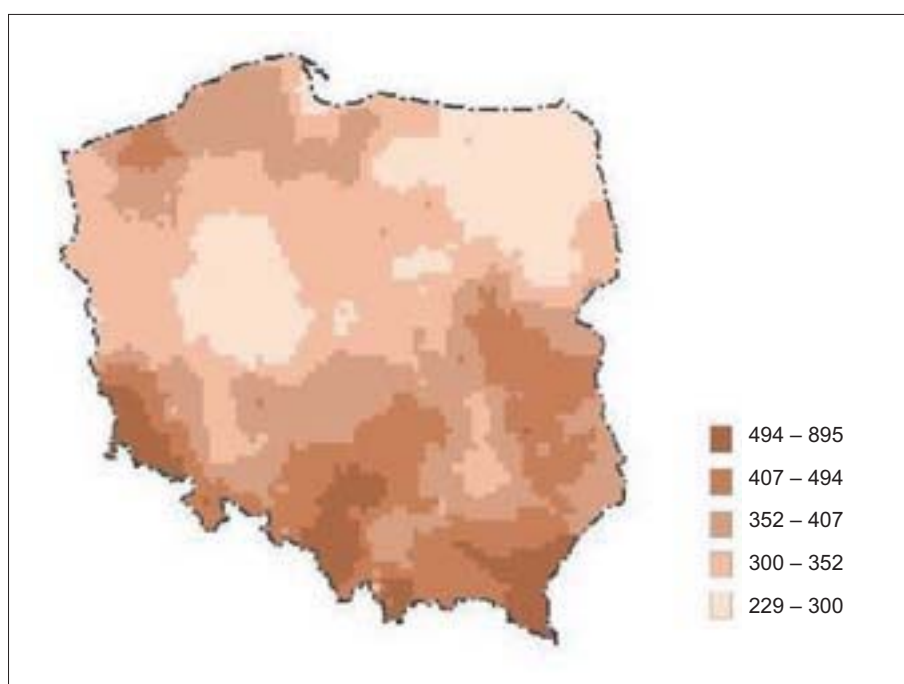
tujących warunki tłowe (na podstawie wieloletnich badań prowadzonych na tych stacjach zaprezentowano w dalszej części rozdziału tendencje zmian stężeń zanieczyszczeń kwasotwórczych i ich depozycji z opadami do podłoża). Oprócz tego, od 1999 roku prowadzone są w Polsce badania składu chemicznego opadów i depozycji zanieczyszczeń do podłoża na 25 stacjach pomiarowo-kontrolnych tworzących jednolitą sieć, uzupełnioną 162 punktami pomiarów wysokości opadów. Przy użyciu komputerowego systemu informacji przestrzennej GIS, z zastosowaniem modelu generującego rozkład przestrzenny zanieczyszczeń z większą rozdzielczością niż model EMEP, obliczana jest wielkość deponowanych zanieczyszczeń na obszar Polski wraz z wodą opadową.

Skład chemiczny opadów atmosferycznych, a co za tym idzie depozycja zanieczyszczeń do podłoża charakteryzuje się wyraźnym zróżnicowaniem przestrzennym jak i czasowym. Wielkości ładunków poszczególnych związków wprowadzanych wraz z opadem atmosferycznym, zależą głównie od ilości opadów oraz stopnia zanieczyszczenia atmosfery.

W polu rocznych jednostkowych ładunków siarczanów obszar występowania największych wartości skoncentrował się w 2001 roku w województwach południowych i południowo-wschodnich – z wartościami maksymalnymi w śląskim, podkarpackim i małopolskim, a obszar najmniejszych ładunków w województwach: warmińsko-mazurskim i podlaskim (rys. 4.3.3.)



Rys. 4.3.3. Roczne obciążenie powierzchniowe obszaru Polski ładunkami siarki siarczanowej [mgS/m<sup>2</sup>] wniesionymi przez opady atmosferyczne w 2001 r. Źródło: PMŚ-IMGW Wrocław.



Rys. 4.3.4. Roczne obciążenie powierzchniowe obszaru Polski ładunkami azotynów i azotanów [mgN/m<sup>2</sup>] wniesionymi przez opady atmosferyczne w 2001 r. Źródło: PMŚ-IMGW Wrocław.

Jednostkowe ładunki azotynów i azotanów na obszarze Polski w roku 2001 były słabo zróżnicowane, osiągając największe wartości w województwie śląskim, podkarpackim i części dolnośląskiego a najmniejsze w Polsce północno-wschodniej, szczególnie w województwie warmińsko-mazurskim i podlaskim, a także w wielkopolskim (rys. 4.3.4.).

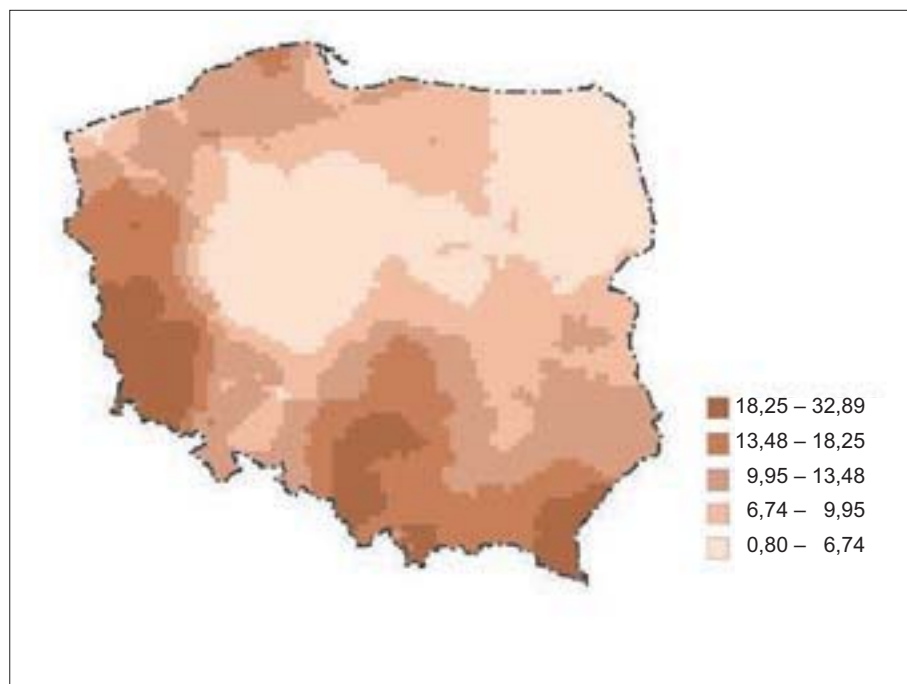
Jon wodorowy (kwasowość opadów) w 2001 roku na obszarze Polski największą średnią wielkość ładunku jednostkowego osiągnął na obszarze województw południowo-zachodnich i południowych, z maksimum w województwie śląskim, dolnośląskim i podkarpackim (rys. 4.3.5.). Następne największe wartości występowały w województwach małopolskim i lubuskim. Na pozostałym obszarze kraju średnia wielkość ładunku jonu wodorowego spadła poniżej 10 mg H<sup>+</sup>/m<sup>2</sup>, osiągając najmniejsze wartości w województwach centralnych i północno-wschodnich.

Generalnie w 2001 roku najmniej obciążone zanieczyszczeniami z atmosfery wnoszonymi wraz z wodą opadową, w tym substancjami kwaśnymi zostały tereny Polski północno-wschodniej: województwo podlaskie i warmińsko-ma-

zurskie. Stężenia siarki siarczanowej w opadach w końcu lat 90-tych osiągały na stacjach badania tła zanieczyszczenia wartości dwu – trzykrotnie niższe niż w końcu lat 70-tych. Na uwagę zasługuje również zmniejszenie różnic stężeń w poszczególnych rejonach kraju, reprezentowanych przez wymienione stacje. Mokra depozycja siarczanów w poszczególnych latach na stacjach nizinnych była bardzo zbliżona, natomiast na stacji górskiej (Śnieżka) była wyraźnie większa (wskutek większych stężeń i większych sum opadów).

W przypadku azotu azotanowego spadek stężeń był mniej widoczny, a mokra depozycja na stacjach nizinnych od 1980 do lat 90-tych ulegała nieznacznym zmianom w poszczególnych latach. Na stacji górskiej depozycja azotu była niemal we wszystkich latach ponad dwukrotnie większa niż na stacjach nizinnych. Najniższym odczynem charakteryzowały się opady na Śnieżce, gdzie odnotowano również najwyższą moką depozycję jonów wodorowych.

Na stacjach badania tła szacuje się także suchą depozycję substancji kwasotwórczych i jej udział w depozycji całkowitej (rys. 4.3.7.).



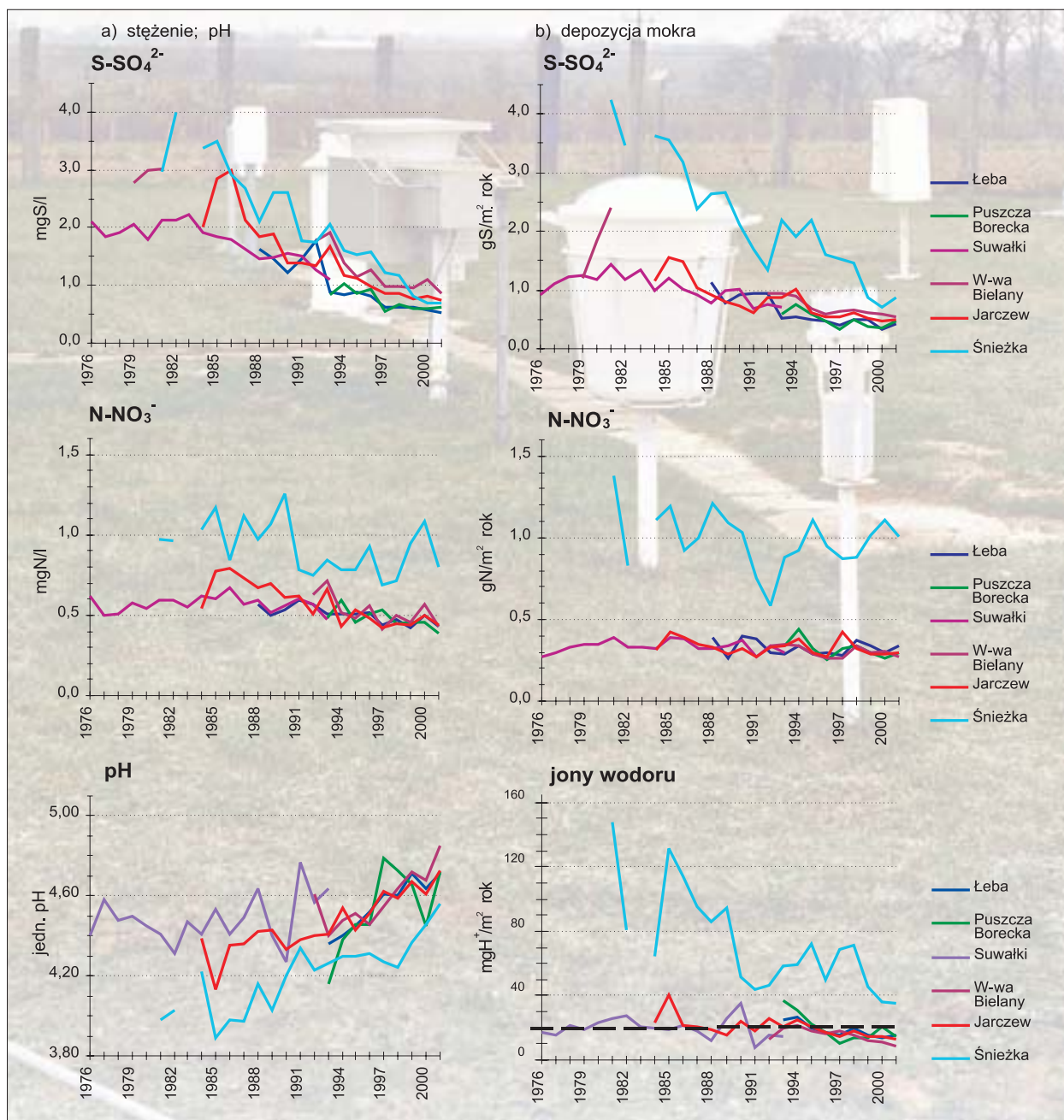
Rys. 4.3.5. Roczne obciążenie powierzchniowe obszaru Polski ładunkami jonów wodorowych [mgH<sup>+</sup>/m<sup>2</sup>] wniesionymi przez opady atmosferyczne w 2001 r. Źródło: PMS-IMGW Wrocław.

zurskie. Natomiast do województw najbardziej obciążonych tymi zanieczyszczeniami należały województwo śląskie, małopolskie i podkarpackie.

W Europie, w latach 80-tych, zaznaczyła się wyraźna tendencja spadkowa stężeń siarczanów i azotanów w opadach oraz wzrost wartości pH opadów. W latach 90-tych tendencja spadkowa była już mniej widoczna. Na stacjach badania tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce (Łeba, Suwałki, Puszcza Borecka, Jarczew, Śnieżka), zlokalizowanych zgodnie z kryteriami EMEP z dala od znaczących źródeł emisji zanieczyszczeń, aglomeracji miejsko-przemysłowych i szlaków komunikacyjnych oraz na stacji w Warszawie, tendencje spadkowe były również wyraźne (rys. 4.3.6.).

Całkowita depozycja siarki (sucha S-SO<sub>2</sub>+S-SO<sub>4</sub> i mokra S-SO<sub>4</sub>) na wszystkich stacjach przekracza wielkość 0,5 gS/m<sup>2</sup>, uznawaną za granicę, powyżej której następuje zakwaszenie wód powierzchniowych. W latach 1996-2001 następował spadek depozycji siarki. Na wszystkich stacjach z roku na rok zmniejszał się udział suchej depozycji w całkowitej ilości siarki docierającej do podłoża.

Całkowita depozycja azotu (sucha N-NO<sub>2</sub>+N-NO<sub>3</sub> i mokra N-NO<sub>3</sub>) kształtowana była w Jarczewie niemal w identycznym stopniu przez depozycję suchą jak i moką, natomiast na Śnieżce zaznaczała się bardzo wyraźnie dominacja mokrej depozycji. Zmienność obserwowana w latach 1993-2001 była niewielka na stacjach nizinnych, pod-



Rys. 4.3.6. Zmiany średnich rocznych stężeń siarczanów, azotanów i pH wody opadowej (a) oraz odpowiadającej im mokrej depozycji (b) w okresie 1976-2001. Źródło: PMS.

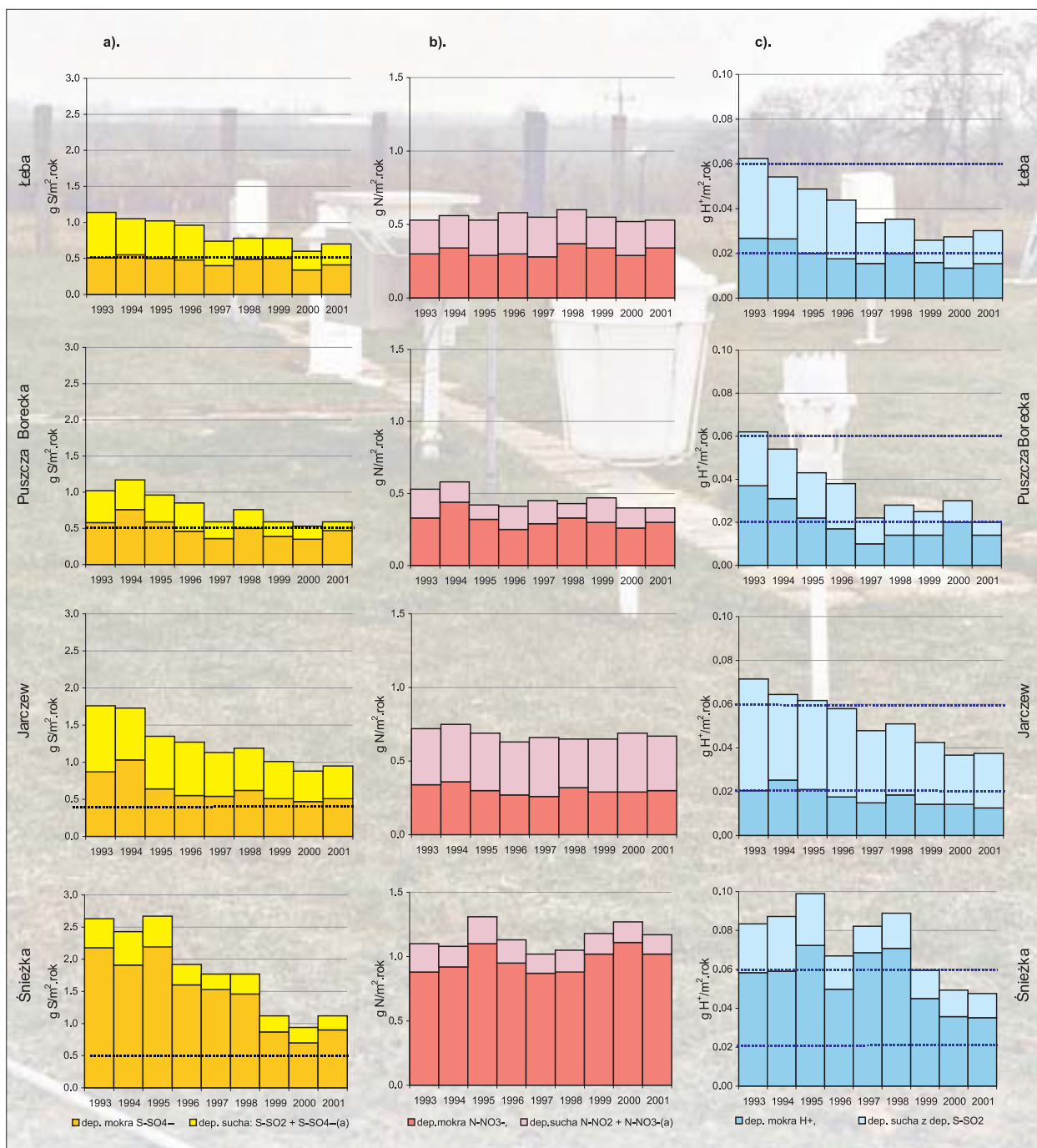
czas gdy na Śnieżce od 1997 roku obserwowano tendencję wzrostową (zahamowaną w 2001 r.), wynikającą ze wzrostu wielkości mokrej depozycji.

Całkowita depozycja jonów wodoru (sucha z depozycji  $S-SO_2$  i mokra  $H^+$ ) była największa na Śnieżce, a najmniejsza w Puszczy Boreckiej i w Łebie, przy czym na tych dwóch stacjach obserwowana była bardzo wyraźna tendencja spadkowa. Zmniejszał się także udział suchej depozycji w depozycji całkowitej. Jedynie w Jarczewie we wszystkich latach więcej jonów wodoru docierało w wyniku suchej depozycji niż w wyniku opadów atmosferycznych. Na stacjach w Łebie i Puszczy Boreckiej już od 1994 roku całkowita depozycja jonów wodoru nie przekraczała wartości  $60 \text{ mgH}^+/\text{m}^2$ , stanowiącej granicę degradacji mchów epifitycznych (w Jarczewie od 1996, a na Śnieżce od 1999 roku).

Należy podkreślić, że są to dane punktowe, pochodzące ze stacji o bardzo ostrych kryteriach lokalizacyjnych, stąd możliwe są nieznaczne rozbieżności pomiędzy nimi a wartościami wynikającymi z przedstawionego wcześniej rozkładu przestrzennego.

Jako obiektywne kryterium badań efektywności redukcji emisji zanieczyszczeń kwasotwórczych służą ładunki krytyczne – rozważa się stopień przekroczenia przez depozycję ładunku krytycznego (i związane z stopniem redukcji emisji) lub zmniejszenie wielkości obszarów, w których występują przekroczenia ładunków krytycznych (wskutek redukcji emisji).

Na podstawie obliczeń wykonywanych w ramach EMEP stwierdzono, że najbardziej znaczące przekroczenia ładunków krytycznych występowały w północno-zachodniej Europie. Największe obszary wrażliwych ekosystemów, w których prze-



Rys. 4.3.7. Zmiany depozycji siarki (a) i azotu (b) w związkach tlenowych oraz jonów wodoru (c) w rejonach monitoringu tła zanieczyszczeń atmosfery, 1993-2001. Źródło: PMS.

kraczone były ładunki krytyczne występowały – według danych Europejskiej Agencji Środowiska – w Holandii (ponad 80%), Czechach (ponad 70%), Niemczech i na Węgrzech (ponad 50%). Według tego samego źródła, w Polsce w 1999 roku na ok. 25% powierzchni wrażliwych ekosystemów przekraczane były ładunki krytyczne kwasowości.

#### 4.4. Inicjatywy podejmowane w odniesieniu do problemu zakwaszenia

Do rozwiązania problemu zakwaszania, związanego z transgranicznym przenoszeniem zanieczyszczeń konieczne są instrumenty międzynarodowe. Instrumentem takim jest Konwencja o Transgranicznym Przenoszeniu

Zanieczyszczeń na Dalekie Odległości w Europie (1979) wraz z protokołami. Początkowo protokoły dotyczyły redukcji emisji poszczególnych zanieczyszczeń (np. protokół siarkowy (1987), protokół azotowy (1991)). W roku 1999 podpisano w Goeteborgu protokół w sprawie przeciwdziałania zakwaszeniu, eutrofizacji i ozonowi przyziemnemu. Protokół ten przejął zobowiązania poprzednich protokółów i, po jego ratyfikacji, Polska będzie zobowiązana m.in. do ograniczenia emisji substancji zakwaszających (rozd. 3.4). Także prawodawstwo Unii Europejskiej określa w odpowiednich dyrektywach pułapy emisji substancji zakwaszających, zakładane do osiągnięcia do roku 2010 oraz zobowiązuje kraje członkowskie do ograniczania emisji tlenków siarki i azotu z dużych źródeł.

Krajowa polityka w zakresie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem zakłada ograniczenie emisji i niekorzystnego oddziaływania na środowisko większej ilości substancji, w tym związków kwasotwórczych. Zgodnie z II Polityką Ekologiczną Państwa ma to zostać osiągnięte dzięki likwidacji zanieczyszczeń u źródła, poprzez zmiany nośników energii, stosowanie czystszych surowców i technologii oraz minimalizację zużycia energii i surowców. Instrumentem prawnym służącym do osiągnięcia tych celów mają być m.in. zintegrowane pozwolenia na emisję obejmujące wszystkie elementy środowiska, normy emisji w przemyśle, energetyce i transporcie oraz harmonizacja przepisów z regulacjami obowiązującymi w Unii Europejskiej.

#### 4.5. Wnioski

W pierwszej połowie lat 90-tych obserwowano w Europie zmniejszanie obszarów ekosystemów dotkniętych zakwaszeniem. Proces ten uległ zahamowaniu w drugiej połowie lat 90-tych. Jednak w stosunku do roku 1990 w Europie obserwuje się zmniejszanie obszarów, na których przekra-

czane są ładunki krytyczne. W ten sposób redukcja emisji zanieczyszczeń kwasotwórczych, zakładana w protokołach do Konwencji o Transgranicznym Przenoszeniu Zanieczyszczeń na Dalekie Odległości w Europie, znajduje odzwierciedlenie w redukcji zanieczyszczeń docierających do podłoża w wyniku depozycji z atmosfery. Przewiduje się, że dzięki pełnemu wdrożeniu protokołu wieloskładnikowego z Goeteborga obszar, w którym występują przekroczenia ładunków krytycznych w Europie zmniejszy się do 15 mln ha w 2010 roku (z 93 mln ha obserwowanych w 1990 roku).

Dynamika spadku kwasowości opadów w drugiej połowie lat 90-tych była mniejsza niż można by oczekiwać obserwując stopień redukcji emisji zanieczyszczeń gazowych, co można wiązać ze zmniejszaniem emisji zanieczyszczeń pyłowych, które mają neutralizujący wpływ na kwasowość opadów. Jednak trend malejący stężeń i depozycji kwaśnych zanieczyszczeń opadów może być utrzymany dzięki dalszej redukcji emisji substancji kwasotwórczych: dwutlenku siarki, tlenków azotu i amoniaku, zarówno w Polsce jak i w Europie.

# Globalne problemy zanieczyszczenia powietrza





## 5. GLOBALNE PROBLEMY ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA

### 5.1. Zmiany klimatu

*Anna Olecka, Lucyna Dygas Ciołkowska*

#### **Wstęp**

Zmiany i zmienność to cechy charakterystyczne klimatu Ziemi. Nawet w wartościach wieloletniej średniej globalnej temperatury w ostatnim stuleciu, można zauważyć znaczne wahania w poszczególnych latach spowodowane czynnikami naturalnymi np. krótkotrwałym ochłodzeniem po wybuchu wulkanu Pinatubo w 1991 roku, czy cyklicznym występowaniem zjawiska El Niño. I chociaż ostatnie badania potwierdzają wpływ działalności człowieka na zmiany klimatu w skali globalnej poprzez zmianę składu chemicznego atmosfery, to niezwykle trudno jest określić udział czynnika antropogenicznego w tych zmianach.

Za główną przyczynę obecnych zmian klimatu uważa się intensyfikację efektu cieplarnianego powodowaną rosnącym stężeniem gazów cieplarnianych w atmosferze, do których należą przede wszystkim dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) i podtlenek azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Gazy te są naturalnymi składnikami atmosfery, lecz działalność przemysłowa i rolnicza powoduje (bezpośrednio lub pośrednio) dodatkowe ich uwalnianie do atmosfery na ogromną skalę. A właśnie mechanizm oddziaływania gazów cieplarnianych na bilans energetyczny Ziemi powodujący podnoszenie temperatury dolnej atmosfery nazywamy efektem cieplarnianym.

Większość naukowców, zdając sobie sprawę z istniejących niepewności w zakresie problematyki zmian klimatu wierzy jednak, że zmiany klimatu powodowane przez człowieka są nieuniknione. Pytanie tylko, jaki będzie charakter i zakres tych zmian w czasie i przestrzeni. W rezultacie globalnego ocieplenia możemy spodziewać się takich konsekwencji jak:

- wzrost poziomu morza wskutek termicznej ekspansji oceanów oraz topnienia lodów powodujący zalanie terenów przybrzeżnych oraz infiltrację słonych wód w głąb lądu,
- zmiany w cyrkulacji atmosferycznej wpływające na warunki klimatyczne w różnych regionach świata oraz zmiany w cyrkulacji oceanicznej zaburzające przebieg prądów morskich,
- zmiany w reżimie opadów, co wpłynie na częstość i zasięg występowania susz i powodzi, a następnie

na ograniczenie w dostępie do zasobów wodnych w niektórych rejonach,

- spadek produkcji rolnej w regionach międzyzwrotnikowych i związane z tym rozszerzenie stref głodu oraz potencjalny wzrost produktywności systemów rolniczych w strefie umiarkowanej,
- nasilenie ekstremalnych zjawisk pogodowych,
- zmiany w składzie gatunkowym wielu ekosystemów (lasy, rafy koralowe, namorzyny) oraz utrata niektórych gatunków nie mogących przystosować się do nowych warunków klimatycznych,
- zwiększenie zagrożenia dla zdrowia społeczeństw poprzez możliwe rozszerzenie zasięgu występowania takich chorób jak malaria, denga, schistosomoza, cholera czy salmonelloza.

Większość konsekwencji zmian klimatu będzie niestety niekorzystna, konieczne są zatem działania nie tylko adaptacyjne do tych zmian, ale także przeciwdziałające ich wystąpieniu.

#### **Główne przyczyny zmian klimatu**

Większość gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla, metan czy podtlenek azotu występuje w przyrodzie w sposób naturalny, lecz ich emisja ze źródeł antropogenicznych dodatkowo wzbogaca atmosferę. Do grupy gazów cieplarnianych zaliczamy także gazy przemysłowe z grupy HFC, PFC oraz sześćiofluorek siarki ( $\text{SF}_6$ ), których pochodzenie jest wyłącznie antropogeniczne.

Największe ilości antropogenicznego dwutlenku węgla pochodzą ze spalania paliw kopalnych, produkcji cementu oraz związane są ze zmianami w użytkowaniu ziemi (wylesianie). Natomiast aktywność wulkaniczna oraz spalanie i rozkład biomasy to naturalne źródła  $\text{CO}_2$ .

Do najważniejszych źródeł emisji metanu związanych z działalnością człowieka należy wydobywanie, przetwarzanie i transport surowców energetycznych oraz uprawa ryżu (rozkład beztlenowy materii organicznej zachodzący w obszarach podmokłych) i hodowla zwierząt gospodarskich (odchody zwierzęce, fermentacja jelitowa zwierząt przeżuwających). W środowisku naturalnym metan tworzy się w wyniku procesów beztlenowego rozkładu materii organicznej zachodzących w obszarach podmokłych (bagna, tereny zalewowe, tundra), oceanach i wodach śródlądowych.

Za antropogeniczną emisję podtlenku azotu do atmosfery odpowiedzialne są przede wszystkim działania związane z używaniem gleby nawozami mineralnymi i organicznymi, spalaniem biomasy i surowców energetycznych oraz procesy przemysłowe (produkcja kwasu azotowego,

transport samochodowy). Emisja naturalna podtlenku azotu jest wynikiem procesów biologicznych zachodzących w wodzie i glebie, szczególnie glebie strefy tropikalnej i umiarkowanej pokrytej lasami i trawami.

W tabeli 5.1.1. przedstawione zostały podstawowe charakterystyki wybranych gazów cieplarnianych. Wyraźnie widać wzrost koncentracji wszystkich gazów przez ostatnie 200 lat (poza CFC-11). Międzynarodowe działania na rzecz redukcji emisji gazów zubażających warstwę ozonową w stratosferze, w tym właśnie CFC-11, przyczyniły się skutecznie do spadku koncentracji tego gazu w ostatnich latach, stąd ujemna wartość zmiany koncentracji.

Poszczególne gazy charakteryzuje różna zdolność do absorpcji i reemitowania ciepła przez cząsteczkę gazu, czas jego życia w atmosferze i emisja w danym przedziale czasowym. Aby móc porównać oddziaływanie tych gazów opracowano GWP<sup>1</sup> – wskaźnik sumarycznego wymuszania radiacyjnego w pewnym horyzoncie czasowym (np. 20 lub 100 lat), spowodowanym przez jednostkę obecnie wyemitowanego gazu w odniesieniu do podstawowego gazu za jaki uważa się CO<sub>2</sub>. Im dłuższy czas życia gazu w atmosferze i silniejsze właściwości radiacyjne, tym wyższy wskaźnik GWP. I tak metan, wykazuje właściwości 23 razy silniejsze niż CO<sub>2</sub>, podtlenek azotu 296 razy większe, podczas gdy gazy przemysłowe posiadają najwyższe wskaźniki: CFC-11 (freon) – 4600, a HFC-23 (substytut freonów) aż 12 000.

Emisja trzech podstawowych gazów cieplarnianych w Polsce w okresie od roku 1988 do 2000 została przedstawiona w tabeli 5.1.2. Po drastycznym spadku emisji wszystkich trzech gazów cieplarnianych po roku 1988, co spowodowane było recesją gospodarczą, od 1992 r., pomimo wyraźnego wzrostu ekonomicznego, widoczna była stabilizacja emisji z pewnymi wahaniami w poszczególnych latach. W przypadku emisji CO<sub>2</sub> zaobserwowano dalszy jej spadek od 1996 r. Natomiast uwidoczniony wzrost emi-

sji podtlenku azotu od 1999 r. jest wynikiem rozszerzenia zakresu inwentaryzacji w kategorii „rolnictwo” o odchody zwierzęce i gleby użytkowane rolniczo, wcześniej nieuwzględniane.

Tabela 5.1.2. Zmiany emisji podstawowych gazów cieplarnianych w Polsce w Gg. Źródło: MŚ

LATA	CO <sub>2</sub> [Gg]	CH <sub>4</sub> [Gg]	N <sub>2</sub> O [Gg]
1988	477584	3140	70
1990	381482	2801	62
1996	373202	2252	54
1997	362300	2278	54
1998	338095	2335	52
1999	329739	2250	75
2000	314812	2183	77

W 2000 roku najwięcej dwutlenku węgla, bo prawie 96%, pochodziło z działalności związanej ze spalaniem paliw w energetyce, przemyśle, budownictwie, transporcie, rolnictwie i gospodarstwach domowych. Niespełna 4% emitowane było w wyniku procesów przemysłowych takich jak produkcja cementu, wapna i metali. W wyniku zmian w użytkowaniu gruntów oraz działań prowadzonych w leśnictwie pochłaniane było więcej CO<sub>2</sub> niż emitowane, co oznacza, że ta kategoria w Polsce była pochłaniaczem netto tego gazu cieplarnianego.

Zasadnicza emisja metanu w Polsce pochodziła z dwóch głównych źródeł: odpadów (41%) oraz emisji lotnej i spalania paliw (35%). Za 22% emisji metanu odpowiedzialna była fermentacja jelitowa zwierząt gospodarskich oraz odchody zwierzęce. W przypadku podtlenku azotu, głównym źródłem jego emisji były: rolnictwo – 69%, przemysł chemiczny – 18% i spalanie paliw – 9%.

<sup>1</sup> GWP – Global Warming Potential (potencjał globalny ocieplenia)

Tabela 5.1.1. Koncentracja, czas życia oraz GWP wybranych gazów cieplarnianych. Źródło: IPCC.

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC-11	HFC-23	CF <sub>4</sub>
Koncentracja z okresu przedindustrialnego	~280 ppm	~700 ppb	~270 ppb	0	0	40 ppt
Koncentracja w 1998 r.	365 ppm	1745 ppb	314 ppb	268 ppt	14 ppt	80 ppt
Roczne zmiany koncentracji <sup>c</sup>	1,5 ppm <sup>d</sup>	7 ppb <sup>d</sup>	0,8 ppb	-1,4 ppt	0,55 ppt	1 ppt
Czas życia w atmosferze (w latach)	(50-200) <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>	114 <sup>b</sup>	45	260	>50 000
GWP (100-letni wskaźnik globalnego ocieplenia)	1	23	296	4600	12 000	5700

<sup>a</sup> Nie można jednoznacznie zdefiniować czasu życia CO<sub>2</sub> z powodu zróżnicowanego stopnia absorpcji tego gazu w różnych procesach wychwytu

<sup>b</sup> Czas ten został zdefiniowany jako przybliżony, biorąc pod uwagę pośredni wpływ metanu na jego własny czas życia

<sup>c</sup> Zmiany obliczone na podstawie okresu 1990-1999

<sup>d</sup> Zakres zmian: 0,9-2,8 ppm/rok dla CO<sub>2</sub> i 0-13 ppb/rok dla CH<sub>4</sub> w okresie 1990-1999

ppm – ilość cząstek gazu na milion (10<sup>6</sup>) cząstek powietrza;

ppb – ilość cząstek gazu na miliard (10<sup>9</sup>) cząstek powietrza;

ppt – ilość cząstek gazu na bilion (10<sup>12</sup>) cząstek powietrza.

Udział poszczególnych źródeł w emisji trzech podstawowych gazów cieplarnianych uległ pewnym zmianom w latach 1998-2000: np. udział „kategorii spalanie” paliw w energetyce i innych sektorach gospodarczych w emisji dwutlenku węgla zmalał o 2%, natomiast w przemyśle wzrósł o 2%. Z kolei o 4% wzrosła emisja metanu z odpadów i o 8% emisja podtlenku azotu z rolnictwa.

Udział poszczególnych gazów cieplarnianych w emisji krajowej w przeliczeniu na ekwiwalent CO<sub>2</sub>, przedstawiono na rysunku 5.1.1. Dwutlenek węgla był podstawowym gazem cieplarnianym emitowanym w Polsce i odpowiada za 82% emisji.

Emisję gazów cieplarnianych można przedstawiać także sumarycznie przy wykorzystaniu 100-letniego wskaźnika GWP. Na rysunku 5.1.2. zaprezentowano zmiany tak obliczonej zagregowanej emisji trzech podstawowych gazów cieplarnianych dla Polski.

Gazy przemysłowe z grupy HFC, PFC oraz SF<sub>6</sub> stanowią śladowy odsetek emisji gazów cieplarnianych w Polsce. Ich głównymi źródłami były przede wszystkim czynniki chłodnicze i klimatyzacyjne oraz propelenty w aerozolach – dla gazów typu HFC, jak również środki gaśnicze dla obydwu grup gazów – HFC i PFC. Ponadto gazy typu PFC po-

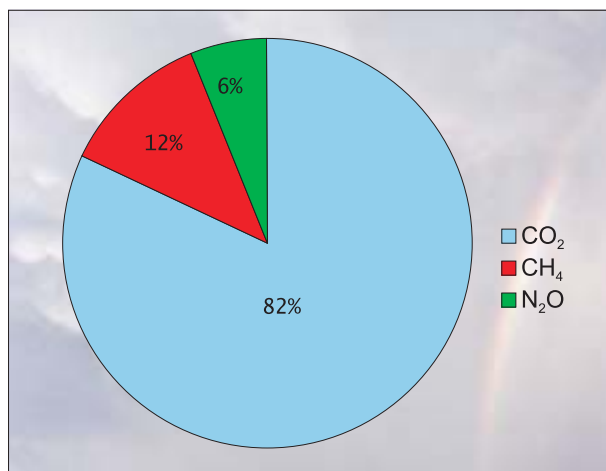
wstawały jako produkt uboczny przy produkcji aluminium. Natomiast SF<sub>6</sub> wykorzystywany był jako gaz izolujący w systemach elektrycznych i szybach zespolonych.

W 1999 r. Polska była odpowiedzialna za ok. 1,3% światowej emisji CO<sub>2</sub> oraz ok. 2,5% tej emisji w krajach OECD. Wartość wskaźnika emisji CO<sub>2</sub> dla sektora spalania paliw, który stanowi przeważające źródło emisji CO<sub>2</sub> w większości krajów uprzemysłowionych, w przeliczeniu na mieszkańca, jest w przypadku Polski mniejsza niż średnia wartość dla krajów OECD i ponad dwukrotnie mniejsza niż dla USA, natomiast znacznie większa niż w krajach rozwijających się, jak np. Brazylia czy Chiny (rys. 5.1.3.).

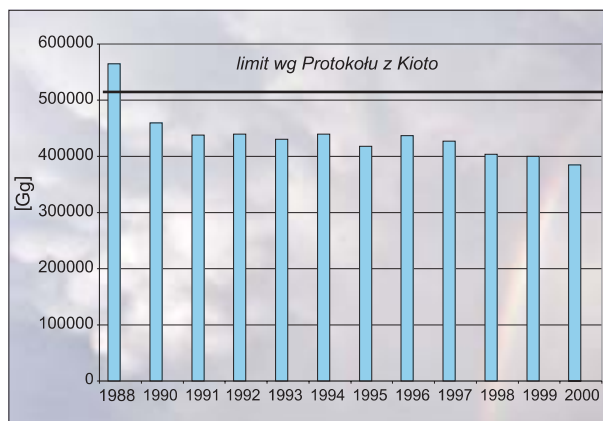
Z kolei emisja CO<sub>2</sub> obliczona na jednostkę PKB przewyższa w Polsce wartości charakteryzujące ten wskaźnik uśredniony dla grupy krajów OECD; w skali globalnej wyższe niż dla Polski wartości zanotowano w innych krajach Europy Środkowo-Wschodniej (Czechy, Rosja) oraz w Chinach (rys. 5.1.4.).

### Zmiany klimatu

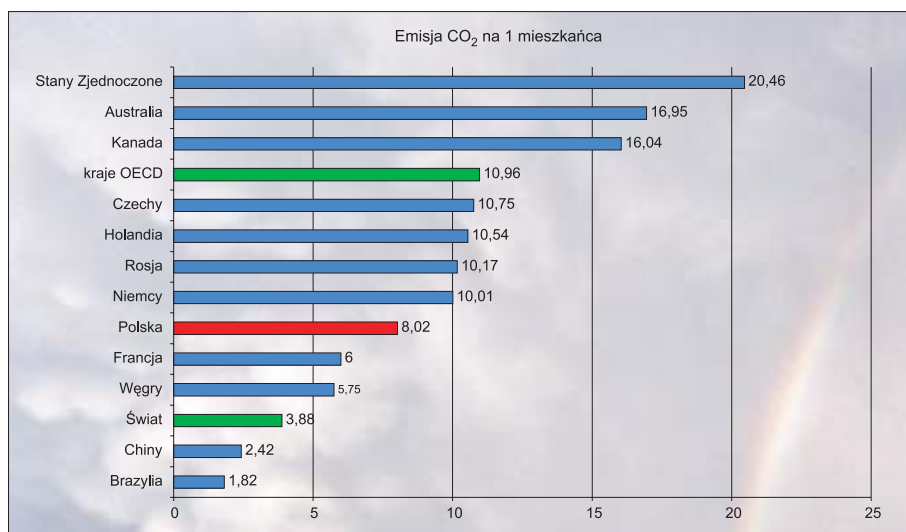
Badania prowadzone w wielu krajach świata wykazują rosnący trend średniej globalnej temperatury powietrza i powierzchniowej temperatury oceanów, jak również sys-



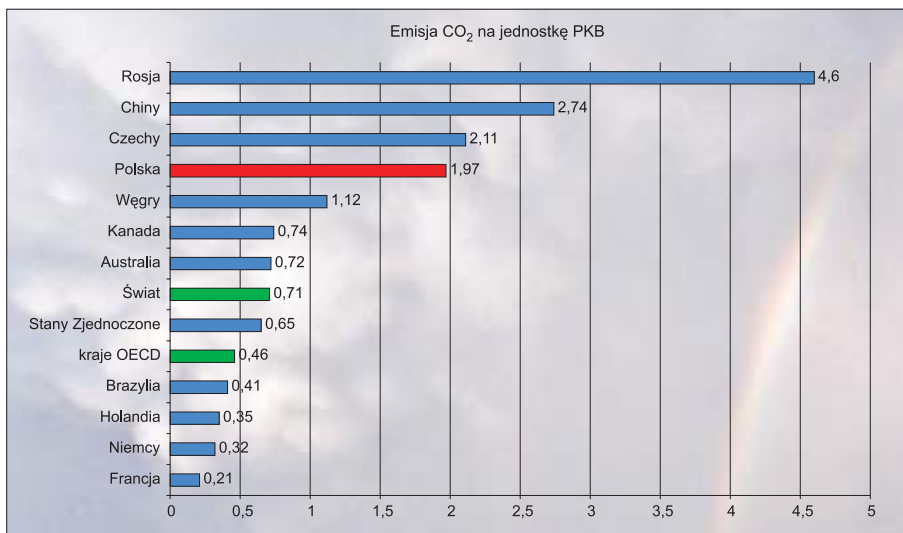
Rys. 5.1.1. Udział gazów cieplarnianych w krajowej emisji w przeliczeniu na ekwiwalent CO<sub>2</sub>. Źródło: MŚ.



Rys. 5.1.2. Zmiany zagregowanej emisji trzech podstawowych gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) w Polsce w latach 1988-2000 w Gg oraz limit emisji wyznaczony Protokołem z Kioto. Źródło: MŚ.



Rys. 5.1.3. Emisja CO<sub>2</sub> na 1 mieszkańca [t CO<sub>2</sub>/osobę]. Źródło: IEA.



Rys. 5.1.4. Emisja CO<sub>2</sub> na jednostkę PKB [kg CO<sub>2</sub>/'95 US\$].  
Źródło: IEA.

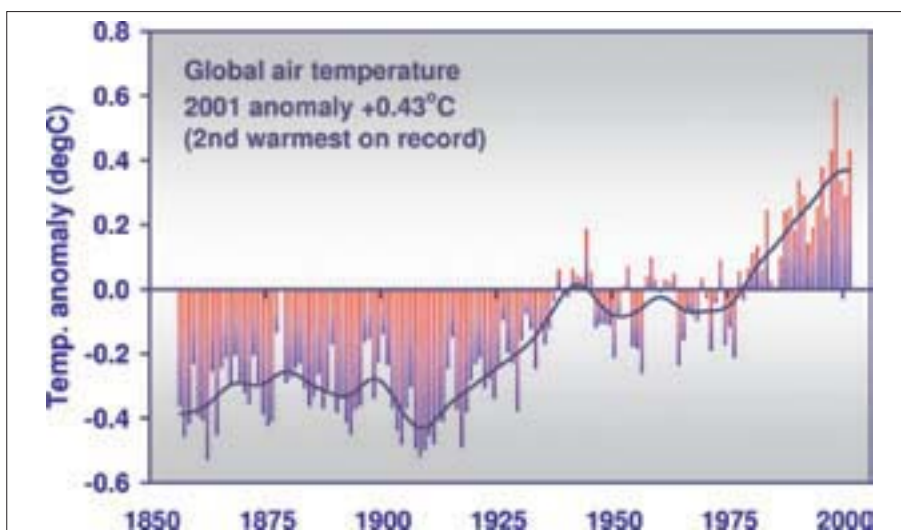
tematyczny wzrost poziomu morza. Wzrost średniej rocznej temperatury powietrza w skali globalnej obserwowany od 1860 r., wyniósł ok. 0,6°C przy czym dekada lat 90-tych XX wieku była najcieplejsza. Zwiększyły się także roczne sumy opadów w umiarkowanych szerokościach geograficznych, głównie w wyniku wzrostu częstotliwości opadów burzowych. Obserwacje prowadzone w troposferze (do 8 km od powierzchni Ziemi) wykazały także wzrost temperatury, średnio o 0,1°C/10 lat. Ocieplenie klimatu Ziemi widoczne było już od lat dwudziestych, a szczególnie wyraźnie od końca lat siedemdziesiątych XX wieku (rys. 5.1.5.). W tym samym czasie poziom morza podniósł się średnio o ok. 20 cm.

Ocieplenie potwierdzają także polskie badania, które wykazały dodatnie trendy (90-letnie) średniej rocznej temperatury powietrza obliczone zarówno dla stacji położonych w strefie ograniczonych wpływów antropogenicznych (0,006°C/rok na Śnieżce), jak również dla niektórych polskich stacji położonych w sąsiedztwie miast (od 0,002°C/rok we Wrocławiu do 0,007°C/rok w Koszalinie).

Do tej pory badania nad zmianami klimatu opierały się głównie na pomiarach naziemnych i modelach symulacyjnych. Dowodów na ścisły związek między temperaturą

powietrza i stężeniem gazów cieplarnianych dostarczyły dopiero niedawno obserwacje prowadzone z satelity w roku 1970 i 1997, które wykazały zmianę w spektrum promieniowania długofalowego uchodzącego z Ziemi, odpowiadającą zwiększonej koncentracji gazów cieplarnianych w tym okresie.

W zależności od dalszego rozwoju społeczno-gospodarczego świata i związanej z nim emisji gazów cieplarnianych do atmosfery szacowane są przyszłe zmiany temperatury i poziomu morza. I tak do końca stulecia możemy spodziewać się wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza w skali globalnej o ok. 2,5°C (w zakresie od 1,5 do 5,8°C) oraz podniesienia się poziomu morza o ok. 35 cm w zakresie od 15 do 70 cm, a w przypadku silnego rozwoju przemysłu i wykorzystania konwencjonalnych źródeł energii przy szybko rosnącej liczbie ludności świata wzrost ten może osiągnąć nawet 1 m. Możemy się także spodziewać dalszego zmniejszenia opadów w rejonach międzyzwrotnikowych oraz zwiększenia opadów w szerokościach umiarkowanych. W oparciu o te same założenia scenariusze zmian klimatu dla Polski wykazują wzrost średniej rocznej temperatury powietrza o 2 do 3°C oraz wzrost sum opadów o ok. 5-10% do 2100 r.



Rys. 5.1.5. Zmiany średniej globalnej temperatury powietrza wyrażonej jako odchylenia od średniej z okresu 1961-1990 w °C.  
Źródło: IPCC.

### **Inicjatywy podejmowane w związku z problemem zmian klimatu na świecie i w Polsce**

Rozpoznanie zagrożenia potencjalnymi zmianami klimatu stymulowanymi działalnością człowieka doprowadziło do powstania „Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu”, która została wyłożona do podpisu podczas konferencji „Środowisko i rozwój” w Rio de Janeiro w 1992 r. Konwencja ta zobowiązuje kraje uprzemysłowione oraz kraje z gospodarką w okresie przejściowym (wymienione w Aneksie I do Konwencji) do stabilizacji emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O) celem osiągnięcia w roku 2000 poziomu z roku 1990. Dla Polski za rok odniesienia przyjęto rok 1988. Kraje rozwijające się nie zgodziły się na przyjęcie żadnych zobowiązań. W marcu 1994 roku Konwencja weszła w życie, zaś do 2001 r. ratyfikowało ją 186 krajów. Polska ratyfikowała Konwencję w lipcu 1994 roku.

Podstawowe zobowiązanie Polski jako Strony Konwencji, jakim było ustabilizowanie do roku 2000 emisji gazów cieplarnianych na poziomie roku 1988, zostało wykonane ze znaczną nadwyżką (rys. 5.1.2.) W latach 1992-2000 emisja gazów cieplarnianych była o blisko 30% niższa niż w roku bazowym 1988, pomimo wzrostu gospodarczego utrzymującego się od 1992 roku. Oszczędność energii na różnych etapach jej produkcji i wykorzystania, utylizacja metanu z wysypisk śmieci, racjonalne zużycie nawozów azotowych w rolnictwie to działania prowadzące do dalszej stabilizacji emisji gazów cieplarnianych w Polsce.

Ponadto, w Polsce rozwinięto mechanizmy prawne i ekonomiczne, które sprzyjają redukcji emisji gazów cieplarnianych. Do mechanizmów prawnych należą ustawy dotyczące maksymalnych dopuszczalnych wielkości emisji zanieczyszczeń, zwiększania zasobów leśnych, promowania wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz ustawa o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych. Spośród mechanizmów finansowych możemy wyróżnić wprowadzenie opłat za emisję CO<sub>2</sub> przez przedsiębiorstwa przemysłowe i komunalne oraz wsparcie finansowe w postaci preferencyjnych kredytów i dotacji udzielanych ze środków narodowego i wojewódzkich funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej, Ekofunduszu czy funduszu GEF<sup>2</sup> przedsięwzięciom służącym redukcji emisji gazów cieplarnianych.

W zakresie działań adaptacyjnych do spodziewanych zmian klimatu w Polsce, podstawowe znaczenie w produkcji rolniczej będą miały: dobór odpowiednich roślin, zmiany użytkowania gruntów i struktury zasiewów, postępująca rejonizacja produkcji oraz wprowadzanie technologii racjonalnie wykorzystujących zasoby wody i wydłużony okres wegetacyjny. Natomiast potencjalne działania, które mogłyby zostać podjęte w celu przeciwdziałania niekorzystnym skutkom zmian klimatu w gospodarce wodnej obejmują działania prawne i ekonomiczne mające na celu ochronę zasobów wodnych przez społeczeństwo oraz różne sektory gospodarcze, czasowe ograniczanie zużycia wody w przemyśle i do celów nawadniania w okresach suszy, efektywne działanie istniejącej infrastruktury wodnej, rozwój

systemów wodnych np. budowa nowych zbiorników wodnych i przesyłanie wody między zlewniami. Strategia pełnej ochrony wybrzeża polskiego przed wzrostem poziomu morza obejmuje m.in. tworzenie systemów ochronnych wzdłuż otwartego wybrzeża (wałów, opasek brzegowych i falochronów brzegowych) oraz modernizację istniejących i utworzenie nowych polderów wraz z budową nowych systemów przepompowujących i odwadniających.

W 1997 r. w Kioto wynegocjowano kolejny protokół do Konwencji, zobowiązujący kraje uprzemysłowione i kraje z gospodarką znajdującą się w okresie przejściowym do redukcji emisji gazów cieplarnianych w okresie 2008-2012 średnio o 5%, przy czym grupa podstawowych gazów cieplarnianych została rozszerzona o gazy przemysłowe z grupy HFC i PFC oraz SF<sub>6</sub>. Wielkość redukcji w stosunku do roku odniesienia jest zróżnicowana i waha się od 8% dla Unii Europejskiej i krajów z nią stowarzyszonych (poza Polską i Węgrami), 7% dla Stanów Zjednoczonych, 6% dla Japonii, Kanady, Węgier i Polski do 0% (czyli stabilizacji) dla Rosji i Ukrainy. Dla trzech krajów rozwiniętych dopuszczono możliwość wzrostu emisji: o 1% dla Norwegii, 8% dla Australii i 10% dla Islandii. Kraje mogą osiągać redukcję emisji indywidualnie lub wspólnie (jak np. Unia Europejska).

Limit emisji wyznaczony przez zobowiązania Protokołu z Kioto dla naszego kraju dla lat 2008-2012 wynosi 531330 Gg ekwiwalentu CO<sub>2</sub>. A zatem obecnie kraj nasz dysponuje znaczną rezerwą w zakresie emisji gazów cieplarnianych. Należy się jednak spodziewać wzrostu emisji w najbliższym dziesięcioleciu związanego z dalszym rozwojem społeczno-gospodarczym Polski. Wstępne projekcje emisji CO<sub>2</sub> do roku 2020 w Polsce pozwalają przypuszczać, że cel wyznaczony przez Protokół z Kioto jest możliwy do osiągnięcia nawet z pewną nadwyżką umożliwiającą nam wejście na międzynarodowy rynek handlu emisją.

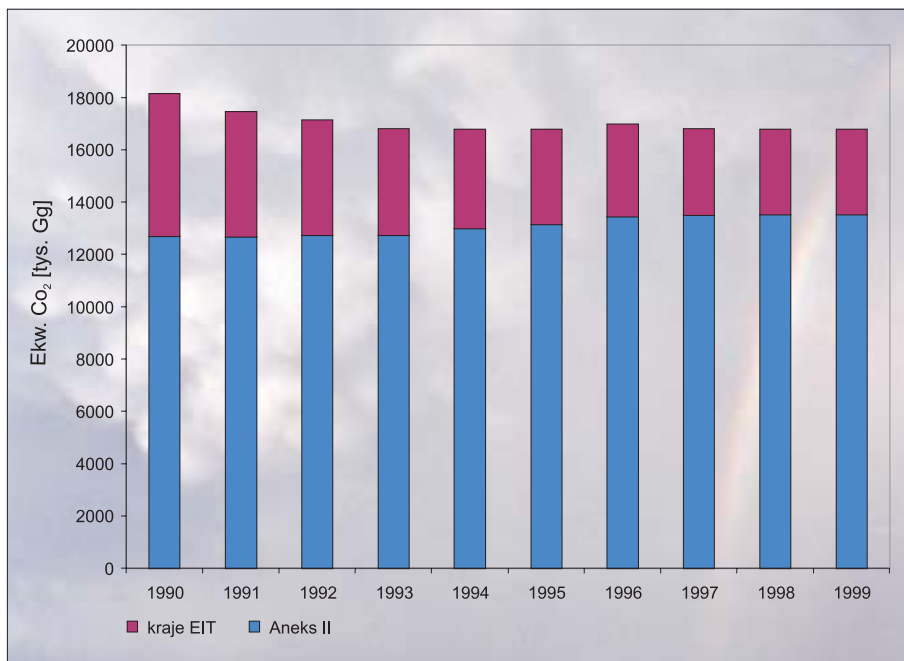
### **Wnioski**

Przegląd emisji gazów cieplarnianych w krajach Aneksu I, które w ramach Konwencji zobowiązały się do stabilizacji do roku 2000 emisji gazów cieplarnianych na poziomie roku 1990 wykazał, że zmniejszyła się ona o 7,6%. Jest to przede wszystkim zasługa spadku emisji aż o 40,5% w krajach z gospodarką w okresie przejściowym (EIT) przy jednoczesnym wzroście emisji o 6,6% (rys. 5.1.6.) w grupie państw wysoko uprzemysłowionych (Aneks II). Z tej ostatniej grupy krajów tylko dwa mogą wykazać się redukcją emisji w okresie 1990-1999: Niemcy (dzięki znacznej redukcji emisji w dawnej NRD o ponad 18%) oraz Wielka Brytania, która dokonała konwersji paliw z węgla na gaz (o 14%).

W grupie krajów Europy Środkowej i Wschodniej przechodzących restrukturyzację gospodarki, po 1990 roku zanotowano znaczący spadek emisji gazów cieplarnianych: od 16% w Słowenii i 25% w Czechach do 53% na Litwie i 56% na Łotwie.

Polska wywiązała się ze zobowiązań wynikających z Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu w zakresie stabilizacji emisji gazów cieplarnianych do roku 2000 na poziomie roku bazowego 1988. Projekcje emisji związane z rozwojem społecz-

<sup>2</sup> GEF – Global Environmental Fund



Rys. 5.1.6. Zmiany emisji gazów cieplarnianych (ekwiwalent CO<sub>2</sub>) w krajach uprzemysłowionych (aneks II) i krajach z gospodarką w okresie przejściowym (EIT). Źródło: UNFCC.

no-gospodarczym kraju pozwalają przypuszczać, że zobowiązania Protokołu z Kioto do Konwencji również zostaną wypełnione.

Założenia II Polityki Ekologicznej odzwierciedlają te międzynarodowe zobowiązania, gdzie w średniookresowym horyzoncie czasowym (do 2010 r.) zakłada się, że w latach 2008-2012 zostanie osiągnięta wielkość emisji gazów cieplarnianych nie przekraczająca 94% emisji z roku 1988 oraz spełnione będą inne wymagania Protokołu z Kioto. Dodatkowym celem w tym zakresie będzie dwukrotne zmniejszenie w stosunku do stanu z 1990 r. energochłonności dochodu narodowego oraz wprowadzenie na szeroką skalę dostępnych technik z zakresu efektywności energetycznej i wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

## 5.2. Osłabienie warstwy ozonowej

Janusz Borkowski, Bonawentura Rajewska-Więch, Zenobia Lityńska, Ewa Żrałek

### Informacje ogólne

Ozon tworzy się głównie w stratosferze, w wyniku działania nadfioletowego promieniowania słonecznego; występuje w atmosferze Ziemi od jej powierzchni do wysokości około 100 km. Około 90% ozonu w pionowym słupie powietrza w atmosferze znajduje się w stratosferze, a maksimum zawartości ozonu występuje w dolnej części tej warstwy.

W okresie ostatnich dwudziestu lat poważnym problemem w skali globalnej stały się obserwowane wyraźne zmiany ilości i rozkładu zawartości ozonu w stratosferze. Spowodowały one znaczne zaniepokojenie zarówno środowiska naukowego jak i opinii publicznej, przede wszystkim, ze względu na to, iż ozon absorbuje słoneczne promieniowanie nadfioletowe. Całkowita zawartość ozonu w kolumnie powietrza w atmosferze w znacznym stopniu determinuje dopływ tego promieniowania do powierzchni Ziemi. Promieniowanie nadfioletowe może być szkodliwe dla wszelkich organizmów żyjących, a jego zwiększe-

nie może spowodować szkody w naturalnych ekosystemach, w tym może również wywierać niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi. Ponadto rzeczą niemałej wagi jest to, że zmiany rozkładu przestrzennego całkowitej zawartości ozonu mogą przyczynić się do zmian cyrkulacji atmosferycznej w skali regionalnej bądź globalnej poprzez modyfikację struktury termicznej atmosfery.

### Zmiany całkowitej zawartości ozonu

Główną przyczyną wystąpienia niedoborów ozonu w stratosferze, jest obecność w atmosferze antropogenicznych związków chemicznych, zwłaszcza chloru i bromu, które w wyniku działania całego łańcucha procesów chemicznych, w odpowiednich warunkach meteorologicznych, mogą doprowadzić do masowego rozpadu cząsteczek ozonu. Czynnikiem sprzyjającym tego rodzaju procesom jest bardzo niska temperatura (poniżej  $-78^{\circ}\text{C}$ ) w atmosferze, umożliwiająca pojawienie się tzw. polarnych chmur stratosferycznych. Na skutek reakcji na powierzchni cząsteczek tych chmur zwiększa się ilość cząsteczek aktywnego chloru i, co za tym idzie, nasila się niszczenie cząsteczek ozonu. Także wyjątkowo silne erupcje wulkanów, jakie miały miejsce w ostatnich dwudziestu latach, poprzez dostarczenie do stratosfery znacznych ilości aerozolu siarkowego, pośrednio przyczyniły się do przejściowego zwiększenia liczby reakcji prowadzących do rozpadu cząsteczek ozonu.

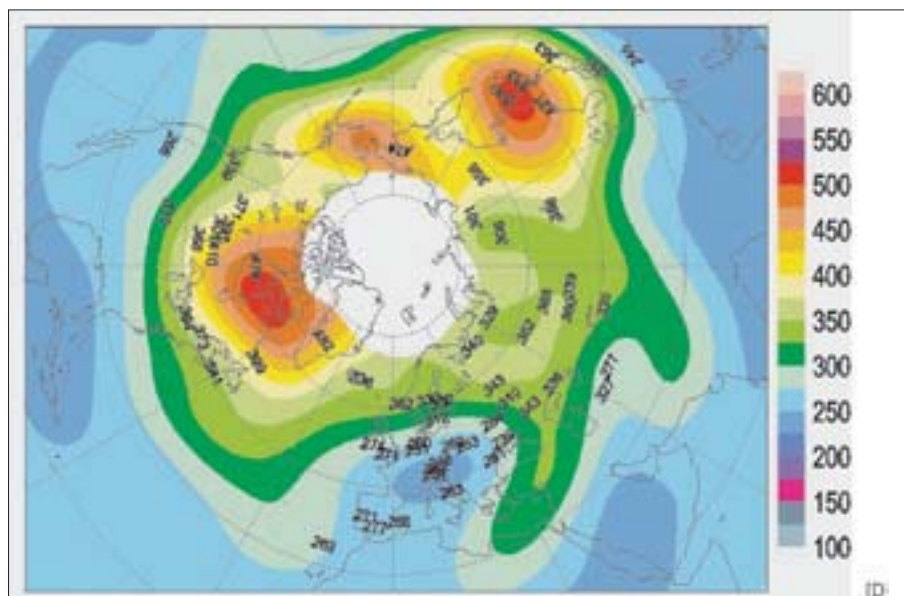
Jakkolwiek dzięki wypełnianiu zaleceń Protokołu Montrealskiego tempo dopływu do atmosfery związków zawierających chlor i brom, takich jak np. freony i halony, uległo zahamowaniu, to ze względu na ich długie czasy życia nadal ich koncentracja w stratosferze pozostaje wysoka. Toteż przy sprzyjających warunkach meteorologicznych znaczne niedobory ozonu mogą wystąpić w najbliższych latach w polarnych i średnich szerokościach geograficznych.

Ocena zagrożenia stanu warstwy ozonowej wymaga znajomości danych dotyczących ilości ozonu i jego roz-

mieszczenia w atmosferze, jak również naturalnej zmienności tego gazu, która jest znaczna i zależna od wielu różnorodnych czynników. Obserwowany przestrzenny i czasowy rozkład ozonu jest wynikiem równowagi pomiędzy wydajnością procesów jego generacji i rozpadu, a także intensywności transportu np. z obszarów o przewadze produkcji ozonu do obszarów gdzie przeważają jego straty. W wyniku sumarycznego działania tych procesów obserwujemy charakterystyczną zmienność ozonu z dnia na dzień, sezonową i z roku na rok.

pletnej destrukcji. Głębokie lokalne spadki całkowitej zawartości ozonu występują także w średnich szerokościach geograficznych, trwają one zwykle kilka dni i są związane ze zmianami w cyrkulacji atmosfery w górnej troposferze i dolnej stratosferze. Te występujące epizodycznie krótkotrwałe minima całkowitej zawartości ozonu nazywamy „mini-dziurami” ozonowymi.

Informacje na temat stanu warstwy ozonowej w skali planety czerpiemy z danych pochodzących z Globalnego Systemu Monitorowania Ozonu (GO<sub>3</sub>OS) Światowej



Rys. 5.2 1. Przestrzenny rozkład całkowitej zawartości ozonu na półkuli północnej w dniu 12.02.2002 r. uzyskany z pomiarów naziemnych i satelitarnych, wykonany w Centrum Sporządzania Map Ozonu w Salonikach w Grecji [D].

Zawartość ozonu w pionowej kolumnie powietrza atmosferycznego o podstawie 1 cm<sup>2</sup> (tzn. jego całkowita zawartość) wynosi około  $8 \times 10^{18}$  cząsteczek, co jest równoważne warstwie tego gazu o grubości 0,3 cm, jeśli sprowadzilibyśmy go do warunków normalnych ciśnienia i temperatury, tzn. (0°C, 1000hPa) w przybliżeniu, panujących przy powierzchni Ziemi. Jednostka całkowitej zawartości ozonu nazywa się atmocentymetrem (atm-cm). Całkowita zawartość wynosi 1 atm-cm jeśli warstwa ozonu po sprowadzeniu do warunków normalnych ma grubość 1 cm, jej tysięczna część (mili atm-cm) coraz częściej nazywana jest dobsonem (D).

Zainteresowanie warstwą ozonową wzmogło się w ostatnich latach, kiedy to stwierdzono występowanie bardzo znacznych niedoborów ozonu. Najbardziej spektakularnym przykładem tych zjawisk jest antarktyczna „dziura ozonowa”. Antarktyczna „dziura ozonowa” to obszar o znacznie zmniejszonej całkowitej zawartości ozonu, który od połowy lat 80-dziesiątych pojawia się corocznie w tym obszarze w sierpniu (w wyniku chemicznej destrukcji ozonu w dolnej stratosferze inicjowanej przez zwiększoną koncentrację w atmosferze substancji, pochodzących z antropogenicznych źródeł, zawierających chlor i brom) i utrzymuje się do początku grudnia. Od wczesnych lat 90-tych zakres wiosennych niedoborów ozonu w tej części świata jest stały bądź pogłębia się, co powoduje, że ozon w dolnej stratosferze antarktycznej ulega na wiosnę prawie kom-

Organizacji Meteorologicznej obejmujących zarówno naziemną jak i satelitarną światową sieć pomiarową, w której uczestniczą polskie stacje IMGW i IG PAN. Z danych tych wynika, że poza obszarami tropikalnymi warstwa ozonowa znacząco ubożeje, z tym że spadek ozonu dla obydwu półkul jest szczególnie duży w okresie zimy i wiosny, zaś latem i jesienią mniejszy, lecz, podobnie jak dla całego roku, statystycznie istotny. Ilustruje to tabela 5.2.1. zawierająca trendy całkowitej zawartości ozonu dla całego roku oraz miesięcy zimowych i letnich dla różnych szerokości geograficznych, wyznaczone na podstawie pomiarów satelitarnych. Wartości trendów oraz podwójne odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) tych wielkości podane są w % na 10 lat.

Tabela 5.2.1. Trendy całkowitej zawartości ozonu z pomiarów satelitarnych w latach 1979–1997 (% na 10 lat  $\pm 2\sigma$ ). Źródło GO<sub>3</sub>OS.

	Roczny	XII-V	VI-XI
50°N – 65°N	-3,7±1,6	-4,4±2,6	-2,8±1,3
30°N – 50°N	-2,8±1,7	-3,8±2,4	-1,7±1,3
20°N – 20°S	-0,5±1,3	-0,3±1,6	-0,7±1,3
30°S – 50°S	-1,9±1,3	-2,4±1,2	-1,4±1,9
50°S – 65°S	-4,4±1,8	-3,4±1,6	-5,2±2,6

W Polsce pomiary całkowitej zawartości ozonu wykonywane są systematycznie przy pomocy spektrofotometru Dobsona od 1963 roku w Centralnym Obserwatorium Geofizycznym PAN w Belsku, a od 1992 roku także przy pomocy spektrofotometru Brewera. Od stycznia 1993 roku w Zakładzie Prognoz Regionalnych IMGW w Krakowie codziennie opracowywany jest rozkład całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą Środkową na podstawie danych odbieranych z satelitów serii NOAA.

Porównanie trendów w latach 1970-2001 i 1980-2001 w Belsku zawiera tabela 5.2.2. Przedstawione tu trendy stanowią składowe liniowe, wyrażone w procentach na dziesięciolecie oraz podwójne odchylenie standardowe tych wielkości.

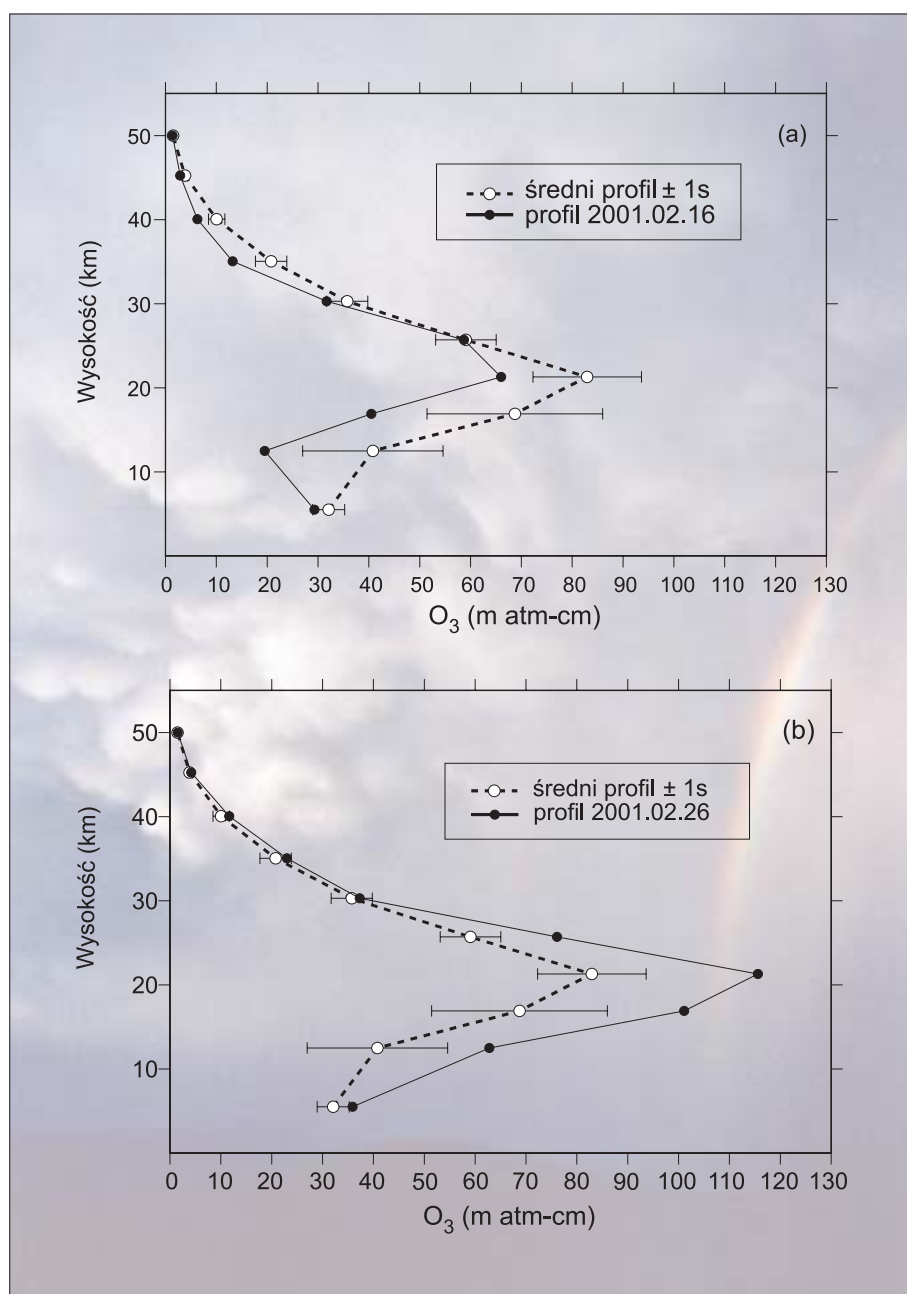
Podobnie jak w wielu innych stacjach należących do światowej sieci pomiarów ozonu, także w Belsku zanotowano w ciągu ostatnich dwu dziesięcioleci spadek całkowitej zawartości ozonu nasilający się szczególnie w okre-

Tabela 5.2.2. Porównanie trendów całkowitej zawartości ozonu w Belsku w latach 1970-2001 i 1980-2001 (% na 10 lat  $\pm 2\sigma$ ). Źródło IG PAN/PMŚ.

Sezon	1970 – 2001	1980 – 2001
XII – III	3,1 $\pm$ 1,6	4,0 $\pm$ 1,6
V – VIII	1,4 $\pm$ 1,0	2,8 $\pm$ 1,8
IX – XI	-1,7 $\pm$ 1,0	-1,3 $\pm$ 1,8
I – XII	2,1 $\pm$ 1,0	2,8 $\pm$ 1,6

sach zimowo-wiosennych. Rekordowo niskie wartości średnich ozonu w tych sezonach wystąpiły w Belsku w latach 1991-92 i w 1992-93. W ostatnich latach tempo spadku całkowitej zawartości ozonu uległo spowolnieniu.

Pełniejsze wyjaśnienie wystąpienia stwierdzonych zmian ozonu powinno obejmować nie tylko przebieg i wy-



Rys. 5.2.2. Średnie profile ozonu w różnych dniach roku (linie ciągłe) porównane ze średnią wyznaczoną metodą Umkehr w Belsku z danych z lat 1963-1997 (linia przerywana). Źródło: IG PAN/PMŚ.



dajność zachodzących procesów fotochemicznych, lecz także uwzględnić, przynajmniej najważniejsze, procesy dynamiczne w atmosferze. Ze względu na szczególną złożoność procesów dynamicznych na półkuli północnej, w ostatnich latach toczy się dyskusja na ile są one ważne w stosunku do zachodzących procesów fotochemicznego rozpadu ozonu i które z nich odgrywają tu największą rolę. Jako przykład mogą posłużyć „mini-dziury” ozonowe. Analiza statystyczna ponad 11 tysięcy wartości średnich dziennych ozonu w Belsku wykazała, że prawie wszystkie ekstremalnie niskie zawartości ozonu wystąpiły w okresie zimowym w latach 90-tych. W literaturze meteorologicznej coraz bardziej ugruntowuje się pogląd, że przyczyną występowania „mini-dziur” są procesy dynamiczne w atmosferze, takie jak np. antycyklony w górnej troposferze.

### **Zmiany w rozkładzie pionowym ozonu**

Dane ozonowe ze stacji dysponujących długoletnimi, ciągłymi i wiarygodnymi seriami pomiarowymi są szczególnie cenione w analizach statystycznych, mających na celu poznanie zmian zawartości ozonu na różnych wysokościach w atmosferze. W Europie są tylko trzy stacje wykonujące spektrofotometryczne pomiary rozkładu pionowego ozonu metodą Umkehr. Jedną z nich jest polska stacja IG PAN w Belsku z prawie 40-letnią serią pomiarową, zrewaloryzowaną i szeroko stosowaną w najpoważniejszych analizach statystycznych i metodycznych. Pomiary te wykonywane są tylko w bezchmurne dni przez około 4,5 godziny.

Profile ozonu uzyskane metodą Umkehr, ze względu na swoją specyfikę, używane są głównie do analiz wielkoskalowych. Rysunek 5.2.2 a, b przedstawia przykłady zmian zawartości ozonu w poszczególnych umkehrowskich warstwach atmosfery. Jak widać, zmiany te w odniesieniu do średniej wieloletniej 1963-2001 (linia przerywana), są najbardziej spektakularne w dolnej stratosferze i troposferze. Niestety, w metodzie Umkehr zawartości ozonu wyznaczone w najniższych warstwach są najmniej wiarygodne.

Profile ozonu w poszczególnych dniach mogą znacznie odbiegać od średnich wieloletnich, zarówno, co do wartości w różnych warstwach jak i wysokości wystąpienia maksimum ozonu. Należy dodać, że zmiany profilu ozonu przy ustalonej całkowitej zawartości ozonu są jednym z czynników wpływających na wielkość promieniowania UV docierającego do powierzchni Ziemi.

Wieloletnie badania wskazują na istnienie statystycznie znaczącego ujemnego trendu zawartości ozonu, o wielkości rzędu kilku procent na dziesięciolecie, w obszarze obejmującym warstwy 0-28 km, warstwy od 37,5 km do około 40 km oraz w warstwie 28,0- 32,6 km i 32,6-37,5 km. Najsilniejszy spadek ozonu sięgający prawie -6% wystąpił w obszarze obejmującym warstwy 0-28 km na wiosnę oraz w warstwach od 32,6 km do wierzchołka atmosfery (około 40 km) na jesieni. Minimalny trend całoroczny, około -2% na dziesięciolecie, pojawił się w warstwie 28,0-32,6 km.

W Legionowie na stacji IMGW również są przeprowadzane badania profilu ozonu. Pomiary są wykonywane metodą radiosondażową od dwudziestu lat. Sondaże są wykonywane regularnie raz w tygodniu w środy, a w okresie

zimy/wiosny do 2-3 razy w tygodniu w przypadkach spodziewanych spadków ozonu.

W sezonie zimowo-wiosennym, w latach od 1996 do 2001, obserwowano w Polsce powtarzające się przypadki znacznych niedoborów ozonu w stratosferze. Wydzielono dwa rodzaje tych przypadków, które związane są z różnymi mechanizmami ich powstawania:

1. Ubytki ozonu obserwowane nad dużym obszarem, związane z wtargnięciem w umiarkowane szerokości geograficzne polarnego wiru, zawierającego ubogie w ozon masy powietrza, na skutek wcześniejszej, chemicznej destrukcji ozonu w obszarach polarnych. Przykłady destrukcji ozonu w sytuacjach przemieszczania się chłodnego wiru polarnego nad Europą przedstawiono na rys. 5.2.3. W tych przypadkach, największe ubytki ozonu są obserwowane w warstwie maksimum ozonu i wyższych warstwach stratosfery średniej.

2. Obserwowane coraz częściej nad Europą „mini-dziury” ozonowe, przemieszczające się w ciągu kilku dni z rejonów północno-wschodniego Atlantyku w kierunku wschodnim. Związane są na ogół z cyrkulacją antycyklonalną i wysoką tropopauzą, obejmującą często Polskę. Przykład „mini dziury” ozonowej nad Europą ilustruje rysunek 5.2.4. przedstawiający profil ozonu z 14 lutego 2001 r.

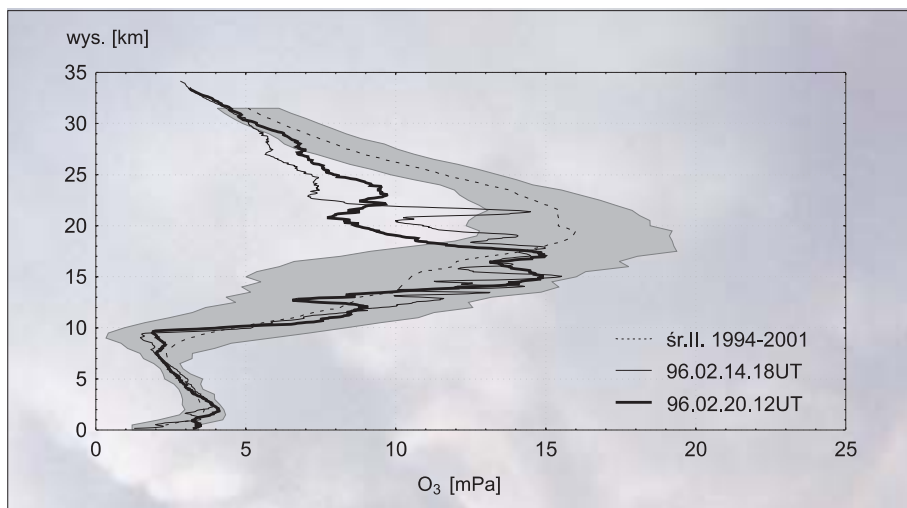
### **Zmiany promieniowania UV**

Równoległe z badaniami całkowitej zawartości ozonu prowadzone są pomiary promieniowania ultrafioletowego UV. Wielkość docierającego do powierzchni ziemi promieniowania UV zależy od wysokości słońca nad horyzontem, a więc od szerokości geograficznej, pory roku i pory dnia oraz od czynników pochłaniających i rozpraszających promieniowanie w atmosferze, również od własności rozpraszających powierzchni ziemi (albedo).

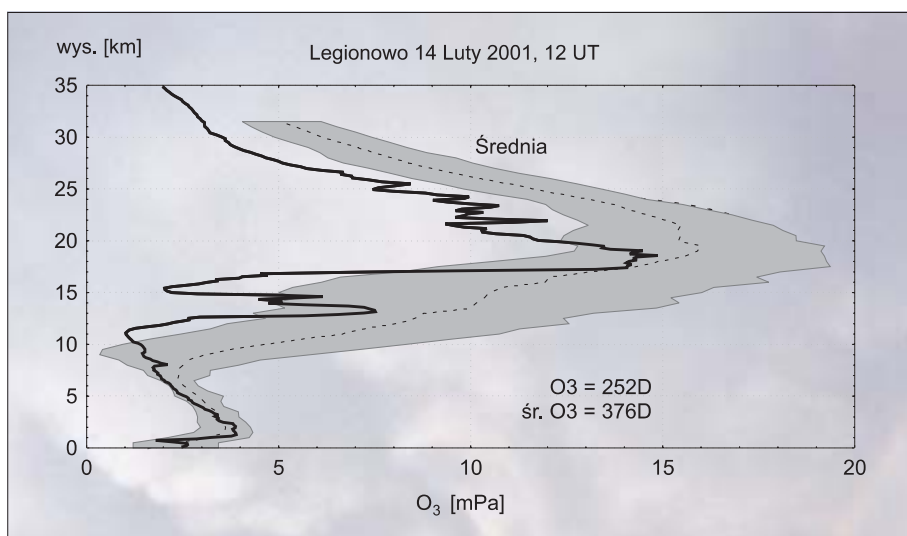
Pomiary promieniowania UV prowadzone są w IG PAN w centralnej części Polski w Belsku od 1976 roku (seria pomiarowa jest najdłuższa w Europie), oraz od 1994 r. w IMGW na trzech stacjach, usytuowanych w różnych warunkach geograficznych: w Łebie – nad Morzem Bałtyckim, w Legionowie – w centrum Polski oraz w Zakopanem w górach.

Energia promieniowania ultrafioletowego UV stanowi niewielką część całkowitej energii promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni Ziemi (około 8%). Promieniowanie to odgrywa jednak olbrzymią rolę w procesach zachodzących w górnej atmosferze, które kontrolują budżet ozonu, a także w procesach fotobiologicznych w biosferze.

Główną przyczyną zmienności promieniowania UV poza czynnikami geograficznymi i sezonowymi są procesy oddziaływania promieniowania UV z atmosferą; pochłanianie i rozpraszanie. W procesie pochłaniania promieniowania UV główną rolę odgrywa ozon. Zależność dopływu promieniowania UV od zawartości ozonu często jest opisywana przez tzw. radiacyjny współczynnik amplifikacji, czyli procentową zmianę dawki promieniowania UV (na ogół biologicznie czynnego) przy zmianie całkowitej zawartości ozonu o 1%. Parametr ten zależy od sposobu liczenia dawki promieniowania, a także od odległości zenitalnej Słońca i rozkładu pionowego ozonu i waha się od 1,1 do 1,3.



Rys. 5.2.3. Przykład destrukcji ozonu w sytuacjach przemieszczania się chłodnego wiru polarnego nad Europą. Źródło IMGW / PMŚ.

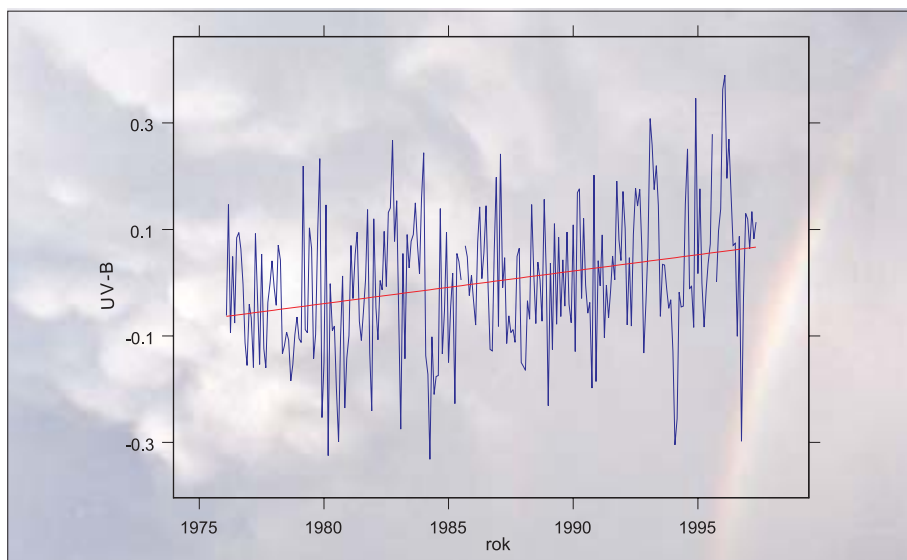


Rys. 5.2.4. Przykład destrukcji ozonu związany z cyrkulacją antycyklonalną i wysoką tropopauzą z 14 lutego 2001 r. Źródło IMGW / PMŚ.

Na rysunku 5.2.5. przedstawiono znormalizowane odchylenia wartości średniej miesięcznej dozy promieniowania UV-B od wartości wieloletniej średniej miesięcznej, w funkcji czasu. Widoczny jest dodatni trend w przebiegu dozy promieniowania UV. Wielkość trendu w okresie od 1976 do 1996 roku wynosiła 6,3% na dekadę. Ponieważ w tym okresie promieniowanie globalne nie wykazywało

znaczącego dodatniego trendu, wzrost dozy promieniowania UV można przypisać spadkowi całkowitej zawartości ozonu. Obecnie wielkość trendu ulega zmianie z powodu spadku tempa ubożenia warstwy ozonowej.

Ze względu na zmienne warunki zachmurzenia, w średnich przebiegach rocznych i dobowych w niewielkim stopniu jest zaznaczona zależność od szerokości geograficz-



Rys. 5.2.5. Znormalizowane odchylenia wartości średniej miesięcznej dozy promieniowania UV-B od wartości wieloletniej średniej miesięcznej w funkcji czasu. Źródło: IG PAN/PMŚ.

nej. W większym stopniu różnice te występują w maksymalnych przebiegach dobowych, występujących przy bezchmurnym niebie. Największa różnica pomiędzy stacjami występuje w czerwcu oraz w marcu, kiedy w Zakopanem dochodzi wpływ albedo (pokrywa śnieżna).

Oszacowanie trendów promieniowania nadfioletowego przy powierzchni ziemi wynikających z niedoborów ozonu komplikują ewentualne zmiany zachmurzenia, albedo bądź aerozoli atmosferycznych. Zapewnienie wiarygodnych pomiarów ozonu i dopływu promieniowania nadfioletowego do powierzchni ziemi oraz właściwe ich opracowanie i udostępnienie zainteresowanym ma pierwszorzędne znaczenie, gdyż fakt ubożenia warstwy ozonowej może mieć bardzo poważne konsekwencje dla całego ekosystemu Ziemi. Nadmierna ekspozycja na promieniowanie UV może być bardzo szkodliwa dla człowieka. Największe zagrożenia, to rak skóry, zaćma, obniżona odporność organizmu.

### **Perspektywy naprawy warstwy ozonowej**

W ciągu ostatnich kilku lat w średnich szerokościach geograficznych obu półkul zaobserwowano spowolnienie spadku całkowitej zawartości ozonu. W związku z tym pojawiły się głosy sugerujące możliwość rozpoczęcia powrotu warstwy ozonowej do stanu z okresu poprzedzającego wystąpienie „dziury ozonowej” i innych znaczących niedoborów ozonu. Można też było spotkać się z poglądem, iż stosowanie zaleceń Protokołu Montrealskiego rozwiązało problem ozonu i sprawa ochrony warstwy ozonowej została załatwiona. Tymczasem zgodnie z opublikowanym w 1999 roku przez Światową Organizację Meteorologiczną raportem rekordowo niskie zawartości ozonu mogą wystąpić w ciągu najbliższych 10-15 lat w zależności od warunków meteorologicznych (tj. temperatury w stratosferze, stabilności wiru polarnego itp). Wyniki badań uzyskanych przy pomocy modeli prognostycznych każą oczekiwać, że przed 2050 rokiem warstwa ozonowa nie osiągnie stanu, jaki w niej panował przed pojawieniem się „dziury ozonowej”. Czas naprawy warstwy ozonu może ulegać wydłużeniu ze względu na ochłodzenie stratosfery spowodowane przez gazy cieplarniane (efekt cieplarniany powoduje wzrost temperatury w troposferze i spadek w stratosferze), bądź też przez wystąpienie silnych wybuchów wulkanów podobnych do erupcji w 1991 roku Mt Pinatubo na Filipinach. Należy przy tym pamiętać, że znaczna naturalna zmienność ozonu oraz duże zróżnicowanie warunków meteorologicznych w obszarze średnich i wysokich szerokości geograficznych komplikują zadanie jednoznaczego stwierdzenia początku procesu regeneracji warstwy ozonowej.

Oznaki poprawy w zakresie niedoborów ozonu na półkuli północnej w ostatnich latach nie były obserwowane na półkuli południowej. W dalszym ciągu zawartości ozonu w Antarktyce w okresie zimy i wiosny były ekstremalnie niskie. Minimalna całkowita zawartość ozonu w rejonie bieguna południowego była rekordowo niska w 2001 roku i wynosiła poniżej 100 D, co stanowi około 30 % wartości ozonu przed powstaniem dziury ozonowej (w latach 60-tych i początku 70-tych). To samo dotyczy długotrwałości występowania i rozległości obszaru definiowanego jako „antarktyczna dziura ozonowa”, która w 2001 roku osiągnę-

ła maksima. Także pionowe profile ozonu na biegunie południowym wykazywały w październiku 2001 prawie kompletny zanik ozonu w warstwie leżącej pomiędzy 15-21 km. Brak oznak poprawy w warstwie ozonowej w dużych szerokościach geograficznych półkuli południowej skłania do tym większej ostrożności w interpretacji zmian ozonu na półkuli północnej.

Międzynarodowe działania zmierzające do zredukowania użycia i uwalniania do atmosfery substancji niszczących ozon spowodowały, że zawartość chloru i innych substancji chemicznych osiągnęła maksimum już w latach 1997-1998. Koncentracja ich pozostaje jednak na wystarczająco wysokim poziomie, aby wystąpienie większych lub mniejszych niedoborów ozonu zależało od warunków meteorologicznych bardziej lub mniej sprzyjających masowemu rozpadowi cząsteczek ozonu. Dalsza poprawa sytuacji uzależniona jest od zakresu wypełniania Protokołu Montrealskiego wraz z poprawkami zakazującymi bądź ograniczającymi używanie substancji szkodliwych dla warstwy ozonowej.

Do podejmowania działań dotyczących ochrony warstwy ozonowej, Polska jest zobowiązana jako Strona:

- Konwencji Wiedeńskiej o ochronie warstwy ozonowej i Protokołu Montrealskiego w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową od 11.10.1990 r.,
- Poprawek Londyńskich i Kopenhaskich do Protokołu od 31.12.1996 r.,
- Poprawek Montrealskich do Protokołu od 05.03.2000 r.

Jednym z zaleceń Konwencji Wiedeńskiej, która weszła w życie w dniu 22.09.1998 r. jest prowadzenie systematycznych badań i obserwacji związanych ze stanem stratosferycznej warstwy ozonowej, prowadzenie pomiarów zawartości ozonu w atmosferze, pomiarów promieniowania ultrafioletowego Słońca, badanie skutków osłabienia warstwy ozonowej w środowisku oraz wymiana informacji. Konwencja zawiera również listę substancji, które mogą być modyfikatorami stanu warstwy ozonowej oraz ogólne zobowiązania do ograniczania i eliminowania aktywności powodujących jej destrukcję oraz dała formalną podstawę do utworzenia Protokołu Montrealskiego.

Zasadniczym zaleceniem Protokołu Montrealskiego, który wszedł w życie 1 stycznia 1989 r., jest całkowita redukcja produkcji i zużycia wymienionych w Protokole substancji zubożających warstwę ozonową. Substancje objęte kontrolą należą do grupy chlorowcopochodnych węglodorów i mają różną zdolność niszczenia ozonu, określaną przy pomocy wskaźnika potencjału niszczenia ozonu – ODP (Ozone Depleting Potential). Wskaźnik jest liczbą niemianowaną, określającą stosunek potencjału substancji CFC-11 (trichlorofluorometan CFC13) do potencjału innych substancji. Wprowadzono ograniczenia emisji substancji zubożających warstwę ozonową stosując zasadę „czystej produkcji”, poprzez redukcję ich produkcji i zużycia, aż do całkowitej eliminacji.

Określenie wielkości emisji substancji zubożających warstwę ozonową nie zawsze jest sprawą łatwą ze względu na specyfikę stosowania tych substancji. Oceniając wielkość emisji należałoby również uwzględnić ilość substancji kontrolowanych wprowadzonych do atmosfery z urządzeń, które je zawierają i które zainstalowane były w latach wcześniejszych. Biorąc pod uwagę powyższe wątpli-

wości, szacowania wielkości emisji substancji kontrolowanych dokonuje się najczęściej uwzględniając tzw. emisję potencjalną, czyli wielkość zużycia.

W Polsce w latach 1986-2000 wystąpiło wyraźne zmniejszenie zużycia substancji zubożających warstwę ozonową. Wielkość zużycia freonów spadła z 6710 ton w 1986 roku do 187 ton w roku 1999. Wykorzystywanie halonów, które w roku 1986 wyniosło 1250 ton zostało w 1995 roku całkowicie wyeliminowane. W Polsce wśród substancji kontrolowanych przez Protokół Montrealski, produkowany jest tylko tetrachlorek węgla. Zużycie tetrachloru węgla wyniosło w 1997 roku – 35 ton ODP, 1998 roku – 44 tony ODP, zaś w 1999 roku – 28 ton ODP. Strategia redukcji produkcji i zużycia w Polsce substancji zubożających warstwę ozonową jest zgodna z Protokołem Montrealskim wraz z poprawkami.

Zużycie substancji kontrolowanych monitorowane jest zgodnie z wymogami Protokołu, poprzez wielkość produkcji, importu i eksportu, na podstawie pozwoleń importowo-eksportowych. Każdy podmiot gospodarczy ubiegający się o pozwolenie powinien uzyskać pozytywną opinię Biura Ochrony Warstwy Ozonowej. W przypadku halonów opinię taką wydaje również Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej. Opinie te stanowią podstawę do wydania pozwolenia przez Ministerstwo Gospodarki.

Protokół nie wprowadza żadnych ram na ograniczenia ilościowe i rodzajowe w zastosowaniu substancji kontrolowanych. W Polsce ograniczenia wprowadzono na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki.

Wprowadzone w 1992 r. opłaty za emisję substancji zubożających warstwę ozonową stanowią bodziec ekonomiczny, który przyczynia się do ograniczenia zużycia oraz zmniejszania emisji tych substancji, a tym samym do wypełnienia zobowiązań Protokołu Montrealskiego.

Stosowanie substancji zubożających warstwę ozonową jest ograniczane również poprzez regulacje branżowe, do których można zaliczyć certyfikaty. Od 1992 r. Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej (organ upoważniony do certyfikacji) nie wydaje certyfikatów dla nowych urządzeń halonowych i nie prolonguje starych. Również Polski Rejestr Statków nie wydaje pozwoleń na nowe urządzenia halonowe na statkach a zakazem objęto również użycie substancji CFC (R)-12 i R-502.

Centralny Ośrodek Chłodnictwa jest jednostką upoważnioną do nadawania certyfikatów w zakresie chłodnictwa. Wydaje certyfikaty wyrobu oraz kompetencji, które zawierają również wymagania, co do stosowania odpowiednich chłodziw, bezpiecznych dla warstwy ozonowej.

Do dalszego ograniczania zużycia i emisji substancji niszczących warstwę ozonową przyczyniają się działania takie jak: doskonalenie funkcjonowania krajowego systemu odzysku i recyklingu chłodziw oraz wdrażanie krajowej strategii ograniczania emisji halonów. Trwają również prace nad krajową strategią eliminacji bromometanu i substancji kontrolowanych przy produkcji leków przeciwastmatycznych oraz krajową strategią zarządzania substancjami CFCs i HCFCs.

# Rzeki



## 6. RZEKI

*Bogdan Fornal, Rafalina Korol*

### 6.1. Informacje ogólne, podstawy prawne

Zasoby wodne w kraju, przypadające na jednego mieszkańca są mniejsze niż w krajach sąsiednich i znacznie niższe niż przeciętne w Europie (zaledwie ok. 36% średniej europejskiej). Rozmiary tych zasobów, wyrażone są przeciętnym rocznym odpływem rzek (ok. 63 km<sup>3</sup> z uwzględnieniem dopływów spoza granic kraju) oraz zasobem odnawialnym wód podziemnych (szacowanym na ok. 18 km<sup>3</sup>/rok). Efektem przedstawionego stanu zasobów wodnych jest występowanie w części obszaru Polski okresowych lub trwałych trudności w zaopatrzeniu w wodę. Podstawowym problemem w zakresie zaopatrzenia w wodę ludności jest mała dostępność wody o wysokiej jakości, natomiast wobec wyraźnego spadku w ostatnim dziesięcioleciu wielkości poborów wody przez przemysł, jak również dla potrzeb gospodarstw domowych, problemy ilościowe straciły na znaczeniu. Perspektywnym zagrożeniem mogą stać się natomiast zjawiska o charakterze globalnym, związane z przewidywanym wpływem zmian klimatu na zasoby wód, ich rozmiary i rozkład w czasie. Biorąc pod uwagę zarówno przedstawioną ocenę stanu zasobów wodnych i możliwe ich zmiany perspektywiczne, jak też ocenę stanu zagospodarowania wód, należy podkreślić ewolucję poglądów na priorytety zadań gospodarowania wodami związaną również ze zmianami sytuacji społecznej i gospodarczej kraju.

W polskich przepisach gospodarka wodna oraz ochrona wód w latach 1996-2000 była regulowana wielokrotnie nowelizowaną ustawą Prawo wodne z dnia 24 października 1974 roku i Rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 roku w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód i gruntu.

W 1991 roku rozpoczęto proces przebudowy dotychczasowego modelu zarządzania zasobami wodnymi przez utworzenie Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej, jednostek organizacyjnych działających w granicach dorzeczy, którym powierzono m.in. następujące sprawy: bilansowanie zasobów wód powierzchniowych i podziemnych; opracowywanie programów i planów gospodarowania zasobami wodnymi i ochrony wód w dorzeczu oraz ochrony przed powodzią; opracowywanie „Warunków korzystania z wód dorzecza”, określających zasady i ograniczenia w korzystaniu z wód oraz kierunki niezbędnych działań.

Nowelizacja ustawy Prawo wodne, dokonana w kwietniu 1997 r., usankcjonowała zasadę gospodarowania zasobami wodnymi na obszarach dorzeczy oraz określiła rolę „Warunków...” jako podstawowego instrumentu zarządzania wodami. Kolejnym etapem przebudowy modelu zarządzania zasobami wodnymi było połączenie, z dniem 1 stycznia 2000 r., jednostek podległych ministrowi środowiska, tj. jednostek odpowiedzialnych za udział w zarządzaniu zasobami wodnymi (dawne Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej) z jednostkami gospodarującymi urządzeniami hydrotechnicznymi i budowlami wodnymi (dawne Okręgowe Dyrekcje Gospodarki Wodnej). Siedem nowych RZGW działa na obszarach dużych części dorzeczy rzek Polski: *Gdańsk* – dorzecze dolnej Wisły i Przymorza wschodniego; *Gliwice* – część dorzecza górnej Odry i Wisły, stanowiącego system wodno-gospodarczy aglomeracji miejsko-przemysłowej Śląska; *Kraków* – dorzecze górnej Wisły; *Poznań* – dorzecze Warty, dopływu Odry stanowiącego samodzielny system hydrograficzny; *Szczecin* – dorzecze dolnej Odry; *Warszawa* – dorzecze środkowej Wisły; *Wrocław* – dorzecze środkowej i górnej Odry.

### 6.2. Charakterystyka ogólna sieci hydrograficznej

Długość sieci hydrograficznej Polski, tj. łącznie: rzek, potoków, strumieni, kanałów żeglownych i melioracyjnych ocenia się na 98 tys. km. Najważniejszymi elementami polskiej sieci hydrograficznej są jednak:

- rzeka Wisła, której powierzchnia dorzecza wynosi 194 424 km<sup>2</sup> (w granicach Polski 168 699 km<sup>2</sup>, tj. 54% powierzchni kraju) wraz z głównymi dopływami: Sołą, Dunajcem, Wisłoką, Sanem, Kamienną, Wieprzem, Pilicą, Narwią z Bugiem, o łącznej długości 3776 km,
- rzeka Odra, której powierzchnia dorzecza wynosi 118 861 km<sup>2</sup> (w granicach Polski 106 056 km<sup>2</sup>, tj. ok. 34% powierzchni kraju) wraz z głównymi dopływami: Małą Panwią, Nysą Kłodzką, Bystrzycą, Baryczą, Bobrem, Nysą Łużycką, Wartą i Notecią, o łącznej długości 2948 km,
- rzeki Przymorza, a zwłaszcza: Pasłęka, Reda i Wieprza.

### 6.3. Zasoby wód

Na zasoby wodne Polski składają się:

- zasoby wód powierzchniowych, których wielkość, określana jako średni odpływ z wielolecia, wynosi około 63,1 mld m<sup>3</sup>/rok;

- zasoby wód podziemnych;
- zasoby morskich wód wewnętrznych i terytorialnych.

Wielkość zasobów wód powierzchniowych jest zmienna w czasie, zarówno w skali wielolecia, jak w ciągu danego roku. W latach suchych wskaźnik zasobów w przeliczeniu na 1 mieszkańca spada do 1100 m<sup>3</sup>/rok (dane z 1990 r), podczas gdy w latach mokrych notowano maksimum na poziomie 2600 m<sup>3</sup>/rok na mieszkańca na rok (dane z 1975 r). W 2001 roku wartość wskaźnika wynosiła 1600 m<sup>3</sup>/rok. Tak duża zmienność utrudnia racjonalne zagospodarowanie wód powierzchniowych, a stosunkowo mała pojemność retencyjna sztucznych zbiorników wodnych (ok. 6% średniego rocznego odpływu) nie pozwala na skuteczne niwelowanie problemów wynikających z okresowych nadmiarów i deficytów wody w rzekach.

W 2001 roku zbilansowane zasoby wód powierzchniowych wyniosły 70,1 mld m<sup>3</sup>, tj. ok. 1850 m<sup>3</sup> na mieszkańca. Wody pochodzące ze zlewni położonych w całości na obszarze kraju stanowią około 87% zasobów wód powierzchniowych ogółem.

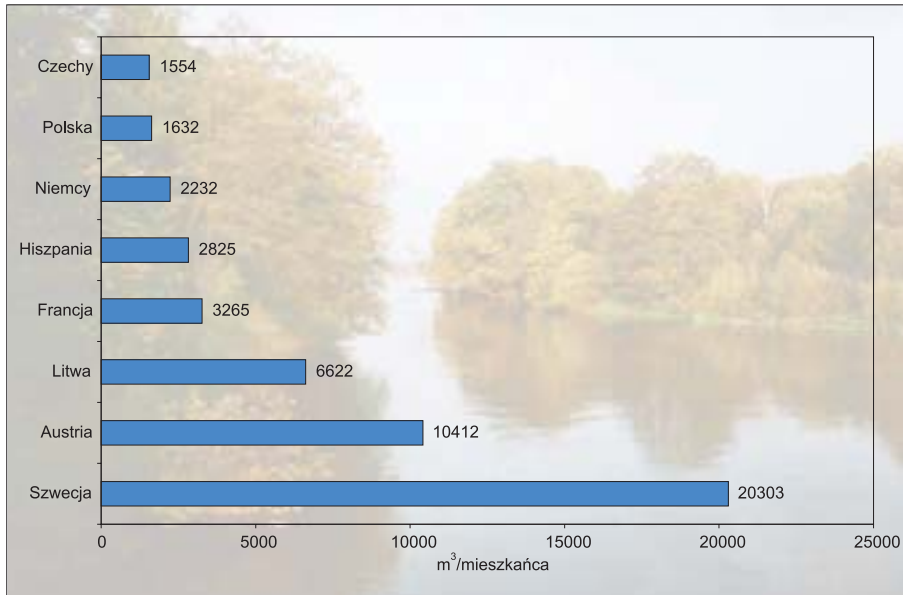
Polska zaliczana jest do krajów o ubogich zasobach wodnych. Porównanie zasobów wodnych Polski w stosunku do wybranych krajów europejskich przedstawia rysunek 6.3.1.

Na rysunku 6.3.1. wyraźnie widać różnice w wielkości zasobów wodnych w poszczególnych krajach europejskich, w tym w Polsce. Zasoby w Polsce stanowią 8% zasobów wodnych Szwecji, a w stosunku do niewielkiej obszarowo Austrii 16%. Jedynie w porównaniu z zasobami wodnymi Czech nasz kraj posiada zasoby większe, i to tylko o 5%.

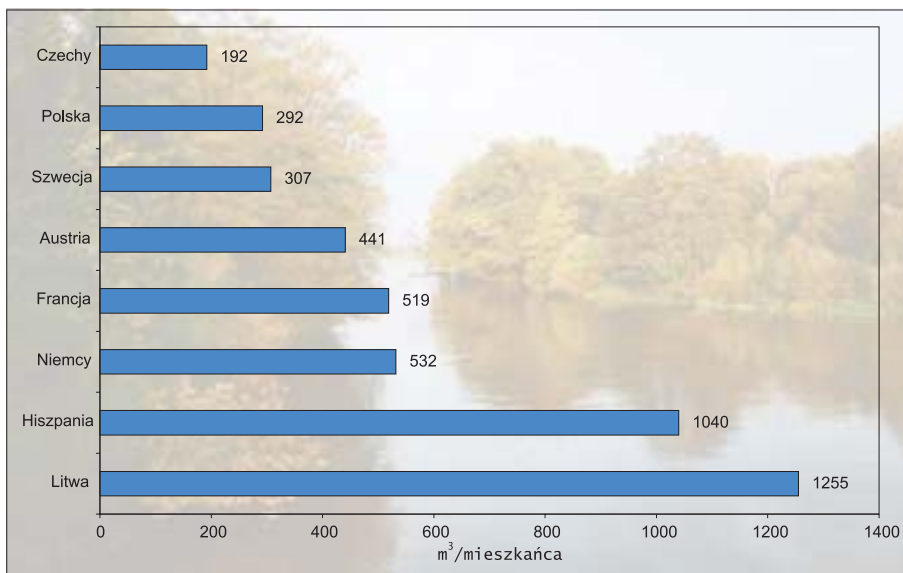
#### 6.4. Pobór wody

Podstawowe znaczenie w zaopatrywaniu gospodarki narodowej w wodę w naszym kraju mają zasoby wód powierzchniowych. Wody ujmowane z rzek i jezior pokrywają ponad 80% potrzeb gospodarki narodowej.

Zasoby wód podziemnych przeznaczane są przede wszystkim na zaopatrzenie ludności w dobrej jakości wodę



Rys. 6.3.1. Zasoby wodne w wybranych krajach europejskich. Źródło: Eurostat.



Rys. 6.4.1. Pobór wód ogółem w wybranych krajach europejskich. Źródło: Eurostat.

Tabela 6.4.1. Pobór wód na zaopatrzenie ludności i gospodarki w wybranych krajach europejskich w [mln m<sup>3</sup>]. Źródło: Eurostat.

Państwo	Rok	Zaopatrzenie ludności	Energetyka	Rolnictwo	Przemysł
Polska	1999	2393	6781	1045	800
Niemcy	1995	5810	27777	616	6043
Hiszpania	1997	5393	5676	27863	1920
Francja	1997	5890	17211	3350	3890
Austria	1997	604	1571	100	1286
Szwecja	1995	936	b.d.*	137	1440
Czechy	1999	830	544	13	429
Litwa	1999	b.d.*	4329	94	53

\*brak danych

do picia. Prawo nakazuje racjonalizację ich zużycia i nie zezwala na wykorzystanie na cele przemysłowe, jeżeli nie ma to uzasadnienia w wymogach technologicznych (np. przemysł farmaceutyczny, produkcja żywności itp.).

Polska w stosunku do innych krajów europejskich jest państwem pobierającym jedną z mniejszych ilości wody (rys. 6.4.1.)

Z powyższego rysunku wynika, że Polska pobiera więcej wody jedynie od Republiki Czeskiej oraz na poziomie zbliżonym do Szwecji. Daleko nam jednak do poboru wód w Hiszpanii, który jest około 3-krotnie wyższy. Nawet tak nieduży (w stosunku do Polski) kraj, jakim jest Austria zużywa około 1,5-krotnie więcej wody.

Rejestrowany pobór wody na potrzeby gospodarki narodowej (rys. 6.4.2.) w roku 2001 wyniósł 10 683,5 mln m<sup>3</sup>, przy czym wód powierzchniowych pobrano 8 899,1 mln m<sup>3</sup>, wód podziemnych – 1660,1 mln m<sup>3</sup> oraz zagospodarowano 124,4 mln m<sup>3</sup> wód odprowadzanych z systemów odwadniania kopalń.

Pobrana woda została wykorzystana:

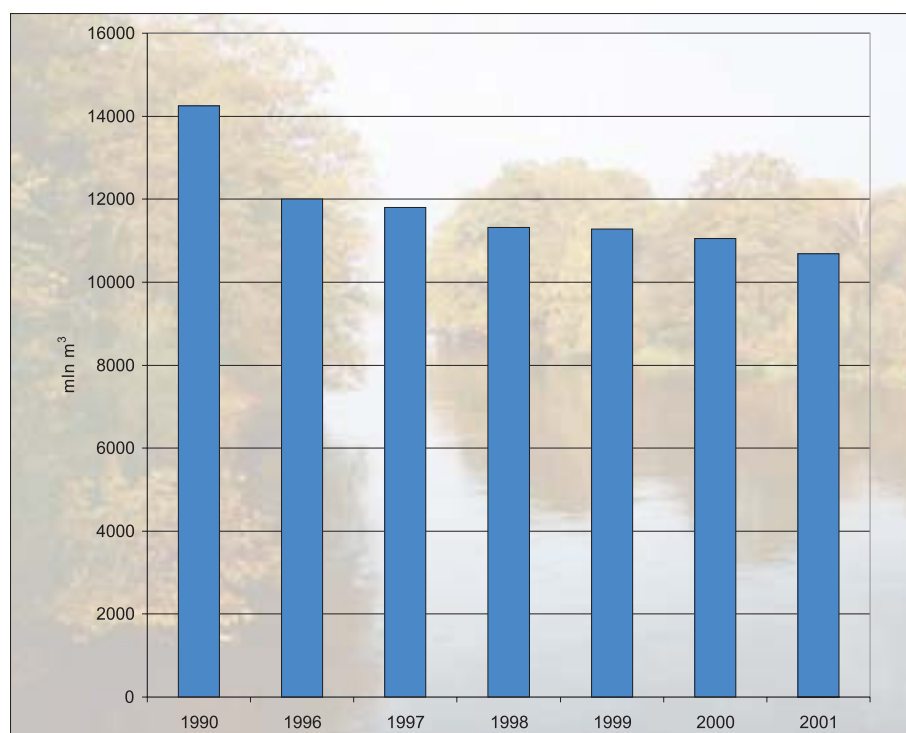
- przez przemysł 7432,8 mln m<sup>3</sup> (69,5%),
- przez gospodarkę komunalną 2217,5 mln m<sup>3</sup> (20,8%),
- przez rolnictwo i leśnictwo 1033,3 mln m<sup>3</sup> (9,7%).

Zapotrzebowanie sektora komunalno-bytowego pokrywane jest w co najmniej 55% przez pobór wód podziemnych. W rzeczywistości udział ten jest znacznie większy, gdyż należy również uwzględnić, nie objęty statystyką, pobór wody ze studni indywidualnych.

W porównaniu do sytuacji w 1990 roku rejestrowane obecnie zużycie wody w gospodarce jest wyraźnie mniejsze. Spadek wykorzystania wody zanotowano we wszystkich gałęziach gospodarki, w tym:

- w przemyśle o 26,7%,
- w gospodarce komunalnej o 18,6%,
- do nawodnień w rolnictwie i leśnictwie oraz do uzupełniania stawów rybnych o 21,9%.

Na ograniczenie zużycia wody istotny wpływ miały zmiany w wielkości i strukturze produkcji przemysłowej, zamykanie obiegów wodnych, urealnienie opłat za pobór wody oraz stawek eksploatacyjnych w gospodarce komu-



Rys. 6.4.2. Pobór wody na potrzeby gospodarki narodowej. Źródło: GUS, 2002.



nalnej przy równoległym, masowym wprowadzaniu liczników wody dla indywidualnych odbiorców, a także likwidacja dużych państwowych kombinatów rolniczych. Po okresie radykalnego zmniejszenia zapotrzebowania na wodę, obserwowanego na przełomie minionej i obecnej dekady oraz po chwilowym wzroście poboru w latach 1995-96, od roku 1997 zauważalne jest ponowne zmniejszenie zapotrzebowania na wodę do celów przemysłowych.

Jednostkowy wskaźnik zużycia wody wodociągowej w gospodarstwach domowych w miastach na terenie kraju wynosił w 2001 r. – 41,6 m<sup>3</sup> na mieszkańca. Należy przy tym pamiętać, że sieci wodociągowe zaopatrują również, obok gospodarstw domowych, część zakładów przemysłowych, obiekty użyteczności publicznej, jednostki usługowe itp. W skali całego kraju sprzedaż wody z sieci wodociągowej do tych sektorów przekracza 24%, a w miastach 27% ogólnego rozchodu wody. Dlatego też rzeczywisty wskaźnik jednostkowego zużycia wody w miejskich gospodarstwach domowych jest zdecydowanie niższy. W zakresie racjonalizacji zużycia wody osiągnięto zatem znaczny postęp, jakkolwiek sytuacja ciągle jeszcze nie jest zadowalająca.

Przykładowo, w sieciach komunalnych rejestruje się bardzo wysoki poziom strat sięgający 1/4 całkowitego rozchodu wody. Jest bardzo prawdopodobne, że w rzeczywistości wskaźnik ten jest jeszcze wyższy. Znaczne straty wody występują także w gospodarstwach domowych, gdzie ciągle jeszcze nie ma powszechnych nawyków jej oszczędzania, stosowane są wodochłonne urządzenia gospodarstwa domowego, albo przeciekające instalacje sanitarne. Bilansowaniu rzeczywistego poziomu, a tym samym identyfikacji i ograniczaniu strat sprzyja jednak, coraz powszechniejsze, instalowanie liczników zużycia wody.

Przykłady nieracjonalnego wykorzystania wody można także odnotować w przemyśle. Zaledwie 55,4% zakładów zużywających wodę na cele produkcyjne posiada obiegi zamknięte (najczęściej wód chłodzących), do których trafia około 4% pobieranej wody. Obiegi obejmujące ponad 90% wykorzystywanej wody posiadało w 2001 roku tylko 91 zakładów przemysłowych.

Zdecydowanie największym użytkownikiem wody jest przemysł, a zwłaszcza przemysł energetyczny. W roku 2001 woda wykorzystywana przez obiekty energetyczne stanowiła 85% ogólnokrajowego poboru wody na potrzeby przemysłowe. Była to przede wszystkim woda pobierana do zasilania otwartych obiegów chłodniczych.

Podobnie pobór wody na zapotrzebowanie ludności i gospodarki przedstawia się w innych krajach europejskich. W tabeli 6.4.1. przedstawiono porównanie poboru wody w Polsce i w wybranych krajach.

Porównując na podstawie tabeli pobór wód w Polsce na tle innych krajów można zauważyć, że poziom ten dla potrzeb zaopatrzenia ludności i poszczególnych gałęzi gospodarki jest średni w stosunku do pozostałych. W przypadku zaopatrzenia ludności pobór wód jest o ponad połowę mniejszy niż w takich krajach jak Niemcy, Francja czy Hiszpania, natomiast w stosunku do Szwecji ponad 2,5-krotnie większy. W gospodarce

te różnice są większe. Przykładowo w przemyśle pobór wód w Polsce jest wielokrotnie mniejszy niż w krajach Europy Zachodniej. Pobór wody w Polsce na cele przemysłowe jest większy jedynie od takich krajów jak Czechy bądź Litwa. Jedynie pobór wody w rolnictwie stawia Polskę w czołówce krajów europejskich.

Wielkość poboru wody w poszczególnych krajach jest zróżnicowany ze względu na ich specyfikę. W państwach bardziej uprzemysłowionych jest wyższe zużycie wody na cele przemysłowe i energetyczne (np. w Niemczech), natomiast w państwach mniej uprzemysłowionych wyższe zużycie wody występuje w rolnictwie (np. w Hiszpanii).

## 6.5. Główne źródła zanieczyszczenia wód powierzchniowych

Przez zanieczyszczenia wód powierzchniowych rozumie się najczęściej czynniki fizyko-chemiczne lub biologiczne obniżające ich walory jakościowe i użytkowe. Część z nich przedostaje się do rzek i jezior w drodze naturalnych lub quasi-naturalnych (stymulowanych lub przyspieszanych przez człowieka) procesów, takich jak: eutrofizacja zbiorników wodnych, erozja skał, wymywanie substancji humusowych z gleb czy procesy gnicia obumierającej masy roślinnej. Zjawiska tego typu przez całe tysiąclecia decydowały o funkcjonowaniu i przekształcaniach ekosystemów wodnych na terenie naszego kraju. Rozwój gospodarczy, a zwłaszcza: wzrost produkcji przemysłowej, intensyfikacja rolnictwa oraz koncentracja ludności w dużych aglomeracjach miejskich spowodowały pojawienie się nowych rodzajów presji na ekosystemy wodne, o czysto antropogenicznym charakterze. Obecnie o jakości wód powierzchniowych decydują przede wszystkim, częstokroć bardzo specyficzne, zanieczyszczenia chemiczne i mikrobiologiczne pochodzące ze źródeł punktowych, przestrzennych i liniowych związanych z działalnością gospodarczą i bytowaniem człowieka.

Przez zanieczyszczenia odprowadzane ze źródeł punktowych należy rozumieć ścieki odprowadzane w zorganizowany sposób systemami kanalizacyjnymi. Do podstawowych punktowych źródeł ścieków należą:

- źródła komunalne, tj. miejskie i wiejskie systemy kanalizacyjne odprowadzające zazwyczaj mieszaninę ścieków z gospodarstw domowych i z zakładów przemysłowych podłączonych do kanalizacji miejskich,
- źródła przemysłowe, tj. zakłady przemysłowe odprowadzające ścieki bezpośrednio do wód za pośrednictwem własnych systemów kanalizacyjnych.

Przez zanieczyszczenia powierzchniowe lub obszarowe rozumie się zanieczyszczenia splekiwane opadami atmosferycznymi z terenów zurbanizowanych nie posiadających systemów kanalizacyjnych oraz z obszarów rolnych i leśnych. Obejmuje to także zanieczyszczenia wsiąkające do gruntu, przenikające do wód gruntowych i za ich pośrednictwem zasilające wody powierzchniowe. Czynnikiem zanieczyszczającymi, wymywanymi z pól, łąk i pastwisk do odbiorników, są przede wszystkim składniki nawozów mineralnych i organicznych (gnojowica, obornik), chemiczne środki ochrony roślin, ścieki i osady ściekowe wykorzystywane do celów rolniczych lub w niewłaściwy sposób

wprowadzane do ziemi, substancje wymywane przez opady z atmosfery itp.

Przez zanieczyszczenia ze źródeł liniowych lub pasmowych rozumie się zanieczyszczenia komunikacyjne (wytwarzane przez środki transportu drogowego i kolejowego) splukiwane z powierzchni dróg lub torowisk przez opady atmosferyczne oraz zanieczyszczenia przenikające do wód gruntowych z rurociągów, gazociągów, kanałów ściekowych, osadowych i odprowadzających wody słone.

Podstawowymi punktowymi źródłami antropogenicznego zanieczyszczenia wód powierzchniowych pozostają zakłady przemysłowe i większe skupiska ludności, odprowadzające ścieki do odbiorników systemami kanalizacyjnymi. Nie można jednak pomijać oddziaływania wiejskich jednostek osadniczych. Rosnąca ilość przyłączy wodociągowych, poprawiająca zdecydowanie warunki sanitarne gospodarstw rolnych, sprzyja jednocześnie powstawaniu, w znacznie większych niż dotychczas ilościach, ścieków

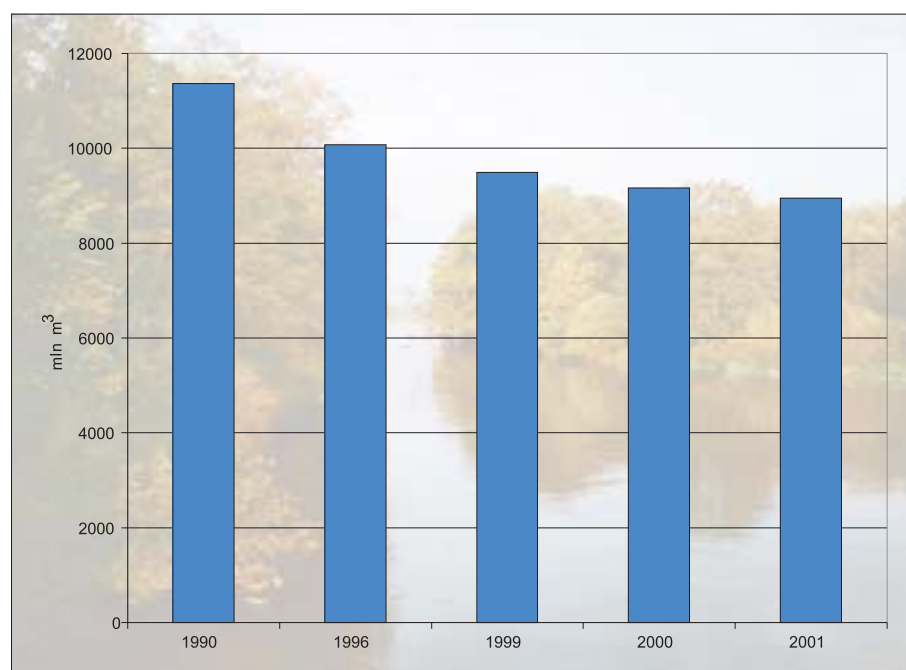
bytowych, względnie mieszanych ścieków bytowych i z hodowli zwierząt (gnojowica), które niejednokrotnie odprowadzane są bez jakiegokolwiek oczyszczenia do małych rzek, potoków i rowów melioracyjnych, szybko wyczerpując ich zdolność do samooczyszczania. Istotny jest również, a w przeszłości niedoceniany lub wręcz pomijany, wpływ źródeł obszarowych i liniowych.

Gospodarkę ściekową w roku 2001 charakteryzują dane przedstawione w tabeli 6.5.1. natomiast ilości ścieków odprowadzanych na przestrzeni lat 1990-2001 zobrazowano na rys. 6.5.1.

Ilość ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych z punktowych źródeł zanieczyszczeń w 2001 r. wynosiła 8 948,2 mln m<sup>3</sup>, z czego 2 402,4 mln m<sup>3</sup> stanowiły ścieki wymagające oczyszczenia. Ogólna ilość ścieków stanowiła ponad 85% ilości wody pobranej na cele gospodarcze. Zrzuty bezpośrednio z zakładów przemysłowych (łącznie z wodami chłodniczymi i zanieczyszczonymi wo-

Tabela 6.5.1. Zbiorcze zestawienie ścieków komunalnych i przemysłowych odprowadzonych do wód powierzchniowych w 2001 r. Źródło: GUS, 2002.

Wyszczególnienie	Ilość ścieków	
	[w mln m <sup>3</sup> ]	[%]
<b>Ogółem</b>	<b>8 948,2</b>	<b>100</b>
w tym:		
Ścieki komunalne,	1 425,3	15,9
Ścieki przemysłowe,	7 522,9	84,1
• w tym wody chłodnicze (umownie czyste).	6 545,8	73,2
<b>Ścieki wymagające oczyszczenia</b>	<b>2 402,4</b>	<b>100</b>
w tym:		
<b>Ścieki oczyszczone:</b>	<b>2 160,5</b>	<b>89,9</b>
• mechanicznie,	712,6	29,7
• chemicznie,	132,0	5,5
• biologicznie,	803,1	33,4
• z podwyższonym usuwaniem biogenów.	512,7	21,3
<b>Ścieki nieoczyszczone:</b>	<b>241,9</b>	<b>10,1</b>
• z zakładów przemysłowych,	44,0	1,8
• siecią kanalizacyjną.	197,9	8,2



Rys. 6.5.1. Ilość ścieków odprowadzanych do wód w latach 1990-2001. Źródło: GUS, 2002.

dami kopalnianymi) stanowiły 84,1% ogółu ścieków, tj. 7522,9 mln m<sup>3</sup>, a odprowadzane z miejskich systemów kanalizacyjnych 15,9%, tj. 1425,3 mln m<sup>3</sup>.

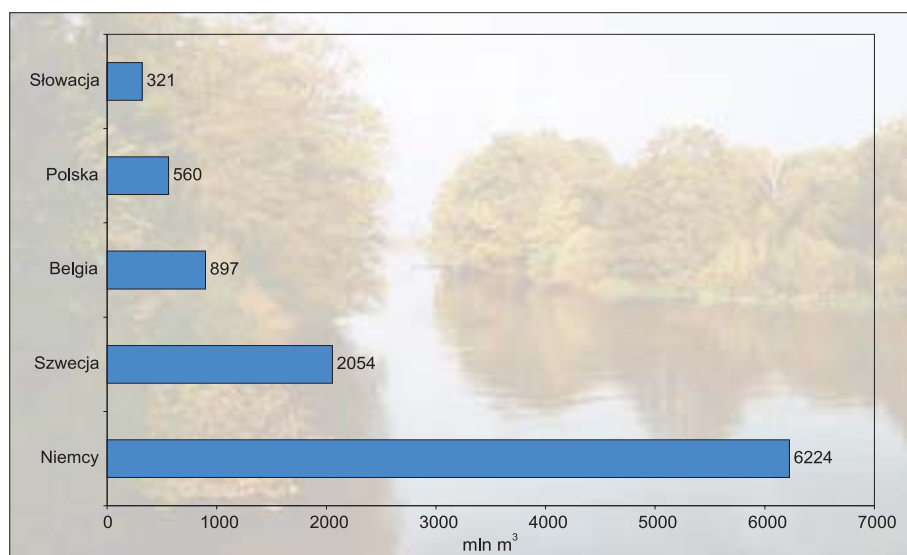
W ściekach przemysłowych znaczący udział (około 73%) mają tzw. „umownie czyste” wody chłodnicze, które w znacznej części nie muszą być oczyszczane metodami biologicznymi, jakkolwiek mogą zawierać pewne ilości zawiesin, olejów mineralnych, a czasami także biocydów (dodawanych do obiegów chłodniczych w celu przeciwdziałania rozwojowi wewnątrz instalacji chłodzących organizmów żywych takich jak glony, małże itp.). Pozostałe wody zanieczyszczone, odprowadzane ze źródeł przemysłowych oraz praktycznie całość ścieków z gospodarki komunalnej należą do kategorii ścieków wymagających oczyszczenia. Oznacza to, że około 90% globalnej ilości ścieków wymagających oczyszczenia pochodzi z systemów komunalnych, a pozostałe 10% odprowadzane jest z zakładów przemysłowych.

Przestrzenny rozkład „obciążenia” środowiska ściekami pokrywa się z położeniem dużych aglomeracji miej-

użytkowników wody stosowaniem bardziej oszczędnych rozwiązań technologicznych, a czasami po prostu zmniejszeniem jej marnotrawstwa. Racjonalizacji zużycia wody sprzyja również upowszechnianie pomiaru jej zużycia, wprowadzanie zamkniętych obiegów wodnych itp.

Jednocześnie systematycznie rośnie ilość ścieków oczyszczanych. Z ogólnej ilości ścieków wymagających oczyszczenia (bez wód chłodniczych) na oczyszczalnię kieruje się już blisko 88%. Należy podkreślić, że nie wszystkie ścieki przemysłowe wymagają oczyszczenia metodami biologicznymi. Przykładem mogą być zanieczyszczone wody dołowe z odwodnienia kopalń stanowiące ok. 30% wszystkich powstających ścieków przemysłowych wymagających oczyszczenia.

Nieźle wygląda sytuacja Polski w Europie w zakresie ilości wytworzonych ścieków przemysłowych. Ilustruje to rysunek 6.5.2.



Rys. 6.5.2. Ilości wytworzonych ścieków w przemyśle w wybranych krajach europejskich. Źródło: Eurostat.

sko-przemysłowych. Dorzecze Wisły (o powierzchni 194,4 tys. km<sup>2</sup>) przyjmuje rocznie około 1287 mln m<sup>3</sup> ścieków w tym wód chłodniczych i zanieczyszczonych wód kopalnianych, natomiast w dorzeczu Odry (powierzchnia 118,8 tys. km<sup>2</sup>) ilość ta wynosi około 910 mln m<sup>3</sup> rocznie.

Największe ilości ścieków komunalnych i przemysłowych odprowadzано w 2001 r. do wód powierzchniowych w województwach: mazowieckim – 2128,9 mln m<sup>3</sup>/rok, wielkopolskim – 1839,8 mln m<sup>3</sup>/rok, zachodniopomorskim – 1531,2 mln m<sup>3</sup>/rok.

W latach 1990-2001 ilość odprowadzanych do wód powierzchniowych ścieków komunalnych zmniejszyła się z 2313,9 mln m<sup>3</sup> w roku 1990 do 1425,3 mln m<sup>3</sup> w roku 2001, tj. o 38,4%, a ścieków przemysłowych wymagających oczyszczenia z 1800,0 mln m<sup>3</sup> w roku 1990 do 977,1 mln m<sup>3</sup> w roku 2001, tj. o 45,7%. Jest to przede wszystkim efekt racjonalizacji zużycia wody zarówno na cele produkcyjne, jak i w gospodarstwach domowych, wymuszonej przez zastosowane instrumenty prawno-ekonomiczne (opłaty, kary i skuteczniejsze kontrole). Zwłaszcza urealnienie poziomu opłat zwiększyło zainteresowanie

Z powyższego zestawienia wynika, że Polska wytwarza więcej ścieków przemysłowych od Słowacji, co z uwagi na wielkość tego kraju oraz jego uprzemysłowienie jest w pełni zrozumiane. Jednocześnie znacznie mniej niż w Niemczech kraju, który wytwarza ścieków przemysłowych 11 razy więcej niż Polska. Nawet tak nieduży kraj, jakim jest Belgia wytwarza ponad 1,5-krotnie więcej ścieków przemysłowych.

## 6.6. Oczyszczalnie ścieków

Na terenie kraju w 2001 roku eksploatowano około 6 000 oczyszczalni ścieków, w tym:

- 2 558 oczyszczalni ścieków komunalnych ujętych w systemie statystyki publicznej jako oczyszczalnie będące w gestii przedsiębiorstw i zakładów wodociągowych, spółek wodnych, samorządów terytorialnych, spółdzielni mieszkaniowych i zakładów pracy, jeśli oczyszczają ścieki komunalne doprowadzone siecią kanalizacyjną,
- 1 546 oczyszczalni ścieków przemysłowych,

- ponad 1 800 pozostałych oczyszczalni ścieków nie zakwalifikowanych do ww. grup (w liczbie tej znajduje się między innymi ok. 1 000 małych przyzagrodowych oczyszczalni ścieków).

Wśród eksploatowanych w 2001 roku obiektów (2558) zakwalifikowanych w systemie statystyki publicznej do kategorii oczyszczalni ścieków komunalnych blisko 97% oczyszczalni komunalnych funkcjonuje w oparciu o metody biologiczne, w tym znaczna część wyposażona jest w systemy podwyższonego usuwania biogenów (tab. 6.6.1.).

Przepustowość ponad połowy z tych obiektów mieści się w granicach 50-1000 m<sup>3</sup>/dobę, a dla kolejnych 25% od 1000-10 000 m<sup>3</sup>/dobę. Są to zatem obiekty małe i średniej wielkości, przy maksymalnej przepustowości zdolne obsługiwać jednostki osadnicze o równoważnej liczbie mieszkańców (RLM) nie przekraczającej 40 000-50 000 RLM, a w przypadku oczyszczalni małych – populacje od kilkuset do kilku tysięcy mieszkańców.

Tabela 6.6.1. Ilość ścieków oczyszczonych w oczyszczalniach komunalnych w 2001 r. Źródło: GUS, 2002.

Wyszczególnienie	Liczba oczyszczalni	Ilość ścieków oczyszczonych [mln m <sup>3</sup> /rok]
Oczyszczalnie mechaniczne	133	88,9
Oczyszczalnie biologiczne	1 922	877,4
Oczyszczalnie mechaniczno-chemiczne	15	0,5
Oczyszczalnie z podwyższonym usuwaniem biogenów	488	748,9
<b>Ogółem</b>	<b>2 558</b>	<b>1 715,7</b>

Oczyszczalnie ścieków posiada 818 miast (łącznie 884 obiekty, w tym 794 oczyszczalni biologicznych). Od 1990 roku liczba tego typu obiektów funkcjonujących w miastach wzrosła o ponad 55%, przy czym liczba miejskich oczyszczalni wykorzystujących metody biologiczne zwiększyła się o ponad 95%. Jest to znaczący postęp, jakkolwiek ciągle jeszcze 66 miast odprowadza ścieki praktycznie nie oczyszczone.

Należy pamiętać, że szereg dużych miast (powyżej 100 tys. mieszkańców) oczyszcza tylko część swoich ścieków. Szacuje się, że tylko ok. 45% wytwarzanych przez nie ścieków jest oczyszczane metodami biologicznymi, wskutek czego odprowadzają one do odbiorników ponad 50% ładunków zanieczyszczeń zawartych w ściekach surowych (pieciodobowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu – BZT<sub>5</sub>, zawiesiny, chemiczne zapotrzebowanie tlenu – ChZT, związki biogenne). Spektakularnym przykładem jest tu Warszawa, która do oczyszczania kieruje tylko około 48% wytwarzanych ścieków. Liczba oczyszczalni w dużych miastach (≥100 tys. mieszkańców) nie zwiększyła się istotnie w ostatnich latach.

Na rysunku 6.6.1. przedstawiono porównanie procentowe ludności obsługiwanej przez komunalne oczyszczalnie ścieków w Polsce w stosunku do innych krajów europejskich.

Zauważalna jest sytuacja, że procent ludności obsługiwanej przez komunalne oczyszczalnie ścieków w Polsce jest wyższy jedynie od takich krajów jak Hiszpania czy Słowacja (kilka procent). Daleko jednak nam do sytuacji w takich państwach jak Szwecja bądź Niemcy (kilkadziesiąt procent).

Oczyszczalnie ścieków przemysłowych posiadało 1546 zakładów. Przeważająca część ścieków przemysłowych (około 68%) jest oczyszczana mechanicznie, blisko 18% – biologicznie, a pozostałe 14% – chemicznie (tab. 6.6.2.).



Rys. 6.6.1. Ludność obsługiwana przez komunalne oczyszczalnie ścieków w wybranych krajach europejskich [%]. Źródło: Eurostat.

Tabela 6.6.2. Struktura przemysłowych oczyszczalni ścieków w 2001 roku. Źródło: GUS, 2002

Wyszczególnienie	Liczba oczyszczalni	Ilość ścieków oczyszczonych [mln m <sup>3</sup> /rok]
Oczyszczalnie mechaniczne	546	638,6
Oczyszczalnie chemiczne	135	129,8
Oczyszczalnie biologiczne	865	164,6
<b>Ogółem</b>	<b>1 546</b>	<b>933,0</b>

Rosnąca ilość oczyszczalni komunalnych i przemysłowych wykorzystujących metody biologiczne sprzyja poprawie efektów oczyszczania ścieków. Szacuje się, że obecnie około 64% oczyszczanych ścieków charakteryzuje wskaźnik redukcji BZT<sub>5</sub> i ChZT większy niż 60 % (tab. 6.6.3.).

Poważnym dotychczas nie w pełni rozwiązaniem problemem towarzyszącym oczyszczaniu ścieków jest powstawanie osadów ściekowych. W 2001 r. w oczyszczalniach ścieków komunalnych i przemysłowych powstało 1047 tys. ton osadów (w tonach masy suchej), z czego około 34% wykorzystano gospodarczo (rolniczo 20%), 10% unieszkodliwiono, a pozostałą część składowano, w większości przypadków na terenach oczyszczalni.

wody kopalniane z reguły odprowadzane są do wód powierzchniowych, gdyż silne zasolenie wyklucza ich gospodarcze wykorzystanie. Szacuje się, że dobowy ładunek soli wprowadzany do rzek, głównie w górnych odcinkach Wisły i Odry, w 2001 roku wynosił ok. 6,8 tys. ton (w przeliczeniu na chlorki i siarczany). Wody odwodnieniowe odprowadza do odbiorników blisko 70 kopalń węgla kamiennego, jednak za przeważającą część ładunku soli w dorzeczu Wisły odpowiada głównie 5 kopalń: Czeczot, Piast, Ziemowit, Wesola i Brzeszcze. W dorzeczu Odry największy ładunek chlorków wprowadzany jest przez kopalnie położone w zlewniach rzek Olzy i Kłodnicy, natomiast największy ładunek siarczanów pochodzi z obiektów leżących w zlewni Kłodnicy.

## 6.8. Stan jakości wód rzek

### Informacje ogólne

Podstawę do bieżącej i okresowej oceny jakości wód zgodnie z obowiązującą w prawodawstwie polskim klasyfikacją jakości wód powierzchniowych płynących stanowią wyniki badań prowadzonych w ramach podsystemu monitoringu wód powierzchniowych funkcjonującego w ramach systemu Państwowego Monitoringu Środowiska. Prezentowane w niniejszym raporcie informacje o jakości wód w Polsce opracowano na podstawie analizy danych pozyskiwanych w sieci krajowej. Dla lepszej prezentacji jakości wód wyniki badań zostały uzupełnione dany-

Tabela 6.6.3. Ścieki oczyszczane wg stopnia redukcji zanieczyszczeń w 2001 r. Źródło: GUS, 2002.

Wyszczególnienie	Ogółem [mln m <sup>3</sup> ]	Redukcja zanieczyszczeń [%]							
		brak analiz	30,0 i mniej	30,1--50,0	50,1--60,0	60,1--75,0	75,1--90,0	90,1--95,0	95 i więcej
BZT <sub>5</sub>	2161	559,7	135,3	95,9	18,6	53,2	180,9	346,7	770,1
ChZT	2161	550,3	99,0	84,3	27,6	146,9	361,8	630,8	259,8
Zawiesiny	2161	425,8	59,9	88,5	36,6	102,4	450,8	598,4	398,1

## 6.7. Wody zasolone

Sektor górniczy, a zwłaszcza kopalnie surowców energetycznych, rud metali nieżelaznych oraz minerałów wykorzystywanych w przemyśle chemicznym stanowią źródło, w części poważnie zanieczyszczonych, wód kopalnianych. Zawierają one, obok zawiesin mineralnych, znaczne ładunki chlorków i siarczanów. Podstawową metodą oczyszczania wód kopalnianych jest mechaniczna redukcja zawiesin mineralnych, bez usuwania zanieczyszczeń rozpuszczonych (zasolenia). Zasolone wody kopalniane stanowią około 30% ścieków przemysłowych wymagających oczyszczenia. W 2001 r. odprowadzono z kopalni bezpośrednio do odbiorników około 153 mln m<sup>3</sup> wód z odwodnień, powodując lokalnie znaczny wzrost zasolenia wód powierzchniowych, częstokroć uniemożliwiający ich inne gospodarcze wykorzystanie.

Ze względu na konieczność stałego odwodniania eksploatowanych pokładów, po wydobyciu na powierzchnię

mi uzyskiwanymi w ramach realizacji zadań w sieciach regionalnych.

Wyniki badań jakości wód, dotyczące całego kraju, jak też poszczególnych regionów, dokonywane przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska we współpracy z instytucjami naukowymi: Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Instytutem Ochrony Środowiska, udostępniane są organom decyzyjnym i społeczeństwu w formie publikacji i raportów.

### Badania i ocena rzek

Standardy jakości wód rzek i innych cieków, stanowiące podstawę działań na rzecz ich ochrony, określone są w klasyfikacji rzek opartej na kryteriach użytkowania wód. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991 r. definiuje trzy klasy czystości wód, przypisując im odpowiednie standardy jakościowe, a mianowicie:

- klasa I – woda przeznaczona do zaopatrzenia ludności i niektórych zakładów przemysłowych wymagających jakości wody do picia oraz hodowli ryb łososiowatych;
- klasa II – woda przeznaczona do hodowli ryb, hodowli zwierząt gospodarskich i do celów rekreacyjnych;
- klasa III – woda przeznaczona do zaopatrzenia przemysłu i do nawodnień rolniczych.

Dla wszystkich klas określone są wartości dopuszczalne wskaźników zanieczyszczeń.

Badania jakości rzek prowadzone są w ramach sieci krajowej obejmującej 361 przekrojów pomiarowo-kontrolnych (ppk), z której wyodrębniono 20 ppk reperowych (które dodatkowo służą do wykonywania kwartalnych ocen jakości rzek oraz do bilansu ładunków odprowadzanych do Bałtyku) i 58 ppk granicznych (które służą realizacji zobowiązań wynikających z dwustronnych umów o współpracy na wodach granicznych). Przekroje sieci krajowej rozmieszczone są na 20 rzekach o łącznej długości 6724 km.

W latach 1996-2001 długość rzek oceniana na podstawie badań w sieci krajowej nie uległa większym zmianom. W roku 1996 klasyfikowano łącznie 6188 km rzek, a w 2001 roku 6175,3 km, w tym:

- w dorzeczu Wisły 3385,4 km,
- w dorzeczu Odry 2789,9 km.

W sieci krajowej badanych jest łącznie 51 parametrów z różną częstotliwością w zależności od rodzaju przekroju. Pozostałe rzeki i odcinki rzek, nie objęte badaniami wykonywanymi w sieci krajowej, badane są w ramach sieci regionalnej i lokalnej.

O jakości wód w rzekach Polski decydują obecnie głównie odprowadzane, niedostatecznie oczyszczone ścieki komunalne oraz zrzut zasolonych wód dołowych z przemysłu wydobywczego, a przede wszystkim z kopalń węgla kamiennego. Poważnym problemem obniżającym jakość wód są związki biogenne, których głównymi źródłami są ścieki komunalne oraz spływy powierzchniowe.

Stan zanieczyszczenia rzek ocenia się, porównując wyniki badań monitoringowych ze standardami jakości wód będących podstawą klasyfikacji i zaliczając kontrolowane odcinki rzek do poszczególnych klas czystości. W tym celu rozpatruje się poszczególne wskaźniki zanieczyszczeń oddzielnie, przy czym o zaliczeniu wód do danej klasy decyduje wskaźnik najbardziej niekorzystny.

Klasyfikacja jakości wód w rzekach opiera się na następujących kryteriach:

- kryterium fizykochemicznym, uwzględniającym 23 wskaźniki zanieczyszczeń zawartości w wodzie substancji organicznych, zawiesin, substancji biogennych i zasolenia,
- kryterium wskaźników obligatoryjnych opartym na wybranych wskaźnikach kryterium fizykochemicznego, w którym oceny jakości wód dokonuje się wg. następujących wskaźników zanieczyszczeń: zawartość tlenu rozpuszczonego, BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Mn</sub>, fenoli, chlorków, siarczanów, substancji rozpuszczonych i zawiesin,
- kryterium sanitarnym, obejmującym miano coli (zawartość bakterii coli typu kałowego).

Jako podstawowe, do porównań w ocenie stanu czystości rzek przyjmuje się obecnie kryterium wskaźników obligatoryjnych. Kryterium to obejmuje uniwersalne wskaźniki określone w większości wydawanych pozwoleń wodno-prawnych na odprowadzanie ścieków. Ujęte w kryterium wskaźniki są charakterystyczne dla wszystkich rodzajów ścieków odprowadzanych ze źródeł punktowych jak również zanieczyszczeń odprowadzanych ze źródeł obszarowych. Pozwalają one na ocenę realizowanej polityki ochrony czystości wód w skali kraju. Stosowanie tego kryterium, poprzez ujęcie uniwersalnych wskaźników obrazujących zarówno wpływ odprowadzanych zanieczyszczeń jak i stan ekosystemów wodnych, pozwala na porównanie jakości wód przy nie uwzględnieniu lokalnych naturalnych i antropogenicznych różnic występujących w wodach rzek. Dla pełnego przedstawienia jakości rzek zaprezentowano również ocenę dokonaną przy pomocy kryterium sanitarnego wyrażonego mianem coli. Kryterium to odzwierciedla znaczący wpływ odprowadzanych nieoczyszczonych ścieków komunalnych jak i oddziaływanie zanieczyszczeń wprowadzanych do rzek ze źródeł obszarowych wynikających z niskiego stopnia sanitacji wsi.

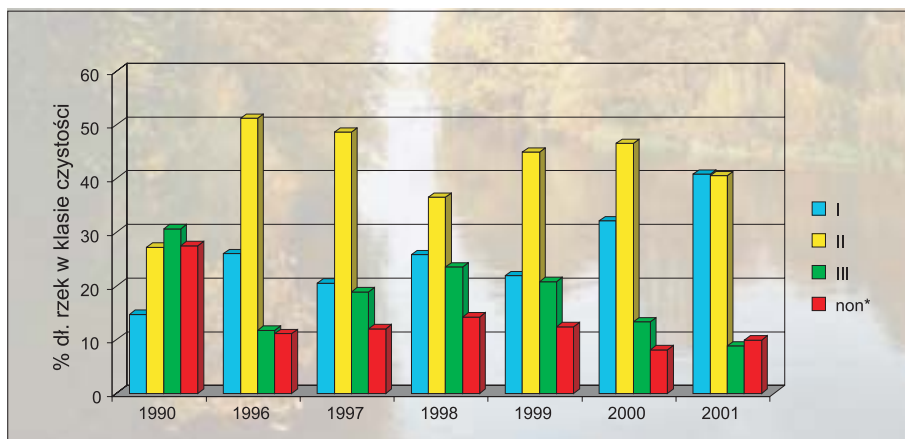
Ocenę jakości wód wykonano analizując stężenia zanieczyszczeń według metody stężeń miarodajnych. Jest to metoda obliczania stężenia miarodajnego na podstawie związku między stężeniem danego wskaźnika w danym przekroju pomiarowo-kontrolnym i występującym przepływem wody w rzece w dniu pomiaru odniesionym do przepływu średniego niskiego z wielolecia (ŚNQ).

W tabeli 6.8.1. przedstawiono klasyfikację jakości wód wg wskaźników obligatoryjnych w latach 1996–2001, co zobrazowano na rysunku 6.8.1.

Tabela 6.8.1. Stan czystości rzek wg wskaźników obligatoryjnych w latach 1990, 1996-2001. Źródło: PMS.

Długość rzek objętych oceną [km]	Rok	Udział wód rzecznych zaliczonych do danej klasy czystości w % długości kontrolowanych odcinków			
		I	II	III	non*
5836	1990	14,7	27,2	30,6	27,5
6188	1996	26,0	51,2	11,7	11,1
6188	1997	20,5	48,6	18,9	12,0
6175	1998	25,8	36,5	23,5	14,2
6175	1999	21,9	44,9	20,8	12,4
6175	2000	32,1	46,5	13,3	8,1
6175,3	2001	40,8	40,5	8,8	9,9

\* non – wody nadmiernie zanieczyszczone.



Rys. 6.8.1. Analiza trendów zmian stanu czystości rzek wg wskaźników obligatoryjnych w latach 1990, 1996-2001. Źródło: PMS.

W odniesieniu do 1996 roku, ocena stanu zanieczyszczenia wód płynących, według kryterium wskaźników obligatoryjnych, wykazała korzystne zmiany wyrażające się zwiększeniem zasięgu wód klasy I oraz zmniejszeniem długości rzek nadmiernie zanieczyszczonych. Jest to wynikiem konsekwentnie prowadzonej polityki w zakresie gospodarki wodnej. W latach 1996-2001 zdecydowanie ograniczono ilość nieoczyszczonych ścieków przemysłowych i komunalnych odprowadzonych do wód. Zmiany w klasyfikacji przedstawiają się następująco:

- długość rzek z wodami I klasy czystości zwiększyła się o 907,5 km, (co stanowi 14,8% w stosunku do klasyfikowanych odcinków rzek),

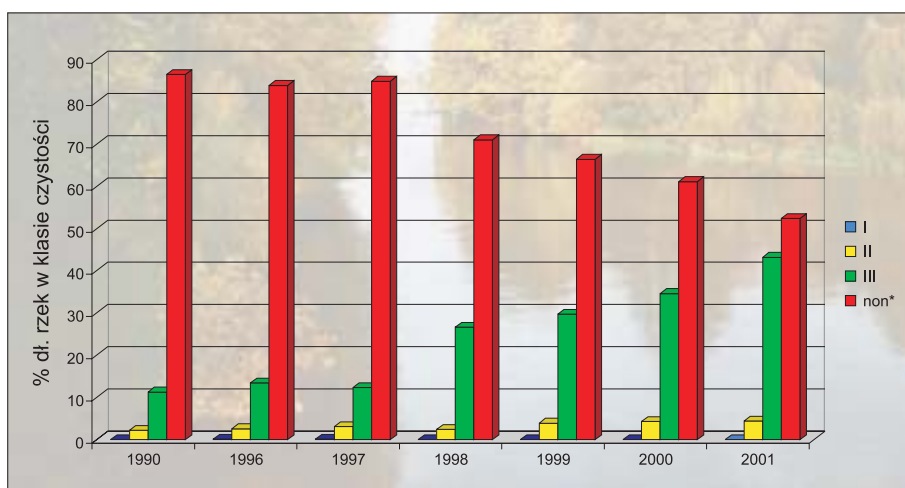
- długość rzek z wodami II klasy czystości zmniejszyła się o 669,9 km, (co stanowi 10,7% w stosunku do klasyfikowanych odcinków rzek),
- długość rzek z wodami III klasy czystości zmniejszyła się o 177,3 km, (co stanowi 2,9% w stosunku do klasyfikowanych odcinków rzek),
- długość rzek z wodami nie odpowiadającymi normom (non) zmniejszyła się o 73,1 km (co stanowi 1,2% w stosunku do klasyfikowanych odcinków rzek).

Stan sanitarny wód płynących w polskich rzekach w latach 1996-2001 przedstawiono w tabeli 6.8.2., co zobrazowano na rysunku 6.8.2.

Tabela 6.8.2. Stan czystości rzek wg kryterium sanitarnego w latach 1990, 1996-2001. Źródło: PMS.

Długość rzek objętych oceną [km]	Rok	Udział wód rzecznych zaliczonych do danej klasy czystości w % długości kontrolowanych odcinków			
		I	II	III	non*
5584	1990	0,0	2,2	11,3	86,5
6188	1996	0,1	2,6	13,4	83,9
6188	1997	0,1	3,1	12,3	84,5
6175	1998	0,0	2,4	26,6	71,0
6175	1999	0,0	3,9	29,7	66,4
6175	2000	0,0	4,3	34,6	61,1
6175,3	2001	0,0	4,4	43,2	52,4

non\* – wody nadmiernie zanieczyszczone.



Rys. 6.8.2. Analiza trendów zmian stanu czystości rzek wg kryterium sanitarnego w latach 1990, 1996-2001. Źródło: PMS.

Porównanie zmian stanu sanitarnego wód w latach 1996-2001 wykazało systematyczną poprawę jakości wód, wyrażającą się zmniejszeniem zasięgu wód nadmiernie zanieczyszczonych oraz przyrostem odcinków rzek odpowiadających II i III klasie czystości. Zmiany klasyfikacji według kryterium sanitarnego przedstawiają się następująco:

- długość rzek z wodami II klasy czystości zwiększyła się o 109,7 km, (co stanowi 1,8% w stosunku do długości klasyfikowanej),
- długość rzek z wodami III klasy czystości zwiększyła się o 1836,2 km, (co stanowi 29,8% w stosunku do długości klasyfikowanej),
- długość rzek z wodami nie odpowiadającymi normom (non) zmniejszyła się o 1956,7 km (co stanowi 31,5% w stosunku do długości klasyfikowanej).

Jednocześnie nastąpiło nieznaczne zmniejszenie (o 2 km) długości rzek z wodami I klasy czystości.

Dodatkowo dla pełniejszego zobrazowania jakości wód rzek Polski przedstawiono wyniki oceny wg kryterium fizykochemicznego (tab. 6.8.3. i rys. 6.8.3.). Klasyfikacja ta bazująca na ocenie znacznie większej ilości wskaźników niż kryterium wskaźników obligatoryjnych, również wskazuje na tendencję poprawy jakości wód. W zakresie wód niespełniających wymagań określonych dla III klasy czystości klasyfikacja ta wykazuje znacznie większą poprawę.

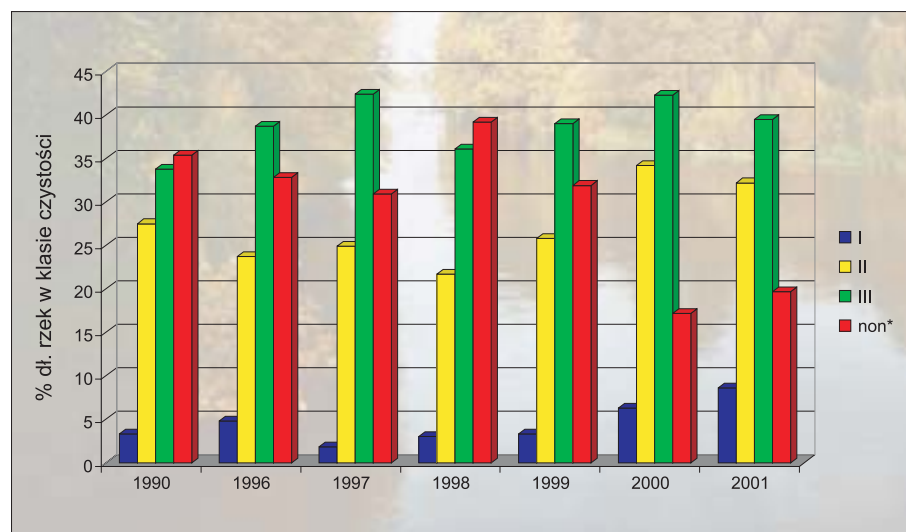
wę. Ubyło wód klasy non o 813,3 km tj. 13,1%. Przybyło wód pozostałych klas czystości: I o 233,1 km (3,8%); II o 521,1 km (8,5%) i III o 46,3 km (0,8%).

Przyjęty w Polsce system klasyfikacji rzek odbiega w sposób istotny od systemów obowiązujących w krajach Unii Europejskiej. W krajach tych nie stosuje się jednolitej metody klasyfikacji wód. W zależności od planowanego sposobu wykorzystania wody, zgodnie z odpowiednimi dyrektywami, określa się zakres badanych wskaźników, metodyki referencyjne oraz częstotliwość prowadzenia badań. Dla poszczególnych rodzajów przeznaczenia wód takich jak: woda przeznaczona do picia, kąpiel, hodowli ryb łososiowatych, hodowli ryb karpowatych określone są maksymalne stężenia zanieczyszczeń. Różnice obu systemów są zasadnicze, tak pod względem liczby stosowanych wskaźników, jak i ich wartości, a także metod oceny osiągania przez monitorowane wody płynące odpowiednich klas. Polskie wymagania w tym zakresie są znacznie ostrzejsze, co prowadzi do zaniżenia ocen jakości wód rzek polskich, podczas gdy rzeczywisty stopień zanieczyszczenia wód nie odbiega zasadniczo od podobnych parametrów w innych krajach europejskich (tab. 6.8.4.). Przygotowania Polski do członkostwa w UE spowodują konieczność dostosowania obowiązującej dotychczasowej klasyfikacji wód do wymogów unijnych.

Tabela 6.8.3. Stan czystości rzek w latach 1990, 1996-2001 wg kryterium fizykochemicznego. Źródło: PMS.

Długość rzek objętych oceną [km]	Rok	Udział wód rzecznych zaliczonych do danej klasy czystości w % długości kontrolowanych odcinków			
		I	II	III	non*
5836	1990	3,3	27,5	33,8	35,4
6188	1996	4,8	23,7	38,7	32,8
6188	1997	1,8	24,9	42,4	30,9
6175	1998	3,0	21,7	36,1	39,2
6175	1999	3,3	25,8	39,0	31,9
6175	2000	6,3	34,2	42,3	17,2
6175,3	2001	8,6	32,2	39,5	19,7

non\* – wody nadmiernie zanieczyszczone.



Rys. 6.8.3. Analiza trendów zmian stanu czystości rzek wg kryterium fizykochemicznego w latach 1990, 1996-2001. Źródło: PMS.



Tabela 6.8.4. Porównanie wybranych wskaźników zanieczyszczeń rzek europejskich. Źródło: Eurostat.

Rzeka	Kraj	Rodzaje zanieczyszczeń i ich stężenia [mg/l]		
		BZT <sub>5</sub>	Azotany	Fosfor og.
Dunaj	Austria	3,1	2,320	0,115
Guadalaquivir	Hiszpania	15,8	1,952	0,953
Loara	Francja	2,2	4,600	0,163
Łaba	Czechy	4,9	4,900	0,194
Maas	Holandia	1,6	4,394	0,260
Odra	Polska	5,3	2,339	0,346
Ren	Niemcy	2,9	4,306	0,317
Tamiza	Wielka Brytania	2,3	7.153	1,184
Wisła	Polska	4,4	1,719	0,233

Dla pełniejszej prezentacji jakości rzek Polski poniżej przedstawiono wyniki badań za 2001 rok dla wybranych przekrojów pomiarowo-kontrolnych Wisły, Odry i trzech rzek Przymorza. Z pełnego zakresu pomiarowego tj. 51 wskaźników zanieczyszczeń, w tabelach: 6.8.5., 6.8.6. i 6.8.7. ujęto te, które analizowano w roku 1996. Ponadto

na rysunkach: 6.8.4., 6.8.5. i 6.8.6. przedstawiono dla tych samych przekrojów pomiarowo-kontrolnych wahania stężeń BZT<sub>5</sub> w latach 1996-2001.

#### Wisła

W przekroju Krakowa (km 63,7) woda w Wiśle charakteryzuje się nadmiernym zanieczyszczeniem w okresie całego roku. O dyskwalifikacji decyduje 9 parametrów jakości. Najczęściej norm III klasy nie spełniają oznaczenia: wskaźników zasolenia, substancji biogenych, metali ciężkich (ołów) oraz stanu sanitarnego.

W przekroju Warszawy (510,0 km) stan zanieczyszczenia wody w Wiśle przekracza normy klasy III w 60% okresu badań. O dyskwalifikacji decydują 4 parametry jakości. Najczęściej norm nie spełniają następujące oznaczenia: miano coli, chlorofil „a”, zawiesiny oraz odczyn pH.

W przekroju Kiezmarka ( 926,0 km) stan zanieczyszczenia wody w Wiśle przekracza normy klasy III w 42% okresu badań. O nadmiernym zanieczyszczeniu wody Wisły w tym przekroju decydują takie wskaźniki jak: fosfor ogólny oraz chlorofil „a”.

#### Odra

W przekroju granicznym w Chałupkach ( 20,0 km) stan zanieczyszczenia wody w Odrze przekracza normy klasy III

Tabela 6.8.5. Średnie wartości stężeń zanieczyszczeń w wybranych przekrojach rzeki Wisły w 2001 roku. Źródło: PMS.

L.p	Parametr	Jednostka	WISŁA		
			KRAKÓW	WARSZAWA	KIEZMARK
			stężenie średnie	stężenie średnie	stężenie średnie
1.	BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	5,800	4,800	3,700
2.	ChZT <sub>Cr</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	14,000	28,700	23,800
3.	Chlorki	mg Cl/l	702,000	101,000	103,600
4.	Siarczany	mg SO <sub>4</sub> /l	120,000	46,000	55,000
5.	Subst. rozp.	mg /l	15,200	447,000	494,000
6.	Zawiesina ogólna	mg /l	16,800	25,000	12,700
7.	Fosforany	mg PO <sub>4</sub> /l	0,210	0,170	0,270
8.	Cynk	mg Zn/l	0,150	0,019	0,013
9.	Miano Coli	ml/bakt.	0,012	0,171	0,230

Tabela 6.8.6. Średnie wartości stężeń zanieczyszczeń w wybranych przekrojach rzeki Odry w 2001 roku. Źródło: PMS

L.p	Parametr	Jednostka	ODRA		
			CHAŁUPKI	WROCŁAW	KRAJNIK
			stężenie średnie	stężenie średnie	stężenie średnie
1.	BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	4,700	3,540	3,100
2.	ChZT <sub>Cr</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	18,800	22,400	41,000
3.	Chlorki	mg Cl/l	42,700	182,000	75,000
4.	Siarczany	mg SO <sub>4</sub> /l	72,400	113,000	76,000
5.	Subst. rozp.	mg /l	333,200	655,000	449,000
6.	Zawiesina ogólna	mg /l	15,200	23,000	14,900
7.	Fosforany	mg PO <sub>4</sub> /l	0,500	0,260	0,260
8.	Cynk	mg Zn/l	0,070	0,021	0,004
9.	Miano Coli	ml/bakt.	0,017	0,026	0,709

w 96% badań. O dyskwalifikacji wody decyduje 7 parametrów jakości: azot azotynowy, fosfor ogólny, zawiesiny, miano coli i chlorofil „a”, BZT<sub>5</sub>, ChZT-Mn.

W przekroju Wrocławia ( 249,0 km) stan zanieczyszczenia wody w Odrze przekracza normy klasy III w 69% okresu badań. O dyskwalifikacji wody decyduje 6 parametrów jakości: sól, azot azotynowy, fosfor ogólny, zawiesiny, miano coli i chlorofil „a”.

W przekroju Krajnika (690,0 km) stan zanieczyszczenia wody w Odrze przekracza normy klasy III w 33% okresu badań. O dyskwalifikacji wody decydują 2 parametry jakości: chlorofil „a” i zawiesiny.

### Rzeki Przymorza

W rzekach Przymorza nadal występują ponadnormatywne wartości: miano coli i związków biogenych. Stężenia zanieczyszczeń przekraczały normy klasy III w 27% okresu badań dla Pasłęki, 17% okresu badań dla Redy oraz w 19% okresu badań dla Wieprzy.

łań, które przyczyniały się do racjonalizacji zużycia wody w omawianym okresie należą: powszechne opomiarowanie poboru wody i zrztu ścieków, zmniejszenie zużycia wody przez ograniczanie strat w sieciach i instalacjach wodociągowych, stosowanie wodoszczędnych technologii w przemyśle, obowiązkowe wprowadzanie zamkniętych obiegów wody w przypadkach, gdy jest to technicznie możliwe, wykorzystanie na szerszą skalę działań ekonomicznych w ochronie wód, w tym wprowadzenie instrumentów dotychczas w Polsce nie stosowanych, takich jak opłaty produktowe na środki czyszczące zawierające fosforany, nawozy azotowe, czy wszelkie produkty zawierające substancje biogenne.

Najważniejszą z wielu inicjatyw podejmowanych na rzecz ochrony wód było stworzenie nowej polityki ekologicznej państwa. Głównym jej celem jest zapewnienie bezpieczeństwa ekologicznego społeczeństwa polskiego w XXI wieku oraz stworzenie podstaw dla opracowania i realizacji strategii zrównoważonego rozwoju kraju. Proces integracji z Unią Europejską stanowi ważne wsparcie dzia-

Tabela 6.8.7. Średnie wartości stężeń zanieczyszczeń w wybranych przekrojach rzek: Pasłęki, Redy i Wieprzy w 2001 roku. Źródło: PMS.

L.p	Parametr	Jednostka	PASŁĘKA	REDA	WIEPRZA
			NOWA PASŁĘKA	WEJHEROWO	STARY KRAKÓW
			stężenie średnie	stężenie średnie	stężenie średnie
1.	BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	2,5	2,700	1,6000
2.	ChZT <sub>Cr</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	21,400	21,800	30,3000
3.	Chlorki	mg Cl/l	16,000	8,900	14,7000
4.	Siarczany	mg SO <sub>4</sub> /l	22,800	29,000	28,7000
5.	Subst. rozp.	mg /l	302,200	240,000	224,0000
6.	Zawiesina ogólna	mg /l	7,100	12,000	12,0000
7.	Fosforany	mg PO <sub>4</sub> /l	0,380	0,180	0,2500
8.	Cynk	mg Zn/l	0,005	0,014	0,0052
9.	Miano Coli	ml/bakt.	0,033	0,340	0,0610

## 6.9. Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony wód śródlądowych

Skumulowane działania w sferze prawno-ekonomicznej, organizacyjnej, technicznej i inwestycyjnej spowodowały, że w latach 1990-2001 osiągnięto znaczący postęp w ograniczaniu ładunków zanieczyszczeń zawartych w ściekach oraz w zmniejszeniu ogólnej ilości ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych z komunalnych i przemysłowych źródeł punktowych. W ślad za tym zaobserwowano systematyczną, chociaż jeszcze bardzo powolną poprawę stanu jakości wód powierzchniowych śródlądowych.

Zwłaszcza podjęte na szeroką skalę działania inwestycyjne na szczeblu samorządowym przyniosły spektakularny wzrost liczby oczyszczalni komunalnych oraz poprawę skuteczności działania już istniejących oczyszczalni. Było to w znacznej mierze możliwe dzięki środkom pomocowym z krajowych funduszy ekologicznych.

Sukcesy osiągnięto również w zakresie inicjatyw podejmowanych w celu zmniejszenia poboru wody. Do dzia-

łań służących osiągnięciu głównego celu polityki ekologicznej państwa.

Polityka ta zakłada trzy etapy osiągnięcia swoich celów: etap realizacji celów krótkookresowych w trakcie ubiegania się o członkostwo w Unii Europejskiej (2000-2002, zgodnie z przyjętym przez rząd założeniem uzyskania w 2002 r. gotowości do członkostwa w Unii Europejskiej), etap realizacji celów średniookresowych w pierwszym okresie członkostwa w Unii, zakładając okresy przejściowe i realizację programów dostosowawczych (2003-2010) oraz etap realizacji celów długookresowych w ramach „Strategii zrównoważonego rozwoju Polski do 2025 r.”, przygotowanej przez Radę Ministrów w oparciu o rezolucję Sejmu RP z dnia 2 marca 1999 r. Terminy zakończenia pierwszego i rozpoczęcia drugiego etapu wdrażania polityki mogą w przyszłości wymagać aktualizacji, w zależności od rzeczywistych postępów w procesie integracji związanych nie tylko działaniami Polski, ale także Unii Europejskiej.

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej oznacza w dziedzinie ochrony wód przed zanieczyszczeniami upo-

rządkowanie zagadnień związanych z gospodarką ściekową w sektorze komunalnym, przemysłowym i rolnym. Przepisy UE wymagają wyposażenia terenów zurbanizowanych w systemy kanalizacyjne i oczyszczalnie ścieków. W przemyśle konieczne jest zaprzestanie lub ograniczenie zrzutów do wód substancji niebezpiecznych. Od rolnictwa wymaga się prowadzenia działalności z zastosowaniem tzw. dobrej praktyki rolniczej uwzględniającej wymagania ochrony środowiska.

## 6.10. Wnioski

W latach 1990-2001 miał miejsce wyraźny postęp w ograniczaniu ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych z komunalnych i przemysłowych źródeł punktowych do wód powierzchniowych. Podjęte na szeroką skalę działania inwestycyjne przyniosły wzrost liczby oddawanych do użytku oczyszczalni oraz poprawę skuteczności oczyszczalni już istniejących. Było to w znacznej mierze możliwe dzięki środkom pomocowym z krajowych funduszy ekologicznych.

Większość z 2558 oczyszczalni komunalnych stanowią obiekty małe, rozwiązujące lokalne problemy ochrony wód przed zanieczyszczeniem, co jest bardzo pozytywną inicjatywą. Racjonalizacja gospodarki wodno-ściekowej w miastach doprowadziła do 35% spadku ilości odprowadzanych ścieków komunalnych w roku 2001 w porównaniu do 1990.

Obserwowane jest także istotne ograniczenie oddziaływania punktowych źródeł przemysłowych. W porównaniu do roku 1990 ilość ścieków przemysłowych wymagających oczyszczenia spadła w roku 2001 r. o około 46%. W tym samym czasie ilość ścieków odprowadzanych bez oczyszczenia spadła o około 2% ogółu ścieków przemysłowych (bez wód pochłoniczych).

Prognozy rozwoju oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych wskazują na możliwość kontynuowania tych pozytywnych tendencji i dalszego ograniczania ładunków zanieczyszczeń ze źródeł punktowych. Przewiduje się, że w najbliższych latach nastąpi znaczna poprawa jakości odprowadzanych ścieków ze źródeł punktowych, spowodowana nie tylko włączeniem do eksploatacji kolejnych oczyszczalni ścieków, ale również racjonalizacją zużycia wody i stosowaniem biodegradowalnych substancji, w tym środków czystości. Do ograniczenia ilości i ładun-

ków zanieczyszczeń odprowadzanych do wód przyczyni się również restrukturyzacja przemysłu. Wprowadzane nowoczesne technologie obniżają jednostkowe zużycie wody, a przez to również produkcję ścieków. Prowadzi to do ograniczenia ilości odprowadzanych ładunków zanieczyszczeń specyficznych, w tym również toksycznych. Jednym z podstawowych warunków realizacji zadań w tym zakresie pozostaje zapewnienie odpowiednich środków finansowych, w tym utrzymanie systemu wspierania inwestycji z środków funduszy celowych.

Daleki od rozwiązania pozostaje nadal problem ograniczenia ładunków ze źródeł powierzchniowych. Istotne zmniejszenie zużycia nawozów sztucznych i racjonalizacja nawożenia obserwowane w latach 1990-2001 zmniejszyło wprawdzie zagrożenie wód zanieczyszczeniem z tych źródeł, jednak spodziewana i konieczna, w związku z planowanym przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej, intensyfikacja produkcji rolnej może spowodować odwrócenie korzystnych tendencji.

Konieczne jest także rozwinięcie na szerszą niż dotychczas skalę programów sanitacji wsi i terenów podmiejskich, nie posiadających systemów kanalizacyjnych. Brak kanalizacji sanitarnych, zwłaszcza na terenach korzystających z wodociągów sieciowych, częstokroć bardzo silnie determinuje stan czystości małych cieków wód powierzchniowych, ograniczając pośrednio zdolność samooczyszczania się wód większych rzek.

Analiza danych monitoringowych potwierdza, że przemysł przestał być głównym sprawcą nadmiernego zanieczyszczenia rzek. Biorąc pod uwagę typowe „przemysłowe” wskaźniki zanieczyszczenia wody, takie jak temperatura, odczyn, chlorki i siarczany, azot azotanowy, kadm, miedź, nikiel, ołów czy rtęć ponad 90% analizowanych prób wody można by było zaliczyć do I klasy czystości.

O zaliczeniu wody do kategorii wód pozaklasowych decyduje w ponad 50% przypadków tzw. miano Coli, (parametr charakterystyczny dla nieoczyszczonych ścieków komunalnych), a w następnej kolejności oznaczenia wskaźników takich jak chlorofil „a”, fosfor ogólny i azot azotynowy (blisko 1/4 wykonywanych oznaczeń). Wskazuje to, że głównym źródłem nadmiernego zanieczyszczenia polskich wód powierzchniowych staje się obecnie gospodarka komunalna, która odprowadza ponad 60% ogólnej objętości ścieków wymagających oczyszczenia, w tym ścieków nieoczyszczanych pięciokrotnie więcej niż źródła przemysłowe.

# Jezióra



## 7. JEZIORA

*Hanna Soszka, Dorota Cydzik, Joanna Czajka*

### 7.1. Informacje ogólne

Polska należy do krajów zasobnych w jeziora. Jezioro o powierzchni większej od 1 ha jest w kraju około 9000. Występują one głównie w północnej części Polski, na obszarze objętym ostatnim zlodowaceniem, czyli na Pojezierzach: Pomorskim, Wielkopolskim, Mazurskim i Litewskim. Poza północną częścią Polski większe skupisko jezior występuje w południowo-wschodniej części kraju, na Polesiu Podlaskim. Łączna powierzchnia jezior w Polsce stanowi około 1% powierzchni kraju, na pojezierzach jeziorność wynosi 2-5%, a w Krainie Wielkich Jezior Mazurskich przekracza nawet 20%.

Przeważająca większość jezior Polski ma genezę polodowcową. Najbardziej powszechnie występujący typ jezior na obszarze ostatniego zlodowacenia to jeziora rynnowe, powstałe w rynnach polodowcowych i często tworzące ciągi jezior (np. jeziora: Ryńskie-Tałty-Mikołajskie-Beldany, Raduńsko-Ostrzyckie, Żnińskie, Łagowskie). Jeziora rynnowe są zazwyczaj wąskie i długie, o stromych stokach misy jeziornej i często osiągają znaczne głębokości. Wiele polskich jezior o dużych powierzchniach (np. Śniardwy, Niegocin) należy do grupy jezior morenowych, powstałych na obszarze moreny dennej lub w rejonie moreny czołowej. W pasie nadmorskim znajduje się kilkanaście jezior przybrzeżnych (np. Łebsko, Gardno, Jamno), powstałych wskutek odcięcia od morza piaszczystymi mierzejami dawnych zatok morskich. Jezioro Drużno na Żuławach Wiślanych jest jeziorem deltowym, stanowiącym pozostałość dawnej zatoki Zalewu Wiślanego. W Karpatach i Sudetach występują małe jeziora, których geneza związana jest z działalnością lodowców górskich.

Jezior o powierzchni większej od 50 ha jest w Polsce 1032. Łączna ich objętość wynosi prawie 17 km<sup>3</sup>, a powierzchnia ponad 2400 km<sup>2</sup>. Wśród tych jezior najliczniejsze są jeziora o powierzchni od 50 do 200 ha (780 jezior, tj. 75,6%). Najmniej liczną grupę stanowią jeziora największe, o powierzchni przekraczającej 1000 ha, czyli 10 km<sup>2</sup> (32 jeziora). Największe polskie jezioro Śniardwy ma powierzchnię 113 km<sup>2</sup>. Dla porównania warto dodać, że największe jeziora świata (np. Wielkie Jeziora Amerykańskie) są kilkaset razy większe.

Wśród jezior o powierzchni ponad 50 ha dużą grupę (69%) stanowią jeziora o głębokości maksymalnej od 5 do 30 m, a wśród nich najliczniejsze są jeziora o głębokości od 5 do 10 m. Głębokość większą niż 30 m ma ok.

15% jezior. Maksymalna głębokość najgłębszego polskiego jeziora Hańcza wynosi 108 m.

Zagadnienia ochrony jezior reguluje w Polsce ustawa Prawo wodne. Obowiązujące rozporządzenie wykonawcze do tej ustawy w sprawie klasyfikacji wód i warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi (Dz.U. Nr 116, poz. 503 z 1991 r.) w jednakowy sposób traktuje wody płynące i stojące ustalając kryteria dla 3 klas czystości śródlądowych wód powierzchniowych. Ze względu na odmienność ekosystemów jeziornych w porównaniu z rzecznyymi, dobór wskaźników i ich normatywy służące ocenie i klasyfikacji jezior powinny być dostosowane do specyfiki ich wód. Te przesłanki zadecydowały o opracowaniu Systemu Oceny Jakości Jezior. Metoda ta nie ma rangi obowiązującego przepisu, jednak została przez resort środowiska zalecona do stosowania w rutynowym monitoringu jezior w Polsce.

### 7.2. Główne źródła zanieczyszczenia jezior

Jeziora w Polsce są w różny sposób użytkowane – najczęściej rybacko i rekreacyjnie. Nieliczne jeziora wykorzystywane są do poboru wody na cele pitne i przemysłowe, do nawodnień rolniczych oraz do żeglugi. Pomimo tego, że w ostatnich latach na terenach pojeziernych zrealizowano wiele inwestycji w zakresie gospodarki wodno-ściekowej, to jednak ciągle istotnym zagrożeniem dla jakości wód jezior pozostaje zrzut ścieków. Około 25% jezior stanowi odbiorniki ścieków bytowo-gospodarczych lub przemysłowych, oczyszczanych w różnym stopniu i odprowadzanych do wód jezior bezpośrednio bądź za pośrednictwem dopływów.

Jakość wód jezior w zasadniczy sposób zależy od sposobu zagospodarowania ich zlewni. Ilość substancji dostarczanych z obszaru zlewni do wód powierzchniowych jest najmniejsza z terenów zalesionych, największa z terenów o intensywnej gospodarce rolnej i z obszarów miejskich. Zlewnie ponad połowy naszych jezior mają charakter rolniczy. Jakkolwiek w ostatnich latach zużycie nawozów zarówno sztucznych jak i naturalnych zmniejszyło się w Polsce wyraźnie, to jednak rolnictwo i hodowla pozostają nadal źródłem zanieczyszczenia wód. Często zdarza się, że pola uprawne przylegają bezpośrednio do obrzeży zbiorników, a brak barier ochronnych w postaci pasów sadzawek i zakrzaceń wzdłuż linii brzegowej sprzyja przenikaniu zanieczyszczeń rolniczych do wód.

Do rekreacyjnie wykorzystywanych jezior przedostają się ścieki z ośrodków wypoczynkowych, domków letniskowych, kempingów i tym podobnych obiektów zlokalizowanych wzdłuż linii brzegowej.

zowanych na obrzeżach jeziora i niemających prawidłowo rozwiązanej gospodarki ściekowej. Wykorzystywaniu rekreacyjnemu jezior towarzyszy często proces niszczenia brzegów i roślinności przybrzeżnej, co sprzyja erozji gleby oraz ubożeniu szaty roślinnej i w efekcie potęguje dopływ do jeziora substancji z terenu zlewni.

### 7.3. Stan jakości wód jezior przebadanych w latach 1994 – 2001

Badania prowadzone przez wojewódzkie inspektoria ochrony środowiska w ramach monitoringu jezior obejmują:

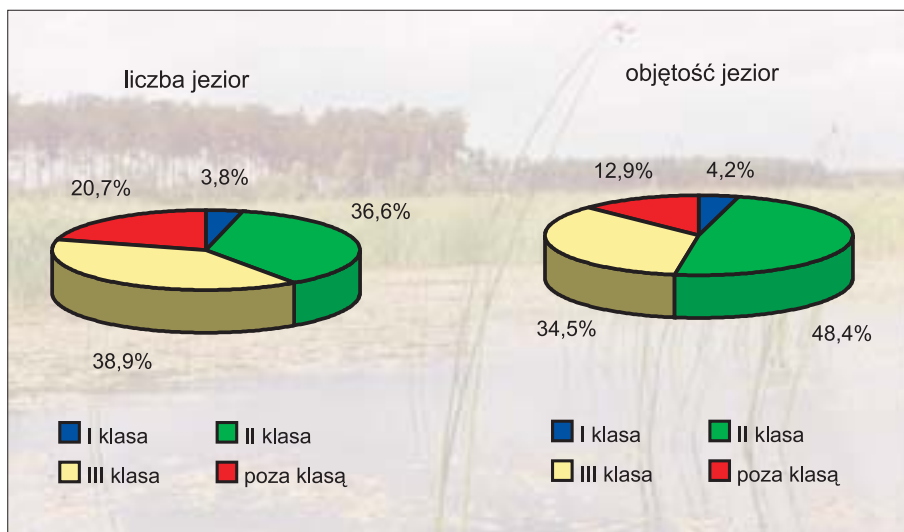
- monitoring w sieci regionalnej prowadzony na terenie 9 następujących województw: zachodniopomorskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie, podlaskie, lubuskie, wielkopolskie, kujawsko-pomorskie, mazowieckie i lubelskie;
- monitoring w sieci krajowej obejmujący następujące jeziora reperowe: Białe Włodawskie, Długie Wigierskie, Łękuć, Jegocin, Wukśniki, Jasień (Północny i Południowy), Krępsko Długie, Śremskie i Tarnowskie Duże.

Zgodnie z programem Państwowego Monitoringu Środowiska badaniami w sieci regionalnej objęte są jeziora duże, odgrywające istotną rolę w zasobach wodnych kraju (tj. jeziora o powierzchni większej od 50 ha do roku 1997 i o powierzchni większej od 100 ha od roku 1998), a także zbiorniki mniejsze, lecz ważne dla regionu ze wzglę-

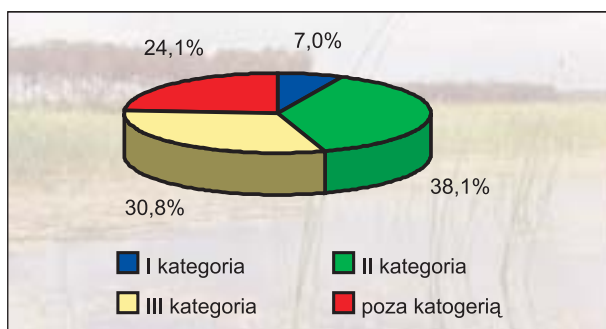
dów gospodarczych bądź przyrodniczych. Badania jezior w sieci regionalnej powinny być powtarzane co 5 lat.

W latach 1994-2001 przebadano 792 jeziora, których łączna powierzchnia wynosi prawie 150 tys. ha, a łączna objętość 7,7 km<sup>3</sup>, czyli prawie 60% zasobów wodnych jezior Polski. Ocena jakości wód tych jezior (rys. 7.3.1.) wskazuje na bardzo mały udział wód o I klasie czystości. Jezior o wodach najwyższej jakości jest tylko 30, co stanowi 3,8% liczby zbadanych zbiorników i 4,2% objętości ich wód. Największa grupa jezior, obejmująca 308 jezior, znalazła się w III klasie czystości. Jeziora te stanowią prawie 40% liczby ocenionych zbiorników i 35% objętości ich wód. Grupa jezior o wodach zaliczonych do II klasy czystości jest nieco mniej liczna, należy do niej 290 jezior, czyli 37% badanych. W przeliczeniu jednak na objętość wód, jeziora o wodach zaliczonych do II klasy mają największy udział, wynoszący 48% przebadanych zasobów wodnych. Do jezior o wodach pozaklasowych zaliczono 164 zbiorniki, które stanowią ok. 20% liczby badanych jezior i 13% objętości wód. Jeśli chodzi o podatność jezior na degradację (określaną na podstawie cech morfometrycznych, hydrograficznych i zlewniowych), to większość analizowanych jezior (rys. 7.3.2.) charakteryzuje II i III kategoria podatności na degradację (do II kategorii zaliczono 302 jeziora, do III kategorii – 244 jeziora).

Zestawienie stanu czystości wód jezior z ich kategorią podatności na degradację pozwala stwierdzić, że w przypadku jezior poddanych niewielkiej presji antro-



Rys. 7.3.1 Ocena stanu czystości jezior badanych w latach 1994 – 2001, Źródło: PMŚ.



Rys. 7.3.2 Ocena podatności na degradację jezior badanych w latach 1994-2001, Źródło: PMŚ.

pogenicznej o jakości wód w znacznej mierze decydują naturalne cechy jeziora i jego zlewni. W przypadku natomiast jezior stanowiących odbiorniki ścieków dopływ zanieczyszczeń jest czynnikiem prowadzącym do degradacji tych zbiorników bez względu na warunki naturalne. Przykładem może tu być analiza zmian jakości wód Wielkich Jezior Mazurskich. Obejmują one 331 km<sup>2</sup> powierzchni wodnej i stanowią największy w Polsce kompleks jezior, połączonych ze sobą naturalnie bądź sztucznie i utrzymujących się na mniej więcej jednakowym poziomie zwierciadła wody – około 116 m n.p.m. Stanowią one 10% całkowitej powierzchni jezior w Polsce. Jest



Tabela 7.3.1. Charakterystyka jezior reperowych objętych siecią krajową monitoringu. Źródło: PMS.

Nazwa jeziora	Makroregion	Powierzchnia (ha)	Objętość wód (mln m <sup>3</sup> )	Głębokość średnia (m)	Głębokość max (m)	Klasa czystości	Kategoria podatności
Śremskie	Pojezierze Wielkopolskie	117,6	23,7	20,2	45,0	II	I
Tarnowskie Duże	Pojezierze Leszczyńskie	91,6	3,5	3,8	7,5	III	III
Krępsko Długie	Pojezierze Południowo-Pomorskie	73,9	5,6	7,6	15,1	II	II
Jasień Południowy	Pojezierze Zachodniopomorskie	336,7	26,0	7,5	22,6	III	II
Jasień Północny	Pojezierze Zachodniopomorskie	240,5	22,0	9,1	32,2	II	II
Jegocin	Pojezierze Mazurskie	127,4	11,4	9,0	36,1	I	II
Wukśniki	Pojezierze Wschodniopomorskie	117,1	27,4	23,4	68,0	II	I
Łękuk	Pojezierze Mazurskie	20,7	1,0	4,6	12,5	II	III
Długie Wigierskie	Pojezierze Litewskie	80,0	5,2	6,4	14,8	II	II
Białe Włodawskie	Polesie Podlaskie	106,4	15,0	14,1	33,6	I	I

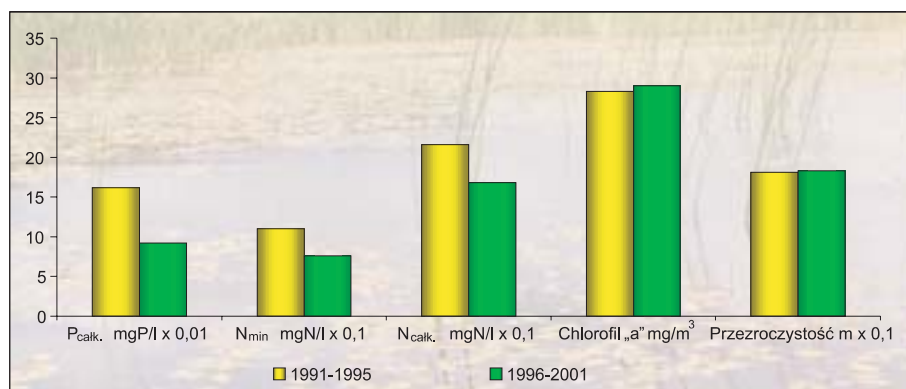
#### 7.4. Zmiany jakości wód jezior w latach 1991-2001

Wśród jezior objętych monitoringiem w okresie 1991-2001 znalazły się 154 jeziora, których badania wykonano w latach 1991-1995, a następnie powtórzono w latach 1996-2001. Spośród tych jezior 78% zachowało tę samą klasę czystości w obu okresach badań. Zmiany klasyfikacji wód w obrębie badanej grupy jezior są więc niewielkie, dotyczą zaledwie 35 jezior. Wiele z tych jezior to zbiorniki niewielkie, najczęściej nieprzekraczające 40 ha powierzchni, które łatwo reagują na zmiany warunków meteorologicznych w poszczególnych latach badań.

Pomimo niewielkich różnic w klasyfikacji jezior w dwóch kolejnych okresach pięcioletnich zauważa się wyraźne obniżenie średniej, dla tej grupy jezior, wartości niektórych wskaźników stanu czystości ich wód. W latach 1996-2001, w porównaniu do lat 1991-1995, wyraźnie zmniejszyła się

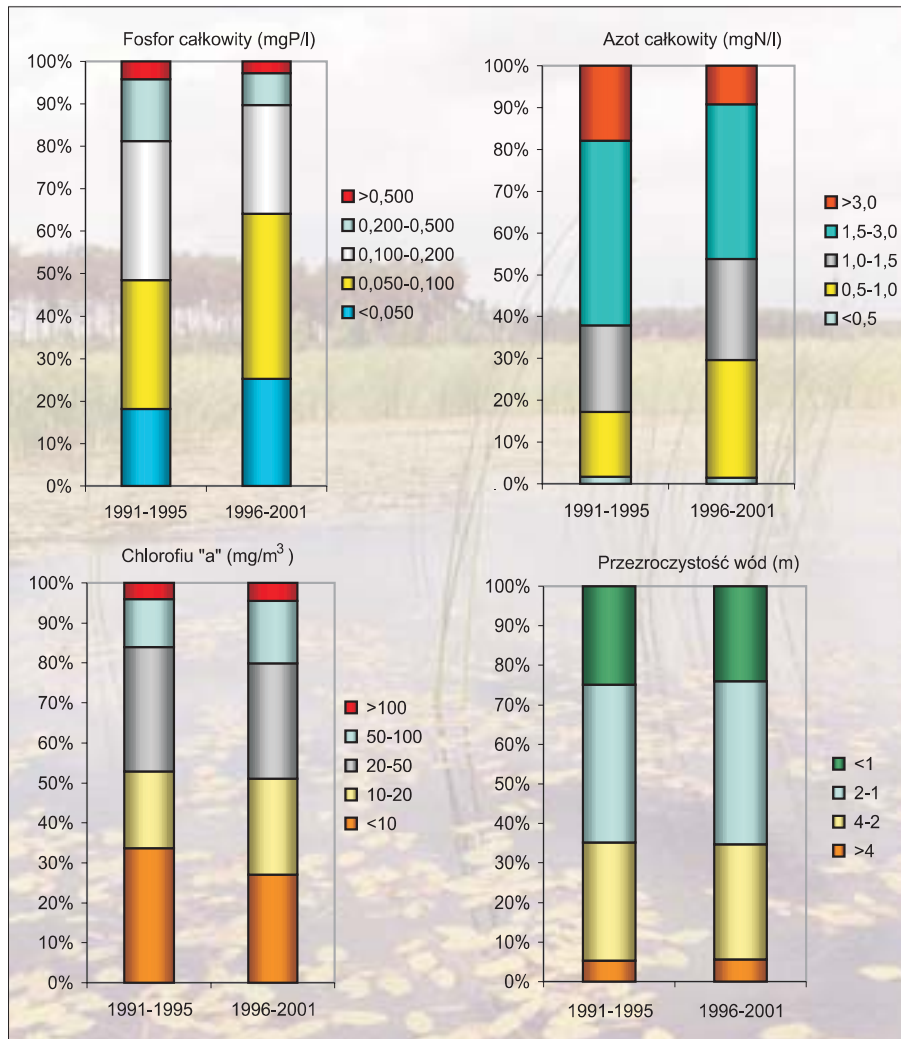
średnia zawartość związków fosforu oraz azotu. Te korzystne zmiany zawartości substancji biogennych w wodach jezior nie przekładają się jeszcze na ograniczenie rozwoju glonów planktonowych. Średnie stężenie chlorofilu „a” oraz przezroczystość wód jezior w ostatnich latach pozostaje na takim samym poziomie jak w latach 1991-1995 (rys. 7.4.1.). Zatem obserwowane obecnie stężenia związków biogennych, jakkolwiek uległy obniżeniu, są jeszcze wystarczające, aby powodować zakwity glonów.

Analizując wartości wybranych wskaźników jakości wód wszystkich 792 jezior (objętych monitoringiem w latach 1991-2001) stwierdza się przypadający na lata 1996-2001 wzrost udziału procentowego liczby jezior o niskich zawartościach fosforu i azotu w wodach w porównaniu do lat wcześniejszych. Nie obserwuje się zmian w odniesieniu do zawartości chlorofilu „a” oraz przezroczystości wód (rys. 7.4.2.).



Rys. 7.4.1. Porównanie średnich wartości wybranych parametrów jakości wód jezior w latach 1991-1995 i 1996-2001. Źródło: PMS.



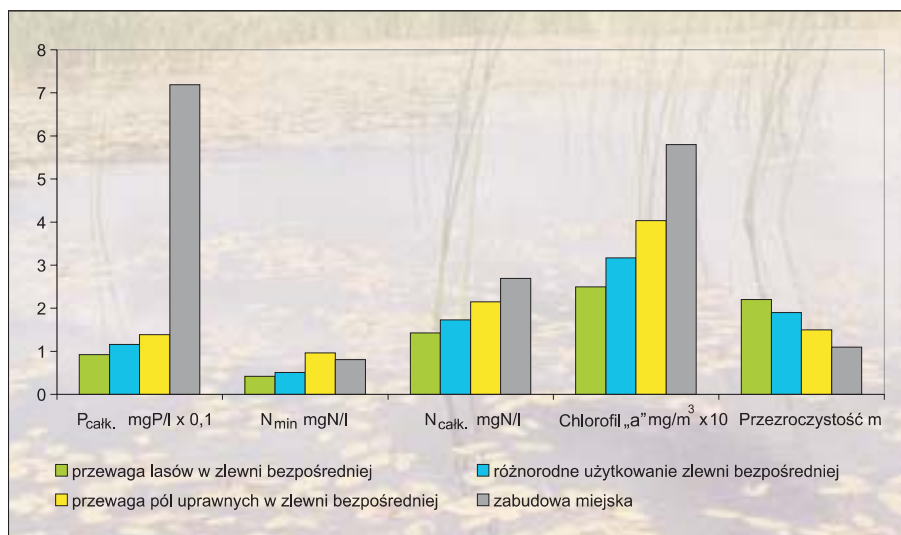


Rys. 7.4.2. Porównanie wartości wybranych parametrów jakości wód jezior badanych w latach 1991-1995 oraz 1996-2001 (udziały procentowe liczby jezior). Źródło: PMS.

## 7.5. Eutrofizacja jezior

Najpoważniejszym zagrożeniem jezior polskich jest proces eutrofizacji. Eutrofizacja, czyli wzrost żyzności jest naturalnym procesem starzenia się jezior na przestrzeni wieków, powodowanym ich wzbogacaniem w substancje biogenne spływające z terenu zlewni. Obecnie proces ten jest przyspieszany działalnością człowieka, a głównymi źró-

dłami przyspieszonej eutrofizacji wód są ścieki, zarówno komunalne jak i przemysłowe, oraz rolnictwo i hodowla. Pewne znaczenie może mieć tu również dopływ substancji biogenych z atmosfery wraz z opadami. Eutrofizacja jezior objawia się wieloma niekorzystnymi zmianami z punktu widzenia przyrodniczego i gospodarczego, jak: zakwity glonów planktonowych w pelagialu, rozwój glonów nitkowatych oraz makrofitów w litoralu, zmniejszenie przezro-



Rys. 7.5.1. Średnie wartości wskaźników eutrofizacji wód jezior Polski w zależności od przeważającego typu użytkowania ich zlewni bezpośredniej. Źródło: PMS.

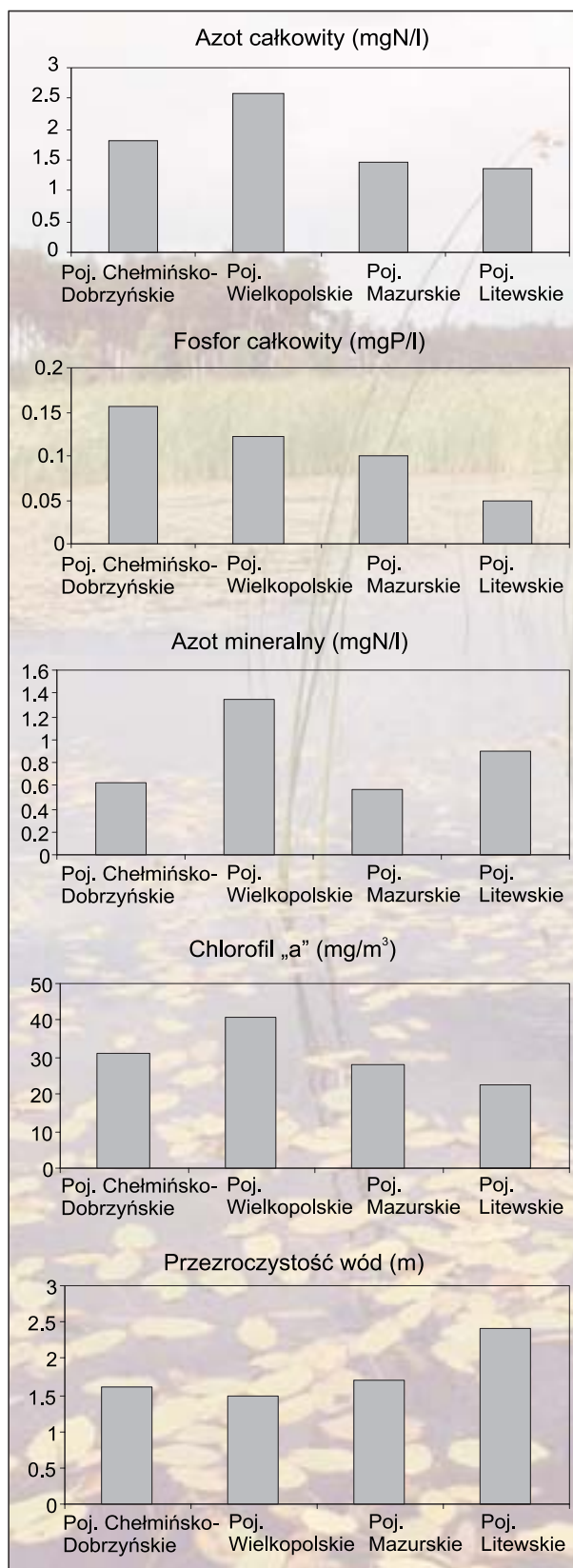
czystości wód, deficyty tlenowe, którym niejednokrotnie towarzyszy występowanie siarkowodoru oraz niekorzystne zmiany w składzie gatunkowym zespołów organizmów zasiedlających poszczególne strefy jezior (w tym ryb).

Na stopień zeutrofizowania wód jeziorowych zasadniczy wpływ ma sposób zagospodarowania ich zlewni (rys. 7.5.1.). Najkorzystniejszym stanem charakteryzują się jeziora położone w zlewniach lesistych. Należy do nich ponad 1/3 zbiorników objętych badaniami monitoringowymi w ostatnich kilkunastu latach. Średnie wartości wskaźników jakości wody wskazują na słabo eutroficzny charakter tych jezior. Średnia zawartość fosforu całkowitego nie przekracza 0,100 mgP/l, koncentracja chlorofilu wynosi około 20 mg/m<sup>3</sup>, zaś przezroczystość wód przekracza 2 m. W grupie jezior o różnorodnym zagospodarowaniu zlewni, liczebnie zbliżonej do poprzedniej, średnie wartości wskaźników przyjmują wyższe wartości (a przezroczystość wód nieco niższe). Jeziora, w zlewniach których dominują pola uprawne, stanowią około 25% zbiorników. Ich wody odznaczają się znacznie podwyższonymi, w stosunku do jezior o zlewniach w przewadze zalesionych, wartościami wskaźników jakości wody. Średnia zawartość fosforu całkowitego w tych jeziorach sięga prawie 0,140 mgP/l, azotu całkowitego przekracza nieco 2 mg N/l a chlorofilu „a” 40 mg/m<sup>3</sup>. Średnia przezroczystość wód ograniczona jest do 1,5 m. Zawartość azotanów jest dwukrotnie wyższa w porównaniu do jezior o zlewniach w przewadze zalesionych. W najgorszej sytuacji znajdują się jeziora śródmiejskie, których wody charakteryzują się najbardziej niekorzystnymi wartościami parametrów jakościowych.

Stan trofii jezior w Polsce jest zróżnicowany regionalnie. Największe nasilenie procesu eutrofizacji obserwuje się na Pojezierzu Chełmińsko-Dobrzyńskim i Wielkopolskim. Słabiej zeutrofizowane są jeziora Pojezierza Zachodniopomorskiego oraz pojezierzy północno-wschodniej Polski (rys. 7.5.2.).

Większość jezior w Polsce (ponad 90%) należy do zbiorników w mniejszym lub większym stopniu eutroficznych. Należy jednak podkreślić, że ponad połowa polskich jezior odznacza się niekorzystnymi cechami morfometrycznymi, hydrograficznymi i uwarunkowaniami geomorfologicznymi, które sprzyjają naturalnemu procesowi starzenia się jezior. Oznacza to, że dla wielu polskich jezior stan eutroficzny jest stanem naturalnym.

Stan troficzny jezior Polski jest bardzo podobny do stwierdzonego dla jezior Brandenburgii, będącej największym obszarem pojeziernym Niemiec. Jeziora te mają takie samo pochodzenie polodowcowe jak polskie jeziora północnego pasa pojeziernego. Klasyfikacja troficzna 784 jezior Brandenburgii przeprowadzona w latach 90-tych wykazała, że tylko 7,0% tych jezior to zbiorniki mezotroficzne, a 0,1% (1 jezioro) zachowało stan oligotroficzny. Natomiast 92,9% to jeziora eutroficzne oraz hypertroficzne. Podobny jak w Polsce stan troficzny jezior stwierdzany jest również w Anglii. Silniejszymi objawami eutrofizacji, niż w Polsce, charakteryzują się natomiast jeziora duńskie. Przezroczystość wód ponad połowy jezior duńskich nie przekracza 1 m, zaś tylko w 15% jezior widzialność krążka Secchiego jest większa niż 2 m. Średnie stężenie chlorofilu „a” w duńskich jeziorach



Rys. 7.5.2. Średnie stężenia wskaźników jakości wód w jeziorach z wybranych regionów pojeziernych. Źródło: PMS.

wynosi około 60 mg/m<sup>3</sup>. W krajach nordyckich natomiast (Norwegia, Szwecja, Finlandia), o zupełnie odmiennych niż Polska uwarunkowaniach naturalnych, eutrofizacja jezior ma znacznie mniejszy wymiar. Poważny problem zaś stanowi postępujące zakwaszenie wód. To samo dotyczy jezior alpejskich.

## 7.6. Działania podejmowane na rzecz ochrony jezior

W ostatnim dziesięcioleciu wykonano w Polsce wiele inwestycji służących ochronie wód. Dane statystyczne dowodzą znaczącego zmniejszenia ilości ścieków odprowadzanych do wód (co niewątpliwie wiąże się również z ograniczeniem produkcji przemysłowej), a także zwiększenia udziału ścieków oczyszczonych biologicznie wraz z chemicznym strącaniem fosforu. Jest to efektem oddawania do użytku nowych oczyszczalni ścieków, modernizacji starych i poprawy ich eksploatacji, a także zmiany technologii przemysłowych. Działania te, podejmowane przez władze terenowe, wspierane są dotacjami Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, środkami zagranicznymi np. z ekokonwersji poprzez Fundację EkoFundusz, czy też środkami przedakcesyjnymi Unii Europejskiej. Wiele z tych inwestycji powstaje w zlewniach jezior. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ostatnim dziesięcioleciu wsparł finansowo kilkadziesiąt projektów, których realizacja związana jest z ochroną jezior. Fundacja EkoFundusz, której jednym z celów jest wspieranie działań zmierzających do ochrony jezior położonych na terenach parków krajobrazowych, w ciągu 10 lat swojej działalności dofinansowała ponad 20 projektów mających na celu ochronę jezior. Nowe lub zmodernizowane oczyszczalnie ścieków powstały w rejonach pojeziernych m.in. w takich miastach jak: Giżycko, Mrągowo, Olecko, Sejny, Suwałki, Elk, Rajgród, Węgorzewo, Pisz, Ruciane-Nida, Ostróda, Iława, Chojnice, Drawsko Pomorskie, Czaplinek, Człuchów, Koszalin, Łeba i Sława. W wielu z tych miast zbudowano bądź rozbudowano sieć kanalizacyjną. Inwestycje te znacznie ograniczyły ładunek zanieczyszczeń doprowadzanych do tak znanych, dużych i cennych zbiorników jak m.in.: jeziora z kompleksu Wielkich Jezior Mazurskich, Wigry, Gołdopiwo, Rajgrodzkie, Oleckie, Elckie, Pomorze, Łaśmiady, Gaudy, Sarag, Karaś, Juno, Drwęckie, Jeziorak, Charzykowskie, Wdzydze, Drawsko, Łebsko i Sławskie. Wokół bardzo intensywnie wykorzystywanego turystycznie Jeziora Białego Włodawskiego wybudowano kanalizację opaskową, która zbiera ścieki z licznych ośrodków wypoczynkowych i odprowadza je do oczyszczalni we Włodawie.

Fundacja EkoFundusz wspiera również działania zmierzające do przywracania jeziorom ich naturalnego stanu ekologicznego. Należą do nich np.: realizacja szeroko zakrojonego projektu ochrony jezior lobeliowych, wsiedlanie rodzimych gatunków raków do kilkadziesiątu jezior pomorskich i mazurskich, z których ustąpiły one wiele lat temu, modernizacja i dofinansowanie zakładów rybackich prowadzących wylęgarnie cennych gospodarczo ryb i zarybianie jezior. Wykonywane są prace hydrotechniczne w celu przywrócenia naturalnych stosunków wodnych w zlewniach jezior, które zostały zniszczone w wyniku intensywnych odwodnień rolniczych.

Ograniczeniu dopływu do wód zanieczyszczeń ze źródeł rolniczych sprzyjać powinno upowszechnianie opracowanego w 1999 r. Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej. Zapisy kodeksu zasadniczo wdrażane są przez rolników dobrowolnie. Jednak w obszarach wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami ze źródeł rolniczych podstawowe jego zasady będą wdrażane obowiązkowo.

W przypadku wielu zdegradowanych jezior podejmowane są działania rekultywacyjne. Rekultywacja jezior jest zabiegiem bardzo trudnym, kosztownym i długotrwałym,

a podstawowym warunkiem jej podjęcia jest jednocześnie ograniczenie ładunku zanieczyszczeń dostających się do zbiornika ze źródeł punktowych i obszarowych. Niestety w praktyce często się zdarza, że warunek ten nie jest spełniany, co sprawia, że pomimo zaangażowania dużych środków finansowych na rekultywację (np. napowietrzanie, bagrowanie) nie uzyskuje się trwałych efektów poprawy jakości wód. Przykładem zbiorników, w których rekultywacja przeprowadzana metodą strącania fosforu koagulantami glinowymi, dała dobre wyniki są: jezioro Głęboćzek w Tucholi oraz Jezioro Długie w Olsztynie, które wcześniej było przez kilkanaście lat napowietrzane z miernym skutkiem.

Starania Polski o przyjęcie do Unii Europejskiej nakładają na nasz kraj obowiązek dostosowania przepisów w dziedzinie ochrony wód do wymagań europejskich. Implementacja dyrektywy 91/271/EEC (tzw. dyrektywy ściekowej) oraz dyrektywy 91/676/EEC (tzw. dyrektywy azotanowej) z pewnością przyczyni się do dalszego ograniczenia dopływu do wód, również jeziorowych, substancji biogenych ze źródeł punktowych i obszarowych. Z kolei przyjęta w 2000 r. Ramowa Dyrektywa Wodna wprowadza całkiem nowe podejście do oceny i klasyfikacji wód. Jakość wód rozważana jest przez pryzmat zmian, na które wpływ mają warunki naturalne zbiornika i zlewni oraz oddziaływania antropogeniczne. Wychodząc z założenia, że celem gospodarki wodnej jest przywrócenie ekosystemom wodnym stanu dobrej ekologicznej jakości, klasyfikacja wód powinna odpowiadać na pytanie, jak dalece stan aktualny zbiornika wodnego odbiega od stanu naturalnego. Dla wielu polskich jezior, zaliczanych obecnie do klasy II i III, stan eutroficzny jest stanem naturalnym ze względu na ich warunki morfometryczne, hydrograficzne i zlewniowe. Po przyjęciu w Polsce zasad oceny stanu ekologicznego wód zgodnych z Ramową Dyrektywą Wodną, wyniki klasyfikacji jezior mogą okazać się korzystniejsze niż obecnie.

## 7.7. Wnioski

Większość jezior w Polsce należy do zbiorników eutroficznych. Na stopień zeutrofizowania ich wód zasadniczy wpływ ma sposób zagospodarowania zlewni. Najkorzystniejszym stanem charakteryzują się jeziora położone w zlewniach leśnych. W najgorszej sytuacji znajdują się jeziora śródmiejskie, których wody charakteryzują najbardziej niekorzystne wartości parametrów jakościowych. Udział wód zaliczonych w ostatnich latach do I klasy jest nadal niewielki. Przeważają jeziora w II i III klasie. Pomimo niewielkich różnic w wynikach klasyfikacji jezior za ostatnie lata, w porównaniu do okresów wcześniejszych, zauważa się wyraźne obniżenie stężeń związków fosforu i azotu w wodach jezior. Jest to z pewnością wynikiem znaczącego zmniejszenia ilości ścieków odprowadzanych do wód, a także zwiększenia udziału ścieków oczyszczanych biologicznie wraz z chemicznym strącaniem fosforu. Nie bez znaczenia jest również notowany w ostatnich latach spadek zużycia nawozów, zarówno naturalnych jak i sztucznych. Te korzystne zmiany zawartości substancji biogenych w wodach jezior nie przekładają się jeszcze na ograniczenie rozwoju glonów planktonowych. Zarówno zawartość chlorofilu jak i przezroczystość wód pozostają na niezmiennym poziomie. Należy się jednak spodziewać, że utrzymanie obecnego rozmiaru inwestowania w ochronę wód powinno doprowadzić w ciągu najbliższych lat do widocznej poprawy jakości wód jeziorowych.

# Zbiorniki zaporowe



## 8. ZBIORNIKI ZAPOROWE

Bogdan Fornal

### 8.1. Informacje ogólne

Zbiorniki zaporowe budowane są na rzekach głównie dla zabezpieczenia przed powodzią, zaopatrzenia ludności w wodę, dostarczenia energii wodnej oraz ułatwienia systemów żeglugi. W zależności od typu zbiornika i jego położenia odróżniamy zbiorniki górskie, zwykle głębsze i o mniejszej powierzchni, od większych, ale płytszych zbiorników nizinnych. Cechą charakterystyczną zbiorników zaporowych są częste i znaczne zmiany poziomu wody, związane z celami, dla których zbiornik został zbudowany.

W Polsce istnieje ponad 100 sztucznych zbiorników zaporowych, o łącznej powierzchni ok. 350 km<sup>2</sup>, co stanowi ok. 0,11% powierzchni Polski (tab. 10.1.1.). 69 największych zbiorników i stopni wodnych (obiekty o całkowitej pojemności przy maksymalnym piętrzeniu >2,2 mln m<sup>3</sup>) może maksymalnie zgromadzić około 3423,4 mln m<sup>3</sup>

wody. Największe zbiorniki położone są w dorzeczu Wisły. Zalicza się do nich zbiornik Solina oraz zbiornik Włocławek.

Pojemność sztucznych zbiorników wodnych istniejących w Polsce odpowiada objętości ok. 6% rocznego odpływu rzek (w krajach sąsiednich 10-12%).

Większość zbiorników regulując przepływy służy ochronie przeciwpowodziowej, a w okresie suszy umożliwia utrzymanie przepływu nienaruszalnego. Do tej grupy należą zbiorniki znajdujące się w Karpatach i Sudetach, a także niektóre na nizinach (np. Zbiornik Siemianówka i Zbiornik Sulejowski). Niektóre zbiorniki zaporowe pełnią też ważne funkcje gospodarcze, zaopatrując duże aglomeracje miejskie w wodę do picia. Do grupy tej, będąc niejednokrotnie podstawowym źródłem zaopatrzenia w wodę, należą zbiorniki: kaskada zbiorników Tresna-Porąbka-Czaniec, Goczałkowice, Kozłowa Góra, Wapienica, Dzieckowice (zaopatrzenie Górnego Śląska), Dobczyce (częściowe zaopatrzenie Krakowa), Sulejów (częściowe zaopatrzenie Łodzi) i zbiornik Zegrzyński (zaopatrzenie części aglomeracji war-

Tabela 8.1.1. Największe sztuczne zbiorniki i stopnie wodne w Polsce (maksymalna pojemność >50,0 mln m<sup>3</sup>). Źródło: GUS.

Zbiorniki i stopnie wodne	Usytuowanie	Rok Urochomienia	Całkowita pojemność przy maksymalnym piętrzeniu [mln m <sup>3</sup> ]	Powierzchnia przy maksymalnym piętrzeniu [km <sup>2</sup> ]	Maksymalna wysokość piętrzenia lub spadku [m]
Solina	San	1968	472,0	21,1	60,0
Włocławek	Wisła	1970	408,0	70,4	11,5
Czorsztyn	Dunajec	1997	234,5	13,4	5,0
Jeziorsko	Warta	1968	202,8	42,3	11,5
Goczałkowice	Wisła	1956	166,8	32,0	13,0
Rożnów	Dunajec	1941	166,6	16,0	31,5
Dobczyce	Raba	1986	125,0	10,7	27,9
Otmuchów	Nysa Kłodzka	1933	124,5	19,8	17,3
Nysa	Nysa Kłodzka	1972	113,6	20,4	13,3
Turawa	Mała Panew	1948	106,2	20,8	13,6
Tresna	Soła	1967	100,0	10,0	22,0
Dębe	Narew	1963	94,3	30,3	6,8
Dzierżno Duże	Kłodnica	1964	94,0	6,2	8,0
Koronowo	Brda	1960	80,6	15,6	26,0
Siemianówka	Narew	1995	79,5	32,5	7,0
Sulejów	Pilica	1973	78,3	19,8	10,5
Mietków	Bystrzyca	1986	70,5	9,2	16,6
Pilchowice	Bóbr	1912	54,0	2,4	46,7
Dzieckowice	Soła, Skawa - pompownia	1976	52,5	7,1	14,5

szawskiej). Retencjonowane w nich wody z założenia powinny spełniać kryteria I klasy czystości.

Zbiorniki zaporowe jako źródło zaopatrzenia w wodę do celów gospodarczych wykorzystuje również wiele, usytuowanych w ich pobliżu, zakładów przemysłowych, takich jak: zakłady w Dzierżonowie czerpiące wodę ze zbiornika Lubachów, kopalnia węgla brunatnego w Turoszowie w pobliżu zbiornika Niedów, Huta Katowice pobierająca wodę ze zbiornika Dzieńkowice, elektrownia w Łagiszy przy zbiorniku Przeczyce i elektrownia w Połańcu w pobliżu zbiornika Chańcza. Mniejsze zbiorniki zaporowe, obok funkcji przeciwpowodziowych, pełnią zwykle rolę źródła wody do nawadniania łąk i pastwisk w okresie suszy (np. Siemianówka i Myłof).

Część zbiorników zaporowych wykorzystywana jest również do produkcji energii elektrycznej. Należą do nich przede wszystkim zbiorniki w dorzeczu Wisły: Solina, Włocławek, Czorsztyn, Rożnów, Dobczyce, Tresna, Zegrze, a także liczne, lecz mniejsze zbiorniki w dorzeczu Odry i na Pomorzu Zachodnim. W roku 1997 w Polsce łączna moc zainstalowana w elektrowniach wodnych wynosiła 2100 MW, co stanowiło tylko ok. 6% całkowitej mocy wszystkich zakładów energetycznych. Średnio w skali roku (w latach 1990-1996) w elektrowniach wodnych wytwarzano 3,5 MWh, co stanowiło ok. 2,5% całości wytwarzanej energii elektrycznej.

## 8.2. Stan jakości wód w zbiornikach zaporowych

Badania jakości wód w zbiornikach zaporowych odbywają się w ramach sieci monitoringu regionalnego (obligatoryjnie dla dużych zbiorników zaporowych o pojemności przekraczającej 40 mln m<sup>3</sup> wody) i lokalnego (dla pozostałych zbiorników zaporowych fakultatywnie w zależności od potrzeb lokalnych).

W ramach kompleksowej oceny zbiorników zaporowych wykonywane są: identyfikacja źródeł zanieczyszczeń, ocena jakości wód zbiorników zaporowych, ocena podatności zbiornika na eutrofizację, ocena jakości osadów wodnych.

Zbiornik zaporowy zajmuje pośrednie miejsce między rzekami a jeziorami, co w istotny sposób wpływa na skład gatunkowy i liczebność roślin oraz zwierząt. W górnej jego części przeważają zgrupowania organizmów właściwych rzekom, w dolnej – jeziorom. Plankton zbiorników zaporowych rozwija się z planktonu rzeczno-jeziornego i z form przemieszczonych przez ptaki lub wiatr, przy tym w zbiornikach górskich jest słabo rozwinięty, w nizinnych obficie. Bogactwo planktonu roślinnego zależy w dużej mierze od szybkości przepływu i stopnia mętności wody; w górnych partiach zbiorników nizinnych, płytszych, o wodzie z dużą zawartością zawiesiny, jest go mniej, więcej natomiast w środkowej części zbiornika, gdzie występują często zakwity sinic, okrzemek lub zielenic. Bakterie w wodzie zbiorników zaporowych występują liczniej niż w rzekach.

Poniżej przedstawiono, na podstawie badań wykonywanych przez wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska, stan jakości wód w pięciu wybranych zbiornikach zaporowych: Solina, Pilchowice, Dobczyce, Goczałkowice i Czorsztyn. Kryterium wyboru tych zbiorników było ich po-

łożenie, wielkość, znaczenie (np. ujęcia wody pitnej) oraz ich wiek. Z uwagi na różną częstotliwość prowadzonych badań przedstawiono wyniki z różnych lat.

### Zbiornik Solina

Pierwsze koncepcje wykorzystania dużego potencjału energetycznego górnego odcinka Sanu oraz budowy zapory w Solinie powstały w okresie międzywojennym. Budowę zapory prowadzono w latach 1962-1968. Zapora w Solinie jest największą budowlą hydrotechniczną w Polsce, a elektrownia jedną z największych elektrowni szczytowo-pompowych pracujących na dopływie naturalnym.

Zbiornik zaporowy Solina położony jest w południowej części województwa podkarpackiego. Zbiornik i jego zlewnia znajdują się w powiecie leskim i bieszczadzkim, w granicach administracyjnych czterech gmin: Solina, Czarna, Lutowska oraz Ustrzyki Dolne. Południową granicę zlewni stanowi granica państwowa ze Słowacją, natomiast górny San jest rzeką graniczną między Polską i Ukrainą. Obszar zlewni zbiornika leży w Bieszczadach Zachodnich, które wg Kondrackiego (1998) zaliczane są do Beskidów Wschodnich, będących najbardziej na zachód wysuniętą częścią Karpat Wschodnich.

Zbiornik Solina jest typowym zbiornikiem górskim. Głównymi jego cechami są: wąski i kręty kształt oraz przepływ znacznych ilości wody. Głębokość zwiększa się od niewielkich głębokości ujściowych odcinków Sanu i Solinki do ponad 60 m przy zaporze. Dozwolony odpływ ze zbiornika wynosi 400 m<sup>3</sup>/s, przy czym w sytuacjach wyjątkowych np. w okresie powodzi może wzrosnąć do 560 m<sup>3</sup>/s (po uzyskaniu zgody organu właściwego do spraw ochrony przeciwpowodziowej). Minimalny przepływ w Sanie poniżej zapory w Myczkowcach ustalono na poziomie 1,5 m<sup>3</sup>/s.

**Warunki termiczno-tlenowe** zbiornika Solina w kolejnych latach badań potwierdzają ich różnorodność i zależność od warunków meteorologicznych panujących w zlewni zbiornika.

Wiosną średnie dla zbiornika temperatury wody w warstwie powierzchniowej zmieniały się od 3,5°C (1997 rok) do 15,9°C (1996 rok). Okresy wysokich temperatur powietrza i silnego nasłonecznienia, występujące często w omawianych latach na przełomie kwietnia i maja, powodowały szybkie ogrzanie warstwy powierzchniowej zbiornika, natomiast dopływ zimnych, górskich wód rzecznych utrzymywał niską temperaturę wód naddennych. W wyniku tego obserwowano często w zbiorniku wiosną wystąpienie wczesnej stratyfikacji termicznej, pełnej na najgłębszym stanowisku przy zaporze i słabszej na pozostałych stanowiskach. Średnie temperatury wody nad dnem zmniejszały się do wartości 3,5-5,6°C, najniższe temperatury występowały na głębokich stanowiskach w centralnej części zbiornika i przy zaporze. Podczas badań letnich, wykonywanych zwykle pod koniec sierpnia, wody w warstwie powierzchniowej charakteryzowały wysokie średnie temperatury z zakresu 20,2-24,4°C, natomiast nad dnem 10,3-17,4°C. Stratyfikacja termiczna wód występowała na wszystkich stanowiskach, przy czym krzywe termiczne najbardziej harmonijny przebieg miały w rejonach zbiornika o maksymalnej głębokości, czyli przy zaporze i w centralnej części.

Wody zbiornika w okresie wiosennym na całej głębokości były dobrze natlenione. Na powierzchni zbiornika średnia zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie wynosiła od 7,6 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 2000 roku do 14,6 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 1997 roku. W latach 1996-1999 i 2001 obserwowano stany przesylenia tlenem warstwy powierzchniowej do głębokości 5-9 m, maksymalnie w 1997 do głębokości 20 m na stanowisku w centralnej części zbiornika. Nad dnem stężenia tlenu były także wysokie i średnie dla zbiornika wartości wahały się od 8,1 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 1999 roku do 13,2 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 1997 roku. Nasylenie wód tlenem w warstwie naddennej zbiornika nie było niższe od 60%, maksymalnie sięgało 99% w 1997 roku.

Mniej korzystnie w omawianym okresie przedstawiało się natlenienie wód zbiornika podczas badań letnich. Warstwa powierzchniowa charakteryzowała się dużą zasobnością w tlen. Uśrednione dla zbiornika stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie zmieniały się od 7,4 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 1998 roku do 9,7 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 1997 roku. Wraz z głębokością obserwowano zmiany zawartości tlenu, przy czym skala zmian była różna na poszczególnych stanowiskach. Największe ubytki tlenowe nad dnem występowały na stanowisku w rejonie połączenia starego koryta Sanu z potokiem Czarnym oraz w rejonie ujścia potoku Daszówka. Najniższe stężenia tlenu, na poziomie 2,9 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i 2,4 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> zmierzono w latach 1996-1997. W kolejnych omawianych latach warunki tlenowe w warstwie naddennej uległy poprawie, minimalne stężenia tlenu wynosiły od 4,1 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 1998 roku do 5,9 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 1999 roku. Najkorzystniejsze warunki tlenowe występowały na głębokich stanowiskach w rejonie zapory i w części środkowej zbiornika, a obserwowane najwyższe stężenia tlenu zmieniały się od 5,8 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 1998 roku do 8,3 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 2000 roku.

Zmniejszenie poziomu tlenu rozpuszczonego w wodzie przy dnie zbiornika w okresie letnim pozostaje w ścisłym związku z występującymi często w latach 1996-2001 wiosennymi „zakwitami” okrzemek.

**Związki organiczne** ulegające biochemicznemu rozkładowi nie wykazywało w omawianym okresie dużego zróżnicowania. Zakres oznaczonych wartości BZT<sub>5</sub> wynosił 1,2-2,0 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, przy czym nieco wyższe wielkości występowały latem. Wszystkie zmierzone w kolejnych latach badań wartości wskaźników charakteryzujących zawartość w wodach zbiornika substancji organicznych podlegających biodegradacji mieściły się w granicach ustalonych dla I klasy czystości wód powierzchniowych.

**Zawartości związków biogennych** w omawianym okresie charakteryzowały się znaczną zmiennością. Analiza zasobności wód zbiornika Solina w związki azotowe w latach 1996-2001 wskazuje, że stężenia azotu mineralnego ulegały zmianom. Średnie dla zbiornika stężenia azotu azotanowego w warstwie powierzchniowej w okresie wiosennym kształtowały się od 0,96 mgN-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> (2001 rok) do 1,68 mgN-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> (1996 rok), natomiast przy dnie mieściły się w przedziale 1,09- 2,42 mgN-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. Latem obserwowano redukcję formy azotanowej, średnie wartości stężeń wynosiły od 0,57 mgN-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> (2001 rok) do 1,14 mgN-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> (1996 rok) przy powierzchni i od 0,87 mgN-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> do 1,44 mgN-NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> nad dnem.

Zmierzone stężenia azotu azotanowego w omawianym okresie nie przekroczyły normy ustalonej dla I klasy czystości wód powierzchniowych.

Wiosną uśrednione dla zbiornika stężenia azotu azotynowego, nietrwalej i przejściowej formy azotu, wynosiły od 0,004 do 0,014 mgN-NO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> przy powierzchni oraz 0,009-0,016 mgN-NO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> nad dnem. Wśród zmierzonych w cyklu wiosennym stężeń stwierdzono w latach 1996 oraz 1998-2000 wartości na poziomie II klasy czystości wód. Najczęściej obserwowano je nad dnem na głębokich stanowiskach: w centralnej części zbiornika i przy zaporze.

W cyklu letnich badań uśrednione dla zbiornika w warstwie powierzchniowej wartości stężeń azotu azotynowego zmieniały się od 0,007 do 0,016 mgN-NO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Latem nad dnem zbiornika na stanowisku w rejonie połączenia starego koryta Sanu z potokiem Czarnym w roku 1997 stwierdzono wysokie, nie odpowiadające normie stężenie azotu azotynowego. Także na tym stanowisku w 2001 roku latem w warstwie naddennej zmierzono podwyższone stężenie tego wskaźnika, na poziomie III klasy. Na niektórych stanowiskach azot azotynowy występował w znikomych ilościach, poniżej granicy oznaczalności stosowanej metody badawczej.

Zawartość azotu ogólnego w zbiorniku w omawianych latach nie przekroczyła normy ustalonej dla I klasy czystości wód powierzchniowych.

Z analizy zawartości związków fosforowych w wodach zbiornika Solina w latach 1996-2001 wynika, że zasobność wód w te związki zmniejszała się w kolejnych latach badań. Wiosną i latem fosforany występowały w stężeniach nie przekraczających normy ustalonej dla I klasy czystości wód powierzchniowych. W 1996 roku średnie stężenie fosforanów w warstwie powierzchniowej wynosiło 0,043 mgPO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> wiosną i 0,045 mgPO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> latem. Nad dnem uśrednione dla zbiornika wartości stężeń były nieco wyższe, na poziomie 0,076 mgPO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> wiosną i 0,054 mgPO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> latem. Od 1997 roku na wielu stanowiskach nastąpił spadek zawartości fosforanów do stężeń niższych niż granica oznaczalności stosowanej metody badawczej. W latach 2000-2001 w całym zbiorniku w obu cyklach badawczych obserwowano bardzo niskie stężenia fosforanów, poniżej wartości 0,05 mgPO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>.

W latach 1996-2001 najwyższe stężenia fosforu ogólnego w wodach zbiornika występowały w 1996 roku. Stwierdzono wówczas wiosną nad dnem na stanowiskach w Polańczyku, w centralnej części zbiornika oraz w rejonie ujścia Solinki i Wołkowyjki zawartości fosforu na poziomie II klasy czystości (0,13-0,16 mgP/dm<sup>3</sup>). Latem podwyższone stężenia tego wskaźnika (0,12 i 0,21 mgP/dm<sup>3</sup>) wystąpiły także przy dnie na dwóch stanowiskach w najgłębszych rejonach zbiornika, tj. przy zaporze i w jego środkowej części. W następnych latach badań zawartość fosforu ogólnego w wodach zbiornika sukcesywnie zmniejszała się i podczas badań nie obserwowano przekroczeń normy I klasy. Od 2000 roku w czasie badań wiosennych i letnich fosfor ogólny występuje w zbiorniku najczęściej w stężeniach niższych od wartości 0,04 mgP/dm<sup>3</sup>.

**Związki nieorganiczne:** stężenia parametrów charakteryzujących zawartość w wodach zbiornika związków nieorganicznych były niskie, nie przekroczyły norm ustalonych

dla I klasy czystości. Stężenia chlorków, siarczanów, potasu, sodu, magnezu i wapnia oznaczano do 1998 roku łącznie. Uśredniony poziom chlorków w tym okresie nie był wyższy od wartości 12 mgCl/dm<sup>3</sup>, natomiast siarczanów od 27 mgSO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>.

Jako główny wskaźnik zawartości w wodach rozpuszczonych związków nieorganicznych przyjęto przewodność elektrolityczną. Z analizy danych uzyskanych w omawianym okresie wynika, że uśrednione dla zbiornika wyniki przewodności w okresie wiosennym były niskie i kształtowały się od 138,7 μS/cm w warstwie powierzchniowej w 2000 roku do 249,8 μS/cm nad dnem w 1997 roku. Latem zakres zmian tego wskaźnika wynosił od 173,7 μS/cm nad dnem w 1997 roku do 230,3 μS/cm również przy dnie w 1996 roku.

**Wskaźniki dodatkowe:** w tej grupie oznaczeń analizowano odczyn oraz w latach 1996-1998 barwę, mętność i zasadowość. Odczyn pH wody wiosną przy powierzchni zbiornika wahał się od 7,5 do 8,4, natomiast nad dnem od 7,7 do 8,5. Latem zakres zmian pH w warstwie powierzchniowej obejmował przedział wartości od 8,2 do 9,2, a przy dnie odczyn wynosił 7,3-8,5 jednostek.

Barwa wody w warstwie powierzchniowej wynosiła w całym zbiorniku najczęściej 10-20 mgPt/dm<sup>3</sup>, rzadziej 25 mgPt/dm<sup>3</sup>, a nad dnem wzrastała do 20-25 mgPt/dm<sup>3</sup>.

Uśredniona dla zbiornika zasadowość ogólna w warstwie powierzchniowej wiosną odpowiadała wartościom od 105,8 do 110,3 mg/dm<sup>3</sup>CaCO<sub>3</sub>, natomiast latem osiągała wartości 99,5-116,3 mg/dm<sup>3</sup>CaCO<sub>3</sub>. Nad dnem w obu okresach badawczych obserwowano nieco wyższe wartości tego wskaźnika, maksymalnie zmierzono 122,2 mg/dm<sup>3</sup>CaCO<sub>3</sub>.

**Stan sanitarny:** stan sanitarny wód zbiornika w latach 1996-2001 oceniono analizując uzyskane wartości miana coli typu kałowego. W okresie wiosennym w warstwie powierzchniowej zbiornika stwierdzono I klasę czystości, jedynie w 1998 roku na stanowisku przy zaporze miano coli wskazywało na II klasę czystości. Nad dnem wiosną stan sanitarny w całym zbiorniku tylko w latach 1996 i 2001 odpowiadał I klasie. W pozostałych latach na niektórych stanowiskach określono II klasę (najczęściej na stanowisku w Polańczyku), a w 1999 roku na stanowisku w centralnej części zbiornika oraz w rejonie ujścia Solinki i Wołkowyjki stwierdzono III klasę czystości.

Latem zanieczyszczenie bakteriologiczne wód zbiornika wzrastało. Powierzchniowa warstwa w całym zbiorniku odpowiadała normie I klasy tylko w latach 1997 i 1999. W pozostałych latach z omawianego okresu na niektórych stanowiskach stwierdzono II i III klasę czystości. Przekroczenie normy I klasy czystości wód powierzchniowych najczęściej obserwowano na stanowisku w Polańczyku oraz w pobliżu zapory. Analiza wartości miana coli zmierzonych w warstwie naddennej wskazuje, że parametr ten częściej niż wiosną osiągał wartości kwalifikujące wody zbiornika do II i III klasy czystości.

W omawianych latach najkorzystniejszy stan sanitarny wód zbiornika Solina w obu cyklach badawczych stwierdzono w 2001 roku.

**Wskaźniki hydrobiologiczne:** wśród parametrów hydrobiologicznych analizowano w wodach zbiornika kon-

centrację chlorofilu „a”, przezroczystość wody mierzoną widzialnością krążka Secchiego oraz indeks saprobowości sestonu.

Wiosną uśredniona dla zbiornika zawartość chlorofilu „a” była niska, mieściła się w przedziale od 1,0 μg/dm<sup>3</sup> (1997 rok) do 3,1 μg/dm<sup>3</sup> (2000 rok). Maksymalne wartości tego wskaźnika w omawianych latach wynosiły od 1,4 do 8,1 μg/dm<sup>3</sup> i najczęściej występowały na stanowiskach w pobliżu zapory i poniżej ujścia potoku Daszówka. Latem stężenia chlorofilu również nie przekroczyły wartości 10 μg/dm<sup>3</sup> ustalonej jako norma dla I klasy czystości wód powierzchniowych. Uśrednione dla stanowisk wartości zawierały się w przedziale od 1,5 μg/dm<sup>3</sup> (1996 rok) do 2,7 μg/dm<sup>3</sup> (1998 rok), a maksymalne zmierzone zawartości chlorofilu wynosiły 1,7-4,2 μg/dm<sup>3</sup>. Najwyższymi stężeniami chlorofilu charakteryzowało się najczęściej stanowisko w rejonie Polańczyka.

W latach 1996-2001 przeciętna widzialność krążka Secchiego wynosiła wiosną od 0,7 m (2000 rok) do 1,7 m (lata 1996, 2001). Latem przezroczystość wód zbiornika była lepsza, zakres zmian średnich wartości widzialności zawierał się pomiędzy wartościami 2,0 m w 1997 roku i 2,8 m w 2001 roku.

Indeks saprobowości sestonu w badaniach wiosennych i letnich odpowiadał strefie oligo- i betamezosaprobowej. Wiosną zmieniał się w zakresie 1,0-2,0, natomiast latem zakres zmian wynosił 1,0-1,6.

W planktonie zbiornika Solina przeważają producenci, zauważa się znaczną obecność konsumentów, natomiast reducentów występują w znikomych ilościach. Wykonane analizy hydrobiologiczne wskazywały najczęściej na znaczną przewagę zbiorowisk fitoplanktonu. Udział ilościowy zooplanktonu w biosestonie był niewielki.

W fitoplanktonie wiosennym dominującą grupę stanowiły okrzemki z przewagą gatunków typowych dla strefy oligosaprobowej. Masowo pojawiały się w wodach zbiornika okrzemki: *Asterionella formosa*, *Asterionella gracilliana*, *Cyclotella comensis*, *Fragilaria crotonensis*. Okrzemkom towarzyszyły znacznie mniej liczne dinofity, bruzdnice, zielenice, eugleniny. W 1998 roku stwierdzono pojedyncze okazy sinic z rodzaju *Oscillatoria*. Latem, przy znacznym wzroście liczebności i różnorodności gatunkowej organizmów planktonowych, struktura dominacji nie uległa większym zmianom. Zasadniczym komponentem planktonu roślinnego pozostały nadal okrzemki stanowiąc ponad 90% oznaczonego fitoplanktonu. Masowo występowały gatunki: *Cyclotella comensis*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*. Obok nich bardzo licznie w roku 1996 pojawił się złotowiciowiec *Dinobryon divergens*, w latach 1998-1999 bruzdnica *Ceratium hirundinella*. W okresie letnim wzrastał udział w fitoplanktonie sinic. Najczęściej obserwowano ich obecność w pobliżu Polańczyka, WZW „Jawor” oraz w rejonie ujścia potoku Daszówka. Licznie sinice pojawiły się w 1996 roku (gatunki *Microcystis* sp., *Gomphosphaeria naegeliana*), w 1998 roku (gatunki *Microcystis incerta*, *Gomphosphaeria naegeliana*, *Oscillatoria limosa*) i 1999 roku (gatunek *Oscillatoria limosa*). W latach 2000-2001 sinice były bardzo nielicznie reprezentowane w planktonie roślinnym zbiornika.

Wiosną i latem w wodach zbiornika występowała okrzemka *Didymosphaenia geminata*. Jest to gatunek bo-



realno-północny, występujący w wodach zimnych, skrajnie oligotroficznym. W Polsce okrzemka ta do niedawna występowała w małej ilości w potokach tatrzańskich. Masowy jej rozwój i rozprzestrzenianie się w wodach Sanu i jego dorzeczu obserwuje się od 1994 roku.

Trzon zooplanktonu zwierzęcego wiosną i latem stanowiły drobne, bezbarwne wiciowce. Nielicznie występowały orzęski, wrotki, widłonogi.

Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony zbiornika zaporowego:

- Rozbudowa i modernizacja gminnej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Polańczyku, przekazanie do eksploatacji w grudniu 2000 roku. Oczyszczalnia zapewnia redukcję związków azotu i fosforu w ściekach odprowadzanych do zbiornika Solina.
- Wyposażenie wielu ośrodków wycoczynkowych w zlewni całkowitej zbiornika w mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków.
- Modernizacja oczyszczalni ścieków w Wojskowym Zespole Wycoczynkowym „Jawor” w Solinie pod kątem ograniczenia emisji fosforu do zbiornika – montaż instalacji do dozowania PIX-u.
- Budowa kanalizacji sanitarnej i oczyszczalni ścieków w m. Cisna.
- Budowa kanalizacji i lokalnych oczyszczalni ścieków w m. Czarna.
- Budowa i oddanie do eksploatacji w 1992 roku składowiska odpadów komunalnych w m. Lipie (gmina Czarna), gdzie gromadzone są odpady z terenu gminy Czarna.
- Realizacja przez WIOŚ cykli kontrolnych ośrodków wycoczynkowych, zakładów gospodarki komunalnej i innych jednostek położonych w zlewni bezpośredniej i całkowitej zbiornika w zakresie gospodarki wodno-ściekowej, gospodarki odpadami i ochrony powietrza.
- Planowe kontrole eksploatacji mechaniczno-biologicznych oczyszczalni emitujących ścieki bezpośrednio do zbiornika.
- Realizacja przez WIOŚ przy udziale Urzędu Gminy w Solinie, Ligi Ochrony Przyrody i Bieszczadzkiego Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego kontroli w okresie letnim obrzeży zbiornika (wyloty kolektorów ścieków, „dzikie” składowiska odpadów).
- Opracowanie gminnego programu uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej terenów przyległych do zbiornika oraz zlewni zasilających zbiornik.
- Realizacja przez Radę Gminy w Solinie zadań inwestycyjnych przewidzianych w programie uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej terenów przyległych do zbiornika oraz zlewni zasilających zbiornik, m.in.: budowa kolektora sanitarnego dla wsi Polańczyk, projekt oczyszczalni ścieków wraz z kanalizacją dla miejscowości Wołkowyja, Górzanka, Rybne i Wola Górzkańska, budowa szaleatów publicznych na Górze Jawor.
- Prowadzenie przez Urząd Gminy w Solinie po zakończeniu sezonu turystycznego akcji zbiórki odpadów na obrzeżach zbiornika.

#### **Zbiornik Pilchowice**

Zbiornik Pilchowice jest głównym zbiornikiem retencyjnym w zlewni rzeki Bóbr. Zbiornik położony jest na połu-

dniowo-wschodnim skraju Pogórza Izerskiego na granicy powiatu jeleniogórskiego i lwóweckiego. Utworzony został w latach 1904-1912 przez spiętrzenie górnego Bobru kamienną zaporą o wysokości 62 m. Jest to zbiornik o powierzchni 240 ha, długości 6 km, szerokości do 2 km, średniej głębokości 24,6 m i pojemności użytkowej 42 mln m<sup>3</sup>. Maksymalne napełnienie wynosi 50 mln m<sup>3</sup> przy rzędnej 287,7 m n.p.m.

Zbiornik wykorzystywany jest do celów energetycznych, przeciwpowodziowych i rekreacyjnych. Przy zaporze usytuowana jest elektrownia wodna o mocy 7,9 MW.

W 2001 r. kontynuowane były badania jakości wód zbiornika zaporowego Pilchowice w ramach monitoringu regionalnego.

Jakość wody w zbiorniku Pilchowice badana była 2 razy w roku: wiosną (w maju) i pod koniec lata (we wrześniu), za każdym razem w 11 przekrojach pomiarowych, w których pobierana była woda z warstwy znajdującej się 1 m pod powierzchnią i w 4 przekrojach 1 m nad dnem. Zakres badań obejmował analizy fizyczno-chemiczne, bakteriologiczne i hydrobiologiczne, tj. temperaturę wody, barwę, odczyn, zawiesinę ogólną, zasadowość ogólną, twardość ogólną, tlen rozpuszczony, BZT<sub>5</sub>, utlenialność, azot: amonowy, azotynowy, azotanowy, Kjeldahla i ogólny, fosforany, fosfor ogólny, detergenty anionowe, chlorki, siarczany, przewodność elektrolityczną, żelazo, mangan, cynk, kadm, miedź, ołów, rtęć, wapń, widzialność krążka Secchiego, miano *coli* typu kałowego, chlorofil „a”, saprobowość sestonu. Otrzymane wyniki badań normowanych parametrów zanieczyszczeń porównane zostały z wartościami granicznymi określonymi dla poszczególnych klas czystości (rozporządzenie MOŚZNiL z 5.11.1991 r., Dz.U. Nr 116 z 16.12.1991 r. poz. 503).

Głębokość mierzona od lustra wody podczas poboru prób wynosiła od 12 m w przekroju nr 2 (ok. 500 m poniżej ujścia rzeki Bóbr) do 30 m w punkcie nr 10 (przy zaporze). Widzialność krążka Secchiego kształtowała się w zakresie od 1,0 do 2,2 m.

**Warunki termiczno-tlenowe** kształtowały się następująco:

- temperatura wody wiosną mieściła się w zakresie 8,0-17,0°C, a latem 12,5-16,0°C, w okresie wiosennym zarejestrowano niższe temperatury w warstwach naddennych,
- ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie odpowiadała I klasie czystości we wszystkich badanych próbach, zawartość tlenu rozpuszczonego wynosiła wiosną 6,6-12,0 mg O<sub>2</sub>/l, a latem ilość tlenu obniżyła się do wartości w zakresie 6,2-9,0 mg O<sub>2</sub>/l, w okresie wiosennym lepsze natlenienie odnotowano w warstwach powierzchniowych, a w lecie w warstwach przydennych.

**Związki organiczne:** wszystkie parametry charakteryzujące zawartość w wodzie substancji organicznych utrzymywały się na poziomie II i I klasy czystości w warstwie powierzchniowej i I klasy w warstwie naddennej, zarówno w okresie wiosennym jak i letnim.

**Zasolenie i twardość wody** w zbiorniku odpowiadały I klasie czystości. Poziom zawiesin nie przekraczał granic określonych dla I klasy czystości.

**Stężenia substancji biogenych** w okresie wiosennym odpowiadały II klasie pomijając początek zato-

ki Siedlecińskiej, gdzie w warstwie naddennej zarejestrowano stężenie azotu azotynowego na poziomie III klasy. Natomiast w lecie w większości punktów odnotowano stężenia azotu azotynowego odpowiadające III klasie, za wyjątkiem warstwy naddennej w przekroju zapory i wspomnianej zatoki Siedlecińskiej oraz przy WPGT Karkonosze stwierdzono II klasę. Azot amonowy, azotanowy i ogólny utrzymywał się na poziomie I klasy zarówno w okresie wiosennym jak i letnim. Stężenia fosforu ogólnego w większości punktów odpowiadały II klasie za wyjątkiem warstwy przy powierzchniowej w przekroju zapory i przy WPGT Karkonosze gdzie wiosną zarejestrowano I klasę.

Odczyn wody w większości prób odpowiadał I klasie czystości. W dwóch przypadkach w okresie badań wiosennych w przekroju zapory i przy WPGT Karkonosze w warstwie powierzchniowej stwierdzono odczyn zasadowy (pH=8,6) na poziomie II klasy.

Badane *metale* w większości prób utrzymywały się na poziomie I klasy czystości. Wyjątkiem było stężenie rtęci odpowiadające II klasie rejestrowane na początku zatoki Siedlecińskiej oraz w próbach pobranych latem 500 m poniżej ujścia rzeki Bóbr i przed przystanią WOPR.

**Detergenty anionowe** utrzymywały się w I klasie.

#### **Badania hydrobiologiczne:**

- wskaźnik saprobowości sestonu odpowiadał II klasie czystości prawie we wszystkich punktach za wyjątkiem starorzecza rzeki Bóbr i początku zatoki Siedlecińskiej gdzie w badaniach wiosennych odnotowano I klasę,
- chlorofil „a” jest barwnikiem absorbującym energię świetlną wykorzystywaną w procesie fotosyntezy przez rośliny, z tego powodu jest on wskaźnikiem określającym rozwój fitoplanktonu; stężenia chlorofilu „a” w okresie wiosennym utrzymywały się w I klasie za wyjątkiem warstwy naddennej w zatoce przed przystanią WOPR gdzie odnotowano II klasę, natomiast w lecie stwierdzono zwiększone stężenia chlorofilu „a” w trzech przypadkach na poziomie II klasy (w zatoce Siedlecińskiej w dwóch punktach i w zatoce przed przystanią WOPR), a w dwóch na poziomie III klasy (na początku zbiornika w przekroju ujścia rzeki Bóbr).

**Stan sanitarny** wody oceniany na podstawie miana coli typu fekalnego był zróżnicowany i wahał się od I klasy czystości (stwierdzonej w dwunastu próbach) do II klasy (odnotowanej w jedenastu próbach), III klasy (stwierdzonej w siedmiu próbach) do wartości nie odpowiadających normom odnotowanych w okresie letnim w trzech próbach pobieranych z warstwy przydennej.

O klasyfikacji wody pod względem fizyczno-chemicznym w zbiorniku Pilchowice decydowały głównie znaczne stężenia azotu azotynowego odpowiadające III klasie czystości w większości prób pobieranych w czasie badań letnich. W dwóch przypadkach zarejestrowano wskaźnik BZT<sub>5</sub> na poziomie III klasy czystości. Znaczne pogorszenie parametrów jakości wody nastąpiło w okresie letnim. Odnotowano wzrost stężeń azotu azotynowego (do III klasy), związków fosforu (do II klasy) oraz obniżenia natlenienia wody jednak utrzymujące się w granicach I klasy czystości. Latem stwierdzono zwiększony rozwój fitoplanktonu. W zakresie stanu sanitarnego stwierdzono wody I, II i III klasy czystości, a w trzech przypadkach nawet wody nie odpowiadające normom. Zanieczyszczenie bakteriologiczne jest szcze-

gólnie ważnym problemem ze względu na możliwość wykorzystywania zbiornika do celów rekreacyjnych.

W 2001 r. w porównaniu do 1999 r. stwierdzono lepsze natlenienie wody utrzymujące się w granicach I klasy czystości. W 1999 roku w okresie letnich badań stężenia tlenu obniżyły się do wartości pozanormalnych. W tym czasie rejestrowano także znacznie wyższe stężenia azotu azotynowego przekraczającego dopuszczalne wartości. W 2001 roku azot azotynowy w lecie odpowiadał III klasie czystości.

#### **Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony zbiornika**

Wszystkie miasta położone w górnej zlewni Bobru wyposażone są w oczyszczalnie. Niektóre z nich wymagają jednak modernizacji i dostosowania do obecnych wymagań. Planowana jest modernizacja największej oczyszczalni w tym rejonie – w Jeleniej Górze. W 2000 r. rozpoczęto realizację programu „Karkonoski system kanalizacji sanitarnej” polegającego na oczyszczaniu ścieków odprowadzanych dotychczas do rzeki Łomnicy (z Karpacza, Miłkowa, Ściegien i Mysłakowic) w projektowanej grupowej oczyszczalni w Mysłakowicach. Prowadzonych jest wiele inwestycji mających na celu poprawę stanu czystości wód. Obecnie realizowana jest budowa sieci kanalizacji sanitarnej i deszczowej w Jeleniej Górze, w Piechowicach, w Kowarach i w Karpaczu.

#### **Zbiornik Dobczyce**

Zlewnia Raby ma charakter rolniczy i rekreacyjny. Powyżej zbiornika znajdują się trzy ośrodki miejskie: Myślenice, Mszana Dolna i Rabka. Miasta te posiadają mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków. Istnieją tam natomiast braki w sieci kanalizacyjnej, która jest systematycznie budowana w ostatnim okresie. Również dotyczy to zabudowy wiejskiej.

Ponadto, w zlewni zbiornika zlokalizowane są domy wypoczynkowe. Ścieki z tych obiektów trafiają do zbiornika poprzez dopływy Buliński i Trzemeśnianka.

W zlewni Raby, na stokach o stosunkowo dużym nachyleniu znaczny udział stanowią grunty orne, co sprzyja procesowi erozji gleb. Zanieczyszczenia do zbiornika napływają więc nie tylko ze źródeł punktowych, ale i obszarowych.

Zbiornik Dobczycki jest głównym źródłem wody pitnej dla aglomeracji krakowskiej.

W ostatnich latach jakość wód zbiornika uległa poprawie w wyniku zmniejszenia stężeń zanieczyszczeń biogennych. Korzystna zmiana jakościowa wód w zbiorniku ściśle powiązana jest z poprawą stanu zanieczyszczenia rzeki Raby zasilającej zbiornik. Pomimo tego, zlewnia Raby powyżej zbiornika musi być poddana szczególnej ochronie. Nadal konieczne jest porządkowanie gospodarki wodno-ściekowej na tym terenie. Szczególnie istotne jest ograniczanie dopływu związków biogennych do zbiornika z uwagi na zagrożenie wód procesem eutrofizacji.

#### **Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony**

W 1994 powołany został Związek Gmin Dorzecza Górnej Raby i Krakowa. Celem Związku (14 gmin) jest „wspólne działanie zmierzające do doprowadzenia i utrzymania wód zlewni Raby w stanie naturalnej czystości”.

Tabela 8.2.1. Stan jakości wód zbiornika zaporowego Dobczyce w latach 1990, 1996-2001. Źródło: PMS.

Rodzaje zanieczyszczenia	1990	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Substancje organiczne	II (BZT <sub>5</sub> )	I	I	I	I	I	I
Substancje nieorganiczne	I	I	I	I	I	I	I
Zawiesiny ogólne	I	I	III	I	I	I	I
Substancje biogenne	III / non* (P)	II (P)	non (P)	II (P, N-NO <sub>2</sub> )	I / II (P)	I	I
Substancje specyficzne	II (Zn)	II (fenole)	I	I	I	I	I
<b>Ocena fizyko-chemiczna</b>	<b>III / non</b>	<b>II</b>	<b>non</b>	<b>II</b>	<b>I / II</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
<b>Ocena hydrobiologiczna</b>	<b>seston II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
	<b>chlorofil I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
<b>Ocena bakteriologiczna</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
<b>Ocena ogólna</b>	<b>III / non</b>	<b>II</b>	<b>non</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
Troficzność wód (fosfor) (chlorofil)	hipertrofia	eutrofia	hipertrofia	eutrofia	eutrofia	mezotrofia	mezotrofia
	mezotrofia	mezotrofia	mezotrofia	mezotrofia	mezotrofia	mezotrofia	mezotrofia

\* wody nie odpowiadające normom

Na zlecenie Związku opracowano „Kompleksowy program utrzymania czystości wód zlewni Raby od źródeł do zapory w Dobczycach”.

W opracowaniu ujęto zagadnienia:

- usuwanie i oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych,
- usuwanie i oczyszczanie ścieków opadowych z dróg,
- ochronę przed zanieczyszczeniami z odpadów stałych,
- zapobieganie i ograniczanie zanieczyszczeń obszarowych,
- kompleks spraw związanych z finansowaniem, zarządzaniem i organizacją systemu ochrony jakości wód w zlewni.

Powyższy program jest podstawą do skoordynowanego planowania, projektowania, wykonania, gromadzenia funduszy na realizację zadań inwestycyjnych oraz eksploataowania infrastruktury gospodarki wodno-ściekowej. Program finansowany jest w 50% z budżetu państwa jako inwestycja wieloletnia. Reszta środków pochodzi z MPWiK S.A. Kraków oraz Funduszy ekologicznych (NFOŚiGW i WFOŚiGW). Gminy dopłacają do zadań realizowanych na ich terenie jedynie 20% wartości kosztorysowej inwestycji.

W latach 1995-2001 w ramach realizacji „Kompleksowego programu...” w zlewni Raby wybudowano:

- około 200 km sieci kanalizacyjnej (Myślenice, prawobrzeżna część Mszany Dolnej, wsi: Bysina i Droginia),
- 99 oczyszczalni przydomowych,
- zakończono budowę oczyszczalni ścieków i sieci kanalizacyjnej w Rabce,
- zlikwidowano nielegalne wysypisko w Niedźwiedziu.

W tym roku zostanie oddana do użytku oczyszczalnia ścieków w Pcimiu (400 m<sup>3</sup>/d), a szereg inwestycji objętych programem jest w trakcie realizacji bądź w fazie projektowej.

#### **Zbiornik Goczałkowice**

Zbiornik Goczałkowicki powstał z przegrodzenia Wisły zaporą ziemną w 67 km jej biegu i jest największym zbiornikiem zaporowym w południowej Polsce. Zbiornik, oprócz funkcji wodociągowych, pełni także funkcje przeciwpow-

odziowe. Zatrzymuje i łagodzi falę powodziową oraz chroni dolinę rzeki poniżej zbiornika. Rezerwa powodziowa zbiornika w okresie letnim wynosi 45 mln m<sup>3</sup>, a w pozostałym okresie 38 mln m<sup>3</sup>. Zbiornik reguluje także niskie przepływy w rzece poniżej zapory.

Zbiornik Goczałkowicki służy do zaopatrzenia w wodę pitną mieszkańców Górnego Śląska. Pobór wody ze zbiornika trwa nieprzerwanie ponad 40 lat. Po uzdatnieniu – woda kierowana jest do miast aglomeracji katowickiej (Katowice, Chorzów, Tychy, Sosnowiec, Dąbrowa Górnicza, Czeladź, Knurów) i rybnickiej (Rybnik, Jastrzębie Zdrój, Leszczyny, Żory). W 1998 roku zaopatrzenie aglomeracji rybnickiej wynosiło 40000 m<sup>3</sup>/dobę, a aglomeracji katowickiej – 220000 m<sup>3</sup>/dobę.

W przedstawionej poniżej tabeli podano klasyfikację wód zbiornika w poszczególnych punktach monitoringowych, w grupie parametrów fizykochemicznych oraz bakteriologicznych, w seriach pomiarowych wiosna / lato / jesień od czasu uruchomienia monitoringu zbiornika do 2001 r. W roku 1990 nie prowadzono badań monitoringowych zbiornika.

Zbiornik Goczałkowice zasilany jest wodami rozległej zlewni o zróżnicowanym charakterze fizjograficznym i gospodarczym. Zanieczyszczeniami decydującymi o jakości jego wód są biogenne związki azotu i fosforu, sprzyjające zjawiskom eutrofizacji zbiornika i okresowym zakwitom glonów.

W roku 2001 większość badanych parametrów została sklasyfikowana w I i II klasie czystości, jednak niektóre parametry (azot mineralny, chlorofil) w całym okresie badawczym przyjmowały wartości pozaklasowe. Czystość bakteriologiczna zbiornika była zmienna: od wartości odpowiadających I klasie czystości – aż do wartości pozaklasowych.

Porównując stan zbiornika z wynikami oceny za rok 2000 można stwierdzić, że w zakresie parametrów fizykochemicznych jakość jego wód nie uległa zmianie, natomiast pod względem bakteriologicznym odnotowano pogorszenie (w 2000 r. – I klasa czystości).

Biorąc pod uwagę fakt, że na zbiorniku funkcjonuje duże ujęcie wody dla celów wodociągowych, ochrona jego wód przed zanieczyszczeniem jest zadaniem szczególnie istot-

Tabela 8.2.2. Klasyfikacja wód zbiornika Goczałkowice. Źródło: PMŚ.

Lata	Zakres badań	Klasa czystości		
		Wiosna	Lato	Jesień
2000	Fizyko-chemicznych	I-II	II	II
	Bakteriologicznych	I / I	I,III / II,III	I,II / I
2001	Fizyko-chemicznych	II	II	II
	Bakteriologicznych	I / I	I,III / I	I / I

\*zapis klasy w postaci ułamka, np.: I / II oznacza klasę w warstwie powierzchniowej / naddennej

nym, wymagającym prowadzenia konsekwentnej polityki ekologicznej na obszarze całej zlewni zbiornika.

#### Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony zbiornika.

Porozumienie Celowe 13 Gmin Powiatu Cieszyńskiego i Bielskiego realizuje program „Ochrona zlewni Jeziora Goczałkowickiego – ujęcia wody pitnej dla aglomeracji śląskiej i Górnej Wisły” – z horyzontem czasowym do roku 2008.

Gminy: Czechowice-Dziedzice, Jasienica i Chybie opracują zadanie „Uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej”; przewidywana realizacja – do 2004 r.

Wykonano modernizację komunalnych oczyszczalni ścieków w zlewni zbiornika: w Ustroniu i Wiśle, w końcowej fazie jest modernizacja oczyszczalni w Skoczowie.

#### Zbiornik Czorsztyński

Położony we wschodniej części Kotliny Nowotarskiej (zlewnia Górnego Dunajca), utworzony przez spiętrzenie wód Dunajca (zapora Czorsztyn-Niedzica w km 173,3), rozciąga się od wzgórza zamkowego w Niedzicy do wsi Dębno na długości ok. 10,5 km.

Zbiornik zasilany jest głównie wodami Dunajca, których jakość jeszcze w roku 1995 była pozaklasowa ze względu na zawartość substancji organicznych, biogennych oraz zawiesiny i skażeń bakteriologicznych, a od roku 1996 sukcesywnie ulegała poprawie osiągając w 2001 roku poziom I klasy czystości we wskaźnikach fizykochemicznych i III klasę czystości we wskaźniku miano coli typu fekalnego. Zbiornik oddano do eksploatacji 9 lipca 1997 roku (w okresie powodzi stulecia).

Zlewnia Dunajca w górnym biegu ma charakter rolno-rekreacyjny. Źródła zanieczyszczeń są więc nie tylko punktowe, ale i obszarowe.

Do najważniejszych należą:

- ścieki socjalno-bytowe z oczyszczalni zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika,
- ścieki komunalne i przemysłowe (w tym pogarbarskie) z oczyszczalni komunalnej w Nowym Targu zrucane do Dunajca około 16 km przed zbiornikiem,
- ścieki socjalno-bytowe z oczyszczalni zlokalizowanych na obszarze zlewni górnego Dunajca, których wpływ na jakość wód zbiornika jest pośredni,
- zanieczyszczenia obszarowe pochodzenia rolniczego,
- zanieczyszczenia pochodzące z nielegalnych składowisk oraz dzikich wysypisk.

W celu ochrony zbiornika przed eutrofizacją konieczne jest prawidłowe funkcjonowanie oczyszczalni (wysoka redukcja biogenów), utrzymanie niskiego nawożenia mineralnego gleb, a w odcinkach ujściowych potoków wpływających bezpośrednio do zbiornika wprowadzenie roślinności intensywnie przyswajających biogeny. Są to działania ograniczające degradację wód w zbiorniku, którego jakość wód jest na razie bardzo dobra.

W wodach zbiornika Czorsztyńskiego występują małe zawartości związków organicznych, biogennych, mineralnych i specyficznych i niskim skażeniu bakteriologicznym. Małe stężenie chlorofilu „a” w całym cyklu badawczym świadczy o znikomym przyroście biomasy planktonu, a tym samym niskim stopniu troficzności wód zbiornika. Przewaga w sestonie organizmów czystolubnych (sprowadycznie organizmy początkowej eutrofizacji) pozwala zaklasyfikować wody zbiornika Czorsztyńskiego do wód w stadium przejściowym między oligotrofią a mezotrofią.

#### Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony zbiornika

Od roku 1990 realizowany jest program ochrony wód powierzchniowych w Zlewni Górnego Dunajca, który został opar-

Tabela 8.2.3. Stan jakości wód zbiornika Czorsztyn w latach 1999-2001. Źródło: PMŚ.

Rodzaje zanieczyszczeń		1999	2000	2001
substancje organiczne		I	I	I
substancje nieorganiczne		I	I	I
zawiesiny ogólne		I	I	I
substancje biogenne		I	I	I
substancje specyficzne		I	I / II fenole	I
Ocena fizyko-chemiczna		I	I / II	I
Ocena hydrobiologiczna	seston	I / II	I / II	I / II
	chlorofil „a”	I	I / II	I
Ocena bakteriologiczna		I	I	I
Ocena ogólna		I	I / II	I

ty na prognozie poprawy jakości wód dopływających do zbiornika uzyskanej w wyniku etapowej realizacji 24 systemów kanalizacyjnych w tym 15 lokalnych dla miejscowości usytuowanych w sąsiedztwie zbiornika i 9 systemów grupowych w zlewniach większych potoków oraz budowę 22 oczyszczalni ścieków. Działania te mają zapewnić prawidłową gospodarkę ściekami miejskimi i wiejskimi z indywidualnych gospodarstw, a tym samym ograniczyć dopływ zanieczyszczeń biogenych i organicznych do zbiornika. Do roku 2001 w ramach tego programu wybudowano i oddano do eksploatacji 16 wiejskich oczyszczalni ścieków z lokalnymi systemami kanalizacyjnymi o łącznej długości 45,8 km oraz miejską oczyszczalnię ścieków dla Nowego Targu o przepustowości 21 000 m<sup>3</sup>/d z odrębną linią technologiczną do neutralizacji chromowych ścieków pogarbarskich. Również oczyszczalnie w Maniowych, Łopusznej i Czarnej Górze są przygotowane na awaryjne przyjęcie ścieków pogarbarskich.

### 8.3. Wnioski

Podstawowym problemem z punktu widzenia potrzeb gospodarczych, których realizacji służą zbiorniki zaporowe jest eutrofizacja retencjonowanej wody. Dla oceny stopnia zagrożenia trofią stosuje się często obserwacje stężeń fosforu, jednego z podstawowych biogenów. Fosforany decydują także, w sprzyjających warunkach pogodowych (wysoka temperatura i bezwietrzna pogoda), o rozwoju sinic.

Zgodnie z założeniami Vollenweidera przyjmuje się, że wiosenne stężenie fosforu jest bezpieczne i nie powoduje zakwitów glonów w ekosystemach zbiorników zaporowych jeżeli nie przekracza wartości 20 µg/dm<sup>3</sup>. W przeważającej części polskich zbiorników zaporowych graniczna wartość tego parametru jest jednak znacznie przekraczana.

Obserwowane są również wysokie stężenia chlorofilu (>20 µg/dm<sup>3</sup>), co świadczy o zwiększonej żywności i dużym nasileniu produkcji pierwotnej glonów. Wody takie są uznawane za pozaklasowe. Podobne zjawisko występuje w rzekach, gdzie chlorofil „a” jest czynnikiem najczęściej przekraczającym stan normatywny (Wisła >50% prób i Odra >77% prób). Przypuszcza się, że zjawiska zakwitów glonów należy w ostatnich latach wiązać ze zwiększonym zużyciem środków piorących (na bazie polifosforanów).

Wraz ze starzeniem się zbiorników i wzrostem trofii wód zmienia się skład gatunkowy fitoplanktonu. Stwierdzono wyraźną niekorzystną zmianę struktury zespołów fitoplanktonu w zbiorniku Rożnowskim z dominacji zespołu okrzemkowo-zielenicowego w latach czterdziestych na zespół typowo sinicowo-zielenicowy w latach osiemdziesiątych. Podobny proces, chociaż przebiegający w krótszym okresie, zaobserwowano w innych zbiornikach Polski Południowej stanowiących źródło wody pitnej (Goczałkowicki, Dobczycki).

Prawie stałym zjawiskiem spotykanym w zbiornikach zaporowych w całej Europie stają się zakwity sinicowe. Udowodniono, że kilkadziesiąt gatunków sinic m.in. z rodzajów: *Microcystis*, *Anabena*, *Oscillatoria* i *Aphanizomenon* (często spotykane w polskich wodach) zdolnych jest do produkcji toksyn (hepatotoksyny i neurotoksyny), które są groźne dla zwierząt i ludzi.

W Polsce, przykładowo w Zbiorniku Goczałkowickim intensywne zakwity sinicowe (głównie *Aphanizomenon flos-aquae*) spowodowały, poprzez toksyczne działanie metabolitów glonów sinicowych, znaczną redukcję ilości dennych zwierząt bezkręgowych, takich jak: *Chironomidae*, *Oligochaeta* i *Bivalvia*. Poza tym obserwuje się występowanie związków pomiędzy wzrostem udziału skąposzczetów zasiedlających dno zbiornika, a wzrostem stężenia fosforanów w warstwach przydennych, w których często występują deficyty tlenowe.

W Zbiorniku Dobczyckim wzrost obciążenia fosforem i azotem, podniesienie trofii (chlorofil „a” >30 µg/l), podwyższona ogólna biomasa fitoplanktonu (0,27-82,2 mg/l) i zwiększenie udziału biomasy sinic (do ok. 25 mg/l), jakie miały miejsce w okresie minionych 10 lat, spowodowały ogólne zmniejszenie zagęszczenia zooplanktonu (z 687 do 296 osob./l) i suchej masy zooplanktonu (z 2,10 do 0,79 mg/l) oraz zmniejszenie ilości czystolubnych wrotków.

Zmiany warunków termicznych, tlenowych i troficznych w zbiornikach (np. w Zbiorniku Dobczyckim i Zbiorniku Goczałkowickim) odbijają się niekorzystnie na składzie gatunkowym ichtiofauny (dominacja leszcza, płoci, uklei i okonia oraz zmniejszenie różnorodności zespołu) i zmniejszenie liczebności takich gatunków, jak: szczupak, lin i sandacz. W wyniku sedymentacji osadów następuje kumulacja biogenów w osadach dennych, zwłaszcza fosforu, w ilościach przekraczających o kilka rzędów wielkości aktualną zawartość fosforu w wodzie, a w sprzyjających warunkach zasilanie wewnętrzne zbiorników w związki fosforu może osiągnąć wielkości porównywalne z zasilaniem zewnętrznym, co w konsekwencji potęguje eutrofizację wód. Należy zaznaczyć, że zbiorniki zaporowe są wyjątkowo podatne na zanieczyszczenia chemiczne i eutrofizację. Przyczyną tego zjawiska jest jakość wód zasilających zbiornik oraz proces zamulania materiałem wleczonym. Przykładem negatywnych wpływów wymienionych czynników jest zanieczyszczony osadami chemicznymi Zbiornik Włocławski, który przez wiele lat spełniał rolę osadnika ścieków pochodzących głównie z Górnego Śląska, Warszawy i Płocka. W trakcie budowy Zbiornika Czorsztyńskiego powyższy problem został zdecydowanie ograniczony poprzez budowę oczyszczalni ścieków w miejscowościach odprowadzających ścieki do zlewni rzek zasilających zbiornik. Jednocześnie kaskada zbiorników Sromowce Wyżne – Czorsztyn ogranicza zamulenie zbiornika Czorsztyńskiego materiałem wleczonym. Materiał ten osadza się w mniejszym a tym samym łatwiejszym do oczyszczania zbiorniku Sromowce Wyżne. Powyższe przykłady świadczą o konieczności uwzględnienia podczas budowy zbiorników zaporowych problemów istniejących w całej zlewni związanych z gospodarowaniem zasobami wodnymi.

Wzrost zawartości osadów w zbiornikach następuje również w wyniku erozji gleb i gruntów w bezpośredniej zlewni zbiorników i transportu erodowanego materiału, co wymaga właściwego zagospodarowania terenów bezpośrednio przylegających do zbiornika.

# Osady denne w wodach powierzchniowych



## 9. OSADY DENNE W WODACH POWIERZCHNIOWYCH

Izabela Bojakowska, Tomasz Gliwicz,  
Honorata Szatkowska-Konon

### 9.1 Informacje ogólne

Skład chemiczny osadów, które gromadzą się na dnie wód powierzchniowych uwarunkowany jest szeregiem czynników naturalnych i antropogenicznych. Głównie zależy od budowy geologicznej danej zlewni, geomorfologii terenu oraz warunków klimatycznych, które decydują o przebiegu procesów wietrzenia, uruchamiania pierwiastków, ich migracji i akumulacji w środowisku (w przypadku jezior ważna jest także morfometria zbiornika i wielkość obszaru zlewni).

Na obszarach nieuprzemysłowionych skład chemiczny osadów dennych zależy przede wszystkim od składu skał występujących na terenie danej zlewni a wysokie zawartości pierwiastków śladowych w osadach mogą być jedynie związane z procesami geologicznymi tj. wietrzeniem i erozją okruszczonych skał lub złóż mineralnych występujących w danym rejonie. Z kolei na terenach uprzemysłowionych podwyższone koncentracje pierwiastków śladowych i szkodliwych związków organicznych są przede wszystkim wynikiem różnorodnej działalności gospodarczej człowieka prowadzonej na terenie zlewni rzeki lub jeziora oraz związanej z funkcjonowaniem miast.

Znaczna część zanieczyszczeń przenikających do wód powierzchniowych, w wyniku procesów samooczyszczania się wód, przechodzi do osadów dennych. W osadach akumulowane są pierwiastki i związki chemiczne o małej rozpuszczalności i trudno ulegające rozkładowi. Spośród nich największe zagrożenie dla środowiska stanowią metale ciężkie i trwałe szkodliwe związki organiczne.

W zanieczyszczonych osadach dennych odnotowywane są najczęściej podwyższone stężenia metali mających obecnie lub w niedalekiej przeszłości szerokie zastosowanie w gospodarce. Stwierdzane są wysokie zawartości: rtęci, kadmu i srebra – do kilku ppm (*part per million*), arsenu, chromu, miedzi, niklu i ołowiu – do kilkuset ppm a cynku – nawet do kilku tysięcy ppm, podczas gdy naturalna ich zawartość w osadach słodkowodnych (poza obszarami występowania kompleksów skalnych wzbogaconych w pierwiastki śladowe), jest zazwyczaj znacznie niższa. W osadach nie zanieczyszczonych zawartość cynku na ogół nie przekracza kilkudziesięciu ppm, arsenu, kobaltu, chromu, miedzi, niklu i ołowiu – kilkunastu ppm, kadmu – 0,5 ppm, a rtęci – 0,05 ppm.

We współcześnie tworzących się osadach często obserwowana jest również wielokrotnie podwyższona zawartość trwałych zanieczyszczeń organicznych m.in. wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), które powstają podczas spalania paliw. Ponadto stwierdzana jest obecność ksenobiotyków tj. pestycydów chloroorganicznych (DDT), które na całym globie stosowane były w wysokich dawkach przez kilkadziesiąt lat a także polichlorowanych bifenyli (PCBs), szeroko wykorzystywanych w produkcji przemysłowej do lat siedemdziesiątych (ciecze dielektryczne do kondensatorów i transformatorów wysokiego napięcia, płyny robocze w siłownikach hydraulicznych i wymiennikach ciepła, dodatki do farb i lakierów, plastyfikatory do tworzyw sztucznych, środki do impregnacji drewna).

### 9.2. Zagrożenia wynikające z zanieczyszczenia osadów dennych

Osady dennie są integralną częścią środowiska wodnego. Stanowią miejsce bytowania wielu różnych grup organizmów wodnych, które nie tylko regulują obieg składników odżywczych ale także wpływają na uruchamianie i wiązanie toksycznych składników. Zanieczyszczenia akumulowane w osadach dennych są zagrożeniem dla organizmów żyjących w środowisku wodnym. Ujemne oddziaływanie zanieczyszczonych osadów na organizmy żyjące w nich lub w pobliżu dna może występować nawet wówczas, gdy poziom zanieczyszczeń w wodzie ponad osadem odpowiada kryteriom jakości. Zanieczyszczone osady mogą wpływać na redukcję lub eliminację wielu gatunków zwierząt mających znaczenie użytkowe i ważnych ze względów ekologicznych np. ślimaków, krabów, krewetek i ryb. Ponadto mogą też przyczyniać się do dominacji gatunków wykazujących większą tolerancję na szkodliwe substancje.

Osady o wysokich zawartościach toksycznych składników powodują nie tylko choroby i wymieranie gatunków wodnych, ale są również niebezpieczne dla ludzi i dzikich zwierząt spożywających ryby lub skorupiaki i mięczaki pochodzące z miejsc ich zalegania. Ponadto poruszenie zanieczyszczonych osadów, naturalne występujące podczas powodzi i wysokich stanów wód lub spowodowane przez człowieka poprzez transport czy bagrowanie, może powodować ich przemieszczanie do wyższych warstw wody, w których organizmy otwartych wód będą też narażone na wpływ tych zanieczyszczeń. Jednocześnie podczas powodzi zanieczyszczone osady mogą być transportowane w dół rzek i odkładane w innych miejscach, gdzie uprzednio nie stwierdzano zanieczyszczeń. Osady o wysokich zawarto-

ściach szkodliwych składników mogą być źródłem zanieczyszczeń nie tylko dla środowiska wodnego ale i przyległych ekosystemów lądowych np. zanieczyszczone osady przemieszczane podczas powodzi na tarasy zalewowe rzek mogą powodować skażenie gleb.

Istotnym problemem jest zagospodarowanie zanieczyszczonych osadów dennych w środowisku po wydobyciu ich z kanałów melioracyjnych i zbiorników zaporowych oraz dna rzek, kanałów i portów, co wykonywane jest dla utrzymania ich żeglowności. Wydobyte osady są kwalifikowane jako odpady, które w zależności od składu chemicznego mogą być bez ograniczeń ponownie umieszczone w środowisku przyrodniczym lub wykorzystywane z pewnymi ograniczeniami np. relokacja w wodach, użytkowanie gleb, składowanie na polach refulacyjnych, odtwarzanie uszkodzonych przez prądy plaż, budowa nadbrzeży lub grobli. W przypadku nadmiernego zanieczyszczenia osady muszą być poddane oczyszczaniu lub zdeponowane na składowisku odpadów.

### 9.3. Jakość osadów dennych

Badania osadów dennych rzek i jezior w Polsce wykonywane są w ramach programów Państwowego Monitoringu Środowiska. Obserwacje osadów rzek prowadzone są ogółem w 301 punktach obserwacyjnych, w tym corocznie w 80 punktach reperowych, natomiast badania osadów jezior wykonywane są corocznie w około 100 różnych jeziorach a co 2 lata w 9 jeziorach reperowych (Białe Włodawskie, Łękuć, Tarnowskie Duże, Długie Wigierskie, Jasień, Jegocin, Wukśniki, Krępsko Długie, Śremskie).

Pierwsze badania osadów rzek i jezior wykonane zostały w 1990 roku i dotyczyły oznaczenia zawartości metali ciężkich. Obserwacje te miały charakter wdrożeniowy stąd za rok bazowy, do którego odniesione zostały wyniki badań metali ciężkich, otrzymane w latach następnych, przyjęto drugi rok badań – rok 1991.

Badania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w osadach dennych rzek i jezior wprowadzone zostały w 1993 roku. Z uwagi na to, że dopiero od 1998 roku wprowadzone zostały cykle pomiarowe WWA oraz liczba badanych związków uległa znacznemu rozszerzeniu w stosunku do początkowego okresu badań, analizę zawartości WWA w osadach rzek i jezior przeprowadzono na podstawie danych 1998-2001. W przypadku jezior analizą objęto 298 jezior.

Brak prawnie obowiązujących w Polsce kryteriów oceny jakości osadów dennych, w aspekcie ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi lub szkodliwymi związkami organicznymi, powoduje, że na potrzeby monitoringu osadów dennych stosowane są kryteria geochemiczne. Umożliwiają one ocenę stężeń zanieczyszczeń w osadach w odniesieniu do wartości tła geochemicznego czyli zawartości pierwiastków spotykanych w osadach niezanieczyszczonych w Polsce.

Za pomocą kryteriów geochemicznych nie można jednak określić dopuszczalnych zawartości pierwiastków śladowych, które są bezpieczne dla organizmów. Dlatego też na potrzeby niniejszego opracowania dla oceny jakości osadów wodnych zastosowane zostały kryteria opracowane w USA i w Kanadzie określające dopuszczalne zawartości szkodliwych pierwiastków śladowych i związków organicznych w osadach ze względów ekotoksykologicznych. Kryteria te oparte są na dwóch progowych zawartościach zanieczyszczeń tj. wartości podwyższonej, powyżej której szkodliwy wpływ pierwiastka na organizmy wodne może występować (dopuszczalna zawartość w osadach wodnych wg przepisów kanadyjskich, zbliżona do wartości TEL<sup>1</sup>) oraz wartości wysokiej, powyżej której szkodliwy wpływ pierwiastka na organizmy wodne jest często obserwowany (wartość PEL<sup>2</sup>).

#### Jakość osadów dennych rzek

Badania zawartości metali ciężkich w osadach rzecznych, przeprowadzone we wszystkich punktach opróbowywanych w latach 1996-2001 (w tym punktach reperowych), wskazują, że dla większości analizowanych pierwiastków, poza rtęcią, zaobserwowano obniżenie się ich stężeń w porównaniu do stężeń zaobserwowanych w 1991 roku. Zanotowany został spadek udziału próbek, w których stwierdzane są wysokie i podwyższone zawartości metali ciężkich, powyżej których jest często obserwowane ich toksyczne oddziaływanie na organizmy wodne (rys. 9.3.1.) lub istnieje możliwość jego wystąpienia (rys. 9.3.2.).

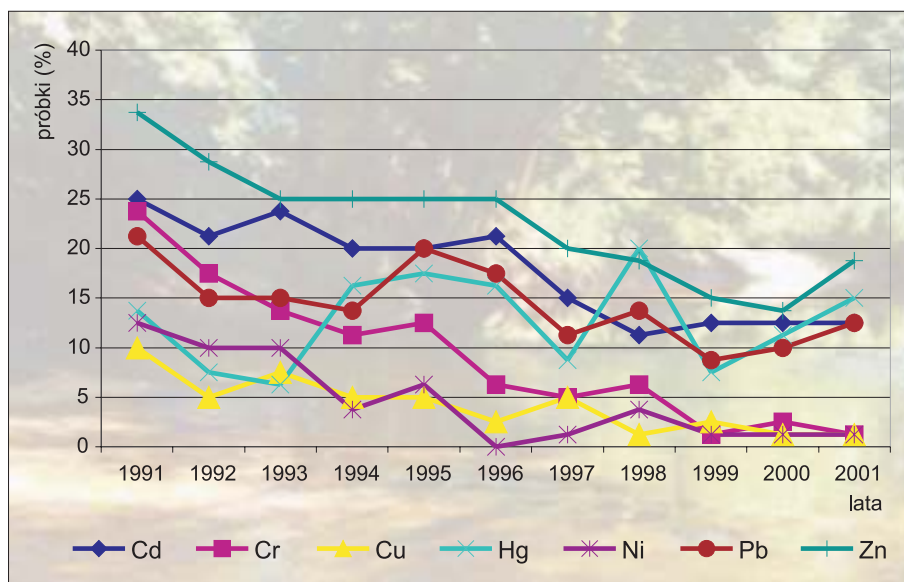
**Arsen** – Badania geochemiczne osadów dennych rzek prowadzone w latach 1996-2001 wykazały, że w większości zbadanych osadów rzecznych arsen występował w stężeniach charakterystycznych dla osadów nie zanieczyszczonych Polski tj. poniżej wartości tła geochemicznego, które dla arsenu wynosi 5 ppm. Znacznie podwyższone zawartości arsenu tj. od 30 ppm do 86 ppm odnotowano w osadach pobranych z rzek zlewni środkowej Odry: w Czarnej Wodzie (Legnica), w Kaczawie (Prochowice) i środkowej Odrze (Nowa Sól, Krosno Odrzańskie, Kostrzyn) oraz w Nysie Kłodzkiej (Mikolin). W porównaniu do wyników badań uzyskanych w 1991 roku, gdzie zawartość arsenu w tych punktach obserwacyjnych wynosiła od 53 ppm do 425 ppm, widoczny jest spadek stopnia zanieczyszczenia arsenem osadów rzecznych.

**Bar** – Zawartość baru w osadach rzek, w latach 1996-2001, na ogół nie przekraczała wartości tła geochemicznego, która dla baru kształtuje się na poziomie 50 ppm. Wysokie zawartości tego pierwiastka, często wyższe niż 300 ppm, obserwowano w osadach Odry, w jej dopływach (Rudna, Ruda, Bierawka) oraz w osadach Jezioroki (gmina Piaseczno). Bardzo wysokie stężenia baru odnotowane w roku 1991 w wielu miejscach górnej i środkowej Odry, przekraczające 500 ppm oraz w Jeziorce nawet 1000 ppm, uległy w następnych latach znacznemu obniżeniu i wskazują na zmniejszenie stopnia zanieczyszczenia rzek tym pierwiastkiem.

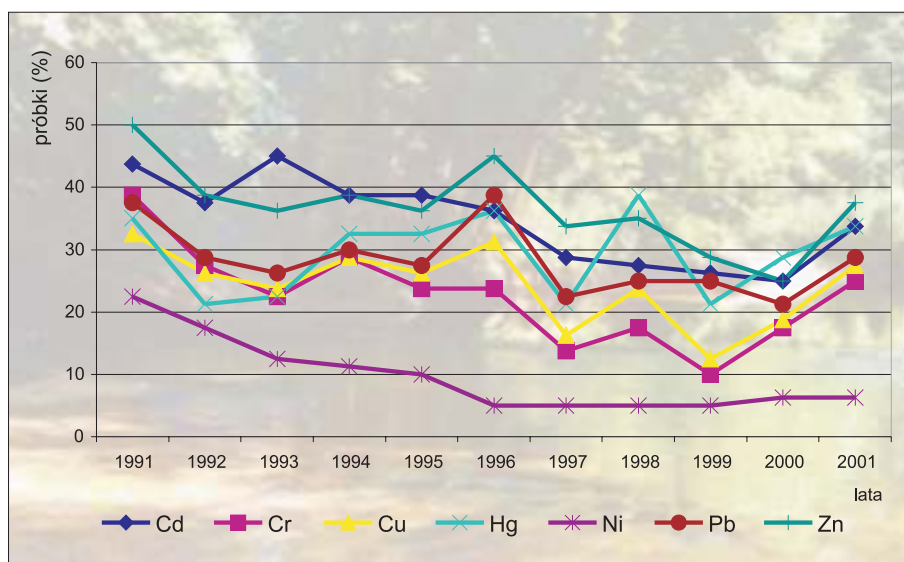
<sup>1</sup> TEL – ang. *Threshold Effect Level* – zawartość pierwiastka lub związku chemicznego, powyżej której jego toksyczny wpływ na organizmy może być zaobserwowany.

<sup>2</sup> PEL – ang. *Probable Effects Levels* – zawartość pierwiastka lub związku chemicznego, powyżej której jego toksyczny wpływ na organizmy jest często obserwowany.





Rys. 9.3.1. Metale ciężkie w osadach dennych rzek – przekroczenie wartości PEL w latach 1991-2001. Źródło: PMŚ.  
\*dla każdego pierwiastka wyznaczona wartość PEL jest różna (dane dotyczą 60 punktów reperowych).



Rys. 9.3.2. Metale ciężkie w osadach dennych rzek – przekroczenie wartości TEL w latach 1991-2001. Źródło: PMŚ.  
\*dla każdego pierwiastka wyznaczona wartość TEL jest różna (dane dotyczą 60 punktów reperowych).

**Kadm** – Zawartość kadmu obserwowana w okresie 1996-2001 mieściła się w zakresie od poniżej 0,5 ppm do 68,8 ppm. W niezanieczyszczonych osadach rzecznych kadm występuje w stężeniach nie przekraczających 0,5 ppm. Na 1259 zbadanych próbek osadów w tym okresie zawartość kadmu przekraczającą 0,7 ppm, powyżej której może występować negatywne oddziaływanie osadów na organizmy wodne (wartość TEL), wykazało 384 próbek (30,5%), zaś procentowy udział próbek o stężeniu kadmu wyższym od 3,5 ppm, przy których mogą być często obserwowane szkodliwe oddziaływanie na organizmy wodne (wartość PEL) wynosił 9,5%. W roku 1991 zanieczyszczenie to było większe i udział takich próbek wynosił odpowiednio 36,8% i 16,0%.

Pomimo zaobserwowanego zmniejszenia stopnia zanieczyszczenia osadów rzecznych kadmem nadal do najbardziej zanieczyszczonych tym pierwiastkiem należą górnośląskie rzeki: Przemsza, Chechło i Mała Panew. Zawartość kadmu w osadach tych rzek osiąga często kilkadziesiąt ppm. Wysokie zawartości kadmu są obserwowane także w osadach Jeziorki (woj. mazowieckie) i Bystrzycy (woj. lubelskie) oraz górnej i środkowej Warty.

**Kobalt** – Zawartość kobaltu obserwowana w latach 1996-2001 podobnie jak w 1991 roku rzadko przekraczała wartość 10 ppm, najczęściej zbliżona była do wartości tła geochemicznego. Podwyższone zawartości kobaltu, wyższe niż 20 ppm obserwowane są jednak nadal w osadach Bystrzycy poniżej Lublina, Stradomki na terenie Częstochowy, Czarnej Wody w Legnicy, Warty w Koninie oraz Stobrawy. W odniesieniu do wyników z 1991 roku uległy one zmniejszeniu.

**Chrom** – Zawartość chromu w osadach rzek, w latach 1996-2001, na ogół była poniżej 10 ppm przy wartości tła geochemicznego, która dla chromu wynosi 5 ppm. W porównaniu do wyników uzyskanych w 1991 roku, kiedy zawartość chromu przekraczającą 37 ppm, powyżej której mogą występować negatywne oddziaływania na organizmy wodne (wartość TEL) wykazało 28,1% zbadanych próbek, a zawartość wyższą od 90 ppm (wartość PEL) – 14,2% próbek, odnotowany został wyraźny spadek zanieczyszczenia chromem osadów rzek. Ilość prób, w których zawartość chromu przekraczała wartości progowe PEL i TEL wynosiła odpowiednio 11,8% i 2,9%. Pomimo dużego spadku

stężenia chromu w osadach rzek, nadal obserwowane są wysokie zawartości tego pierwiastka, niekiedy wyższe niż 100 ppm, w osadach szeregu rzek, m.in. Dunajca poniżej Nowego Targu, Liwy (gmina Sztum), Przemszy, Neru, Stradomki, Bystrzycy (Wrocław), Warty, środkowej Odry, Kopanicy i Widawy.

**Miedź** – Zawartość miedzi w osadach niezanieczyszczonych rzek wynosi 7 ppm. Wysokie stężenia miedzi stwierdzone są przede wszystkim w osadach rzek, do których odprowadzane są ścieki z eksploatacji i przeróbki rud miedzi oraz hut miedzi. W okresie 1996-2001 najwyższe zawartości miedzi, przekraczające 200 ppm, obserwowano w osadach Czarnej Wody w Legnicy, Kaczawy w Prochowicach, Odry w Biechowie, Zimnicy w Ścinawie oraz Warcie w Koninie i Baryczy w Wyszanie. Stężenie miedzi wyższe niż 36 ppm, powyżej którego może być obserwowany ujemny wpływ na organizmy wodne (*wartość TEL*) odnotowano w 17,7% próbek a zawartość wyższą od 197 ppm (*wartość PEL*) – 1,2% prób. Podobnie jak w przypadku innych badanych metali zaobserwowane stężenia wskazują na obniżenie zawartości miedzi w osadach rzek w porównaniu do zawartości stwierdzanych w 1991 roku.

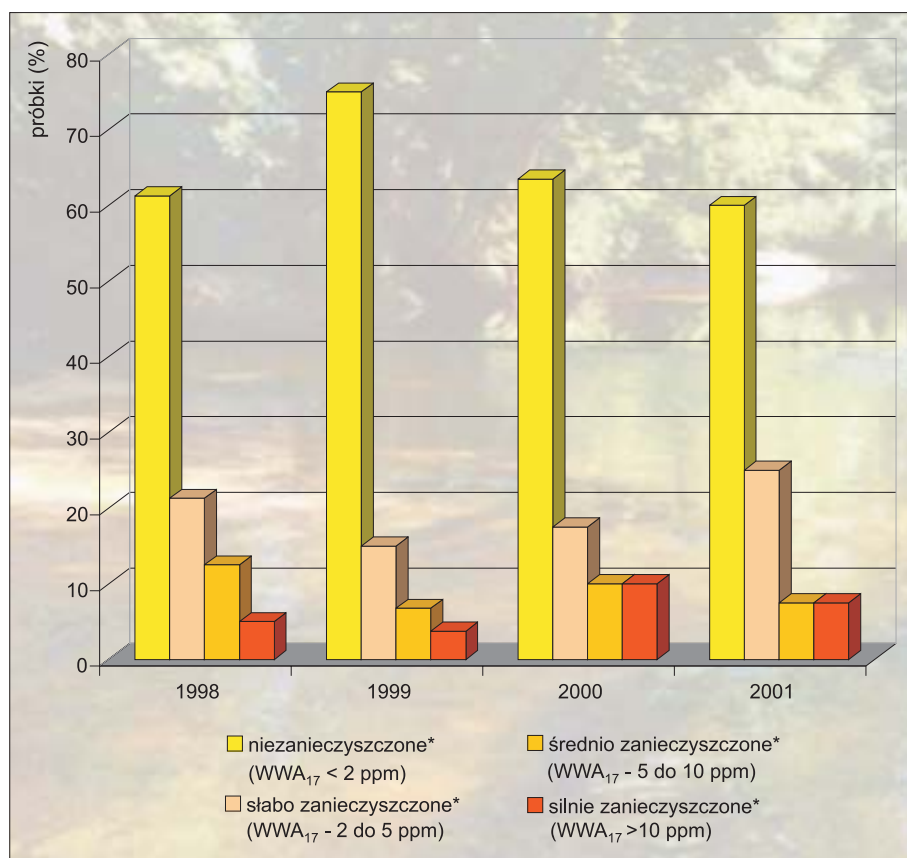
**Rtęć** – Zawartość rtęci przekraczającą 1 ppm, przy wartości tła geochemicznego dla rtęci – poniżej 0,05 ppm), w okresie 1996-2001, stwierdzono w osadach Ochni, Dobrzyńki, Neru, Regi w Mrzeżynie, Czarnej Wody, Odry między Brzegiem Dolnym a Krosnem Odrzańskim, Wisły w Tyńcu, Brdy w Bydgoszczy i Bzury w Zgierzu. Spośród próbek zbadanych w latach 1996-2001 27,0% wykazało zawartość rtęci wyższą od 0,17 ppm, przy której mogą występować negatywne oddziaływania osadów na orga-

nizmy wodne (*wartość TEL*) a 10,3% – zawartość wyższą niż 0,486 ppm, przy której szkodliwe oddziaływania są często obserwowane (*wartość PEL*). W 1991 roku wartości te wynosiły odpowiednio 25,5% i 9,1%.

**Nikiel** – Zawartość niklu w osadach, analizowanych w latach 1996-2001, najczęściej wynosiła kilka ppm, przy wartości tła geochemicznego, która dla niklu wynosi 6 ppm. Zawartość niklu przekraczająca 16 ppm (*wartość TEL*) stwierdzono w 22,6% zbadanych próbek, a zawartość wyższą niż 42 ppm (*wartość PEL*) odnotowano tylko w 1,5% analizowanych próbek, między innymi w osadach Iłownicy, Neru w Mirosławicach, Ścinawy, Bystrzycy (woj. lubelskie), Przemszy, Wisły w Oświęcimiu, Kaczawy w Prochowicach oraz Kopanicy. W 1991 roku zawartość niklu wyższą od 42 ppm wykazało 9,5% próbek osadów.

**Ołów** – Zawartość ołowiu w niezanieczyszczonych osadach rzek nie przekracza wartości 20 ppm. W latach 1996-2001 stężenia ołowiu wyższe niż 100 ppm zanotowano w osadach Warty w Koninie, Kaczawy w Prochowicach, Baryczy w Wyszanie, Wisły w Niepołomicach, Przemszy w Jeleniu i w Mysłowicach. Zawartość ołowiu wyższą od 35 ppm, powyżej której może występować szkodliwe oddziaływanie na organizmy (*wartość TEL*) odnotowano w 24,9% próbek a zawartość wyższą niż 91 ppm (*wartość PEL*) stwierdzono w 8,6%. Wartości uzyskane w okresie 1996-2001 wskazują, że w stosunku do wartości z 1991, gdzie wynosiły one odpowiednio 35,0% i 15,4%, nastąpił spadek zanieczyszczenia osadów wodnych ołowiem.

**Cynk** – Zawartość cynku w niezanieczyszczonych osadach dennych rzek zazwyczaj wynosi kilkadziesiąt ppm. W okresie 1996-2001, stężenia przekraczające tysiąc ppm, zaobserwowano w osadach Brynicy, Chechła i Przemszy.



Rys. 9.3.3. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w osadach dennych rzek – poziom zanieczyszczenia w latach 1998-2001. Źródło: PMS.

\*poziomy zanieczyszczenia są wyznaczone dla sumy 17 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (dane dotyczą 80 punktów reperowych).

Ponadto wysokie stężenia cynku obserwowane były również w osadach Czarnej Wody, Małej Panwi, Ślęzy i Odry, a także w osadach Bugu w Zosinie i Bzury w Przęslawicach. W latach tych zawartość wyższa od 315 ppm, powyżej której szkodliwe oddziaływanie na organizmy wodne może być często obserwowane (*wartość PEL*) odnotowano w 14,8% zbadanych próbek, podczas gdy w 1991 roku w 26,1% próbek.

Wyniki badań **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych** przeprowadzone w latach 1998-2001 wskazują, że udział próbek o podwyższonych zawartościach tych związków (suma WWA<sub>17</sub><sup>3</sup> powyżej 2 ppm) był w poszczególnych latach zbliżony i wynosił ok. 38-40%. Jedynie w roku 1999 udział tych próbek był mniejszy (rys. 9.3.3.). Bardzo wysokie zawartości WWA<sub>17</sub>, które wynosiły ponad 10 ppm i wskazują na silne zanieczyszczenie związkami WWA, występują w osadach Krzyckiego Rowu, Białej Głuchołaskiej, Brynicy, Wdy, Odry w Brzegu, w Koźlu i Chałupkach, Bystrzycy we Wrocławiu oraz Dobrzyńki w Łodzi.

W przypadku bardzo szkodliwego benzo(a)pirenu przekroczenie zawartości 0,782 ppm (*wartość PEL*) odnotowywano w kilku % zbadanych próbek a przekroczenie wartości 0,032 ppm (*wartość TEL*) w około 70% próbek badanych każdego roku. Najmniejsze udziały próbek o stężeniach przekraczających wartości TEL i PEL dla WWA<sub>11</sub><sup>4</sup> i benzo(a)pirenu stwierdzono w roku 1999.

#### Jakość osadów dennych jezior

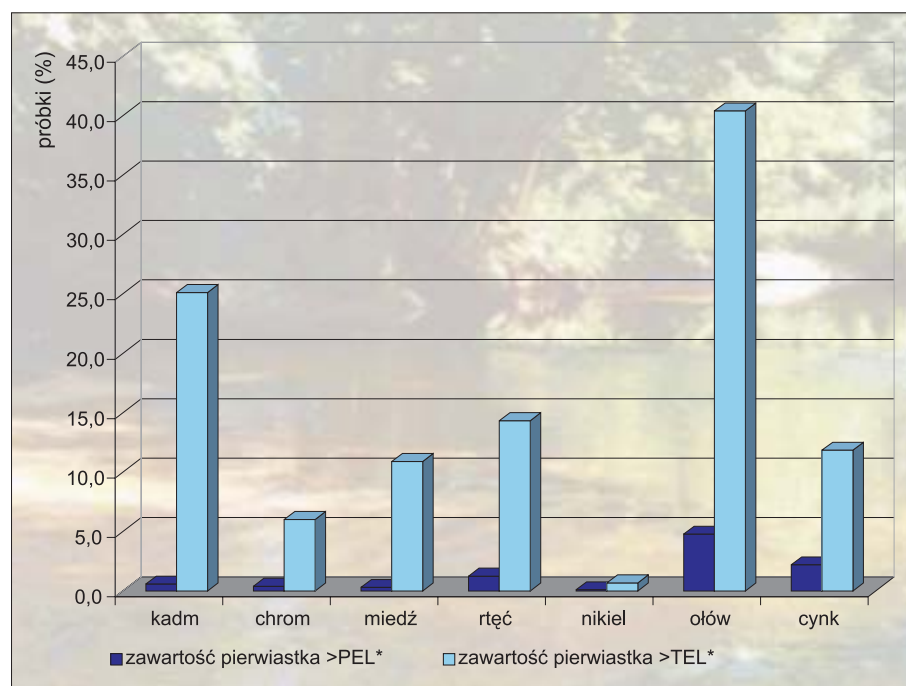
Jeziora w porównaniu do rzek charakteryzują się odmiennymi warunkami sedymentacji osadów wodnych. Ponadto osady jezior charakteryzują się wyższą zawarto-

ścią substancji organicznej (średnia zawartość węgla organicznego C<sub>org</sub> w osadach jezior wynosi 8,8% a w osadach rzek – 10%) oraz węglanu wapnia (odpowiednio 13,4% i 1,1%). Czynniki te powodują, że średnie zawartości niektórych pierwiastków w osadach jezior np. arsenu, baru, strontu są wyższe niż w osadach rzecznych. Wyniki badań osadów jezior przeprowadzone w latach 1991-2001 w 831 jeziorach pod kątem zawartości metali ciężkich przedstawia rysunek 9.3.4.

**Bar** – Zawartość baru przekraczającą 200 ppm stwierdzono w osadach 3,5% zbadanych jezior, w tym między innymi w jeziorze Karczemnym i Klasztornym koło Kartuz, Pątnowskim i Gosławskim, Człuchowskim-Urzędowym, Swarzędzkim oraz Sitnie.

**Kadm** – Podwyższoną zawartość kadmu, powyżej 2 ppm (*wartość tła geochemicznego* <0,5 ppm), zaobserwowano m.in. w jeziorach: Sitno, Mielno, Pakoskie, Rotcze-Grabniak, Czare Sosnowickie i Rogożno (woj. lubelskie), Karczemne (woj. pomorskie). Zawartość wyższą od 0,7 ppm, powyżej której mogą występować negatywne oddziaływania kadmu na organizmy (*wartość TEL*) wykazało 25% przebadanych jezior. Do jezior najbardziej zanieczyszczonych kadmem, w których stężenia kadmu były wyższe niż 3,5 ppm (*wartość PEL*) stwierdzono w osadach 6 z 831 przebadanych jezior. tj: Sitno, Mielno, Pakoskie, Rotcze-Grabniak, Czare Sosnowickie i Rogożno. Jedną z przyczyn powszechnego podwyższenia zawartości kadmu w osadach jezior (mediana – 0,6 ppm) może być spływ powierzchniowy z pól uprawnych, na których stosowane jest wieloletnie nawożenie nawozami fosforowymi.

**Kobalt** – W większości zbadanych jezior zawartość kobaltu (mediana – 2 ppm) jest zbliżona do tła geochemicz-



Rys. 9.3.4. Metale ciężkie w osadach dennych jezior – przekroczenie wartości PEL i TEL. Źródło: PMŚ.

\*dla każdego pierwiastka wyznaczona wartość PEL i TEL jest różna (dane dotyczą 831 jezior badanych w latach 1991-2001).

<sup>3</sup> WWA<sub>17</sub> – suma 17 węglowodorów aromatycznych: acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(e)piren, perylen, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(ghi)perylene).

<sup>4</sup> WWA<sub>11</sub> – suma 11 węglowodorów aromatycznych: acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(a)piren, dibenzo(a,h)antracen.

nego i tylko sporadycznie są obserwowane podwyższone ilości tego pierwiastka (powyżej 10 ppm) m.in. w osadach jeziora Karczemnego (woj. pomorskie).

**Chrom** – Mediana dla zawartości chromu w osadach jezior jest nieco wyższa w porównaniu do osadów rzecznych i wynosi odpowiednio 10 ppm dla jezior i 9 ppm dla rzek. Wysokie zawartości tego pierwiastka – powyżej 40 ppm odnotowane zostały m.in. w jeziorach takich jak: Ewingi, Łęgowskie, Mielno, Ziolo, Karczemne, Przywidzkie i Rotcze-Grabniak. Zawartość chromu wyższa niż 37 ppm, powyżej której mogą występować szkodliwe wpływy na organizmy wodne (*wartość TEL*) odnotowano w 6% zbadanych jezior. Do jezior najbardziej zanieczyszczonych w których odnotowano wartości wyższe niż 90 ppm (*wartość PEL*) należą jeziora Ewingi, Łęgowskie i Mileno. Szczególnie wysokie zawartości tego pierwiastka, przekraczające 1000 ppm, stwierdzono w osadach jeziora Ewingi, zbadanego w 1991 i 2000 r.

**Miedź** – Zawartość miedzi w osadach w większości zbadanych jezior była zbliżona do wartości spotykanych w osadach niezanieczyszczonych jezior tj. 7 ppm. Wysoką jej zawartość, powyżej 197 ppm, przy której toksyczne oddziaływanie chromu na organizmy wodne jest bardzo prawdopodobne (*wartość PEL*) odnotowano m. in. w osadach jezior: Szczutowskiego, Gośławskiego i Pąnowskiego a zawartość przy której mogą występować szkodliwe oddziaływania na organizmy wodne (*wartość TEL*) występowało w 11% zbadanych jezior.

**Rtęć** – Większość spośród przebadanych osadów jeziornych charakteryzowała się zawartością rtęci zbliżoną do wartości tła geochemicznego tj. poniżej 0,05 ppm. Do jezior najbardziej zanieczyszczonych, gdzie zawartość rtęci przekraczała stężenia, przy których toksyczne oddziaływania na organizmy wodne jest obserwowane (*wartość PEL*) należą m.in. jeziora: Kortowskie, Człuchowskie-Urzędowe, Klasztorne, Karczemne, Łagowskie, Mielno i Ewingi.

**Nikiel** – Mimo że średnia zawartość niklu w osadach jeziornych była nieco wyższa niż w osadach rzecznych i wy-

nosiła 8 ppm to w żadnym z jezior nie odnotowano zawartości, przy której jest obserwowane szkodliwe oddziaływanie tego pierwiastka na organizmy wodne (*wartość PEL*).

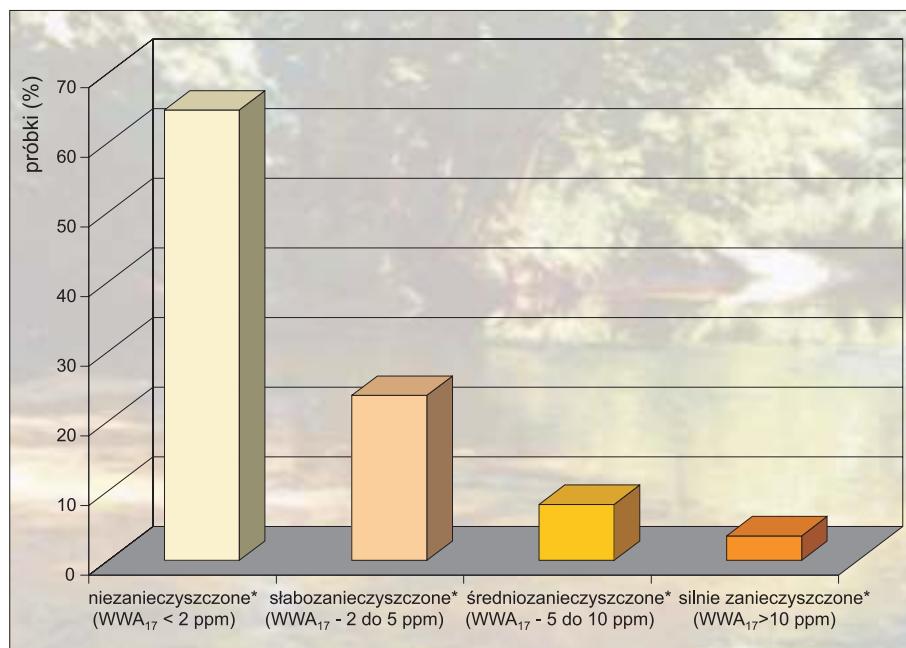
**Ołów** – Osady jeziorne analizowane w latach 1991-2001 charakteryzowały się podwyższoną zawartością ołowiu w porównaniu do osadów rzek (mediany wynosiły odpowiednio 30 ppm i 13 ppm). W 40% zbadanych osadów odnotowano zawartość powyżej 35 ppm, przy której mogą być obserwowane szkodliwe oddziaływania na organizmy wodne (*wartość TEL*) a w 4,8% – zawartość, powyżej której negatywne oddziaływania są często obserwowane (*wartość PEL*). Najwyższe zawartości ołowiu stwierdzono w jeziorach takich jak: Karczemne, Przepiórka, Guzianka, Piaseczno Duże, Pasymskie, Klasztorne, Tarnowskie Wielkie, Łagowskie, Sitno i Długie.

**Wanad** – Średnia zawartość wanadu w osadach jeziornych jest znacznie wyższa – 14 ppm od średniej zawartości w osadach rzecznych wynoszącej 9 ppm. Jeziora, których osady charakteryzują się prawdopodobnie naturalnie podwyższoną zawartością wanadu znajdują się w zlewni górnej Wisły.

**Stront** – Zawartość strontu w osadach jezior była średnio nawet 5-6-krotnie wyższa niż jego zawartość w osadach rzek (mediany dla zawartości strontu wynoszą odpowiednio 112 ppm i 21 ppm) co jest bezpośrednio związane z wysoką zawartością węgla wapnia w tych osadach.

**Cynk** – Zawartość cynku w osadach jezior jest na ogół niższa niż 100 ppm a więc zbliżona do wartości tła geochemicznego. Do jezior zanieczyszczonych cynkiem, w osadach których obserwowano stężenie tego pierwiastka przekraczające 315 ppm (*wartość PEL*), należą jeziora: Karczemne i Klasztorne, nad którym położone są Kartuzy, Długie w Olsztynie, Pasymskie koło Pasymia, Człuchowskie-Urzędowe, nad którym leży Człuchów, Łagowskie koło Łagowa.

Badania osadów dennych jezior wykonane w okresie 1991-2001 wskazują, że do jezior najbardziej zanieczyszczonych metalami ciężkimi w Polsce należą jezioro-



Rys. 9.3.5. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w osadach dennych jezior – poziom zanieczyszczenia Źródło: PMS.

\*poziomy zanieczyszczenia są wyznaczone dla sumy 17 wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (dane dotyczą 298 jezior badanych w latach 1998-2001).

ro: Karczemne (miedź, ołów, nikiel, rtęć, cynk), Klasztorne (miedź, rtęć, ołów, cynk), Ewingi (chrom, rtęć), Sitno (kadm, rtęć, ołów, cynk), Człuchowskie-Urzędowe (rtęć, ołów, cynk), Łagowskie (rtęć, ołów, cynk), Mielno (miedź, chrom, ołów, rtęć, cynk) i Grodno (rtęć, ołów, cynk).

Analiza zmian zawartości szkodliwych pierwiastków w osadach 9 jezior reperowych badanych w cyklach dwuletnich wskazuje na utrzymywanie się podwyższonej zawartości kadmu, rtęci, ołowiu i cynku w jeziorze Tarmowskim Wielkim, kadmu, rtęci, ołowiu i cynku – w jeziorze Białym Włodawskim, chromu i rtęci – w jeziorze Łękuk, rtęci – w jeziorze Jegocin, kadmu, ołowiu i cynku – w jeziorze Jasień.

Badania zawartości **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych** wykonane w 298 jeziorach, w okresie 1998-2001, wskazują, że spośród 311 analizowanych próbek, wartości  $WWA_{17}$  wyższe od 5 ppm odnotowano w 12% próbek a zawartość wyższą niż 10 ppm i charakterystyczną dla osadów silnie zanieczyszczonych  $WWA_{17}$  – w 9 próbkach (4%) (rys. 9.3.5.).

#### 9.4. Wnioski

Wyniki geochemicznych badań osadów dennych rzek prowadzone w latach 1996-2001 wykazały spadek poziomu zanieczyszczeń w osadach rzek Polski w stosunku do stężeń, które odnotowywano na początku lat dziewięćdziesiątych. Jest to przede wszystkim następstwem zmniejszenia ilości odprowadzanych ścieków i wprowadzenia bardziej efektywnych metod ich oczyszczania.

Obserwowany w 1997 roku spadek stężeń badanych metali ciężkich w osadach rzecznych, głównie w osadach zlewni górnej Odry, był wynikiem powodzi, która miała miejsce w lipcu 1997 roku. Spadek dotyczył głównie obszarów południowej Polski, bezpośrednio objętych powodzią m.in. Odry, w tym także środkowej Odry oraz Kaczawy, Ślęży, Czarnej Wody, Chechły, Stradomki i Przemszy. Jednocześnie osady wodne z górnego odcinka Odry uległy przemieszczeniu w dół rzeki co spowodowało wzrost stężeń zanieczyszczeń w dolnym odcinku rzeki.

Pomimo odnotowanych w latach 1996-2001 zmian w poziomie stężeń zanieczyszczeń w osadach rzecznych, w stosunku do stężeń notowanych w 1991 roku, nadal obserwuje się utrzymywanie się wysokiej zawartości niektórych szkodliwych pierwiastków w osadach rzek, do których odprowadzane są ścieki z zakładów przemysłu wydobywczego i przetwórczego rud metali kolorowych i węgla kamiennych. Odprowadzanie wód kopalnianych oraz ścieków z zakładów przemysłu miedziowego wpływa na wysoką zawartość **miedzi, arsenu, ołowiu, niklu i rtęci** w osadach Czarnej Wody, Kaczawy oraz środkowej Odry; np. w 2001 r. w osadach Czarnej Wody odnotowano m.in. 194 ppm miedzi, 201 ppm ołowiu i 363 ppm cynku.

W osadach Przemszy, Brynicy, Chechła, Małej Panwi, Bierawki i górnej Wisły, do których trafiają ładunki zanieczyszczeń zawarte w ściekach z kopalń i zakładów przerobczych rud cynku i ołowiu, wykrywane są wysokie **stężenia kadmu, ołowiu i cynku** np. w 2001 r. w osadach Brynicy stwierdzono 21 ppm kadmu, 411 ppm ołowiu i ponad 8000 ppm cynku.

Osady Odry wzdłuż całego biegu rzeki od granicy państwa w Chałupkach aż po Police charakteryzuje stosunkowo wysoka zawartość **baru**, którego głównym źródłem są zrzuty wód kopalnianych z czeskich i polskich kopalń węgla. Średnia zawartość baru w aluwkach Odry jest kilkakrotnie wyższa niż wartość tła geochemicznego baru charakterystyczna dla osadów wodnych Polski i przekracza 50 ppm.

W osadach Wisły wzdłuż biegu rzeki od Oświęcimia aż po Piotrawin obserwuje się podwyższone zawartości **kadmu, cynku i ołowiu** świadczące o oddziaływaniu przemysłu cynkowo-ołowiowego na akumulację zanieczyszczeń w tej rzece, np. średnia zawartość w kadmu w osadach Wisły w Piotrawinie wynosi 4,8 ppm a cynku 359 ppm.

Odprowadzanie niedostatecznie oczyszczonych ścieków z zakładów przemysłowych, w szczególności z przemysłu metalowego, maszynowego, elektrotechnicznego, elektronicznego i chemicznego prowadzi do akumulacji w wodach powierzchniowych osadów o wysokiej koncentracji szkodliwych metali. Ścieki odprowadzane z zakładów przemysłowych we Wrocławiu do Odry, Ślęży, Bystrzycy i Widawy powodują podwyższoną koncentrację takich pierwiastków jak: **arsen, miedź, chrom, rtęć, ołów i cynk**, akumulację **kadmu** w osadach Bystrzycy poniżej miejsca zrzutu ścieków z Lublina, **baru i kadmu** w aluwkach Jeziorki, do której trafiają ścieki z Piaseczna, **chromu, rtęci i cynku** w osadach Bzury i Neru, będących odbiornikami ścieków z aglomeracji łódzkiej, oraz wysokiej zawartości **kadmu** w wielu miejscach w aluwkach Warty.

Wysokie zawartości **wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych** w osadach obserwowane są przede wszystkim w rzekach, do których trafiają duże ładunki zanieczyszczeń z zakładów przemysłowych, w których, bogate w substancję organiczną, skały poddawane są wysokotemperaturowym procesom przetwarzania. Ponadto stwierdzane są w osadach rzek, do których odprowadzane są ścieki z dużych aglomeracji miejskich i gdzie następuje depozycja zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery a które powstają podczas spalania paliw w sektorze transportowym i energetycznym. Silne zanieczyszczenie związkami WWA (powyżej 10 ppm) stwierdzono w osadach Krzyckiego Rowu, Białej Głuchołaskiej, Brynicy, Wdy, Odry w Brzegu, w Koźlu i Chałupkach, Bystrzycy we Wrocławiu oraz Dobrzyńki w Łodzi.

Badania geochemiczne osadów jezior wykonane w latach 1991-2001 w 831 jeziorach wykazały, że wykrywane w nich zakresy stężeń metali ciężkich są na ogół niższe w porównaniu z zawartościami tych pierwiastków w osadach rzecznych, co wiąże się zapewne ze znacznie mniejszym uprzemysłowieniem obszarów pojezierzy. Obserwowana w osadach niektórych jezior, szczególnie tych położonych w pobliżu lub na terenie miast, podwyższona zawartość metali ciężkich ma niewątpliwie swoje źródło w działalności gospodarczej człowieka i związana jest odprowadzaniem ścieków oraz oddziaływaniem transportu samochodowego i wodnego. Należą do nich między innymi jeziora: Gosławskie i Pątnowskie w pobliżu Konina, Klasztorne i Karczemne w Kartuzach, Człuchowskie-Urzędowe w Człuchowie, Długie koło Olsztyna, Mikołajskie w Mikołajkach

i Pasymskie koło Pasymia. Mimo obecności podwyższonych zawartości ołowiu (powyżej 30 ppm) w 40% zbędanych próbek, kadmu (powyżej 0,7 ppm) – w 24% próbek, rtęci (powyżej 0,17 ppm) – w 14% próbek, to tylko sporadycznie odnotowywano obecność pierwiastków śladowych w stężeniach, powyżej których mogą być często obserwowane szkodliwe ich oddziaływania na organizmy wodne (*wartość PEL*).

Badania zawartości wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych wykonane w latach 1998-2001 w 298 jeziorach wykazały, że osady jezior charakteryzują się wyższą średnią zawartością WWA (2,63 ppm) w porównaniu do osadów rzek, gdzie średnia zawartość WWA wynosi 0,89

ppm. Jest to związane z wysoką zawartością substancji organicznej w osadach jezior, które średnio zawierają 8,98% węgla organicznego, podczas gdy osady rzek zawierają jej średnio 0,88%. Do jezior najbardziej zanieczyszczonych WWA należą osady jeziora: Miłkowskie, Klasztorne Małe, Łagowskie, Jeziorak Mały, Drwęckie, Przywidzkie Małe i Karczewnik.

Badania metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodórów aromatycznych wykonane w osadach 9 jezior re-perowych, analizowanych w cyklach 2-letnich, wskazują na utrzymywanie się w nich podwyższonego poziomu stężeń metali ciężkich. W żadnym z jezior nie stwierdzono zanieczyszczenia osadów wodnych związkami WWA.

# Morze Bałtyckie i strefa przybrzeżna



## 10. MORZE BAŁTYCKIE I STREFA PRZYBRZEŻNA

Anna Rudlicka, Włodzimierz Krzywiński, Elżbieta Łysiak-Pastuszek

### 10.1. Informacje ogólne

Powierzchnia obszarów morskich Rzeczypospolitej Polskiej wynosi 32 677 km<sup>2</sup>. Stanowią one 8,5% powierzchni całego Morza Bałtyckiego, natomiast ich objętość oceniana jest na 1500-1700 km<sup>3</sup>.

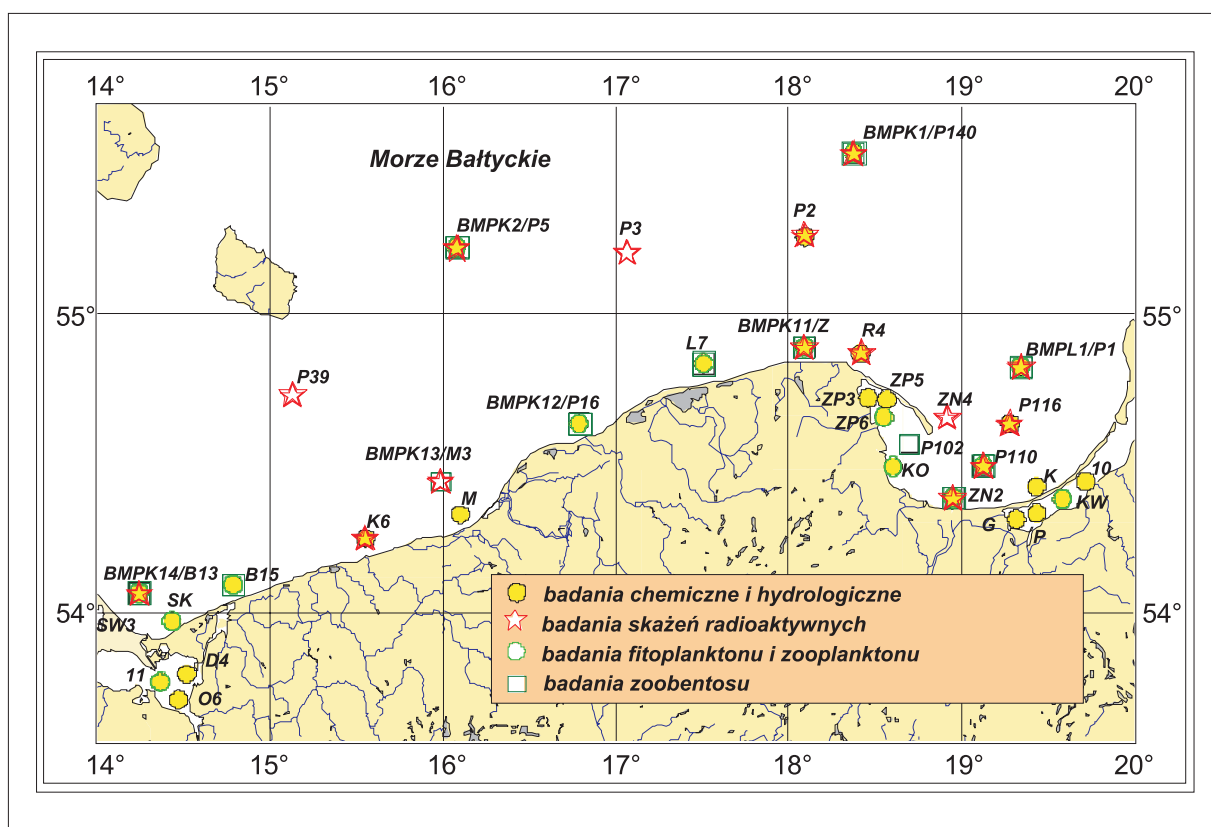
Zlewisko Odry i Wisły zajmuje obszar 313 295 km<sup>2</sup>, zlewisko rzek Przymorza – 17 361 km<sup>2</sup>, czyli łączna powierzchnia zlewiska wynosi ok. 330 666 km<sup>2</sup>.

Badania środowiska morskiego Bałtyku realizowane są od 1979 roku (Międzynarodowy Program Monitoringu Bałtyku HELCOM-BMP), w tym od 1991 roku w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska jest odpowiedzialny za prowadzenie

monitoringu środowiska morskiego, który realizowany jest w ramach podpisanej przez Polskę Konwencji Helsińskiej z 1974 roku „O Ochronie Środowiska Morskiego Obszaru Morza Bałtyckiego” oraz Nowej Konwencji z 1992 roku. Wyniki badań przekazywane są do bazy danych HELCOM.

Celem monitoringu Bałtyku jest poznanie kierunku, natężenia i przyczyn zmian długookresowych zachodzących w ekosystemie bałtyckim.

Program monitoringu realizowany przez Polskę obejmuje kontrolę parametrów fizycznych, chemicznych i biologicznych na trzech stacjach głębokowodnych, zlokalizowanych w rejonie trzech głębi: Bornholmskiej (stacja P 5 – BMPK2), Gotlandzkiej (stacja P 140 – BMPK1) oraz Gdańskiej (stacja P 1 – BMPL1) 6 razy w ciągu roku oraz jeden raz w roku kontrolę makrozoobentosu w strefie głębokowodnej i na pięciu stacjach zlokalizowanych w polskiej strefie przybrzeżnej: B13-BMPK14, M3-BMPK13, P16-BMPK12, Z-BMPK11 i P102-BMPK10. Do programu włączona jest także coroczna kontrola zanieczyszczenia wybranych gatunków ryb odławianych komercyjnie trwa-



Rys. 10.1.1. Położenie monitoringowych stacji badawczych w polskiej strefie Morza Bałtyckiego. Źródło: HELCOM.



łymi związkami organicznymi, takimi jak: DDT i jego metabolity (łącznie 15 związków) oraz metalami (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr i Hg). Jeden raz w roku wykonuje się badania substancji radioaktywnych w wodzie morskiej ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ), osadach ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  i  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ) i rybach ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  i  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ).

Od 1998 roku, zgodnie z Zaleceniem HELCOM, Polska rozpoczęła wdrażanie rozszerzonego programu monitoringu HELCOM COMBINE w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Program ten poza powyższym zakresem, dodatkowo obejmuje całą polską strefę przybrzeżną z zatokami i zalewami włącznie.

Jednocześnie do programu badań włączono, prowadzoną raz na 5 lat, kontrolę zanieczyszczenia osadów metalami i trwałymi związkami organicznymi oraz coroczną kontrolę wybranych organizmów (*Mytilus Edulis*) w tym samym zakresie. Rozpoczęto także badania zmian rozmieszczenia fitobentosu na wybranym profilu w rejonie Kępy Redłowskiej na Zatoce Gdańskiej i badania dynamiki fitoplanktonu na stacjach wysokiej częstotliwości zlokalizowanych na Zatoce Puckiej (ZP6) i na Zatoce Gdańskiej (KO).

Rozmieszczenie wszystkich stacji pomiarowych przedstawiono na mapie stacji monitoringu środowiska morskiego Bałtyku w obrębie polskiej strefy ekonomicznej (rys. 10.1.1.).

Oprócz Konwencji Helsińskiej, ochronie wód Bałtyku przed zanieczyszczeniem odpadami wyrzucanymi do morza służą: Konwencja MARKPOL 1973/78, Konwencja o zapobieganiu zanieczyszczeniu mórz przez zatapianie odpadów 1972 oraz dostosowane do nich przepisy polskie (Dz. U. nr 47 z dnia 9 maja 1995 poz. 243). Zabraniają one wyrzucania do morza odpadów pochodzących ze statków. Dyrektorzy urzędów morskich dokonują kontroli ewentualnych zrzutów substancji szkodliwych, mogą także odmówić pozwolenia na wejście do portu statków stanowiących zagrożenie.

## 10.2. Ładunki zanieczyszczeń odprowadzanych rzekami do Morza Bałtyckiego w latach 1990, 1996-2001

Morze Bałtyckie jest zbiornikiem otoczonym przez wiele uprzemysłowionych krajów, których łączna populacja liczy ok. 85 mln ludzi. Powierzchnia zlewni Bałtyku jest blisko czterokrotnie większa od powierzchni samego morza. W związku z tym jest ono mocno narażone na degradację, szczególnie stref przybrzeżnych, spowodowaną zrzutami związków fosforu, azotu, materii organicznej i zawieszanej, a także substancji toksycznych, pochodzących przede wszystkim z działalności człowieka. Zanieczyszczenia do-

plywają do Bałtyku z różnych źródeł: z lądu – ze źródeł punktowych i rozproszonych (kolektory ścieków przemysłowych i komunalnych, ujścia rzek, bezpośredni spływ obszarowy do morza), z atmosfery oraz jako zanieczyszczenia ze statków, zatapianie urobku bagrowanego z kanałów portowych i stoczniowych itp.

Presja antropogeniczna na Bałtyk rozłożona jest nierównomiernie. Najbardziej narażona jest strefa brzegowa morza, głównie w okolicy punktowych źródeł zanieczyszczeń – ujść rzecznych, portów i innych ośrodków przemysłowych.

Dopływ rzeczny jest jednym z głównych źródeł zanieczyszczenia wód Morza Bałtyckiego, 90% ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych jest Wisłą i Odrą. Zrzuty zanieczyszczeń z pozostałych rzek, punktowe i obszarowe źródła rozmieszczone wzdłuż linii brzegowej, wywierają lokalny wpływ na biocenozę strefy przybrzeżnej.

W tabeli 10.2.1. podano wielkości całkowitego dopływu azotu i fosforu do Bałtyku różnymi drogami.

Średnie roczne ładunki zanieczyszczeń wprowadzane do Bałtyku z dorzeczy Odry, Wisły i rzek przymorza oraz roczny odpływ wód rzecznych przedstawia tabela 10.2.2.

Dane przedstawione w tabeli wskazują, że w 2001 roku ładunek substancji biogenych wprowadzany do Bałtyku był najmniejszy w ostatnim pięcioleciu.

Jest to częściowo spowodowane stosunkowo niskim odpływem rocznym, ale przede wszystkim wynika z niewielkiej, lecz systematycznej poprawy stanu jakości polskich rzek.

Ładunek fosforu wprowadzony do Bałtyku w 2001 roku zmniejszył się w stosunku do roku 1997 o ok. 21%, natomiast ładunek azotu o 12%. Zmniejszeniu uległy także ładunki chlorków i siarczanów oraz większości metali ciężkich.

Badanie wielkości odpływu radionuklidów z terytorium Polski z wodami rzek wpływających do Bałtyku pozwala na śledzenie losów tych radionuklidów i stopień ich ubywania ze środowiska wodnego i pośrednio lądowego.

Sumaryczny odpływ wybranych radionuklidów (Cs-137, Ra-226, tryt H-3) do Morza Bałtyckiego z dorzeczy Wisły, Odry i rzek Przymorza w latach 1995-2001 przedstawia tabela 10.2.3.

W ciągu siedmiu lat obserwacji z wodami Wisły zostało wprowadzone do Bałtyku ok. 1,12 TBq, z wodami Odry – 0,61 TBq, a z wodami rzek Przymorza – 0,10 TBq Cs-137. Wielkości te są proporcjonalne do powierzchni badanych dorzeczy, co świadczy o stosunkowo równomiernym skażeniu terytorium Polski tym radionuklidem. Wielkości odpływu Ra-226 kształtowały się na podobnym poziomie, natomiast tryt odprowadzany był do Bałtyku w ilościach prawie o trzy rzędy wielkości wyższych niż

Tabela 10.2.1. Główne źródła dopływu azotu i fosforu do Bałtyku. Źródło: *Stålbacke i in.. 1996.*

Droga przenikania	Okres	N (t/rok)	P (t/rok)
Rzeki	1980-1993	830 000	41 000
Łądowe źródła punktowe	1990	100 000	13 000
Depozycja z atmosfery	1985-1989	300 000	5 500
Wiązanie azotu (sinice)	1980	130 000	

Tabela 10.2.2. Średnie roczne ładunki zanieczyszczeń wprowadzane do Bałtyku z dorzeczy Odry, Wisły i rzek przy-  
morza. Źródło: PMS.

Lp.	Parametr	ŁADUNKI ROCZNE (tys. t/rok)				
		1997	1998	1999	2000	2001
1.	BZT <sub>5</sub>	281,516	263,170	237,775	215,979	218,587
2.	ChZT-Mn	615,748	596,300	673,435	552,296	547,932
3.	ChZT-Cr	1 986,505	2 090,950	2 120,330	1 680,902	1 817,626
4.	Chlorki	5 864,391	5 225,542	4 978,151	4 942,612	5 209,151
5.	Siarczany	4 237,854	4 405,615	4 457,507	4 005,052	3 621,824
6.	Subs. rozp. ogólne	28 354,347	29 150,194	29 853,375	26 410,061	27 672,715
7.	Zawiesina ogól.	978,950	1 107,957	995,626	1 021,698	853,370
8.	Wapń	4 797,451	5 364,830	5 372,065	4 854,246	4 982,686
9.	Magnez	676,322	731,265	731,770	652,666	647,727
10.	Azot amonowy	13,573	10,294	19,821	18,374	14,073
11.	Azot azotynowy	1,326	1,136	1,219	1,039	1,162
12.	Azot azotanowy	94,138	138,967	146,011	121,910	112,954
13.	Azot Kjeldahla	112,197	89,006	97,876	71,737	68,969
14.	Azot ogólny	207,661	229,109	245,064	194,176	183,171
15.	Fosforany	25,467	25,435	20,057	16,925	16,562
16.	Fosfor ogólny	15,460	14,230	15,021	12,546	12,281
17.	Żelazo ogólne	8,131	8,356	16,891	6,934	3,645
18.	Mangan	2,380	1,927	4,682	1,332	0,776
19.	Chrom ogólny	0,006	0,028	0,007	0,004	0,014
20.	Cynk	0,497	0,473	0,759	0,706	0,742
21.	Kadm	0,005	0,004	0,008	0,005	0,002
22.	Miedź	0,134	0,116	0,366	0,110	0,218
23.	Ołów	0,062	0,037	0,056	0,039	0,062
24.	Fenole lotne	0,144	0,076	0,214	0,166	0,210
Odpływ wód *)		62,514	67,239	71,279	62,512	62,353

\*) w mln m<sup>3</sup>Tabela 10.2.3. Sumaryczny odpływ Cs-137, Ra-226 i H-3 do Morza Bałtyckiego z dorzecza Wisły i Odry oraz z rzek  
Przymorza w okresie od 1995 do 2001, (TBq/rok). Źródło: PMS, CLOR.

Izotop	Dorzecze Wisły	Dorzecze Odry	Rzeki Przymorza	Suma odpływów
Cs-137	1,12	0,61	0,10	1,82
Ra-226	0,93	0,46	0,07	1,45
H-3	442	202	41,9	685

pozostałe dwa radionuklidy. Podobne różnice występują w stężeniach tych trzech radionuklidów w wodach powierzchniowych w Polsce.

Aktywność Cs-137 odprowadzona do Bałtyku była znikomo mała w porównaniu do aktywności zdeponowanej na terytorium Polski po awarii czarnobylskiej. Przyjmując, że średnia depozycja tego radionuklidu wynosiła w Polsce około 4,7 kBq/m<sup>2</sup> [Radiologiczny Atlas Polski, 1992] obliczono, że na obszarze Polski w 1986 roku zdeponowane zostało około 1,5 PBq. W kolejnych latach aktywność ta zmniejszała się na skutek rozpadu promieniotwórczego tego izotopu. Uwzględniając ten rozpad oceniono, że z wodami rzek usunięty został w ciągu 7 lat zaledwie niewielki ułamek procenta (0,1 – 0,15) Cs-137 obecnego na teryto-

rium Polski. Fakt ten nie jest zaskoczeniem ponieważ wiadomo, że Cs-137 jest dość trwale wiązany ze składnikami gleby, a także z osadami dennymi. Z powyższych względów Cs-137 w niewielkim stopniu przechodzi do wód powierzchniowych z ekosystemów lądowych.

### 10.3. Jakość wód polskich obszarów Morza Bałtyckiego w latach 1990, 1996-2001

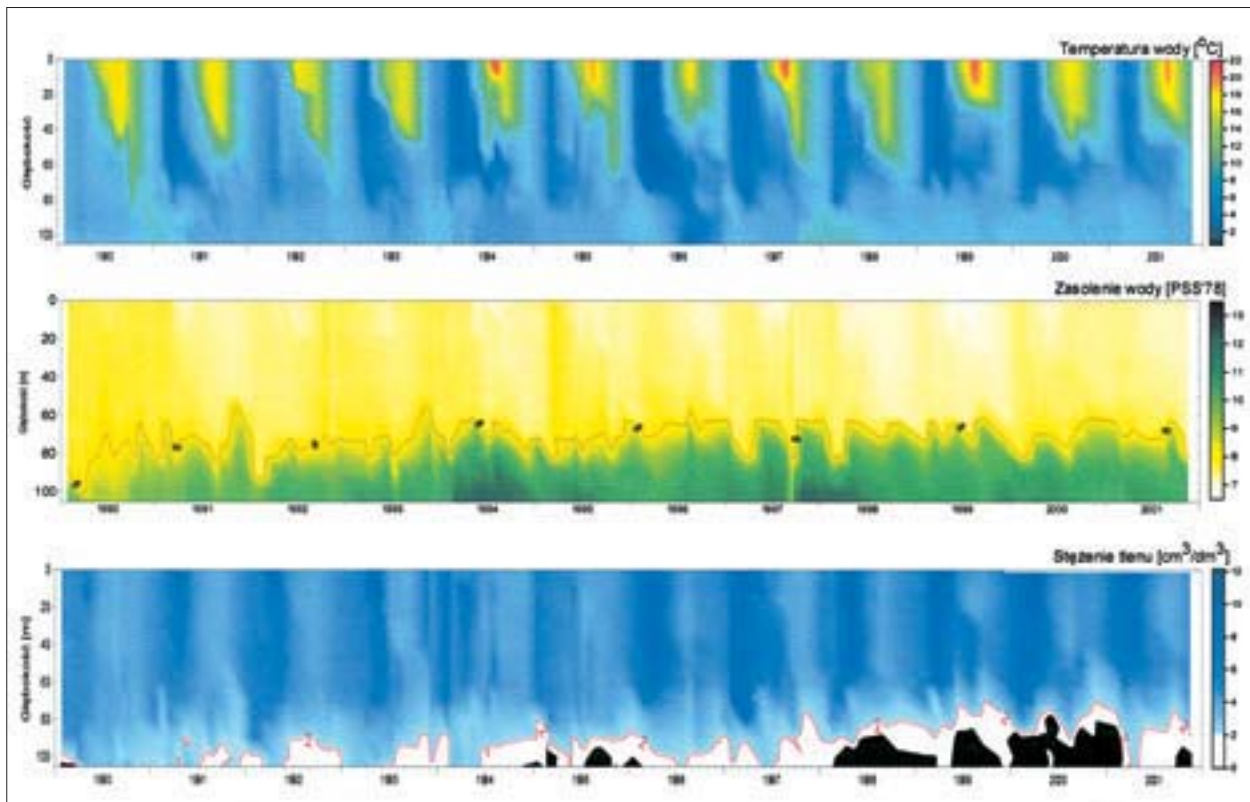
#### Warunki środowiskowe (wlewy, natlenienie, zasolenie) w strefie głębowodnej

Sytuacja ekologiczna Bałtyku zależy w znacznym stopniu od czynników hydrologicznych, głównie z uwagi na jego warunki naturalne: wydłużony południkowo kształt, wąskie

i płytkie połączenie z oceanem usytuowane na jednym krańcu morza, topografię dna, składającego się z basenów głębokowodnych (jednym z ich jest Głębia Gdańska) przedzielonych płytkimi progami oraz 4-krotnie większy obszar zlewni od powierzchni morza. Istotne znaczenie dla funkcjonowania ekosystemu Bałtyku mają wlewy słonych wód przez cieśniny duńskie z Morza Północnego oraz dopływ słodkich wód rzekami, wpływające na zróżnicowanie pionowego rozkładu zasolenia w toni wodnej i występowanie w rejonach głębokowodnych warstwy skoku zasolenia – halokliny.

Rok 1990 przypadł pod koniec najdłuższego okresu stagnacji (1977-1992), kiedy to obniżenie zasolenia wody w Bałtyku sięgnęło nawet warstw głębinowych. Osłabienie halokliny umożliwiło głębszą penetrację tlenu atmosferycznego, dzięki czemu nastąpiła okresowa poprawa sytuacji tlenowej. W warstwie przydennej wód Głębi Gdańskiej występowanie siarkowodoru zostało przerwane na okres od marca 1989 do września 1994 (rys. 10.3.1.). Jednakże natlenienie wód przydennych oscylujące między 0,5 i 2,0 cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup> nie było wystarczające do ponownego zasiedlenia dna przez makrofaunę w tym rejonie. Po wystąpieniu w styczniu 1993 roku znaczącego wlewu oceanicznego, kiedy ocenia się, że do Morza Bałtyckiego wpłynęło ok. 310 km<sup>3</sup> wody o zasoleniu powyżej 20 (jednostek PSU78), w maju następnego roku wszystkie głębie Bałtyku były wolne od siarkowodoru. Następnie wystąpiło podwyższenie zasolenia w wodach przydennych, co utrudniło pionową penetrację tlenu atmosferycznego i spowodowała szybkie jego wyczerpywanie w wodach pod halokliną. We wrześniu 1994 roku siarkowodor pojawił się ponownie w Głębi Gdańskiej (rys. 10.3.1.).

W kolejnych latach wlewy oceaniczne notowano praktycznie każdej jesieni, co oznaczało, że dopływające wody były ciepłe, np.: w listopadzie 1997 r. temperatura wód przydennych w Głębi Bornholmskiej wynosiła 9,7°C, a w Głębi Gdańskiej – 8,3°C (przy średniej wieloletniej rzędu 5,5°C). Wody o podwyższonej temperaturze zawierały mniej tlenu, a z drugiej strony, wzrost temperatury powodował przyspieszenie procesów mineralizacji przy dnie. W efekcie prowadziło to do szybszego wyczerpywania tlenu i pojawiania się siarkowodoru. Ponadto wlewy w latach 1994-2001 były stosunkowo słabe i docierały najdalej do Głębi Bornholmskiej, natomiast do położonych dalej na wschód Głębi Gdańskiej i południowo-wschodniego stołu Głębi Gotlandzkiej z basenów pośrednich napływały wody mocno przetransformowane, o znacznie mniejszym zasoleniu i małej zawartości tlenu. Od 1998 r. siarkowodor występuje w Głębi Gdańskiej praktycznie stale, przy czym najwyższe stężenie 61,6 mmol/m<sup>3</sup> zanotowano we wrześniu 2000 r. Z kolei warunki tlenowe panujące w rejonie południowo-wschodniego stołu Głębi Gotlandzkiej były w roku 2000 najgorsze w całym okresie badań monitoringowych (rys. 10.3.2.). Powszechnie uważa się, że w wodach głębinowych Bałtyku centralnego rozpoczął się nowy okres stagnacji. W roku 2001 najgorszą sytuację tlenową stwierdzono w południowo-wschodniej części Głębi Gotlandzkiej w czerwcu, kiedy stężenie tlenu wynosiło 0,56 cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>, co stanowiło poziom najniższy w dziesięcioleciu 1991-2001 i świadczyło o chwilowej destabilizacji sytuacji ekologicznej w tym rejonie. Wody wlewowe, które dotarły do tego rejonu w lipcu i sierpniu poprawiły sytuację tlenową. W warstwach przydennych rejonów płytkowodnych nie stwierdzono w 2001 roku znacznych spadków natlenienia.



Rys. 10.3.1. Wieloletnie zmiany temperatury wody, zasolenia, stężenia tlenu w rejonie Głębi Gdańskiej-stacja P 1, kolorem czarnym zaznaczono obecność siarkowodoru. Źródło: PMS.

W strefie otwartego morza polskiej strefy południowego Bałtyku temperatura wód powierzchniowych w latach 2000-2001 była zbliżona do średniej temperatury z dziesięciolecia 1990-1999, natomiast obserwowany w ostatnich latach spadek zasolenia warstwy powierzchniowej spowodowany był znacznym dopływem wód słodkich oraz zwiększonymi opadami atmosferycznymi. Wody w tej warstwie zwykle były dobrze natlenione, przy czym w okresach występowania wiosennych, silnych zakwitów fitoplanktonu wykazywały przesylenie tlenem maksymalnie do wartości 140%.

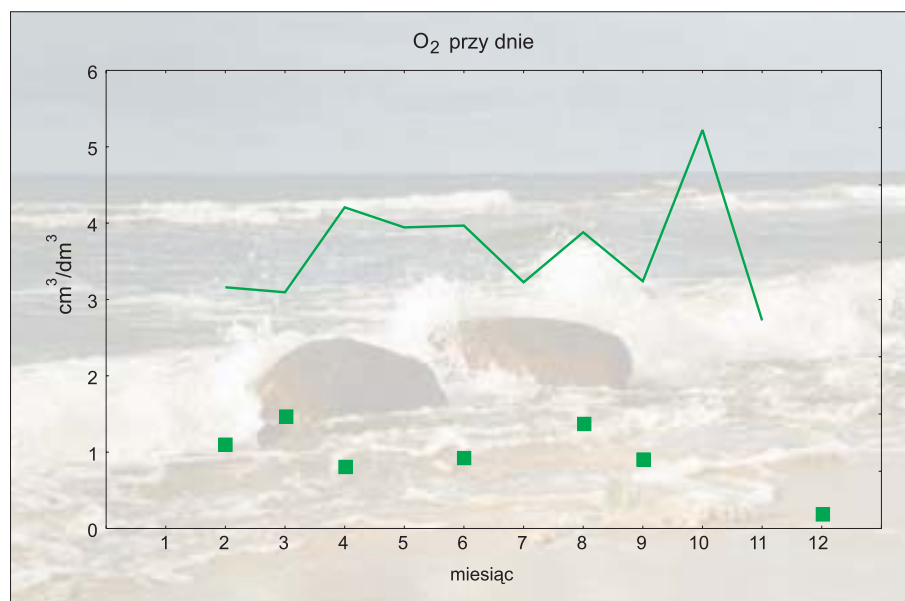
Średnie roczne stężenie chlorofilu „a” w wodach południowego Bałtyku w roku 2000 było wyższe od wartości stwierdzonej w 1999 roku, ale niższe od zanotowanych we wcześniejszych latach. W rejonie Głębi Bornholmskiej największą wartość tego stężenia zanotowano we wrześniu, co wynikało z zakwitów okrzemek, natomiast w rejonie Głębi Gotlandzkiej w okresie od kwietnia do czerwca 2000 roku zaobserwowano spadek stężenia chlorofilu, a następnie ponowny wzrost trwający od sierpnia do listopada, kiedy zanotowano największą wartość 5,61 mg/m<sup>3</sup>. Podobne sezonowe zmiany koncentracji chlorofilu „a” obserwowano w rejonie Głębi Gdańskiej. W roku 2001 nastąpił dalszy wzrost stężenia chlorofilu.

0,1 km<sup>3</sup> (Reda) do 0,9 km<sup>3</sup> (Parsęta), przy średnim rocznym przepływie 0,46 km<sup>3</sup>.

Wody Odry wpływające do Zalewu Szczecińskiego ulegają tam transformacji, a następnie przedostają się do morza trzema odpływami, których udział w przepływie jest zróżnicowany: Świna (75%), Dziwna (15-25%) i Piana (10%), podczas gdy Wisła, druga co do wielkości rzeka Bałtyku, wpływa do morza praktycznie jednym korytem. Na końcu koryta Wisły tworzy się stożek ujściowy stwarzający przeszkodę dla swobodnego odpływu wód rzecznych oraz napływu wód morskich, a na przedpolu ujścia powstają i zanikają rynny ujściowe, wędrujące mielizny i wyspy.

Polska strefa przybrzeżna, w której znajdują się ujścia tych rzek, charakteryzuje się znaczną dynamiką wód wynikającą z falowania wiatrowego, dużymi, nieokresowymi zmianami poziomów morza oraz ruchem rumowiska.

Wody powierzchniowe tej strefy są na ogół dobrze natlenione. Najwyższe stężenia tlenu występują z reguły w miesiącach zimowych w związku z niskimi temperaturami środowiska i dobrą rozpuszczalnością tlenu. Stężenia te rosną jeszcze wiosną na skutek intensywnych procesów fotosyntezy. Dochodzi wówczas do stanów przesylenia wody tlenem. Najwyższe wartości przesylenia, rzędu 190%, stwierdzano w latach 1998-2001 w Zalewach Szczecińskim i Wiślanym.



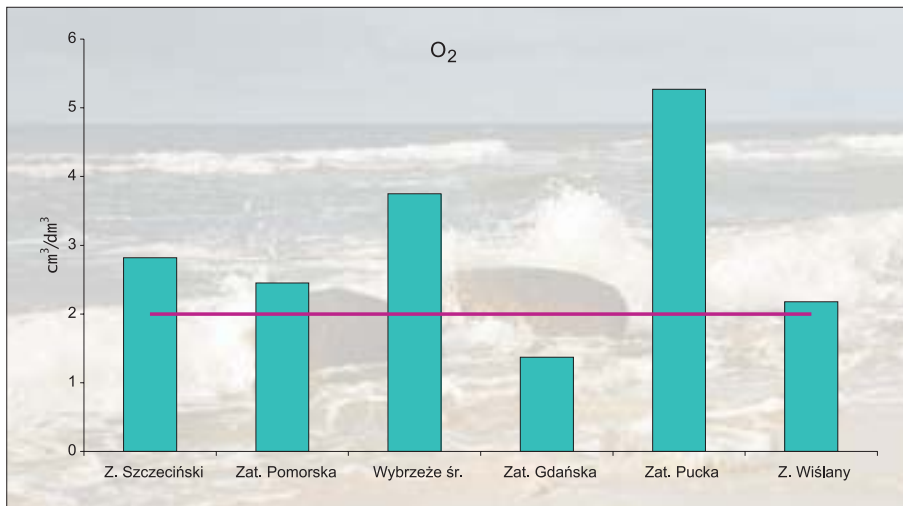
Rys. 10.3.2. Stężenie tlenu w warstwie przydennej pld.-wsch. stożku Głębi Gotlandzkiej zmierzone w 2000 r. (kwadraty) na tle średnich z dziesięciolecia 1990-1999 (linia ciągła). Źródło: PMS.

#### **Warunki środowiskowe (natlenienie, zakwity glonów) w polskiej strefie przybrzeżnej**

W obrębie polskiej strefy przybrzeżnej wyróżniamy dwa znaczące estuaria największych rzek polskich: Odry na krańcu zachodnim i Wisły na krańcu wschodnim oraz szereg mniejszych estuariów położonych między nimi rzek przymorza: począwszy od zachodu: Regi, Parsęty, Wieprzy, Słupi, Łeby, Piaśnicy, Redy i kilku innych rzek np. Modły czy Płutnicy. Na tym odcinku polskiego wybrzeża znajdują się także przybrzeżne jeziora mające połączenie z morzem kanałami: jezioro Liwia Łuza, Resko Przymorskie, Jamno, Bukowo, Kopań, Wicko i Gardno. Średnia roczna objętość przepływu rzek przymorza w latach 1990-2001 mieściła się w granicach od

Wartości te świadczą o ogromnej intensywności zakwitów fitoplanktonu w tych akwenach w porównaniu z wodami otwartego morza, gdzie maksymalne wartości przesylenia warstwy powierzchniowej tlenem sięgają 140%. W zatokach, które także wykazują wysoką produktywność, najwyższe poziomy przesylenia wód powierzchniowych tlenem (>180%) notowano szczególnie podczas odpływu fal powodziowych Odry w lecie 1997 r. oraz Wisły w roku 1997 i 2001.

Zgodnie z cyklem sezonowym, na przełomie sierpnia i września natlenienie wód, szczególnie w warstwie przydennej, obniża się w wyniku dopływu materii organicznej i zainicjowanych procesów jej degradacji. Przypadki silnej redukcji natlenienia obserwowano w latach 1998-2001 we wszystkich regionach polskiej strefy przybrzeżnej, oprócz



Rys. 10.3.3. Wartości minimalnych stężeń tlenu [cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>] w wodach przydennych poszczególnych regionów polskiego sektora Bałtyku; średnie z lat 1998-2001. Źródło: PMS.

Zatoki Puckiej i strefy przybrzeżnej środkowego wybrzeża (rys. 10.3.3.). Minimalne stężenia tlenu zmierzone w sierpniu lub na początku września zbliżyły się do granicy bezpiecznej dla życia organizmów dennych, tj. 2 cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup>. Wartość ta określana w wodach naddennych jest przyjęta w Ramowej Dyrektywie Wodnej Unii Europejskiej, jak również w HELCOM, jako jeden z podstawowych wskaźników procesu eutrofizacji.

W 2001 roku najwyższe stężenie chlorofilu „a” w strefie przybrzeżnej wystąpiło na stacji SW3 w Zatoce Pomorskiej, gdzie wynosiło ono średnio 7, 58 mg/m<sup>3</sup>.

Na stacjach wysokiej częstotliwości badań ZP 6 w Zatoce Puckiej i KO w rejonie Klifu Orłowskiego maksymalne stężenia chlorofilu „a” wystąpiły w marcu, na przełomie czerwca i lipca oraz we wrześniu. Na stacji ZP 6 maksymalne wartości stwierdzono około dwu tygodni wcześniej niż na stacji KO. Jedną z przyczyn tego zjawiska mogło być bliskie sąsiedztwo stacji ZP6 kolektora ściekowego oczyszczalni „Dębogórze” odprowadzającego do wód Zatoki Puckiej duży ładunek biogenów.

### Stan flory i fauny Morza Bałtyckiego w latach 1990, 1996-2001

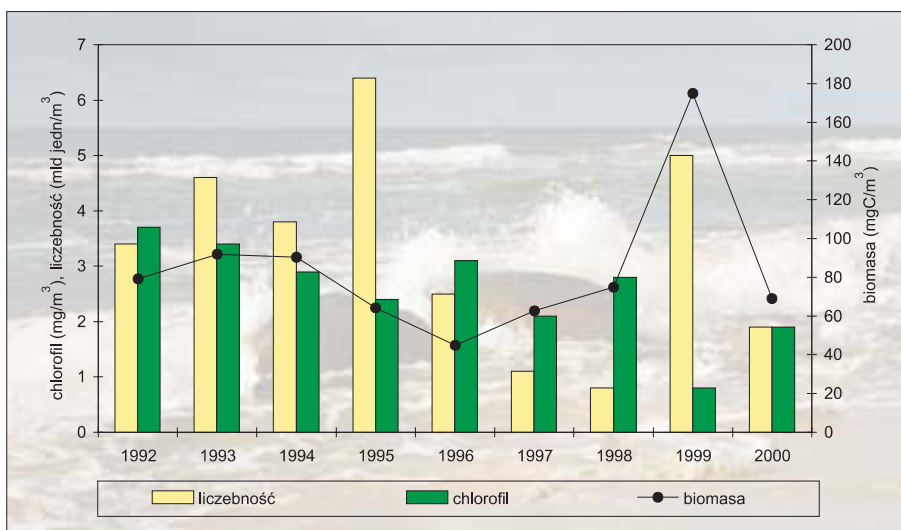
#### Fitoplankton

W 2001 roku w wodach otwartych południowego Bałtyku największe zróżnicowanie gatunkowe fitoplanktonu występowało, podobnie jak we wcześniejszych latach, w rejonie

Głębi Gdańskiej (stacja P 1). Zaobserwowano tu między innymi gatunki fitoplanktonu nie występujące w pozostałych rejonach: bruzdnice *Ampidinium crassum* i *A. sphenoides* oraz *Dinophysis acuta* i *D. rotundata*, a także sinice *Merismopedia warmingiana* i *Microcystis sp.* oraz zielenicę *Crucigenia tetrapedia*. Wystąpiły także organizmy będące wskaźnikami wód zeutrofizowanych: zielenice *Actinastrum hantzschii*, *Monoraphidium griffithii* i *Tetraedron triangulare* oraz sinica *Planktolyngba contorta*, jakkolwiek miały one niewielki udział w liczebności całego fitoplanktonu.

Głębia Gdańska charakteryzowała się także największą średnią biomasą fitoplanktonu (116 mg C/m<sup>3</sup>). W rejonie Głębi Gotlandzkiej wartość ta wynosiła 51, a w rejonie Głębi Bornholmskiej – 41 mg C/m<sup>3</sup>. W rejonie Głębi Bornholmskiej stwierdzono natomiast największą średnią liczebność fitoplanktonu (2,8 mld jedn./m<sup>3</sup>).

Zmiany w strukturze biomasy fitoplanktonu w ciągu 2001 roku miały podobny przebieg jak w latach wcześniejszych, chociaż wykazywały zróżnicowany charakter w poszczególnych rejonach południowego Bałtyku. W rejonie Głębi Gdańskiej w kwietniu grupą o największej biomasy były bruzdnice, w czerwcu i sierpniu – sinice, natomiast we wrześniu największą rolę odegrały kryptofity, a w listopadzie okrzemki. Były to typowe, charakterystyczne zmiany sezonowe.



Rys. 10.3.4. Wieloletnie zmiany liczebności i biomasy fitoplanktonu oraz stężenia chlorofilu „a” w wodach otwartych południowego Bałtyku w okresie od 1992 do 2000 roku. Źródło: PMS.

### Zooplankton

Podobnie jak w latach poprzednich w wodach otwartych południowego Bałtyku rozkład ilościowy mezozooplanktonu w 2001 roku był zróżnicowany, przy czym największą średnią roczną liczebność odnotowano w Głębi Gotlandzkiej, najniższą zaś w Głębi Gdańskiej.

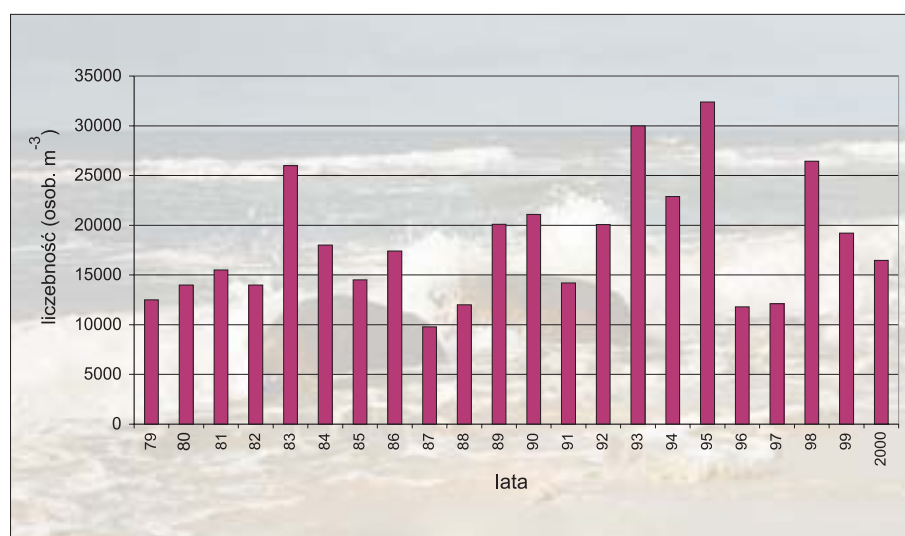
Udział procentowy w liczebności grup mezozooplanktonu na poszczególnych stacjach był podobny, co może świadczyć o podobnych warunkach środowiskowych panujących w całej strefie badań. Jakkolwiek, po okresowym spadku liczebności w latach 1997 i 1998 ponownie obserwuje się wzrost liczebności mezozooplanktonu w wodach polskiej strefy Bałtyku.

Skład charakterystyczny dla wód otwartych oraz głębi stanowią: widłonogi – *Pseudocalanus minutus elongatus*, wioślarki – *Bosmina coregoni maritima*, *Evadne nordmani* oraz wrotki z rodzaju *Synchaeta*. W strefie przybrzeżnej najważniejszymi przedstawicielami są widłonogi z podrzędu *Calanoida*.

obecność fauny dennej i jej zróżnicowanie były warunki panujące na styku osadów dennych i toni wodnej. Do tych wywierających największy wpływ na skład zespołów makrofauny dennej zaliczyć należy: charakter osadów dennych, dynamikę środowiska, warunki troficzne, zanieczyszczenia.

Największym stopniem zróżnicowania taksonomicznego odznaczały się zatoki południowego Bałtyku. W Zatoce Gdańskiej na mulistym dnie notowano występowanie średnio 3-14 gatunków. Na piaszczystym dnie Zatoki Pomorskiej stwierdzono średnio 2-12 gatunków makrofauny. Nieco mniejszym stopniem zróżnicowania odznaczały się stanowiska środkowego wybrzeża, gdzie średnia liczba stwierdzonych gatunków makrozoobentosu wynosiła odpowiednio: w rejonie Żarnowca 2-10, Ustki 1-2, Mielna 2-10 gatunków. Na wszystkich stanowiskach płytkowodnych notowano nieregularne wahania liczby gatunków, bez wyraźnej zarysowanej tendencji zmian długookresowych.

Najpowszechniejszymi gatunkami strefy przybrzeżnej południowego Bałtyku, występującymi przez cały okres ba-



Rys. 10.3.5. Wieloletnie zmiany liczebności (średnioroczne) mezozooplanktonu południowego Bałtyku. Źródło: PMS.

### Makrozoobentos

Skład makrozoobentosu w centralnych częściach głębi w roku 2001 był bardzo ubogi. W Głębi Gdańskiej i Bornholmskiej w skład fauny wchodziły głównie najbardziej odporne na deficyt tlenu wieloszczety *Harmothoe sarsi* i *Scoloplos armiger*. Inne gatunki pojawiały się sporadycznie. Dużo wyższym stopniem zróżnicowania gatunkowego odznaczała się stacja P140. Na stanowiskach głębokowodnych nie stwierdzono tendencji spadku, bądź wzrostu liczby gatunków.

Najczęściej notowanymi gatunkami makrozoobentosu w strefie dna głębokiego były wieloszczety *Harmothoe sarsi* i *Scoloplos armiger*. Dostyc powszechnie występował również małż *Macoma balthica*. Gatunkami obecnymi wyłącznie do połowy lat 80-tych były *Priapulus caudatus*, *Mysis relicta*, oraz małże: *Mytilus trossulus*, *Mya arenaria* i *Astarte borealis*. Gatunkami, które weszły w skład gatunkowy makrofauny dennej południowobałtyckich głębi na początku lat 90-tych były skorupiaki *Saduria entomon* i *Pontoporeia affinis*.

Stanowiska strefy przybrzeżnej odznaczały się znacznie wyższym stopniem bioróżnorodności. Czynnikiem limitującym

dań, były cztery gatunki małży: *Mytilus trossulus*, *Macoma balthica*, *Mya arenaria* i *Cardium glaucum*, skąposzczety *Oligochaeta*, gatunek wieloszczeta – *Nereis diversicolor*, ślimaki z rodzaju *Hydrobia* sp. i skorupiak *Diastylis rathkei*. Do gatunków, które notowano wyłącznie w latach 80-tych należały *Nemertini* i larwy *Insecta*. W latach 90-tych pojawiły się, poprzednio nie notowane: nowy gatunek wieloszczeta pochodzenia północnoamerykańskiego – *Marenzelleria viridis* oraz skorupiaki *Idotea granulosa*, *Jaera syei*, *Jaera ischioetosa* i *Crangon crangon*.

### Ichtiofauna

W składzie ichtiofauny polskich obszarów morskich obserwuje się w ostatnich latach zmiany wzajemnych stosunków ilościowych, powodowane drastyczną redukcją liczebności populacji dorsza wschodniego Bałtyku oraz stad śledzi w centralnym obszarze tego zbiornika. W Zatoce Puckiej nadal liczebność bytujących tam ryb słodkowodnych jest niska i ma ona związek z zakłóceniem naturalnych procesów rozrodu związanym z brakiem regeneracji tarlisk naturalnych, a także nadmierną eksploatacją.

W polskich wodach zasoby takich cennych gatunków ryb jak łosoś, troć, pstrąg tęczowy i sieja utrzymywane są dzięki systematycznemu zarybianiu narybkami wyhodowanymi w sztucznych warunkach.

Jednak w ostatnich latach w składzie ichtiofauny zauważyć można istotne, choć na małą skalę, zmiany mające niewątpliwie związek z poprawą warunków środowiska morskiego, będące skutkiem działania nowych oczyszczalni ścieków wybudowanych na polskim wybrzeżu. Wynikiem tego są spotykane coraz częściej w polskich połowach gatunki ryb od dawna nie obserwowane w tych wodach, takie jak parposz, makrela – *Scomber scombrus* Linné, certa – *Vimba vimba* (Linné), ciosa oraz włócznik – *Xiphias gladius* Linné, kurek szary – *Trigla gurnardus* Linné, witlinek – *Merlangius merlangus* (Linné) i sola – *Solea solea* (Linné). Ważny odnotowania – choć tylko na wodach Łotwy – jest fakt pojawienia się jednego osobnika jesiotra zachodniego – *Acipenser sturio* (Linné), gatunku nie spotykanego w polskich wodach Bałtyku od przeszło czterdziestu lat (ostatni w 1951 roku) i prawnie chronionego. W polskich wodach za zagrożone uznano także łososa, ciosę oraz minoga rzeczno-głębokowodny.

Nowy gatunek ryby w polskich obszarach morskich – babka bycza, przybysz z rejonu czarnomorskiego odznacza się wielką ekspansją. Jej zaaklimatyzowanie się w polskich wodach mogło nastąpić w wyniku natrafienia na wolną niszę pokarmową powstałą w wyniku zmian zachodzących w biocenozie. Ponieważ babka odżywia się m.in. ikrą śledzia, dalsze zwiększenie jej populacji i rozprzestrzenienie może stanowić zagrożenie dla zasobów śledzia w Zatoce Gdańskiej. Innym gatunkiem o dużej ekspansji u polskich wybrzeży jest ciernik.

### Ssaki morskie

Fauna ssaków morskich Morza Bałtyckiego jest stosunkowo mało zróżnicowana, bowiem do stałych jej mieszkańców należą jedynie cztery gatunki, w tym trzy gatunki fok oraz jeden niewielki waleń: morświn. Ponadto sporadycznie pojawia się tu szereg innych gatunków waleni.

Foka szara *Halichoerus grypus* (największa foka bałtycka), najczęściej odwiedzająca polskie brzegi Bałtyku, występuje od północnych krańców Morza Botnickiego po Zatokę Ryską. Obecnie w rejonie Zatoki Gdańskiej pojawiają się głównie osobniki młode, przybywające przede wszystkim z Estonii. W latach 1991-1996 w tym rejonie zanotowano łącznie 34 osobniki foki szarej.

W latach 1991-1996 zanotowano obecność w Zatoce Gdańskiej jedynie dwóch osobników Foki pospolitej *Phoca vitulina* oraz Foki obrączkowanej *Pusa hispida* (najmniejsza bałtycka foka) zamieszkującej głównie Morze Botnickie oraz Zatokę Fińską. W latach 1991-1996 wzdłuż polskich wybrzeży Bałtyku fokę obrączkowaną notowano 9-krotnie, z czego 5 obserwacji dotyczy Słowińskiego Parku Narodowego, zaś reszta – Zatoki Puckiej i południowej części Zatoki Gdańskiej.

Morświn *Phocaena phocaena* jest stałym mieszkańcem Morza Bałtyckiego. Do lat trzydziestych XX wieku był on też pospolitym mieszkańcem Zatoki Puckiej. W latach 50-tych i 70-tych morświn stał się jednak bardzo rzadkim bywalcem w polskich wodach Bałtyku i został objęty całkowitą ochroną gatunkową, dzięki czemu w ostatnim cza-

sie pojawia się w Zatoce Puckiej coraz liczniej. W latach 1990-1996 w polskiej części Morza Bałtyckiego zanotowano 51 morświnów, czyli średnio ponad siedem osobników rocznie, przy czym ich liczebność dość wyraźnie wzrosła w drugiej połowie lat 90-tych.

Sporadycznie Bałtyk odwiedzany jest też przez inne gatunki waleni. Do stosunkowo często spotykanych w Morzu Bałtyckim waleni należy delfin białonosy *Lagenorhynchus albirostris* i delfin butlonosy *Tursiops truncatus*, oraz orka *Orcinus orca*. W ostatnim czasie obecność pierwszego z nich została stwierdzona w Zatoce Gdańskiej dwukrotnie (w latach 1994 i 1995). W ostatnim ćwierćwieczu dwukrotnie w Zatoce Puckiej (w latach 1979 i 1986) zanotowano też obecność białuchy, czyli okazałego wala białego *Delphinapterus leucas*.

Jeszcze na początku XX wieku Morze Bałtyckie odwiedzane było przez szereg innych gatunków ssaków morskich, w tym sześć gatunków okazałych waleni, z których najczęściej obserwowano finwala *Balaenoptera physalus*, płetwala karłowatego *Balaenoptera rostrata* oraz humbaka, zwanego też długopłetwcem *Megaptera novaeangliae*.

Aktualnie wszystkie ssaki morskie żyjące lub okresowo pojawiające się w Morzu Bałtyckim podlegają pełnej ochronie gatunkowej. W wykazie chronionych gatunków ssaków umieszczono jednak wyłącznie cztery gatunki stale mieszkające w Morzu Bałtyckim, tj. trzy gatunki fok oraz morświna. Ochrona ta gwarantuje powolną odbudowę pierwotnej fauny ssaków bałtyckich.

### Roślinność denna

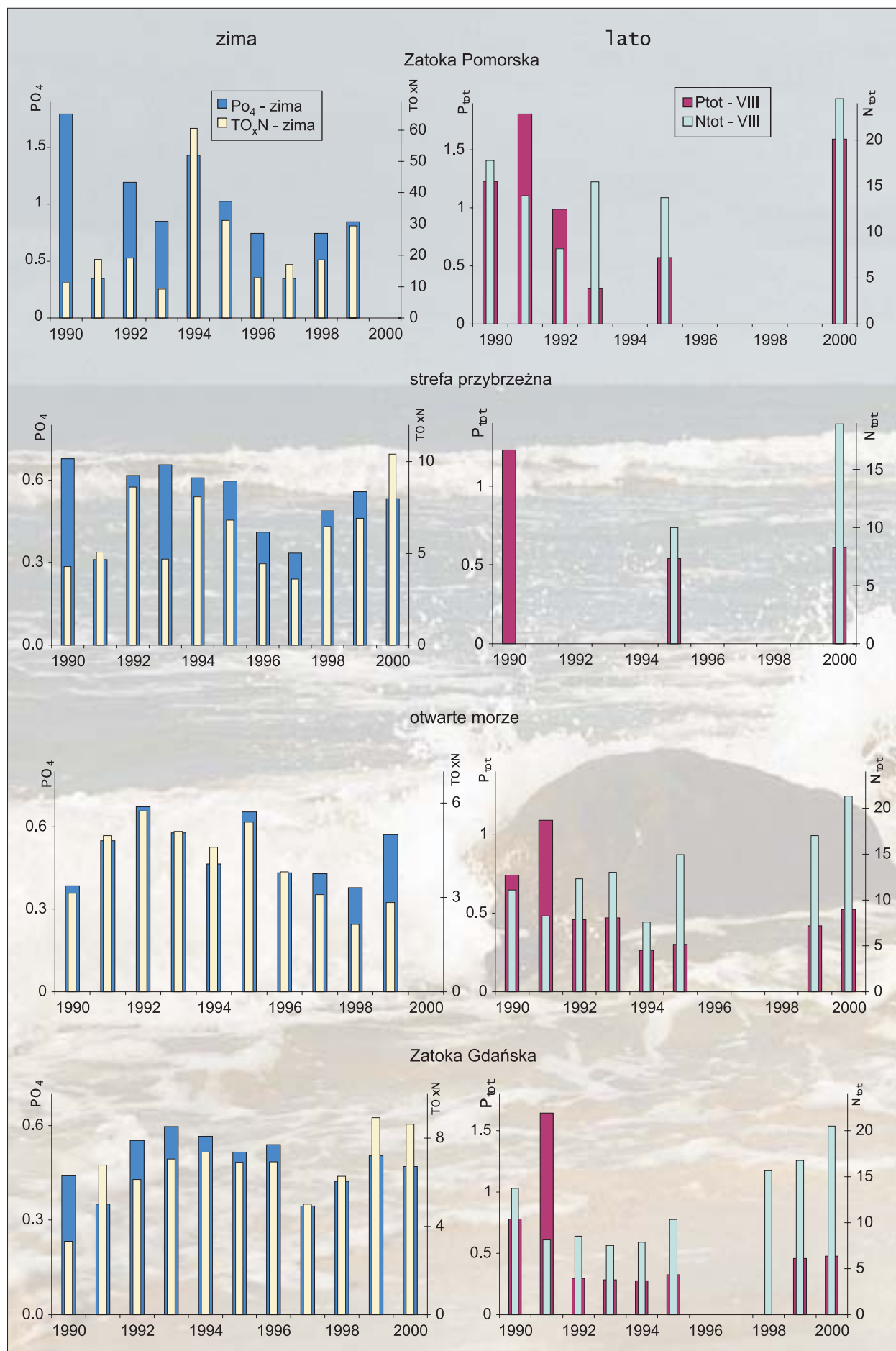
W lipcu i wrześniu 2001 roku w rejonie stacji KO na Zatoce Gdańskiej stwierdzono występowanie 19 gatunków roślin, spośród których do plechowców – *Thallophyta* należało 18, a tylko jeden do roślin nasiennych – *Spermatophyta*. Glony były najliczniej reprezentowane przez krasnorosty – *Bangiophyceae* i zielenice – *Chlorophyceae*. Wśród brunatnic – *Fucophyceae* stwierdzono występowanie tylko 4 gatunków. Jak pokazały wyniki badań skład jakościowy fitobentosu w tym rejonie nie uległ wyraźnym zmianom w stosunku do lat 1993-1997.

Omawiany rejon Zatoki Gdańskiej charakteryzuje się znacznie większą różnorodnością gatunkową glonów, niż Zatoka Pucka, jakkolwiek w rejonie stacji KO masowo występują także nitkowate brunatnice z rodzajów *Pilayella* i *Ectocarpus* oraz znaczne ilości zielenic z rodzaju *Enteromorpha*.

## 10.4. Stężenia wybranych zanieczyszczeń chemicznych w latach 1990, 1996-2001

### Substancje biogenne

Jednym z najważniejszych wskaźników zmian stanu środowiska, charakteryzującym proces eutrofizacji są zmiany stężenia soli biogenicznych, limitujących rozwój fitoplanktonu. Stężenia mineralnych połączeń azotu (oznaczone symbolem TOxN) w warstwie powierzchniowej morza (0-5 m w strefie przybrzeżnej i 0-10 m w strefie wód otwartych) i fosforu, głównie w formie rozpuszczonych fosforanów, oznaczane są w miesiącach zimowych, gdy aktywność biologiczna jest niska. Natomiast w miesiącach letnich (sier-



Rys. 10.4.1. Zimowe stężenia mineralnych soli azotu i fosforu w warstwie powierzchniowej polskich obszarów morskich w latach 1990-2000. Źródło: PMS.



pień) ocenia się wielkość stężeń całkowitego azotu i fosforu, które są uznawane za wskaźnik wyprodukowanej materii organicznej. Na rysunku 10.4.1. przedstawiono zmiany zimowych (zima) stężeń mineralnych soli azotu i fosforanów i odpowiednie stężenia form całkowitych w sierpniu (lato) w warstwie powierzchniowej poszczególnych regionów polskiego sektora Bałtyku południowego.

Badania zmian stężeń biogenów w wodach Zalewu Szczecińskiego, Zatoki Puckiej i Zalewu Wiślanego w ramach programu monitoringu HELCOM COMBINE rozpoczęły się w roku 1998. Obserwuje się znaczne obciążenie wymienionych akwenów dopływem soli odżywczych, szczególnie w porównaniu ze strefą wód środkowego wybrzeża i z otwartym morzem. Cykl sezonowych zmian stężeń soli biogenicznych przebiega w tych akwenach nieco odmiennie – szczyt zimowej akumulacji przypada raczej na przełom roku, a nie jak w morzu otwartym i strefie przybrzeżnej środkowego wybrzeża na przełom lutego i marca, w związku z tym produkcja biologiczna także zaczyna się wcześniej. Prawdopodobnie wynika to z obecności glonów nitkowatych, charakteryzujących się ogromnym zapotrzebowaniem na mineralne składniki pokarmowe, których nagminny rozrost notuje się zwłaszcza w Zatoce Puckiej. Obserwację tę wydaje się potwierdzać analiza stężeń fosforu i azotu całkowitego w wodach Zatoki Puckiej, które w latach 2000-2001 utrzymują się na prawie niezmiennym poziomie przez cały rok.

## Metale

### Osady dennie

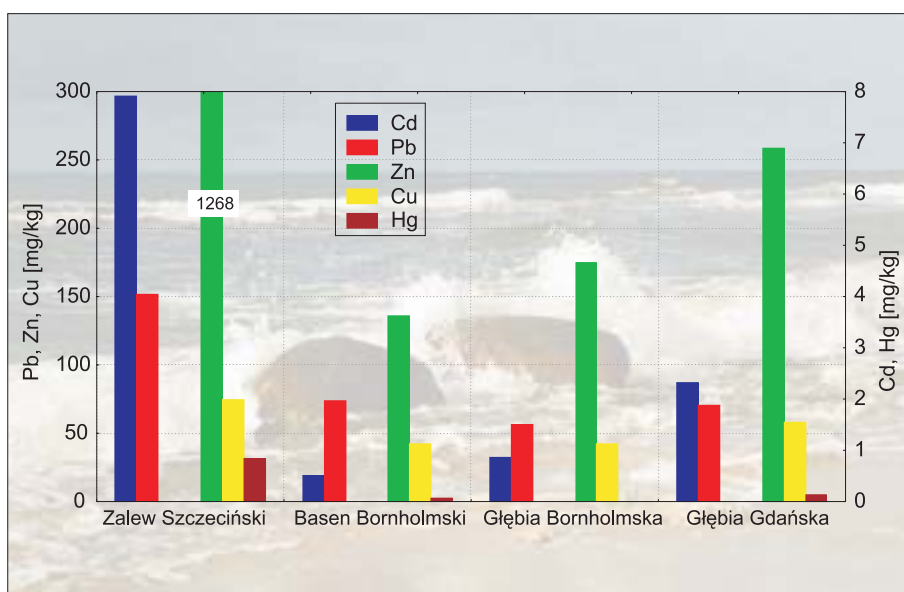
Oznaczenia metali w osadach w ramach monitoringu Bałtyku prowadzi się w cyklach pięcioletnich od 1998 roku. Dotychczas wykonano badania w pierwszym cyklu pomiarowym (rok 1998). Na ich podstawie można ocenić wpływ dopływu metali największymi polskimi rzekami – Wisłą i Odrą oraz określić najważniejsze rejony sedymentacji osadów i akumulacji metali.

Aktualne wyniki wskazują, że zawartość metali w warstwie powierzchniowej osadów Zalewu Szczecińskiego jest wielokrotnie wyższa niż w pozostałej części polskiej strefy południowego Bałtyku, ze względu na bardzo duży udział Odry i działanie zalewu jako osadnika. Na rysunku 12.4.2. przedstawiono zawartości metali w powierzchniowych warstwach (0-2 cm) osadów z kilku rejonów Bałtyku.

W przypadku Zatoki Gdańskiej, falowanie i prądy występujące w zatoce oraz ukształtowanie dna powodują przeniesienie osadów do jej najgłębszych rejonów, co sprawia, że Głębia Gdańska stanowi końcowy odbiornik ładunku metali ciężkich. Porównanie aktualnych wyników z badaniami osadów prowadzonych wcześniej przez innych autorów, wskazuje, że w osadach na stacji P1 (Głębia Gdańska) występowało najwięcej cynku, ołowiu, chromu i miedzi, podczas gdy jednocześnie nastąpiło zmniejszenie się zawartości ołowiu i niklu.

Tabela 10.4.1. Zawartość metali ciężkich (mg/kg) w suchej masie osadów dennych Głębi Gdańskiej (stacja P1). Źródło: PMS.

Warstwa [cm]	Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	Ni	Hg
0-2	259	58,36	2,33	70,60	92,4	46,0	0,141
2-4	248	58,96	2,17	73,77	107,6	47,4	0,144
4-6	247	57,26	1,91	70,92	105,2	47,5	0,144
6-8	242	58,29	1,96	76,89	107,4	54,6	0,150
8-10	237	57,14	1,85	75,45	110,8	48,4	0,142



Rys. 10.4.2. Zawartość metali w powierzchniowej warstwie osadów dennych. Źródło: PMS.

### Ryby i organizmy denne

Z zestawienia wynika, że zmiany średniej zawartości cynku, ołowiu i rtęci w śledziach w latach 1990-2001 są niewielkie (mieszczą się w zakresie błędu pomiaru) i nie wskazują na istotne zmiany w środowisku. W przypadku stężenia miedzi w wątrobie śledzi obserwuje się słabą tendencję spadkową. Niepokojący wydaje się natomiast wzrost stężenia kadmu, który w połączeniu z jego zawartością w osadach, może wskazywać na wzrost jego stężenia w wodzie morskiej, spowodowany zwiększonym dopływem tego metalu.

w procesach biochemicznych oraz ich akumulacji w organizmach morskich.

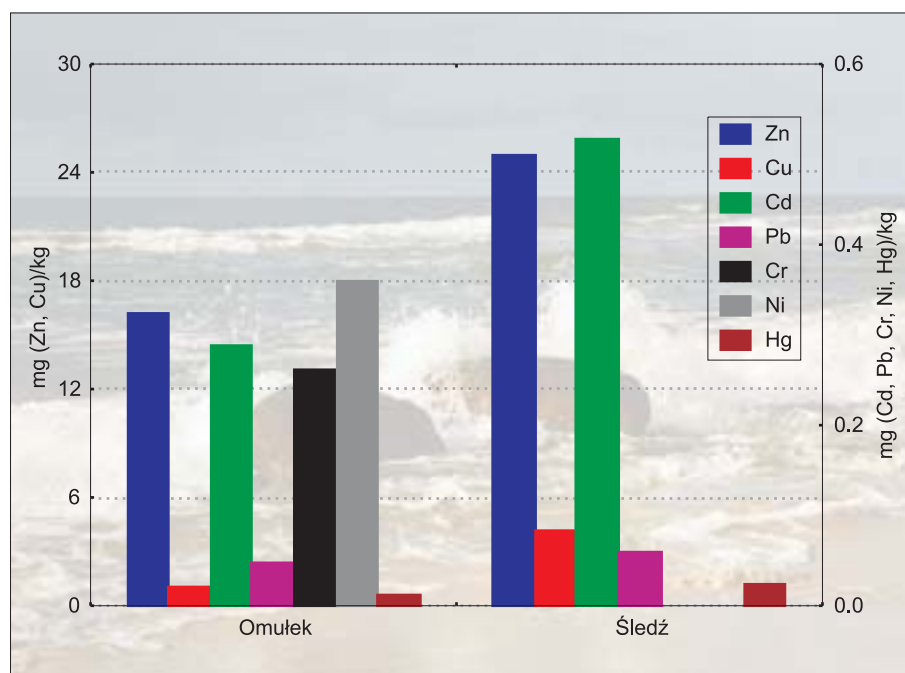
### Węglowodory chlorowane

#### Ryby i organizmy denne

Na podstawie badań przeprowadzonych w latach 1998-2001 zauważa się niewielki spadek zawartości węglowodorów chlorowanych w mięśniach śledzia bałtyckiego (*Clupea harengus*). Różnice w zawartości izomerów HCH, HCB oraz DDT i jego pochodnych były bardzo niewielkie. Nieco większe różnice występowa-

Tabela 10.4.2. Średnie zawartości cynku, miedzi, kadmu i ołowiu w wątrobach śledzi oraz rtęci w ich tkance mięśniowej (mg/kg) w latach 1998-2001 oraz zakres stężeń w rybach z 1990 roku. Źródło: PMS.

	Zn	Cu	Cd	Pb	Hg
<b>1990</b>	22,47-53,27	3,85-20,06	0,49-3,35	0,00-1,61	0,007-0,057
<b>1998</b>	23,10	4,70	0,534	0,057	0,026
<b>1999</b>	21,70	2,11	0,472	0,065	-
<b>2000</b>	24,96	4,12	0,517	0,058	0,024
<b>2001</b>	24,40	4,00	0,579	0,059	0,024



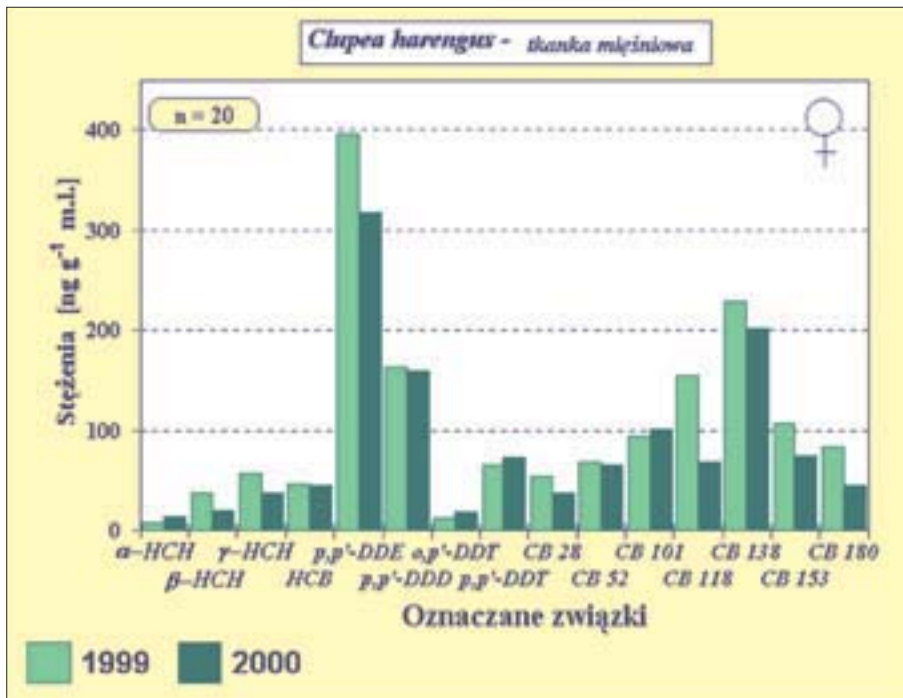
Rys. 10.4.3. Porównanie zawartości metali ciężkich w organizmach morskich (omulek – materiał pozyskany w okolicy Sopotu, śledź – okolicy Helu). Źródło: PMS.

Na rysunku 10.4.3. przedstawiono stężenia cynku, miedzi, kadmu, ołowiu, chromu, niklu i rtęci w zhomogenizowanej próbce 106 sztuk omułka (*Mytilus trossulus*), zebranych w okolicy Sopotu. Małże akumulują bardzo efektywnie metale ciężkie i w związku z tym są powszechnie używane jako bioindykatory zanieczyszczeń metalami. Stężenia metali ciężkich w wodzie morskiej zwykle zawierają się w granicach od ułamków do kilku  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , natomiast ich zawartość w tkance omułka jest 1000-krotnie wyższa. Wskazuje to na istotny udział metali ciężkich

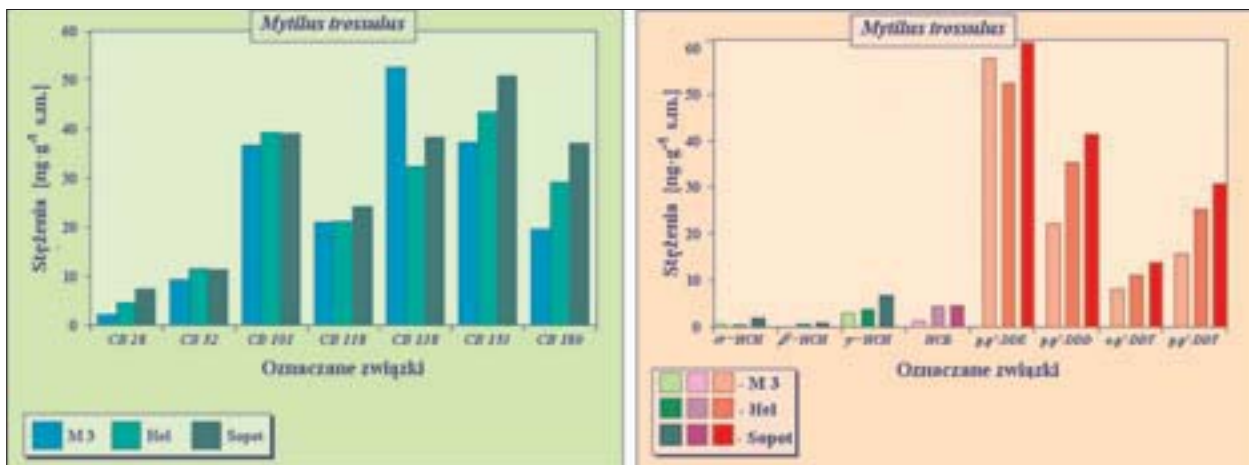
ły w przypadku polichlorowanych bifenili, szczególnie CB 138 i CB 153.

Uzyskane wyniki badań generalnie mieszczą się w zakresie wartości dotychczas podawanych dla tkanek śledzia z polskiej strefy ekonomicznej oraz są porównywalne z wartościami zmierzonymi przez inne kraje.

Porównując zawartości węglowodorów chlorowanych w tkankach miękkich małży z gatunku *Mytilus trossulus* pozyskanych ze stacji M3 (na wysokości Mielna), z okolic Sopotu oraz Helu, stwierdza się występowanie najwięk-



Rys. 10.4.4. Porównanie średnich stężeń węglowodorów chlorowanych w tkance mięśniowej samic *C. harengus* w latach 1999 i 2000. Źródło: PMŚ.



Rys. 10.4.5. Stężenia węglowodorów chlorowanych w tkance miękkiej *M. trossulus* w różnych rejonach strefy przybrzeżnej. Źródło: PMŚ.

szych stężeń badanych związków u przedstawicieli tego gatunku z rejonu Sopotu (rys. 10.4.5.). Większa zawartość analizowanych związków w tkance omułka z okolic Sopotu może być wynikiem oddziaływania na środowisko pobliskiej aglomeracji miejskiej.

#### Osady denne

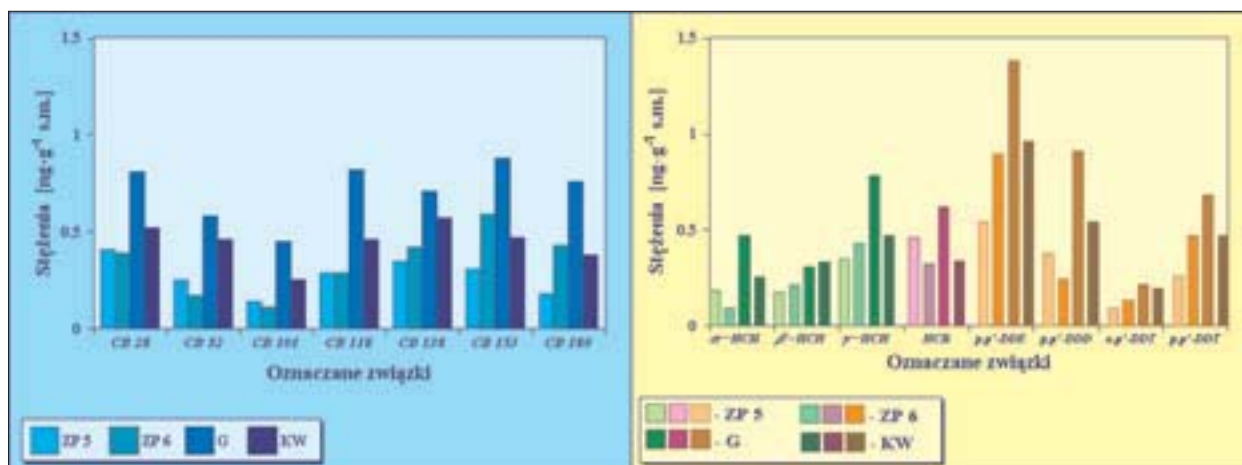
Z porównania wyników badań zawartości polichlorowanych bifenyli oraz DDT i jego metabolitów w powierzchniowej warstwie osadów dennych z Zalewu Wiślanego na stacji KW (ujście Szkarpały) i G (ujście Nogatu), z wielkością stężeń badanych węglowodorów chlorowanych w osadach z Zatoki Puckiej (ZP5, ZP6) wynika, że analizowane związki w większych stężeniach występowały w powierzchniowych osadach z Zalewu Wiślanego (szczególnie przy ujściu Szkarpały i Nogatu) niż w Zatoce Puckiej. Różnice można tłumaczyć m.in. różną zawartością ilości materii organicznej w analizowanych osadach, ponieważ węglowodory chloroorganiczne należą do związków łatwiej akumulujących się w osadach o większej zawartości ma-

terii organicznej. Wielkość stężeń w osadach badanych w 2001 roku była mniejsza w porównaniu z rokiem 1994. Wyraźnie zwiększyła się natomiast ilość heksachlorobenzenu oraz izomerów HCH (głównie lindanu). W powierzchniowej warstwie osadów pobranych we wschodniej części Zalewu Wiślanego (stacja KW) stwierdzono, w porównaniu z rokiem 1994, wzrost stężeń zarówno HCB i izomerów HCH jak i polichlorowanych bifenyli.

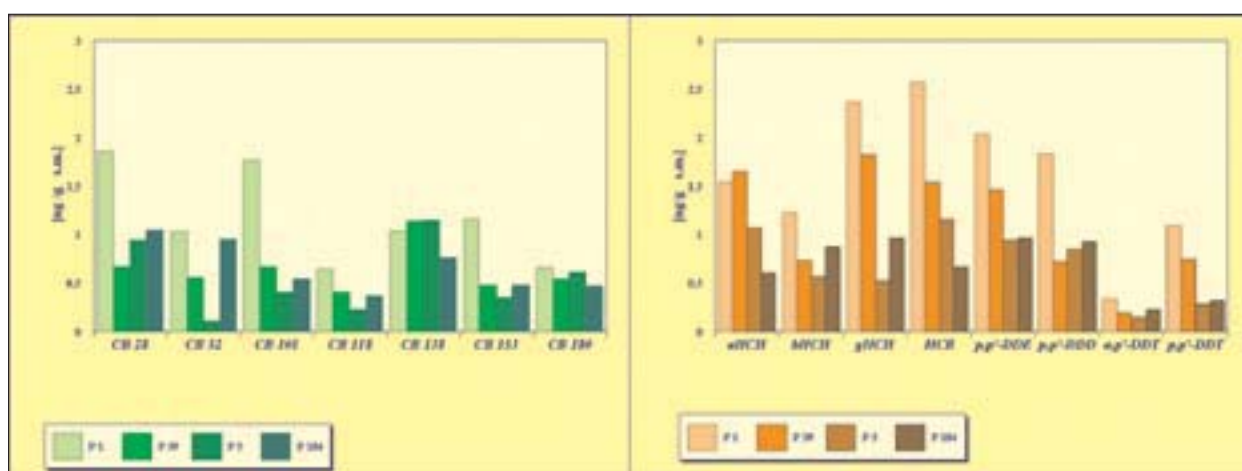
Poza strefą przybrzeżną, badaniami objęto również osady denne pobrane w rejonie stacji głębokowodnych, gdzie na podstawie wyników badań można stwierdzić, że zawartość węglowodorów chlorowanych (głównie DDT i jego metabolitów) w osadach dennych ulega stopniowemu zmniejszeniu.

#### Skażenia radioaktywne

Formowanie się rozkładów przestrzenno-czasowych stężeń <sup>137</sup>Cs i <sup>90</sup>Sr w wodach południowego Bałtyku uzależnione jest od intensywności radioaktywnego opadu atmosferycznego, dopływu wód rzecznych i wymiany wód



Rys. 10.4.6. Porównanie stężeń węglowodorów chlorowanych w powierzchniowych osadach dennych z Zatoki Puckiej i Zalewu Wiślanego. Źródło: PMS.



Rys. 10.4.7. Stężenia węglowodorów chlorowanych w powierzchniowej warstwie osadów dennych ze stacji P 1 (Głębia Gdańska), P 39, P 5 i P104. Źródło: PMS.

poprzez Cieśniny Duńskie. Zmiany średnich stężeń  $^{137}\text{Cs}$  po awarii w Czarnobylu pokazuje wykres 10.4.8. W roku 2000 średnie stężenie  $^{137}\text{Cs}$  osiągnęło najniższą wartość  $59,4 \text{ Bq/m}^3$  w okresie 1986-2000, przy czym spadek ten związany jest zarówno z procesem rozpadu promieniotwórczego, jak i napływem mniej skażonych wód rzecznych. Tym niemniej koncentracja  $^{137}\text{Cs}$  w wodzie bałtyckiej w 2000 roku w dalszym ciągu wielokrotnie przewyższała jego stężenie sprzed awarii w Czarnobylu.

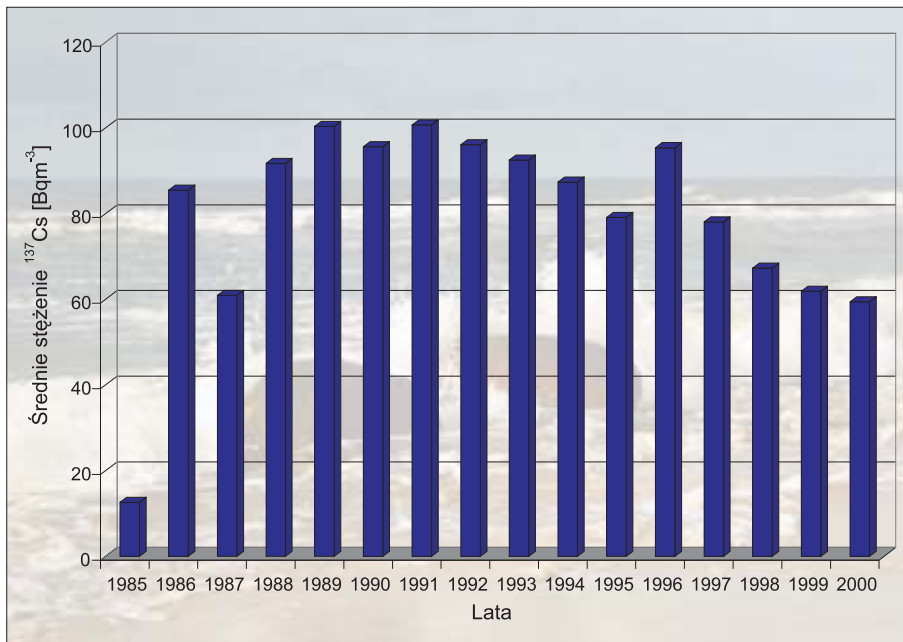
Rozmieszczenie  $^{90}\text{Sr}$  w poszczególnych akwenach Bałtyku kształtowało się na niskim, stałym poziomie sprzed awarii w Czarnobylu porównywalnym z poziomem koncentracji  $^{90}\text{Sr}$  w 1985 roku ( $16,7 \text{ Bq/m}^3$ ).

W roku 2001 utrzymywała się spadkowa tendencja stężeń badanych radionuklidów, przy czym spadek aktywności  $^{137}\text{Cs}$  związany jest zarówno z procesem rozpadu promieniotwórczego, jak i korzystnym wpływem czynników rozpraszających np. napływem mniej skażonych wód rzecznych.

Oprócz badań radioaktywności wody, w ramach programu MORS, wykonuje się także pomiary zawartości radionuklidów w osadach dennych. W roku 2001 przeprowadzono badania następujących radionuklidów: potasu-40, radu-226, cezu-137, plutonu-239,240 oraz plutonu-238 w osadach dennych pobranych w strefie południowej wód przybrzeżnych Bałtyku,

Tabela 10.4.3. Średnie stężenie  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ , i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach południowego Bałtyku w latach 1985-2000 [ $\text{Bq/m}^3$ ]. Źródło: PMS.

Rok	Cs-137	Cs-134	Sr-90
1985	12,6	**	16,7
1990	95,6	15,1	17,9
1991	100,7	9,5	14,2
1992	96,1	6,1	15,3
1993	92,5	4,2	17,9
1994	87,4	<2	16,9
1995	79,1	<2	15,9
1996	95,4	<2	15,6
1997	78,1	<2	14,2
1998	67,3	<2	13,8
1999	61,9	<2	8,6
2000	59,4	<2	8,3



Rys. 10.4.8. Zmiany średnich stężeń <sup>137</sup>Cs w wodach południowego Bałtyku, w latach 1985-2000. Źródło: PMS.

Tabela 10.4.4. Zakres stężeń wybranych radionuklidów w osadach dennych strefy południowej wód przybrzeżnych Bałtyku w 2001 r. [Bq/kg s.m.] Źródło: PMS.

Naturalne		Sztuczne		
Potas-40	Rad-226	Cez-137	Pluton-239, 240	Pluton-238
701 – 1080	26,2 – 47,8	91,6 – 2254,0	1,03 – 3,10	0,04 – 0,14

w profilu 0-10 cm, w warstwach o grubości 1 i 2 cm. Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 10.4.4.

Przeprowadzone badania wykazały, że spadek stężenia Cs-137 w wodzie jest nieco szybszy niż w osadach dennych, w których jest on trwale związany. Nuklid ten jest kumulowany w organizmach wodnych, które ulegając biodegradacji wzbogacają osady denne jednocześnie w substancję organiczną i związany z nią Cs-137.

## 10.5. Wnioski

Wyniki badań polskiej strefy Morza Bałtyckiego wskazują na utrzymującą się wysoką degradację środowiska morskiego. Poziom soli biogenicznych w wodzie morskiej jest wysoki lecz stabilny. Najbardziej niekorzystna sytuacja występuje w zalewach i zatokach, gdzie nadmierne obciążenie solami azotu i fosforu w połączeniu ze spadkiem natlenienia powoduje zagrożenie dla ekosystemów. Deficyty tlenowe występują także od lat w głębiach Bornholmskiej, Gotlandzkiej i Gdańskiej. Obserwowane stężenie tlenu oscylujące między 0,5 i 2,0 cm<sup>3</sup>/dm<sup>3</sup> ogranicza możliwość zasiedlania dna przez makrofaunę. Zjawisko to sprzyja występowaniu okresowo zakwitów glonów. W niektórych rejonach (Głębia Gdańska) bytowanie i rozwój nawet najbardziej odpornych na deficyty tlenowe gatunków makrozoobentosu jest niemożliwy. Poziom innych podstawowych zanieczyszczeń oraz substancji radioaktywnych od kilku lat wykazuje niewielkie odchylenia. Obserwuje się natomiast pozytywne zmiany średnich stężeń metali w organizmach wodnych.

Ładunki zanieczyszczeń wprowadzane do Bałtyku rzekami zależą od rocznego odpływu wód. Ze względu

na znaczny wzrost spływu rocznego w latach 1996-2000 ładunki biogenów (zwłaszcza azotu) były znaczne, ale w 2001 roku uległy zmniejszeniu do poziomu najniższego w ciągu ostatnich pięciu lat. Pozytywnym zjawiskiem jest zmniejszenie w latach 1996-2000 wielkości ładunków fosforanów o 21,1% i fosforu całkowitego o 9,8% odprowadzanych do Bałtyku z wodami Odry.

W przypadku metali ciężkich, chlorków i siarczanów stwierdzono spadek ładunków zrzuconych do Bałtyku w stosunku do roku 1990 w zasadzie dla wszystkich wód rzecznych, Wisły, Odry i rzek Przymorza.

Zauważalnym miernikiem poprawy jakości środowiska morskiego Bałtyku są spotykane coraz częściej w polskich połowach gatunki ryb od dawna nie obserwowane w polskich wodach, takie jak parposz, makrela, certa, ciosa oraz włócznik.

Na skutek uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej w miejscowościach nadmorskich, odprowadzających ścieki bezpośrednio do Bałtyku, poprawił się stan sanitarny polskich plaż i kąpielisk. W 2000 i 2001 roku na wybrzeżu środkowym i zachodnim czynne były wszystkie kąpieliska.

Wyniki pomiarów i badań realizowane w ramach monitoringu Bałtyku w zakresie programu COMBINE stanowią z jednej strony wykonanie zobowiązań Polski określonych w Konwencji Helsińskiej, a z drugiej pozwalają na obiektywną i naukowo udokumentowaną ocenę poprawy stanu jakości środowiska morskiego Bałtyku.

Współpraca z państwami nadbałtyckimi ukierunkowana na ochronę wód Bałtyku przed zanieczyszczeniem, ochronę zasobów ryb i różnorodności biologicznej w zlewni Bałtyku została wymieniona jako jedno z zadań preferencyjnych w II Polityce Ekologicznej Państwa.

# Wody podziemne



## 11. WODY PODZIEMNE

*Hanna Kasprowicz, Bogusław Kazimierski, Tadeusz Hordejuk*

### 11.1. Informacje ogólne

Specyfiką obszaru Polski, w odróżnieniu od większości państw naszego kontynentu, jest fakt występowania na blisko 80% powierzchni kraju poziomów wodonośnych mających charakter użytkowy tj. spełniających określone kryteria ilości i jakości wód, z których można pobierać wodę w sposób trwały. Zróżnicowanie występowania wód podziemnych uwarunkowane jest pasmowym, równoleżnikowym charakterem kształtowania się stosunków fizjograficznych – przenoszących się na budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne. Pasma Sudetów i Karpat, znajdujące się na południowych granicach kraju, przechodzą w pasma pogórzy i obniżen przedgórskich. Dalej ku północy rozciąga się pas wyżyn i dalej nizin środkowopolskich. Oddzielnymi pasmami na północy są strefy pojezierzy: pomorskiego i mazurskiego oraz strefa wybrzeża (Kazimierski & Sadurski, 2002).

**W pasie gór, pogórzy i wyżyn** wody podziemne występują głównie w ośrodkach skalnych szczelinowatych, szczelinowo-porowych i szczelinowo-krasowych głównie mezozoicznych i kenozoicznych, rzadziej paleozoicznych. Systemy spękań, dyslokacji tektonicznych i nieciągłości tworzą skomplikowane i bardzo niejednorodne systemy wodonośne, zwykle o niewielkiej zasobności w wodę. Największą część Karpat zajmują utwory fliszu. Cechą charakterystyczną tego rejonu jest współwystępowanie na niewielkich głębokościach wód zwykłych – słodkich z wodami mineralnymi i termalnymi często leczniczymi. Jedynie w dolinach rzek wody podziemne związane są z piaszczysto-żwirowymi czwartorzędowymi aluwiami, stanowiącymi warstwę o dużej przewodności i zasobach wodnych.

**Strefa wyżyn środkowopolskich** wyróżnia się małą miąższością warstw wodonośnych czwartorzędowych, wykształconych w utworach porowych pochodzenia wodno-lodowcowego lub lodowcowego. Już na nieznacznym głębokościach pojawiają się skały lite mezozoiku, rzadziej paleozoiku – tworzące ośrodek szczelinowy, szczelinowo-porowy. Sytuacja taka jest charakterystyczna dla obszaru Gór Świętokrzyskich i Górnego Śląska. Następną cechą tego obszaru jest występowanie w strefie przypowierzchniowej wód zawieszonych lub warstw o zasięgu lokalnym i własnym reżimie wodnym nie reprezentatywnym dla tego obszaru, istniejących ponad głównymi użytkowymi poziomami wodonośnymi.

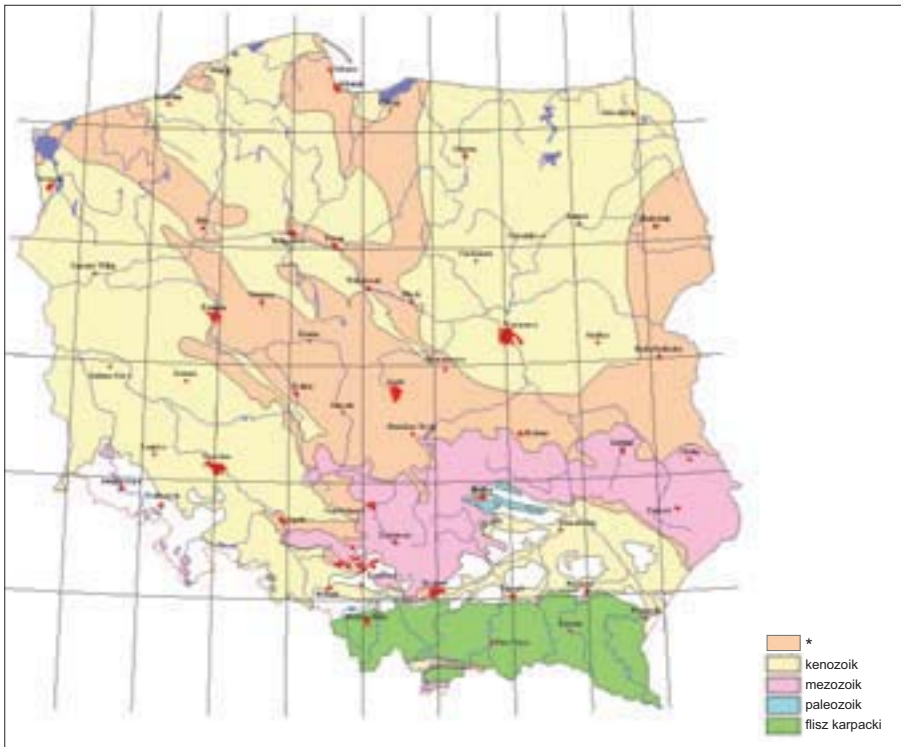
**Niziny środkowopolskie** są miejscem występowania rozległych struktur wodonośnych typu basenów lub niecek, w których dominują osady porowe kenozoiku głównie czwartorzędu – w strukturach typu dolin rzecznych, pradolin i sandrów oraz w rozległych zbiornikach trzeciorzędowych wypełnionych piaskami drobnoziarnistymi z glaukonitem i pyłem węgla brunatnego. Lokalnie płytko występują osady górnego mezozoiku zawierające wody słonawe lub słone nie nadające się do zaopatrzenia w wodę pitną.

**W pasie pojezierzy** użytkowe znaczenie mają warstwy wodonośne czwartorzędu i trzeciorzędowe, a tylko lokalnie kredy i jury w obrębie antyklinorium pomorskiego. W seriach czwartorzędowych struktury wodonośne występują w formie poziomów międzymorenowych, pogrzebanych dolin lub serii sandrowych.

**Strefa wybrzeża** pod względem budowy geologicznej jest kontynuacją strefy pojeziernej, wyróżnia się jednak występowaniem granicy dwóch środowisk hydrogeochemicznych jaką jest rozmyta wskutek dyspersji powierzchnia rozdziału wód zwykłych – słodkich i słonych – pochodzenia morskiego. Klin wód słonych zajmuje miejsce przy spągu warstw wodonośnych w pasie nizin nadmorskich oraz w ujściowych partiach dolin rzek, wkracza w głąb lądu powodując zasolenie zasobów wód podziemnych. Dodatkowym zagrożeniem na wybrzeżu jest ascenzja słonych wód z głębokiego, mezozoicznego podłoża.

Zasięgi występowania użytkowych poziomów wodonośnych, z uwzględnieniem ich stratygrafii, przedstawiono na rys. 11.1.1.

Największe rozprzestrzenienie i zasięg mają wodonośne poziomy występujące w utworach kenozoicznych. Struktury czwartorzędowe obejmują około 70% powierzchni kraju (cały obszar Polski północnej, centralnej i południowo-zachodniej za wyjątkiem Sudetów) tworząc zwykle ciągłe poziomy wodonośne o miąższościach przekraczających lokalnie 100 metrów. Wodonośne struktury trzeciorzędowe, często typu niecek, zajmują nieznacznie mniejszy obszar i w ich skład wchodzi najczęściej utwory oligocenu i miocenu. Wodonośne utwory mezozoiku związane są ze strefą synklinorium środkowopolskiego, obszarem wyżyn środkowopolskich i Gór Świętokrzyskich oraz wschodnich granic Polski. Największe znaczenie i zasięg mają utwory kredy, stanowiące na znacznych obszarach główne piętro wodonośne oraz triasu – głównie w rejonie śląsko-krakowskim. Wodonośne utwory paleozoiku i starsze związane są przede wszystkim z obszarem Gór Świętokrzyskich i Sudetów; zajmują niewielkie powierzchnie i posiadają niewielkie zasoby. Odrębną strefą występowania wód jest obszar fliszu karpackiego, zajmujący centralną część Polski południowej (niespełna 5% powierzchni kraju).



Rys. 11.1.1. Zasięgi głównych użytkowych poziomów wodonośnych na obszarze Polski. Źródło: Atlas Hydrogeologiczny Polski.

\* obszar jednoczesnego występowania użytkowych poziomów wodonośnych w kenozoiku i mezozoiku.

## 11.2. Zasoby i pobór wód podziemnych

Wielkość zasobów wód podziemnych określana jest poprzez dane o zasobach odnawialnych<sup>1</sup>, dyspozycyjnych<sup>2</sup> i eksploatacyjnych. Łącznie zasoby odnawialne wód podziemnych obszaru Polski są szacowane na  $18 \pm 3 \text{ km}^3/\text{rok}$ . Brak jednak dokładnej oceny zasobów dyspozycyjnych dla obszaru całego kraju. Ich wysokość wstępnie można oszacować na około  $13,7 \text{ km}^3/\text{rok}$ . Znaczenie praktyczne mają wartości zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych, ponieważ ich wysokość, ustalana w dokumentacjach hydrogeologicznych zatwierdzanych przez organy administracji geologicznej, jest podstawą podejmowania decyzji administracyjnych. Suma zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych ustalonych dla roku 2001 wynosiła dla obszaru kraju  $16,12 \text{ km}^3/\text{rok}$ , z czego było eksploatowane około  $1,66 \text{ km}^3/\text{rok}$ , a więc niespełna 10,30%. W tabeli 11.2.1. przedstawiono odpowiednio dla lat 1996-2001 sumę usta-

lonych zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych (Bilans zasobów..., 1997-2001).

Dominujący udział w zasobach dyspozycyjnych mają wodonośne piętra kenozoiku: w strukturach czwartorzędowych i w trzeciorzędowych. Istotną rolę odgrywają również szczelinowe systemy wodonośne mezozoiku, a w szczególności poziomy wodonośne w utworach kredy. Natomiast zupełnie podrzędną pozycję oraz lokalne znaczenie w skali kraju mają starsze formacje wodonośne paleozoiku i proterozoiku (Paczyński, 2002). Na wykresie 11.2.1. przedstawiono zasoby wód podziemnych w układzie pięter wodonośnych.

Wielkość poboru wód podziemnych w roku 2001 osiągnęła, po pewnych wahaniami w latach poprzednich, poziom zbliżony do wysokości w roku 1996. Natomiast obserwuje się bardzo korzystną stałą tendencję zmniejszania się zużycia wód podziemnych przez przemysł. W latach 1999-2000 wzrosło zużycie wód podziemnych na potrze-

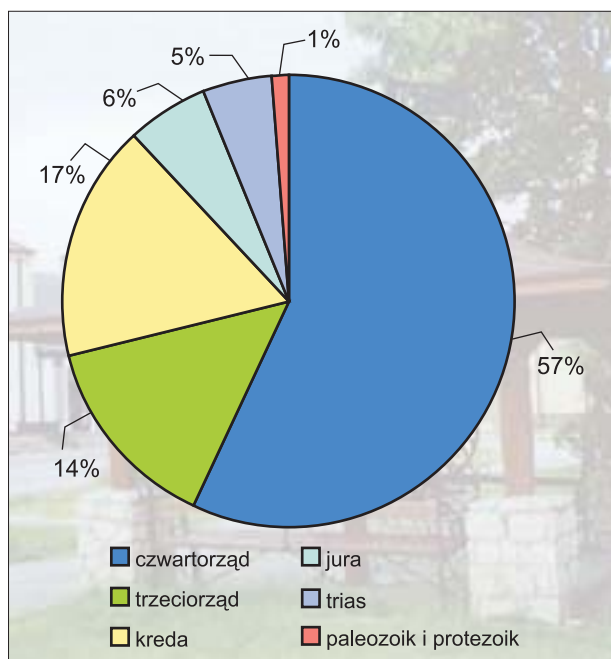
Tabela 11.2.1. Suma ustalonych zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w  $\text{m}^3/\text{h}$ . Źródło: MŚ.

Lata	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Zasoby ogółem	1 770 435,67	1 784 774,51	1 802 736,88	1 812 737,25	1 827 206,22	1 840 527,77
Piętro czwartorzędu	1 152 361,32	1 162 327,83	1 169 994,33	1 196 922,70	1 203 375,62	1 212 685,38
Piętro trzeciorzędu	189 088,49	190 308,86	191 186,33	184 081,18	185 172,72	185 648,31
Piętro kredy	239 625,22	241 457,08	243 082,26	245 029,63	248 075,13	249 245,88
Piętra starsze	189 360,64	190 680,74	198 474,73	186 712,74	190 582,75	192 948,20

<sup>1</sup> Zasoby odnawialne – ilość wody, która przepływa przez przekrój poziomu wodonośnego zbiornika wód podziemnych wyrażona w jednostkach objętości na jednostkę czasu (Słownik hydrogeologiczny, 2002).

<sup>2</sup> Zasoby dyspozycyjne – zasoby wód podziemnych z obszaru bilansowego, możliwe do zagospodarowania w określonych warunkach środowiskowych i hydrogeologicznych bez wskazywania lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujęć (Rozporządzenie MOŚNiL z dnia 23.08.1994 r., Dz. U. Nr. 93, poz. 444 § 2.1)





Rys. 11.2.1. Zasoby wód podziemnych w układzie piętrowości. Źródło: Paczyński, 2002

by gospodarki komunalnej, natomiast w roku 2001 odnotowano ponowny niewielki spadek ich zużycia na cele komunalne. Jednak nadal łączna wielkość poboru wód podziemnych stanowi niewielką część zasobów dyspozycyjnych Polski. W tabeli 11.2.2. przedstawiono wysokość poboru wód podziemnych, z uwzględnieniem przeznaczenia na cele przemysłu i gospodarki komunalnej (woda wodociągowa dla miast i wsi).

Porównując pobór wód podziemnych w stosunku do innych krajów europejskich, Polska plasuje się za krajami o najwyższym poborze takimi jak Francja, Hiszpania, Wlk. Brytania, ale ma znacznie wyższy pobór niż Belgia, Dania, Czechy, Austria (rys. 11.2.2.).

### 11.3. Zagrożenia wód podziemnych

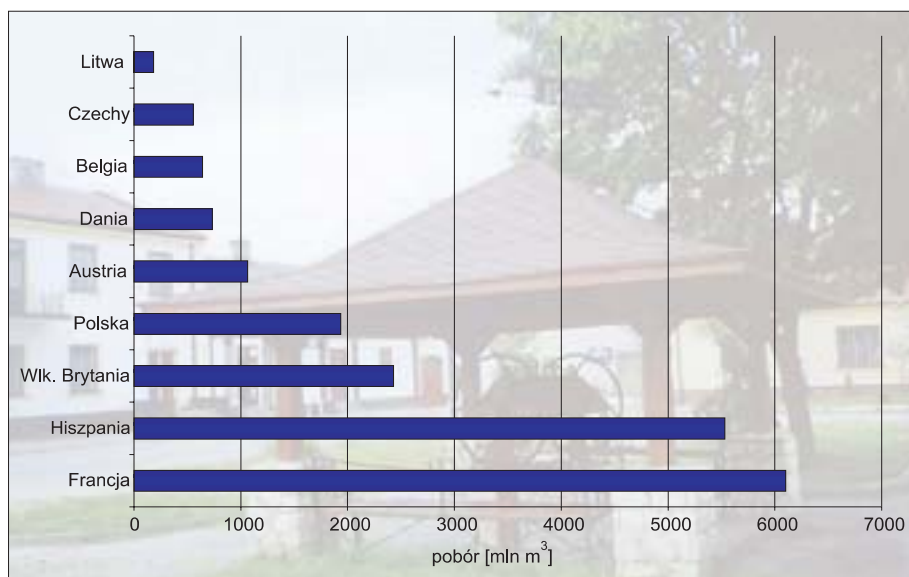
Warstwa wodonośna posiada naturalną odporność na przenikanie zanieczyszczeń z powierzchni terenu, co więcej zdolność do samooczyszczania wody. Jej funkcjonowanie w tym zakresie można przyrównać do działania reaktora biochemicznego (Witczak, Prażak, Żurek, 2002). Intensywność tych procesów uwarunkowana jest głównie następującymi czynnikami:

- długim czasem kontaktu woda – skała na drodze przepływu wód podziemnych, w wyniku którego kształtuje się tak cenny dla nas ich skład mineralny,
- buforowym działaniem znacznej objętości wody zgromadzonej w porach skał zbiornikowych opóźniającym migrację zanieczyszczeń i redukującym ich stężenia dzięki procesom samooczyszczania,
- obecnością mikroorganizmów w strefie płytkiego krążenia wód, przyspieszającą procesy samooczyszczania.

Wielkość antropogenicznego zagrożenia jakości wód podziemnych w dużej mierze zależy od głębokości ich występowania (a więc od miąższości strefy aeracji), stopnia izolacji od powierzchni terenu przez utwory słabo przepuszczalne, sposobu użytkowania terenu i położenia ognisk zanieczyszczeń. Najsilniej na degradację wód narażone są przypowierzchniowe systemy wód podziemnych (wody gruntowe), których zwierciadło występuje na głębokości

Tabela 11.2.2. Pobór wód podziemnych w latach 1996-2001 w m<sup>3</sup>/h. Źródło: GUS.

Lata	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Pobór ogółem	192 351,59	188 584,46	177 739,71	202 214,60	199 463,46	189 509,13
Dla potrzeb przemysłu	41 940,64	42 157,53	36 084,47	33 515,98	30 342,46	27 191,78
Dla gospodarki komunalnej	150 410,95	146 426,93	141 655,24	168 698,62	169 121,00	162 317,35



Rys. 11.2.2. Pobór wód podziemnych na tle krajów europejskich. Źródło: GUS.

mniejszej jak 5 m, znajdujące się w obrębie obszarów zurbanizowanych oraz intensywnych upraw rolnych.

Do głównych ognisk zanieczyszczeń mających wpływ na jakość wód podziemnych zaliczamy:

- przemysł tworzący ogniska o bardzo zróżnicowanym charakterze, pochodzące głównie ze składowisk odpadów stałych, odprowadzania ścieków czy też emitowania pyłów i gazów,
- górnictwo, głównie odkrywkowe przekształcające powierzchnię ziemi i odkrywające warstwę wodonośną umożliwiając łatwe jej zanieczyszczenie, powoduje głębokie i rozległe leje depresji; górnictwo podziemne zanieczyszczające cieką i wody podziemne słonymi wodami kopalnianymi,
- transport stwarzający szereg potencjalnych i rzeczywistych ognisk zanieczyszczeń wynikających z ruchu pojazdów, przesyłania rurociągami paliw płynnych i ich magazynowania oraz dystrybucji, funkcjonowaniem punktów obsługi pojazdów oraz związanych z ruchem torowym,
- rolnictwo, w którym zagrożenie jakości wód jest związane z niewłaściwym stosowaniem nawozów i środków ochrony roślin, złą gospodarką odpadami z hodowli zwierząt i produkcji pasz (gnojowica, soki kiszonkowe) oraz ogólnie złym stanem sanitarnym wsi (brak kanalizacji, oczyszczalni ścieków, odpowiednio zabezpieczonych wysypisk odpadów).

Jednak z uwagi na naturalną odporność struktur wodonośnych na zanieczyszczenia dotychczas nie stwierdzono degradacji całych struktur wodonośnych w stopniu, który można by było uznać za stan klęski ekologicznej. Zaobserwowano lokalne lub małoobszarowe zanieczyszczenie użytkowych poziomów wodonośnych, a wielkoobszarowe zanieczyszczenia objęły jedynie nieużytkowe poziomy wód gruntowych w obrębie dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych lub obszary intensywnej produkcji rolnej.

Obserwuje się również strefy lokalnej degradacji ilościowej zasobów wód podziemnych – spowodowane ich przeekspluatowaniem, czyli poborem wyższym niż wysokość odnawialności zasobów. Wskaźnikiem przeekspluatowania jest pojawienie się regionalnego leja depresji. Leje takie obserwowano do niedawna lub są jeszcze obserwowane np. w obrębie Górnego Śląska (skupiona eksploatacja wód podziemnych oraz odwadnianie kopalń), Bełchatowa (odwadnianie kopalni odkrywkowej węgla brunatnego), Warszawy, Łodzi, Gdańska (skupiona eksploatacja wód dla zaopatrzenia w wodę pitną).

Degradacji ilościowej towarzyszy zwykle degradacja jakościowa spowodowana: infiltracją do warstw wodonośnych zanieczyszczonych wód powierzchniowych, ascensją wód zasolonych z głębszych poziomów wodonośnych.

#### 11.4. Jakość wód podziemnych

Ocena jakości wód podziemnych jest dokonywana w ramach monitoringu jakości wód podziemnych będącego jednym z podsystemów Państwowego Monitoringu Środowiska. Badania są prowadzone w sieci krajowej zło-

żonej obecnie z ok. 650 punktów badawczych (są to studnie wiercone, studnie kopane, piezometry, źródła).

Badaniami są objęte różne użytkowe poziomy wodonośne, a podstawowym kryterium lokalizacji punktów obserwacyjnych jest ich reprezentatywność względem struktur wodonośnych uwzględniająca w odpowiednich proporcjach: zasoby wód, rodzaj ośrodka skalnego, geologiczną i hydrogeologiczną komplikację warunków oraz intensywność oddziaływań zewnętrznych (dynamikę) ze szczególnym uwzględnieniem rzeczywistego bądź potencjalnego narażenia na degradację.

W 54% punktów badawczych ujmowane są wody płytkiego krążenia – gruntowe, natomiast w 46% punktów ujmowane są wody wgłębne – głównie o charakterze subartezyjskim.

Około 65% punktów badawczych znajduje się na obszarach Głównych Zbiorników Wód Podziemnych z czego: 60% punktów ujmuje poziomy wodonośne GZWP.

Około 21% punktów sieci krajowej to czynne studnie wiercone wykorzystywane stale do zaopatrzenia w wodę pitną.

Oceny jakości badanych wód są przeprowadzane na podstawie kryteriów określonych w klasyfikacji jakości zwykłych wód podziemnych opracowanej w 1995 roku na potrzeby monitoringu środowiska. Ocena jakości wód jest sporządzana wyłącznie w oparciu o analizę zawartości wskaźników fizyczno-chemicznych. Zestawienie wyników badań przeprowadzonych w latach 1991-2001 przedstawiono w tabeli 11.4.1.

Z analizy rezultatów badań wynika, że jakość badanych wód podziemnych uległa w ostatnich kilku latach systematycznej choć nieznacznej poprawie wyrażającej się zwiększeniem udziału wód o najwyższej i wysokiej jakości, przy jednoczesnym spadku udziału wód o niskiej jakości. Wody wgłębne, jako wody o dobrej i bardzo dobrej naturalnej izolacji, niezmiennie charakteryzują się znacznie lepszą jakością od wód gruntowych, o słabej naturalnej izolacji od powierzchni terenu, a tym samym najbardziej wrażliwych na wpływ czynników antropogenicznych.

Jakość wód z badanych czynnych ujęć wód podziemnych (komunalnych i wodociągów wiejskich) ulega stałej choć nieznacznej poprawie. Główne problemy związane z jakością wód podziemnych eksploatowanych przez duże i średnie ujęcia wiążą się z większymi od dopuszczalnych dla wód pitnych stężeniami żelaza i manganu. Natomiast wody ujmowane za pomocą gospodarskich studni kopanych (wody gruntowe) wykazują niezmiennie średnią lub niską jakość (klasa III – 55% prób wody). Głównym czynnikiem obniżającym jakość tych wód są związki azotowe (azotany i azoty).

Ważną kwestią, m.in. ze względu na wdrażanie przez Polskę Dyrektywy dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniem powodowanym przez azotany pochodzące ze źródeł rolniczych, jest śledzenie zmian poziomu zawartości azotanów w wodach podziemnych. Obecność związków azotowych (amoniak, azotany, azoty) w wodach głębokiego krążenia przeważnie jest uwarunkowana wpływem czynników geogenicznych (np. amoniak i azotany w oligocenie w niecce warszawskiej), natomiast w wodach z płytkich poziomów wodonośnych (gruntowych) jest pochodzenia antropogenicznego i jest związana z użytkow-

Tabela 11.4.1. Ogólna ocena jakości wód podziemnych wg badań monitoringowych w sieci krajowej systemu pmś w latach 1991-2001. Źródło: PMS.

Rok badań	% badanych wód w klasach jakości Ia + Ib, II, III								
	Wody wgłębne o klasie jakości			Wody gruntowe o klasie jakości			Wody ogółem o klasie jakości		
	Ia + Ib najwyższej i wysokiej	II średniej	III niskiej	Ia + Ib najwyższej i wysokiej	II średniej	III niskiej	Ia + Ib najwyższej i wysokiej	II średniej	III niskiej
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1991</b> [342/587]	62,9	14,1%	23,0%	43,5%	6,6%	49,9%	50,6%	9,3%	40,1%
<b>1992</b> [380/584]	64,5	17,4%	18,1%	46,7%	9,2%	44,1%	53,7%	12,4%	33,9%
<b>1993</b> [277/412]	67,2	17,3%	15,5%	51,3%	9,4%	39,3%	57,4%	12,8%	29,8%
<b>1994</b> [310/400]	54,3	26,7%	19,0%	47,2%	12,6%	40,2%	49,8%	18,9%	31,3%
<b>1995</b> [308/385]	61,7	20,6%	17,7%	49,6%	8,0%	42,4%	54,9%	13,6%	31,5%
<b>1996</b> [299/375]	66,0	17,0%	17,0%	48,4%	9,6%	42,0%	56,2%	12,9%	30,9%
<b>1997</b> [297/376]	60,6	18,2%	21,2%	46,9%	6,7%	45,4%	53,0%	12,3%	34,7%
<b>1998</b> [287/364]	57,7	24,1%	18,2%	47,8%	8,7%	43,5%	52,2%	15,5%	32,3%
<b>1999</b> [309/372]	64,7	17,2%	18,1%	55,9%	9,4%	34,7%	59,9%	12,9%	27,2%
<b>2000</b> [302/349]	63,5	22,2%	14,3%	58,6%	9,4%	32,0%	60,9%	15,3%	23,8%
<b>2001</b> [303/347]	65,6	19,5%	14,9%	59,1%	10,1%	30,8%	62,2%	14,5%	23,3%

niem rolniczym gruntów, ale także z terenem zabudowanym i jego infrastrukturą wodno-kanalizacyjną o zróżnicowanej sprawności. Z zestawienia dot. zawartości azotanów w badanych wodach wynika, że od roku 1998 stwierdza się wyraźny spadek stężeń azotanów w badanych wodach przejawiający się zmniejszeniem ilości prób wody, w których stwierdzono stężenia powyżej 25 mg NO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. Poza tym na podkreślenie zasługuje fakt, że obecnie (dane z 2001 roku) około 91% ogółu analizowanych próbek wód podziemnych odpowiada w zakresie azotanów standardom dla wody pitnej określonym przez Ministra Zdrowia (Dz.U. Nr 82, poz. 937). Dla wód gruntowych odpowiedni udział wynosi 83%, a dla wód wgłębnych aż 98%. Wyniki badań zawartości azotanów zostały przedstawione w tabeli.11.4.2. i na mapie (rys. 11.4.1.).

Od 1997 roku rejestrowany jest stały spadek liczebności analiz, w których stwierdzano stężenia wskaźników większe od określonych dla wód o niskiej jakości (klasa III).

Wskaźnikami, które najczęściej powodują obniżenie jakości badanych wód gruntowych (płytkiego krążenia) są: azotany, azotyny, potas, fosforany, żelazo, mangan. Natomiast do wskaźników, które najczęściej wpływały na obniżenie jakości badanych wód wgłębnych (głębokiego krążenia) należą głównie: żelazo, stront, twardość, mineralizacja, mangan, wapń (większość z nich jest pochodzenia geogenicznego).

Metale o charakterze toksycznym mają niewielki wpływ na obniżenie jakości wód. W odniesieniu do kadmu, glinu, niklu i cyjanków stężenia wyższe niż przyjęte dla wód o niskiej jakości (klasa III) stwierdzano ogółem tylko w kilku – kilkunastu próbach wód. Natomiast w odniesieniu do takich wskaźników toksycznych jak arsen, chrom, miedź, fluor i ołów nie stwierdzono stężeń przekraczających wartości określone dla klasy III.

Próby wód pochodzące z poziomów wodonośnych trzeciorzędu, kredy, jury i triasu należą w ok. 70% (dane z 2001 roku) do klasy o najwyższej i wysokiej jakości (klasa Ia+Ib). Wody tych poziomów wykorzystywane są do zaopatrzenia dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych (Warszawa, Trójmiasto, Łódź, Lublin, Zamość, Częstochowa, Górny Śląsk).

W powszechnie użytkowanych poziomach wodonośnych czwartorzędu, udział wód o wysokiej jakości (klasa Ia + Ib) w badanych próbach wód wgłębnych wynosi około 65%, natomiast w wodach płytkiego krążenia – gruntowych wynosi około 50% (tab. 11.4.3.).

W zakresie jakości wód podziemnych nie można dokonać porównań międzynarodowych, ponieważ nie istnieje dotychczas ujednolicono metodycznie klasyfikacja wód podziemnych i każde z państw, w tym i Polska, stosuje krajowe kryteria przy ocenie klas jakości badanych wód.

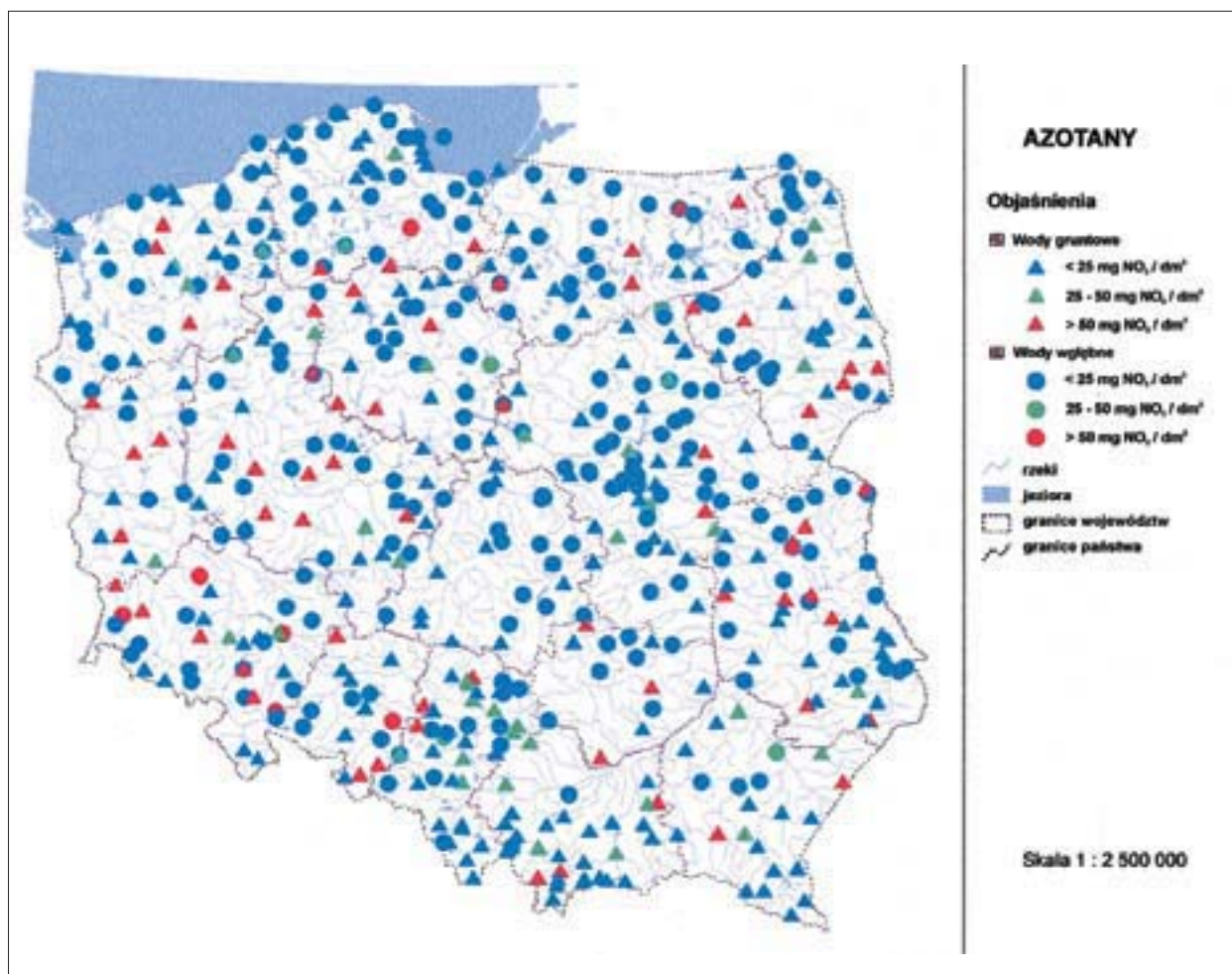
Tabela 11.4.2. Azotany w wodach podziemnych. Źródło: PMS.

Rok badań [n] = [ogółem liczebność wyników wody wgłęb- ne / wody gruntowe]	AZOTANY (NO <sub>3</sub> ) W WODACH PODZIEMNYCH WG BADAŃ MONITORINGOWYCH W SIECI KRAJOWEJ SYSTEMU PMŚ W LATACH 1991 – 2001								
	% badanych próbek wód w przedziałach stężeń: <25; 25 – 50; >50 mg NO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>								
	< 25	25 -50	>50	< 25	25 -50	>50	< 25	25 -50	>50
	Wody wgłębne			Wody gruntowe			Wody ogółem		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1991 [342/587]	94,4%	3,5%	2,1%	63,2%	11,2%	25,65	74,7%	8,4%	16,9%
1992 [380/584]	93,3%	6,7%	1,0%	60,2%	15,8%	24,0%	73,1%	12,0%	14,9%
1993 [277/412]	91,7%	5,8%	2,5%	63,9%	12,8%	23,3%	75,0%	10,0%	15,0%
1994 [310/400]	93,1%	5,8%	3,6%	65,3%	12,4%	22,3%	77,2%	8,7%	10,1%
1995 [308/385]	93,1%	4,3%	2,6%	62,6%	13,5%	23,9%	76,2%	9,3%	14,5%
1996 [299/375]	94,3%	3,0%	3,7%	61,1%	14,1%	24,8%	75,8%	9,2%	15,0%
1997 [297/376]	94,6%	3,0%	2,4%	60,9%	14,7%	24,4%	75,8%	9,5%	14,7%
1998 [287/364]	94,8%	2,4%	2,8%	62,1%	13,2%	24,7%	76,5%	8,4%	15,1%
1999 [309/372]	94,2%	3,5%	2,3%	66,9%	11,9%	21,2%	79,3	8,1%	12,6%
2000 [302/349]	95,3%	3,0%	1,7%	69,0%	11,1%	19,9%	81,2%	7,4%	11,4%
2001 [303/347]	96,0%	2,0%	2,0%	71,2%	12,1%	16,7%	82,8%	7,4%	9,8%

- przyjęta w zestawieniu wartość graniczna 50mgNO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> odpowiada określonej przez Ministra Zdrowia (Dz.U. RP nr 82, poz. 937) jako dopuszczalna dla wód pitnych i na potrzeby gospodarcze.

Tabela 11.4.3. Ogólna ocena jakości wód podziemnych w układzie pięter wodonośnych 2001 r. Źródło: PMS.

Stratygrafia ujętej warstwy wodonosnej Rok badań →	Wody wgłębne						Wody gruntowe					
	Liczebność wyników ocen w klasach jakości, (% – tylko dla zbiorów n > 35)											
	Ia + Ib		II		III		Ia + Ib		II		III	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
czwartorzęd	104 (68%)	109 (71%)	31 (20%)	26 (17%)	18 (12%)	18 (12%)	138 (53%)	139 (54%)	28 (11%)	30 (12%)	94 (36%)	87 (34%)
trzeciorzęd	36 (56%)	41 (61%)	17 (26%)	17 (26%)	11 (17%)	9 (13%)	22	22	3	0	5	8
kreda	24 (61%)	26 (65%)	9 (23%)	8 (20%)	6 (15%)	6 (15%)	26	26	0	1	5	5
jura	17	12	2	2	5	8	13	10	1	3	2	3
trias	9	8	6	5	2	2	4	3	0	0	2	2
paleozoik i starsze	2	3	2	1	1	2	2	5	1	1	4	2
Σ ilość ocen	192	199	67	59	43	45	205	205	33	35	112	107



Rys. 11.4.1. Azotany w wodach podziemnych. Źródło: PMS.

### 11.5. Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony zasobów wód podziemnych

Mimo istnienia naturalnej odporności zbiorników wód podziemnych na zanieczyszczenie, istnieje realne zagrożenie ich degradacji. Podejmowane działania zaradcze koncentrują się przede wszystkim na ograniczaniu wpływu na wody ognisk zanieczyszczeń zarówno krajowych jak i zagranicznych, ustanawianiem obszarów ochronnych oraz oszczędnego wykorzystywania zasobów wodnych. Strategiczne kierunki działalności związanej z ochroną zasobów wód podziemnych zostały określone w polityce resortu w dziedzinie hydrogeologii oraz w strategii ochrony przed zanieczyszczeniem wód podziemnych, a szczególnie głównych zbiorników wód podziemnych.

W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku na obszarze Polski wyodrębniono, a obecnie jest wskazanych do udokumentowania, ponad 120 Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) charakteryzujących się wysoką zasobnością i jakością wód podziemnych. Zbiorniki te w całości wskazane zostały do objęcia ochroną obszarową, niezależnie od wyznaczanych terenów ochronnych źródeł i ujęć.

Instrumentem kontroli szczyptywania zasobów oraz jakości wód podziemnych są systemy monitoringu, pozwalające nie tylko oceniać skład chemiczny ale i jakość wód,

w skład których wchodzi sieci ogólnokrajowe, regionalne i lokalne. Szczególną rolę odgrywają sieci monitoringu na granicy państwa, oceniające wpływy transgraniczne. Inne działania dotyczą minimalizacji skutków antropopresji, np. przez ocenę wpływu na wody podziemne istniejących i projektowanych obiektów – w ramach wykonywanych Ocen Oddziaływania na Środowisko (OOŚ). W ocenach tych wskazywane są środki zaradcze, których wprowadzenie zminimalizuje ujemne wpływy do poziomu niezbędnego i możliwego do akceptacji. Szereg następných przedsięwzięć związanych jest z realizacją wytycznych i przenoszeniem na teren Polski aktów prawnych i metod działań państw Unii Europejskiej. Dotyczy to szczególnie funkcjonowania rolnictwa w zakresie zmniejszenia obciążenia środowiska i wód substancjami biogenymi i toksycznymi (opracowanie Kodeksu dobrych praktyk rolniczych), odprowadzania ścieków (likwidacja szamb i budowa kanalizacji oraz oczyszczalni ścieków), transportu (szczególnie wpływu eksploatacji autostrad i dróg szybkiego ruchu, transportu i dystrybucji paliw) oraz zanieczyszczenia powietrza (zakwaszenie wód opadowych i śródlądowych). Wdrażane są programy badawcze i pilotowe dotyczące ocen degradacji wód podziemnych substancjami ropopochodnymi, biogenami, środkami toksycznymi; metod likwidacji zagrożeń i rekultywacji terenów skażonych jak i remediacji zdegradowanych poziomów wodo-

nośnych. Szeroki zakres takich prac realizowano pilotowo na obszarach byłych jednostek wojsk radzieckich stacjonujących w Polsce.

Wody podziemne są szczególnie chronione, co znalazło odzwierciedlenie w licznych regulacjach prawnych. Podstawy prawne dla działań w zakresie ochrony ilości i jakości wód podziemnych zawierają następujące akty prawne: ustawa Prawo ochrony środowiska (Dz.U. Nr 62, poz. 627 z 2001 r.), Ustawa o wprowadzeniu ustawy Prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz zmianie niektórych ustaw (Dz.U. Nr 100, poz. 1085 z 2001 r.), Prawo wodne (Dz.U. Nr 115, poz. 1229 z 2001 r.), Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 27, poz. 96 z 1996 r. z późniejszymi zmianami). W monitoringu wód podziemnych uwzględniono też część zaleceń Unii Europejskiej i jej agend – przede wszystkim Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie ustanowienia ram dla działalności Wspólnoty w dziedzinie polityki wodnej (2000/60/EC).

### 11.6. Wnioski

W porównaniu do wód powierzchniowych zasoby wód podziemnych są stosunkowo duże i mogą stanowić potencjalne źródło zaopatrzenia w wodę pitną. Prowadzona

racjonalna gospodarka tymi zasobami gwarantuje zachowanie zasobów wód podziemnych dla przyszłych pokoleń. Stanowi to wypełnienie celów II Polityki Ekologicznej Państwa, w której zasadzie zrównoważonego rozwoju przypisano nadrzędną rolę. Wielkość poboru wód podziemnych na potrzeby przemysłu wykazuje stałą, malejącą tendencję. W 2001 roku pobór ten był o 35% mniejszy w stosunku do 1996 r. Stanowi to efekt działania instrumentów wynikających z regulacji prawnych (pozwolenia wodno-prawne, opłaty, kary) oraz wdrożenia nowych przyjaznych dla środowiska technologii (procesy wodooszczędne, zamknięte obiegi wód). W latach 1999-2000 zarysowała się rosnąca tendencja zużycia wody na potrzeby gospodarki komunalnej (a więc wody przeznaczonej na cele pitne), która w roku 2001 uległa niewielkiemu zahamowaniu.

Obserwowana w ostatnich latach poprawa jakości wód podziemnych stanowi dowód skuteczności podejmowanych na szeroką skalę w Polsce przedsięwzięć związanych z ochroną środowiska. Ograniczenie ilości źródeł oraz wielkości emitowanych z nich zanieczyszczeń zmniejsza potencjalne i rzeczywiste zagrożenie degradacji zasobów wód podziemnych. Można oczekiwać, że wdrożenie Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej przyczyni się do dalszej poprawy jakości wód.

# Gleby



## 12. GLEBY

Joanna Czajka

### 12.1. Informacje ogólne

W Polsce gleby i grunty podlegają ochronie prawnej. Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych reguluje zasady ochrony gruntów rolnych i leśnych a także ich rekultywacji i poprawiania wartości użytkowej.

Ochrona gruntów zgodnie z przepisami prawa polega na:

- ograniczaniu przeznaczania ich na cele nierolnicze lub nieleśne,
- zapobieganiu procesom ich degradacji i dewastacji,
- przeciwdziałaniu negatywnym skutkom działalności nierolniczej zmniejszającej potencjał produkcyjny gleb,
- rekultywacji i zagospodarowaniu gruntów na cele rolnicze,
- zachowaniu torfowisk i oczek wodnych jako naturalnych zbiorników wodnych.

Na podstawie ustawy – Prawo ochrony środowiska ochronie podlega powierzchnia ziemi. Ochrona ta sprowadza się do wielokierunkowej działalności mającej na celu utrzymanie wysokiej jakości powierzchni ziemi poprzez racjonalne wykorzystanie gospodarowanie, zachowanie wartości przyrodniczych i możliwości produkcyjnego wykorzystania, ograniczanie zmian naturalnego ukształtowania, utrzymanie jakości gleby i ziemi powyżej lub co najmniej na poziomie wymaganych standardów, doprowadzenie jakości gleby i ziemi do standardów wymaganych, gdy nie są one dotrzymane, zachowanie wartości kulturowych, z uwzględnieniem archeologicznych dóbr kultury.

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż na podstawie powyższej ustawy zostaną wprowadzone standardy jakości gleb oraz zasady jej oceny. Pozwala to na określanie obszarów zdegradowanych i zdewastowanych według jednolitych dla całego kraju kryteriów. Równocześnie możliwe będzie prawne egzekwowanie skuteczności procesu rekultywacji gleb.

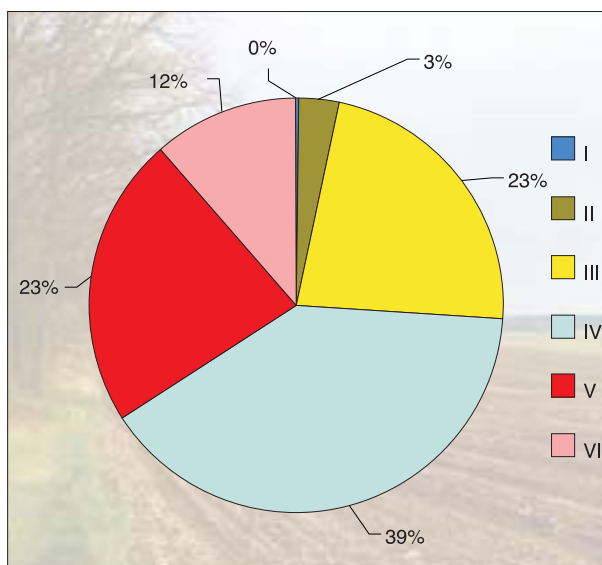
Ocena jakości gleb i ziemi oraz zmian ich właściwości prowadzona jest w ramach badań monitoringowych. Szeroki zakres badań prowadzony jest w ramach monitoringu jakości gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych koordynowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. W ramach Państwowego Monitoringu Środowiska prowadzone są natomiast jedynie badania monitoringowe jakości gleb użytkowanych rolniczo.

### 12.2. Rodzaje gleb występujących w Polsce

Na terenie Polski występują głównie gleby płowe brunatne, bielcowe i rdzawe wytworzone głównie z utworów polodowcowych. Wśród ekosystemów hydrogenicznych (mokradłowych), zwanych bagiennymi, przeważają gleby torfowe (organiczne).

Gleby leśne i łąkowe zachowały w dużym stopniu swoje naturalne właściwości. Właściwości gleb gruntów ornych oraz terenów miejskich i przemysłowych zostały natomiast w znacznym stopniu zmienione wskutek dostosowania ich właściwości do wymagań roślin uprawnych lub zmienione w wyniku działalności pozarolniczej.

Ekologiczno-produkcyjne właściwości gleb ornych zależą głównie od zwięzłości i rodzaju skały macierzystej. Gleby Polski należą do ośmiu klas bonitacyjnych (I, II, IIIa, IIIb, IVa, IVb, V, VI). Gleby klasy I, II i IIIa, do których zaliczamy zasobne w próchnicę: gleby lessowe, gleby pyłowe i gliniaste, gleby średniozwięzłe, uznawane są za najlepsze grunty orne. Znacznie gorszą przydatnością rolniczą charakteryzują się natomiast gleby klasy IVa, IVb i V (w większości gleby lekkie wytworzone z piasków). Uważa się, że grunty orne klasy VI oraz znaczna część najłabszych gleb klasy V ze względu na małą produktywność i dużą podatność na degradację nie powinny być użytkowane rolniczo lecz zalesiane. Procentowe udziały gleb Polski w poszczególnych klasach bonitacyjnych, bez wyodrębnienia podgrup, przedstawia rys. 12.2.1.



Rys. 12.2.1. Klasy bonitacyjne gleb Polski. Źródło: GUS.



### 12. 3. Sposoby użytkowania gleb

Ponad 88% powierzchni Polski jest w użytkowaniu leśnym i rolniczym. Użytki rolne stanowią 58,82% powierzchni kraju, lasy i zadrzewienia 28,87%, wody śródlądowe 2,67%, a tereny osiedlowe i komunikacyjne 6,44%.

Areał użytków rolnych maleje systematycznie od 1946 r., przy równoczesnym znacznym wzroście lesistości z 20,75% powierzchni kraju w 1946 r do 28,87% w 2001 r. oraz umiarkowanym wzroście powierzchni terenów osiedlowych i komunikacyjnych. Na jednego mieszkańca Polski przypada 0,48 ha użytków rolnych, 0,24 ha lasów i zadrzewień, 0,03 ha terenów osiedlowych i 0,02 ha terenów komunikacyjnych.

Pomimo lokalnych, zauważalnych zmian, generalnie w latach 1900 – 2001 powierzchnia użytkowania kraju nie uległa istotnym zmianom.

Nowym, wprowadzonym w latach 90, kierunkiem wykorzystania powierzchni ziemi w Polsce są tzw. użytki ekologiczne. Powierzchnia ich systematycznie rośnie od 4,5 tys. ha w 1999 roku do 11,8 tys. ha w roku 2001. Powierzchnia użytków ekologicznych nie jest aktualnie zbyt duża, ale fakt jej systematycznego wzrostu wymaga szczególnego podkreślenia.

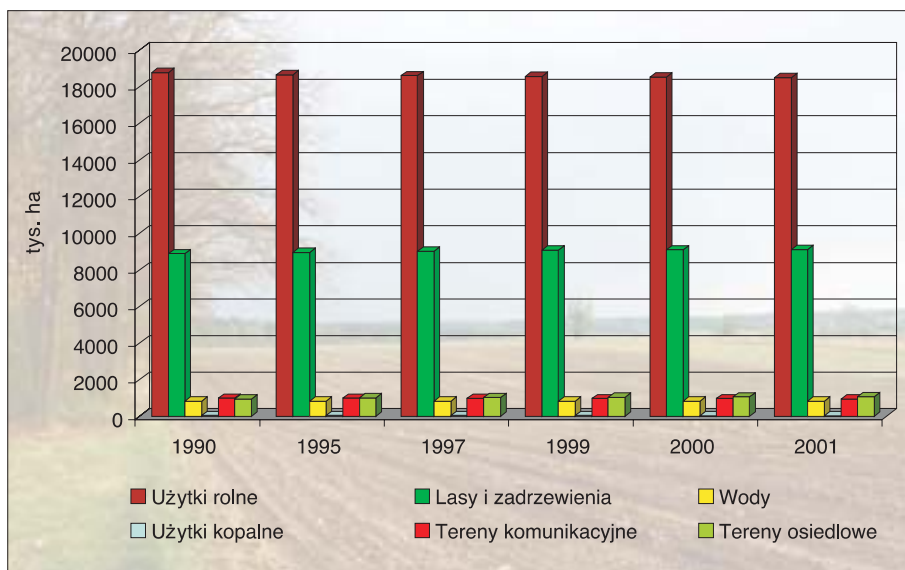
Zaniepokojenie budzi natomiast wzrost powierzchni odłogów i ugorów gleb gruntów ornych. W roku 1990 ugory i odłogi stanowiły 1,1% powierzchni gruntów ornych, w roku 1995 ok. 9,3% a w 2001 roku ok. 11,9%. Trudno jest jednoznacznie wskazać przyczyny wzrostu powierzchni odłogowanych. Wydaje się, że proces ten może być spowodowany ogólną trudną sytuacją w gospodarce rolnej, a co za tym idzie niską opłacalnością produkcji rolnej.

### 12.4 Grunty zdewastowane i zdegradowane

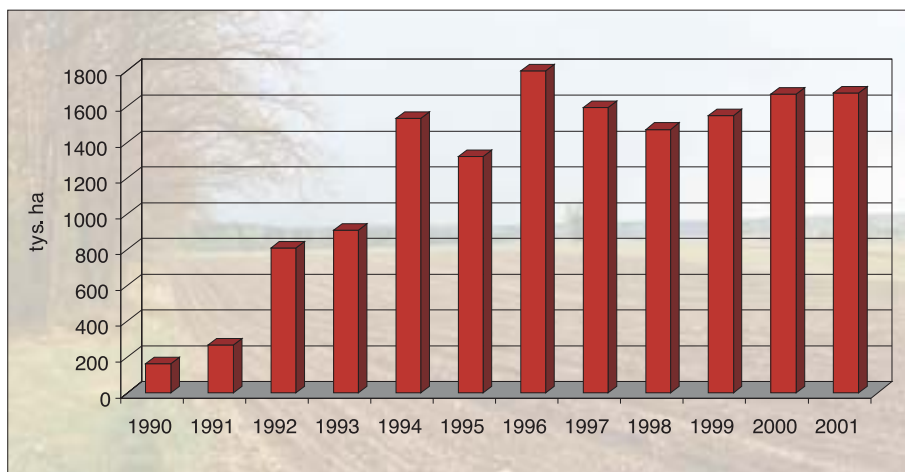
Na jakość gruntów wpływa wiele czynników. Część z nich ma charakter oddziaływań o zasięgu ponadlokalnym, część natomiast ma bardzo ograniczony obszar oddziaływań. W praktyce często następuje sumowanie się oddziaływań tych czynników skutkujące degradacją i dewastacją gruntów.

Do czynników najsilniej oddziałujących na powierzchnię ziemi (grunty i gleby) niewątpliwie należy zaliczyć przemysł, komunikację i gospodarkę komunalną.

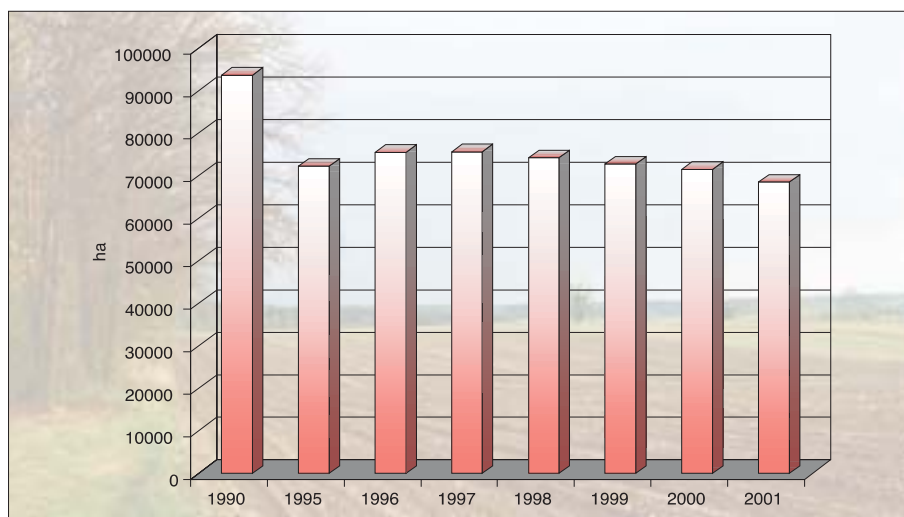
W roku 1990, jako wymagającą rekultywacji zakwalifikowano powierzchnię 93,7 tys. ha, w roku 1996 przeprowadzenia rekultywacji wymagało 75,5 tys. ha, natomiast w roku 2001 obszar ten wynosił 68,5 tys. ha. Zmiany zachodzące w poszczególnych latach przedstawiono na rys. 12.4.1.



Rys. 12.3.1. Kierunki wykorzystania powierzchni kraju w latach 1900-2001. Źródło: GUS.



Rys. 12.3.2. Powierzchnia odłogów i ugorów na gruntach ornych. Źródło: GUS.



Rys. 12.4.1. Grunty zdegradowane i zdewastowane w latach 1990-2001. Źródło: GUS.

Obszar gruntów zdegradowanych i zdewastowanych w Polsce w latach 1990-2001 stopniowo malał. Spowodowane było to prowadzonymi systematycznie, aczkolwiek z różną intensywnością i skalą, procesami rekultywacji i zagospodarowania. W roku 2001 zrekultywowano 2,0 tys. ha, na cele rolnicze przeznaczono – 0,8 tys. ha, a na cele leśne – 1,0 tys. ha. Zagospodarowano 1,4 tys. ha, na cele rolnicze przeznaczono 0,5 tys. ha, a na leśne – 0,4 tys. ha. Niewielka skala zrealizowanych przedsięwzięć w znacznym stopniu wynika z konieczności poniesienia dużych kosztów.

Należy mieć na uwadze, że działalność człowieka, a zwłaszcza intensywna i dodatkowo prowadzona w sposób niewłaściwy, zawsze może stanowić potencjalne lub rzeczywiste zagrożenie dla naturalnej jakości gruntów i w konsekwencji wymagać będzie prowadzenia kosztownych działań naprawczych. W związku z powyższym niezwykle ważne jest stosowanie takich instrumentów, które spowodują wyeliminowanie części oddziaływań lub znacznie je ograniczą. Do instrumentów tych zaliczyć można: instrumenty prawne, technologie przyjazne dla środowiska, wzrost świadomości ekologicznej oraz zaangażowanie społeczności lokalnej.

## 12.5. Stan jakości gleb użytkowanych rolniczo

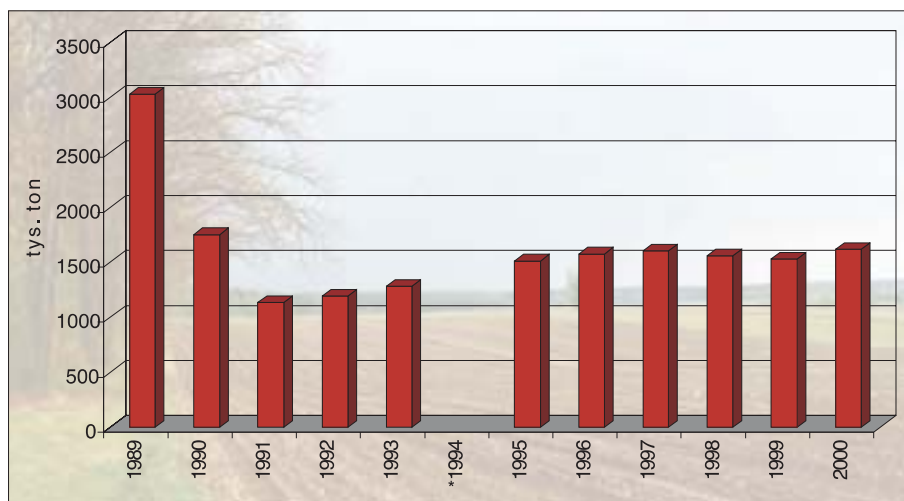
Znaczna część powierzchni Polski jest wykorzystywana do celów rolniczych. Gleby użytkowane rolniczo sta-

nowią ok. 60% powierzchni kraju. Wbrew istniejącej obiegowej opinii stan czystości gleb użytków rolnych w naszym kraju jest bardzo dobry pod względem zawartości w nich zanieczyszczeń istotnych dla zdrowia człowieka i środowiska, do których zaliczamy metale ciężkie i niektóre, niebezpieczne związki organiczne. Większość (ok. 97% powierzchni użytków rolnych) gleb Polski charakteryzuje się naturalną lub nieco podwyższoną zawartością metali ciężkich.

W wyniku zmian w sposobie użytkowania gleb, spowodowanej w głównej mierze spadkiem opłacalności produkcji rolnej spadło również zużycie nawozów sztucznych i środków ochrony roślin. Polska jest krajem o niewielkim zużyciu nawozów sztucznych i środków ochrony roślin. Od 1995 roku zużycie nawozów sztucznych (NPK) w Polsce utrzymuje się na poziomie ok. 85 kg/ha. W 2000 roku nastąpił niewielki wzrost do 91 kg/ha.

Jednak jest on nadal znacznie niższe niż w krajach prowadzących bardzo intensywne nawożenie (np. 510 kg/ha w Holandii, 237 kg/ha w Niemczech, 270 kg/ha we Francji.)

W przypadku zużycia pestycydów tendencja spadkowa utrzymywała się w latach 1990-1995. W latach następnym zanotowano nieznaczny wzrost, a następnie mały



Rys. 12.5.1. Zużycie nawozów sztucznych i wapniowych w latach 1989-2000 (NPK). Źródło: GUS. \* brak danych za 1994 rok.

spadek. Zmiany zużycia pestycydów w latach 1990-2001 (w substancji aktywnej) przedstawiono na rys. 12.5.2.

Zużycie pestycydów w Polsce utrzymuje się na poziomie ok. 0,63 kg/ha i jest znacznie niższe w odniesieniu do krajów prowadzących bardzo intensywną produkcję rolną (np. 10,59 kg/ha w Holandii, 2,87 kg/ha w Niemczech, 5,8 kg/ha we Francji).

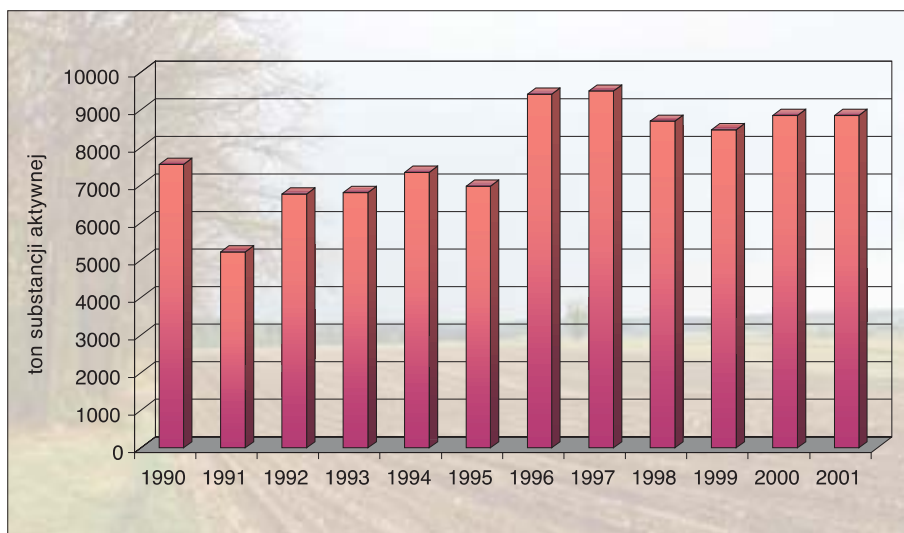
Ogólnie należy stwierdzić, że stosowanie nawozów sztucznych i środków ochrony roślin w niewielkim stopniu wpływa na pogorszenie jakości gleb użytkowanych rolniczo w Polsce. Nie można jednak wykluczyć istnienia, iż lokalnie takie sytuacje mogą występować. Znacznie większy jednak wpływ na jakość gleb wywierają zanieczyszczenia przemysłowe i komunalne.

Naturalne właściwości buforowe gleb sprawiają, że zmiany ich właściwości nie są zauważalne w krótkich odcinkach czasu i dlatego w ramach Państwowego

Monitoringu Środowiska przyjęto 5 letni cykl badań monitoringowych gleb użytkowanych rolniczo. W raporcie przedstawiono wyniki badań prowadzonych w 1995 i 2000 roku. Ze względu na omawiany w raporcie okres badań ocena jakości gleb Polski w badaniach monitoringowych została dokonana podstawie kryteriów opracowanych przez Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach (tab. 12.5.1). Standardy oceny jakości gleb zostały wprowadzone rozporządzeniem Ministra Środowiska dopiero w roku 2002.

Poszczególne stopnie jakości chemicznej gleb charakteryzowane są w następujący sposób:

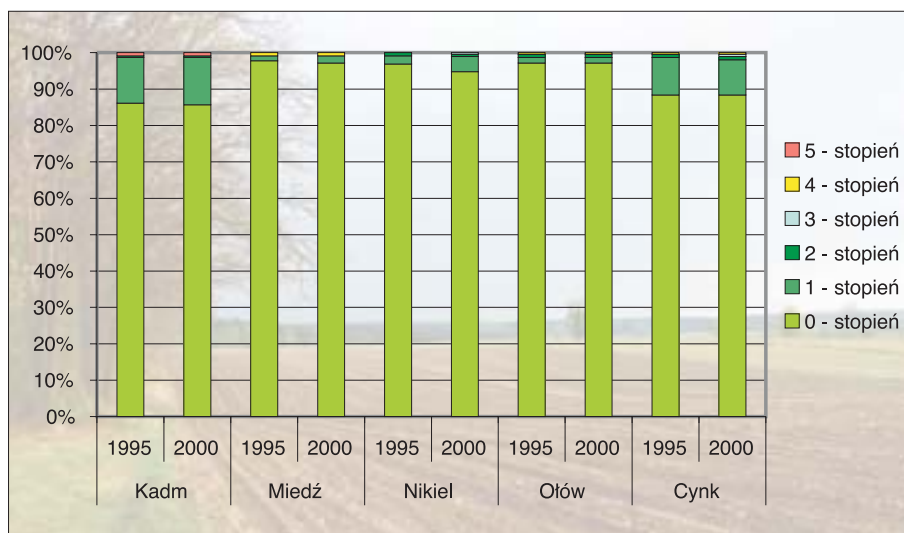
- I. Zawartość naturalna, gleby nadają się pod wszystkie uprawy ogrodnicze i rolnicze, a zwłaszcza pod uprawy roślin przeznaczonych dla dzieci i niemowląt.
- II. Zawartość podwyższona, gleby mogą być przeznaczone do pełnego wykorzystania rolniczego, z wyłączeniem uprawy roślin do produkcji żywności o szczególnie małej zawartości pierwiastków i substancji szkodliwych.



Rys. 12.5.2. Zużycie pestycydów w latach 1990-2001. Źródło: GUS.

Tabela 12.5.1. Wskaźniki oceny stopnia zanieczyszczenia gleby (warstwy powierzchniowej) metalami ciężkimi. Źródło: IUNG.

Metal	Gleby	0	I	II	III	IV	V
		mg/kg					
Kadm (Cd)	Lekkie	0,3	1,0	2	3	5	> 5
	Średnie	0,5	1,5	3	5	10	>10
	Ciężkie	1,0	3,0	5	10	20	> 20
Miedź (Cu)	Lekkie	10	30	50	80	300	> 300
	Średnie	20	50	80	100	500	> 500
	Ciężkie	25	70	100	150	750	> 750
Chrom (Cr)	Lekkie	20	40	80	150	300	> 300
	Średnie	30	60	150	300	500	> 500
	Ciężkie	50	80	200	500	1000	> 1000
Nikiel (Ni)	Lekkie	10	30	50	100	400	> 400
	Średnie	25	50	75	150	600	> 600
	Ciężkie	50	75	100	300	1000	> 1000
Ołów (Pb)	Lekkie	20	70	100	500	2500	> 2500
	Średnie	40	100	250	1000	5000	> 5000
	Ciężkie	60	150	500	2000	7000	> 7000
Cynk (Zn)	Lekkie	50	100	200	700	1500	> 1500
	Średnie	70	150	300	1000	3000	> 3000
	Ciężkie	100	250	500	2000	5000	> 5000



Rys. 12.5.3. Stopień zanieczyszczenia gleb metalami ciężkim. Źródło: PMS.

- III. Zanieczyszczenie małe, na glebach tych należy wykluczyć uprawę warzyw (np. sałata, szpinak, kalafior, marchew), dozwolona jest natomiast uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych oraz użytkowanie pastwiskowe.
- IV. Zanieczyszczenie średnie, dopuszczalna jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych, pod warunkiem okresowej kontroli poziomu metali w konsumpcyjnych częściach roślin, zalecane są natomiast uprawy roślin przemysłowych i traw nasiennych.
- V. Zanieczyszczenie duże, gleby takie, a zwłaszcza gleby lekkie, powinny być wyłączone z produkcji rolnej przeznaczone pod zadarnianie i zadrzewianie, dopuszcza się uprawę roślin przemysłowych (np. len, konopie, wiklina), materiału siewnego zbóż i traw oraz ziemniaków dla przemysłu spirytusowego i rzepaku na olej techniczny.
- VI. Bardzo duże, gleby te powinny być wyłączone z produkcji rolnej i użytkowania pastwiskowego.

Dla potrzeb oceny jakości gleb użytkowanych rolniczo wyznaczono na terenie całego kraju w 216 stałych punktów badawczych. W próbach wykonano szereg badań właściwości gleb oraz oznaczono między innymi zawartości metali ciężkich (ołów, kadm, cynk, miedź, nikiel) a także WWA.

Z uzyskanych danych wynika jednoznacznie, że gleby użytkowane rolniczo w Polsce mają skład odpowiadający glebom naturalnym lub nie zanieczyszczonym. Generalnie wyniki uzyskane w 2000 roku nie wykazują znaczących zmian w stosunku do badań przeprowadzonych w roku 1995, co dla poszczególnych metali przedstawiono na rys. 12.5.3.

W odniesieniu do wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) nie stwierdzono w badanym okresie czasu większych zmian ilościowych. Niską i podwyższoną zawartością WWA (0 – 1 stopień) w roku 2000 charakteryzowało się 82,4 % badanych prób, a 79,2% w roku 1995. Gleby słabo i średnio zanieczyszczone w 2000 roku stanowiły 17,6% zaś w 1995 roku około 20,3%. W badaniach z roku 1995 stwierdzono tylko jed-

ną próbkę, w której zawartość WWA spowodowała jej zaliczenie do wysokiego stopnia zanieczyszczenia (0,5% badanych prób). Podkreślić należy, że podwyższone zawartości WWA stwierdzono w pobliżu oddziaływań lokalnych źródeł emisji.

## 12.6. Wnioski

Znaczna część powierzchni Polski jest wykorzystywana do celów rolniczych, gleby użytkowane rolniczo stanowią ok. 60% powierzchni kraju. Wbrew istniejącej obiegowej opinii stan czystości gleb użytków rolnych w naszym kraju jest bardzo dobry pod względem zawartości w nich zanieczyszczeń istotnych dla zdrowia człowieka i środowiska, do których zaliczamy metale ciężkie i wybrane, niebezpieczne związki organiczne. Większość (ok. 97% powierzchni użytków rolnych) gleb Polski charakteryzuje się naturalną lub nieco podwyższoną zawartością metali ciężkich.

Nowym kierunkiem wykorzystania powierzchni ziemi w Polsce są tzw. użytki ekologiczne. Powierzchnia użytków ekologicznych nie jest aktualnie zbyt duża, ale fakt jej systematycznego wzrostu od 4,5 tys ha w 1999 roku do 11,8 tys ha w roku 2001 wymaga szczególnego podkreślenia.

Zaniepokojenie budzi natomiast wzrost powierzchni odłogów i ugorów gleb gruntów ornych. W roku 1990 ugory i odłogi stanowiły 1,1% powierzchni gruntów ornych, w roku 1995 ok. – 9,3% a w 2001 roku ok. – 11,9%.

Obszar gruntów zdegradowanych i zdewastowanych w Polsce w latach 1990-2001 stopniowo maleje. Spowodowane jest to prowadzonymi systematycznie, aczkolwiek z różną intensywnością i skalą, procesami rekultywacji i zagospodarowania. W roku 2001 zrekultywowano 2,0 tys. ha, w tym: na cele rolnicze przeznaczono powierzchnię 0,8 ha, a na cele leśne – 1,0 tys. ha. Zagospodarowanych zostało 1,4 tys. ha, na cele rolnicze przeznaczono powierzchnię 0,5 tys. ha, a na leśne – 0,4 ha. Niewielka skala zrealizowanych przedsięwzięć w znacznym stopniu wynika z konieczności poniesienia dużych kosztów.

# Przyroda



## 13. PRZYRODA

Dorota Wróblewska, Agnieszka Olszańska

### 13.1. Informacje ogólne

Środowisko przyrodnicze w Polsce należy do najbogatszych w Europie zarówno pod względem ilości gatunków jak i walorów przyrodniczych. Centralne położenie naszego kraju na kontynencie europejskim, w rejonie krzyżowania się geograficznych zasięgów występowania licznych gatunków i zbiorowisk roślinnych, z jednej strony – subatlantyckich i subkontynentalnych, a z drugiej strony – śródziemnomorskich i borealnych, sprzyja dużej różnorodności przyrodniczej i krajobrazowej. Sprzyjającym elementem dla utrzymania tego stanu jest też nierównomierne uprzemysłowienie i urbanizacja kraju, zachowane na znacznych obszarach tradycyjne ekstensywne rolnictwo oraz rozległe i trwałe historycznie lasy. W znacznej części przyroda Polski, jej lasy, góry, rzeki, jeziora są zachowane w stanie niemal naturalnym. Do rzadkości w Europie należą tak wielkie i zwarte kompleksy leśne, czy doliny polskich rzek, które zachowały wiele ze swej naturalności dzięki temu, że nie zostały uregulowane.

Aby chronić to dziedzictwo w Polsce jak i na całym świecie podejmuje się różne inicjatywy w tym również prawne. Do głównych aktów prawnych zajmujących się szeroko rozumianą ochroną przyrody w Polsce należą następujące ustawy:

- Ustawa z dnia 16 października 1999 r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2001 r. Nr 99, poz. 1079 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz. U. z 2000 r. Nr 56 poz. 679 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 30 marca 2002 r. Prawo łowieckie (Dz. U. z 2002 r. Nr 42 poz. 372 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 18 kwietnia 1985 r. o rybactwie śródlądowym (Dz. U. z 1999 r. Nr 66 poz. 750 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. z 1995 r. Nr 16 poz. 78 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r. o ochronie zwierząt (Dz. U. z 1997 r. Nr 111 poz. 724 z późn. zm.)

Natomiast światowe inicjatywy na rzecz ochrony przyrody doprowadziły do sformułowania licznych dokumentów o znaczeniu międzynarodowym.

Poniżej przedstawiono ważniejsze konwencje i porozumienia międzynarodowe, których Polska jest stroną:

- Konwencja o obszarach wodno-błotnych mających znaczenie międzynarodowe, zwłaszcza jako środowisko życiowe ptactwa – Konwencja Ramsarska z dnia 2 lutego 1971 (Dz. U. z 1978 r. Nr 7 poz. 24)

- Konwencja o międzynarodowym handlu dzikimi zwierzętami i roślinami gatunków zagrożonych wyginięciem
- Konwencja Waszyngtońska – CITES z dnia 3 marca 1973 r. (Dz. U. z 1991 r. Nr 27 poz. 112 z późn. zm.)
- Konwencja o ochronie gatunków, dzikiej fauny i flory europejskiej oraz ich siedlisk naturalnych – Konwencja Berneńska z dnia 19 września 1979. (Dz. U. z 1996 r. Nr 58 poz. 263 z późn. zm.)
- Konwencja o ochronie różnorodności biologicznej z dnia 5 czerwca 1992 roku (Dz. U. z 2002 r. Nr 184 poz. 1532)
- Konwencja o ochronie wędrownych gatunków dzikich zwierząt – Konwencja Bońska z dnia 23 czerwca 1979 r. (Dz. U. z 2003 r. Nr 2 poz. 17)
- Porozumienie o ochronie małych walenii Bałtyku i Morza Północnego z dnia 17 marca 1992 r. (Dz. U. z 1999 r. Nr 96 poz. 11058)
- Porozumienie o ochronie nietoperzy w Europie z dnia 4 grudnia 1991 r. (Dz. U. z 1991 r. Nr 96 poz. 1112)

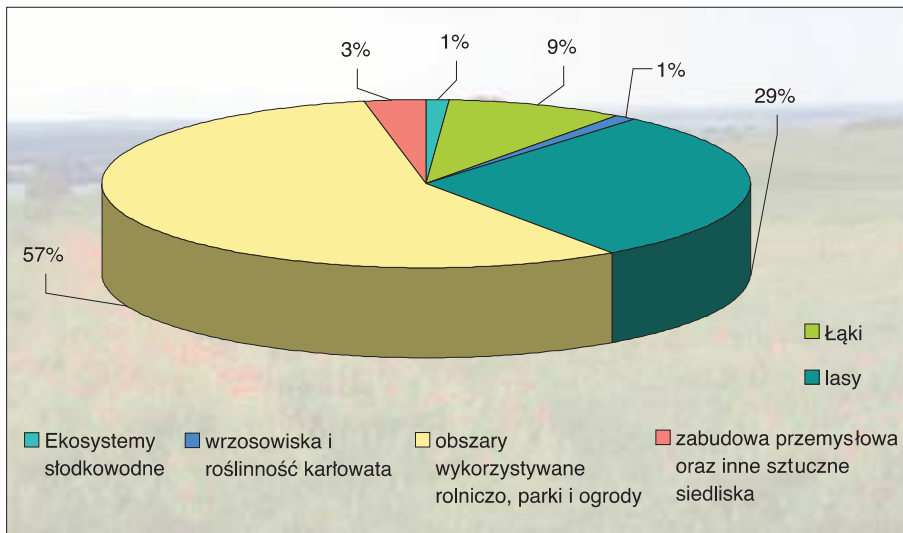
Z wyżej wymienionych dokumentów wynikają prawne obowiązki i zadania, które muszą być w Polsce realizowane.

### 13.2. Zasoby przyrodnicze Polski

Przyroda i jej zasoby kojarzą się zwykle z dziewiczą naturą nie zmienioną przez człowieka lub zmienioną w niewielkim stopniu, dzikimi gatunkami roślin i zwierząt. A przecież przez różnorodność biologiczną należy rozumieć to wszystko co nas otacza. Konwencja o ochronie różnorodności biologicznej definiuje to pojęcie następująco: „*różnorodność biologiczna oznacza zróżnicowanie wszystkich żywych organizmów występujących na Ziemi w ekosystemach lądowych, morskich i słodkowodnych oraz w zespołach ekologicznych, których są częścią; dotyczy to różnorodności w obrębie gatunku, pomiędzy gatunkami oraz różnorodności ekosystemów*”.

Różnorodność występujących na terenie Polski siedlisk wpływa bezpośrednio na różnorodność gatunkową. Główne typy siedlisk w Polsce wg klasyfikacji EUNIS (poziom 1) przedstawiono na rys. 13.2.1. EUNIS (ang. *European Nature Information System*) jest to Europejski system wymiany informacji przyrodniczej.

Najbardziej typowymi siedliskami dla krajobrazu Polski są siedliska związane z obszarami wykorzystywanymi rolniczo (57% powierzchni kraju) oraz lasy (29%). Najmniejszy procent powierzchni kraju zajmują siedliska słodkowodne (1%) oraz wrzosowiska i roślinność karłowata (1%). Brak intensywnej ingerencji człowieka w istniejące formy przyrody spowodował zachowanie cennych przyrodniczo terenów. W Polsce zidentyfikowano 956 ostoi o znaczeniu



Rys. 13.2.1. Główne typy siedlisk w Polsce w procentach powierzchni wg klasyfikacji EUNIS. Źródło: MŚ.

europiejskim, które zajmują ok. 20% powierzchni naszego kraju. Są to tereny ważne z punktu widzenia ochrony przyrodniczego dziedzictwa Europy.

Charakterystyka gatunkowa rejestrowanych na terenie Polski organizmów żywych przedstawia się następująco (dane MŚ):

#### Rośliny:

Glony ok. 10 000  
Rośliny naczyniowe 2 300

Grzyby 4 000

Porosty 1 500

#### Zwierzęta:

Bezkęrgowce ok. 3 000

Płazy 18

Gady 9

Ptaki 235<sup>1</sup>

Ryby 129

Ssaki 83

Część gatunków z uwagi na potencjalne lub istniejące zagrożenia podlega ochronie prawnej.

### 13.3. Gatunki ginące i zagrożone w Polsce

Encyklopedia Biologiczna z 1998 definiuje **gatunki zagrożone** jako gatunki o większym lub mniejszym ryzyku wyginięcia w wyniku antropopresji bądź innych czynników, wykazujące spadek liczebnościowy lub / i straty siedliskowe, co w konsekwencji prowadzi do rozdrobnienia populacji i strat w areale występowania.

IUCN/WCU (**The World Conservation Union, Światowa Unia Ochrony Przyrody**) klasyfikuje gatunki w kategoriach zagrożeń, które przyjęto w nowych wydaniach Czerwonych Ksiąg, zarówno w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt (Kręgowce) z 2001 roku, jak i Polskiej Czerwonej Księdze Roślin z 2001. Poniżej podano klasyfikację gatunków wg kategorii zagrożeń IUCN wraz z przykładami:

**EX (Extinct)** – **gatunki całkowicie wymarłe**, które jednak utrzymywały się na obszarze Polski najdłużej i tu miały swoje ostoje (tur *Bos primigenius*, tarpan *Equus gmelini*).

**EXP (Extinct in Poland)** – **gatunki zanikłe lub prawdopodobnie zanikłe w Polsce**, o nie potwierdzonym występowaniu w ostatnim półwieczu (norka europejska *Mustela lutreola*, strepet *Tetrax tetrax*, jesiotr zachodni *Acipenser sturio*).

**CR (Critically Endangered)** – **gatunki skrajnie zagrożone**, których liczebność zmalała skrajnie, do poziomu krytycznego (od jednostek do setek osobników) a tempo zanikania wynosi 80% w ciągu 10 lat lub 3 pokoleń. Gatunki tak zagrożone wymagają aktywnej ochrony oraz zapobiegania przyczyn wymierania. Przykłady: orlik grubodzioby *Aquila clanga*, kraska *Coracias garrulus*, wąż Eskulapa *Elaphe longissima*.

**EN (Endangered)** – **gatunki bardzo wysokiego ryzyka, silnie zagrożone wyginięciem** ze względu na małą populację (na poziomie lub mniejszą od populacji minimalnej), porozrywany zasięg lub / i niepokojące tempo zanikania populacji (liczebności czy arealu na poziomie 50% w ciągu 10 lat lub 3 pokoleń). Gatunki zaliczane do tej kategorii, jeśli nie zostaną podjęte odpowiednie działania ochronne, mogą w przeciągu kilku lat znaleźć się w kategorii CR. Przykłady: susel perełkowany *Spermophilus suslicus*, cietrzew *Tetrao tetrix*, strzebla błotna *Eupallasella percunurus*.

**VU (Vulnerable)** – **gatunki narażone na wyginięcie** ze względu na postępujący spadek liczebności populacji (także lokalny), straty siedliskowe lub nadmierną eksploatację. Zaliczane są tu gatunki, które są jeszcze stosunkowo liczne, ale ich regres może się nasilić, jeśli nie zostaną usunięte przyczyny zamierania populacji. Przykłady: sowa błotna *Asio flammeus*, wodniczka *Acrocephalus paludicola*, gniewosz płamisty *Coronella austriaca*.

**NT (Near Threatened)** – **gatunki niższego ryzyka**, lecz bliskie zagrożenia, które nie są jeszcze bezpośrednio zagrożone, ale przejawiają oznaki spadku populacji i wymagają specjalnego nadzoru. Przykłady: ryś *Lynx lynx*, podróżniczek *Luscinia svecica*, piskorz *Misgurnus fossilis*.

**LC (Least Concern)** – **gatunki najmniejszej troski**, które nie wykazują na razie regresu populacyjnego i nie należą do zbyt rzadkich (mogą nawet lokalnie zwiększać

<sup>1</sup> liczba ta odnosi się do ptaków rozmnażających się na terenie Polski

swój stan posiadania), także takie, które reprezentowane są przez populacje marginalne, ledwie się zaznaczające i nietrwale. Ich obecność w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt wynika z:

- 1) niejasnej lub złej sytuacji gatunku w otoczeniu Polski (m.in. przynależność do gatunków zagrożonych w Red Data Book of European Vertebrates 1997),
- 2) gatunek jest reprezentowany przez słabe populacje brzeżne lub wyspowe, ale niezagrożony poza Polską,
- 3) w Polsce znajdują się centra liczebności gatunku i osiąga on tu co najmniej 10% całego stanu liczebnego,
- 4) jest endemitem, reliktem lub taksonem unikatowym,
- 5) jest objęty międzynarodowymi konwencjami lub programami ochronnymi. Przykłady: mroczek posrebrzany *Vespertilio murinus*, orlik krzykliwy *Aquila pomarina*, traszka karpacka *Triturus montandoni*, morświn *Phocoena phocoena*.

### Fauna

Zgodnie z Polską Czerwoną Listą Zwierząt ginących i zagrożonych z 1992 r. spośród dobrze rozpoznanej grupy kręgowców (624 gatunki zarejestrowane) 115 gatunków należy do grupy wymarłych i zagrożonych: 11 gatunków wymarło lub wycofało się z terenu Polski, 19 gatunków jest skrajnie zagrożonych i ginących, 19 gatunków jest narażonych na wyginięcie, a 48 należy do skrajnie rzadkich. Za ocalone uważa się 5 gatunków kręgowców, w tym: żubr, bóbr europejski oraz kormoran. Dla pozostałych 13 gatunków, sporadycznie występujących w kraju, status zagrożenia nie został określony (Głowaciński 1992).

W wydanej w 2001 roku Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt – Kręgowce, z około 455 gatunków lęgowych i rozmnażających się w Polsce, w opracowaniu ujęto ponad 1/3 taksonów. Uznaje się, że ponad 1/3 gatunków kręgowców występujących w naszym kraju mieści się w kryteriach światowych czerwonych ksiąg i spisów (Głowaciński 2001).

Od 1600 roku do lat 80-tych wymarło lub wycofało się z obecnego terytorium Polski 15 gatunków kręgowców (3 gatunki ssaków, 11 gatunków ptaków i 1 gatunek ryb) (Głowaciński 1980). Ze 173 migrujących, zimujących i przypadkowo pojawiających się w naszym kraju gatunków kręgowców w wieku XX nie odnotowano 12 z nich, były to głównie morskie ssaki oraz ptaki. Spośród monito-



Rys. 13.3.1. Jaszczurka zwinka. (Autor A. Langowski)

rowanych w latach 70-tych gatunków bezkręgowców, jeden ustąpił z Polski (*Margaritifera margaritifera*), natomiast dwa (*Parnasius apollo* i *Gaurotes excellens*) uznane były za skrajnie zagrożone z uwagi na niską liczebność, ograniczony areal występowania oraz znaczną izolację populacji (Głowaciński 1980). W ciągu ostatnich 200 lat wyginęło lub znalazło się w stanie skrajnego zagrożenia 30% gatunków ptaków gniazdujących w Polsce (Tomiałojć 1990). Wzrost liczebności, odbudowę do dawnego poziomu, a nawet ekspansję terytorialną wykazuje 19% gatunków ptaków. Obecnie najbardziej zagrożoną grupę stanowią małże, ślimaki wodne i błonkówki z rodziny *Apoidea*, motyle z grupy *Macrolepidoptera*, jętki i widelnice. Powodem zanikania wielu gatunków kręgowców są przede wszystkim działania człowieka, często prowadzone od stuleci: eksploatacja, myślistwo, kłusownictwo. Przyczyną zanikania wielu grup bezkręgowców, zwłaszcza wodnych (małże, ślimaki, gąbki, skorupiaki) jest coraz poważniejsze skażenie środowiska, coraz większa chemizacja, a także degradacja siedlisk, nieodwracalne zmiany w krajobrazie.

Tabela 13.3.1. Stan liczebny kręgowców w wydzielonych kategoriach klasyfikacyjnych. Źródło: GUS.

Grupy systematyczne	Kategorie zagrożen						
	EX	EXP	CR	EN	VU	NT	LC
ssaki	2	2	2	10	1	9	6
ptaki	-	10	16	8	10	10	16
gady	-	1	1	1	1	-	-
plazy	-	-	-	-	-	2	1
ryby	-	1	3	4	2	7	-
kręglouste	-	-	-	1	1	2	-

### Flora

Szacuje się, że z terenu Polski w ciągu ostatnich 200 lat zniknęły 124 gatunki roślin (Andrzejewski i Weigle 1994). W różnych grupach taksonomicznych zagrożone gatunki roślin stanowią około 14-50%. Według kryteriów przyjętych w Polskiej Czerwonej Liście Roślin z 1992 roku, szacuje się, że zagrożonych jest około 40% gatunków śluzowców występujących w Polsce, lista ginących porostów zwiększyła się z 29% gatunków podawanych w pierwszym wydaniu listy (1986) do 38% gatunków podanych w wydaniu drugim (1992), 20% gatunków wątrobowców i grzybów wielkoowocnikowych, 18% gatunków mchów, 19% gatunków roślin naczyniowych (w roku 1986 zagrożonych było 15% flory roślin naczyniowych). Najnowsza Polska Czerwona Księga Roślin – Paprotniki i Rośliny Kwiatowe obejmuje 296 taksonów uznanych za zagrożone i ginące w polskiej florie. 38 gatunków uznano za całkowicie wymarłe na terenie Polski, w tym podejrzony lancetowaty *Botrychium lanceolatum*, takson borealny, który miał w Gorcach stanowisko reliktowe, endemit polski – warzucha polska *Cochlearia polonica*, wymarły na stanowiskach naturalnych, ale utrzymujący się dzięki ochronie czynnej na stanowiskach zastępczych, Inicznik zwyczajny *Camalina alyssum*, chwast upraw lnu, prawdopodobnie wymarły na





Rys.13.3.2. Lilia złotogłów. (Autor M. Wężyk).

całym swoim zasięgu. Wśród taksonów wymarłych wiele związanych było z zasolonymi siedliskami morskimi, np. karmnik nadmorski *Sagina maritima*. Wysoka jest liczba gatunków krytycznie zagrożonych (CR), w Księdze zaliczono do niej 74 taksony. Są to przede wszystkim rośliny o izolowanych, często reliktowych stanowiskach, np. skalnica śnieżna *Saxifraga nivalis* z Karkonoszy, *Primula farinosa* z Beskidu Sądeckiego. Do kategorii zagrożonych wyginieciem zaliczono 59 taksonów, a ich dalsza egzystencja zależy przede wszystkim od zachowania typowych dla nich siedlisk. Najbardziej narażone na wyginiecie są taksony związane ze zbiorowiskami i siedliskami wodnymi, bagiennymi, torfowiskowymi, kserotermicznymi.

Wciąż, niewiele wiadomo o stopniu zagrożenia i stanie populacji wielu gatunków roślin niższych. W Polsce

poznano około 4000 gatunków grzybów wielkoowocnikowych, z czego szacuje się, że zagrożonych wyginieciem jest 170 gatunków, wymierających jest 120 gatunków, a 50 z dotychczas poznanych wyginęło (Andrzejewski i Weigle 1994). Grupą szczególnie narażoną na zmiany środowiska, a w związku z tym szczególnie narażoną na wyginiecie są porosty. Dotychczas opisano w Polsce około 1600 gatunków, z czego 10 już uznano za wymarłe, 142 za wymierające, a 167 uważa się za zagrożone (Cieśliński, Czyżewska, Fabiszewski 1986). Największą grupę roślin wodnych stanowią glony, które są grupą najmniej poznaną. Charakteryzują się dużą zmiennością sezonową oraz różnicami w długości okresów wegetacyjnych, co utrudnia badania. W Polsce szczególnie zagrożone są glony wód słodkich i słabo zasolonych – badania wskazują na dość dramatyczną sytuację – występowanie glonów zmniejszyło się o około 50% w ciągu ostatnich dwudziestu lat (Michalik 1989). Od lat 80-tych obserwuje się zanikanie ramienic w wodach jezior mazurskich (Jezioro Mikołajskie i Juno). Zagrożone są również krasnorosty. Spośród 20 gatunków występujących na wybrzeżu Bałtyku, z rodzaju *Batrachospermum* silnie zagrożonych wyginieciem jest 6 gatunków, z rodzaju *Lemnea* 1 gatunek (Andrzejewski i Weigle 1994).

Spośród 900 gatunków mszaków występujących w Polsce, na liście gatunków zagrożonych jest około 120 mszaków i 30 wątrobowców. W wyniku zanieczyszczenia środowiska, chemizacji rolnictwa, wycinania lasów, osuszenia torfowisk i urbanizacji terenu grupą ginącą najszybciej są epifity.

120 gatunków roślin zarodnikowych i naczyniowych, stanowiących około 1% rodzimej flory, wyginęło lub wyginęło prawdopodobnie. Ponad 900 gatunków zostało uznanych jako skrajnie zagrożone i zagrożone. 611 gatunków jest potencjalnie zagrożonych z uwagi na bardzo rzadkie występowanie. Ponad 25% polskiej flory (2044 gatunki roślin zarówno naczyniowych jak i zarodnikowych) jest uznawana za zagrożoną wyginieciem (Michalik 1989). Flora roślin naczyniowych liczy w Polsce około 2400 gatunków, jeśli uwzględni się również gatunki obce niedawno przybyłe, liczba ta sięgnąć może około 3000 (Andrzejewski i Weigle 1994). Zagrożenia dla gatunków roślin naczyniowych wynikają przede wszystkim ze zmian zachodzących w środowisku, których wynikiem jest zanikanie siedlisk i typowych dla nich zbiorowisk roślinnych. Szczególnie narażone są zbiorowiska torfowiskowe, bagienne i kserotermiczne.

Tabela 13.3.2. Zagrożenie flory Polski. Źródło: GUS.

Grupy systematyczne	wymarłe i zagrożone	wymierające	narażone	rzadkie	o nieokreślonym zagrożeniu
glony	29	21	84	93	29
śluzowce	24	-	-	13	51
grzyby wielkoowocnikowe	71	172	188	296	286
porosty	60	180	120	127	115
wątrobowce	-	26	5	14	5
mchy	4	17	45	29	41
rośliny naczyniowe	40	54	142	146	36

W ostatnich dziesięcioleciach obserwuje się również zaniechanie zbiorowisk półnaturalnych, co jest wynikiem zmiany sposobu gospodarowania gruntami.

Zmiany siedliskowe oraz nieodwracalne zmiany w środowisku były powodem drastycznego spadku liczebności 95% gatunków storczyków w Polsce (Michalik 1989). Prognozy na przyszłość są równie zastraszające. Zarzycki i Wojewoda (1986) oraz Michalik (1989) przewidują, że największych strat można oczekiwać wśród porostów i glonów i szacują, że sięgać one mogą nawet 25% gatunków rodzimej flory. Wiązać się to może przede wszystkim z ustępowaniem zbiorowisk siedlisk podmokłych, bagien i torfowisk, wód płynących i stojących.

#### 13.4. Obszary chronione

Ustawa o ochronie przyrody wprowadza następujące prawne formy ochrony przyrody:

- 1) parki narodowe
- 2) rezerwy przyrody
- 3) parki krajobrazowe
- 4) obszary chronionego krajobrazu stanowiące Krajowy System Obszarów Chronionych oraz
- 5) ochronę gatunkową roślin i zwierząt
- 6) ochronę w drodze uznania za:
  - a) pomniki przyrody
  - b) stanowiska dokumentacyjne
  - c) użytki ekologiczne
  - d) zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.

Zestawienie wzrostu powierzchni obszarów chronionych w Polsce w latach 1980-2001 przedstawiono na rys.13.4.1.

##### **Parki narodowe**

W Polsce najwyższą formą ochrony przyrody są parki narodowe. Obejmują one obszar o powierzchni co najmniej 1 000 ha, wyróżniający się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, społecznymi, naukowymi i kultu-

rowymi. Na terenie parku ochronie podlega całość przyrody i krajobrazu. Utworzenie, powiększenie lub zmniejszenie obszaru parku narodowego następuje w drodze rozporządzenia Rady Ministrów. Obecnie w Polsce istnieją 23 parki narodowe, w tym 15 z nich posiada II kategorię według kryteriów Światowej Unii Ochrony Przyrody (IUCN), 7 Parków to Światowe Rezerwy Biosfery, 2 wyróżniono Dyplomem Europy, 3 należą do Konwencji Ramsarskiej, a Białowiecki Park Narodowy jest wpisany na listę Światowego Dziedzictwa Ludzkości. Większość polskich parków narodowych ma charakter leśny (ok. 62,5% zajmują lasy). Wyjątkami są Narwiański Park Narodowy, Park Narodowy „Ujście Warty” gdzie lasy nie przekraczają 1% powierzchni oraz Słowiński Park Narodowy o lesistości 25%. Park Narodowy „Ujście Warty” jest najmłodszym polskim parkiem narodowym utworzonym 1 lipca 2001 r. W roku 2001 istniały 23 parki narodowe zajmujące powierzchnię 314 527,1 ha.

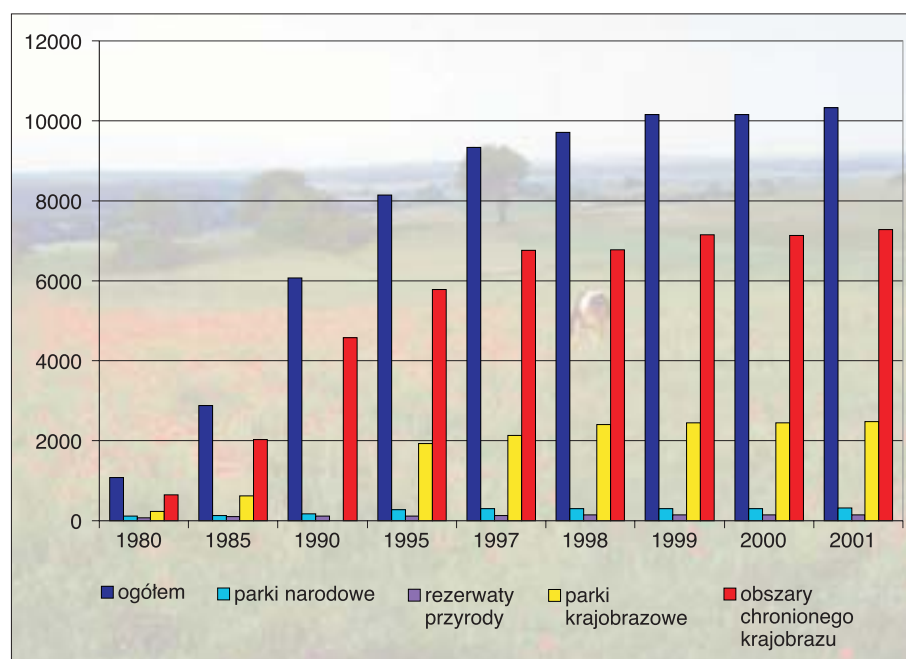
Charakterystykę wszystkich parków narodowych przedstawiono w tabeli 13.4.1.

##### **Parki krajobrazowe**

Park krajobrazowy jest obszarem chronionym ze względu na wartości przyrodnicze, historyczne i kulturowe, a celem jego utworzenia jest zachowanie, popularyzacja i upowszechnianie tych wartości w warunkach zrównoważonego rozwoju. Utworzenie parku krajobrazowego następuje w drodze rozporządzenia wojewody. W roku 2001 istniało 120 parków krajobrazowych, zajmujących powierzchnię 2 552 803,6 ha.

##### **Rezerwy przyrody**

Rezerwy przyrody są obszarami obejmującymi zachowane w stanie naturalnym lub mało zmienionym, ekosystemy w tym siedliska przyrodnicze, a także określone gatunki roślin i zwierząt, elementy przyrody nieożywionej, mające istotną wartość ze względów naukowych, przyrodniczych, kulturowych bądź krajobrazowych. Utworzenie



Rys. 13.4.1. Powierzchnia o szczególnych walorach przyrodniczych prawnie chroniona w latach 1980-2001. Źródło: GUS.

Tabela 13.4.1. Charakterystyka Parków Narodowych. Źródło: KZPN.

	Park Narodowy	Rok utworzenia	Powierzchnia ogółem (ha)	powierzchnia leśna (ha)	Kategoria*
1.	Babiogórski	1954	3392	3198	IIMaBII
2.	Białowiecki	1947	10502	9594	II WH.E.MaB
3.	Biebrzański	1993	59223	15544	R
4.	Bieszczadzki	1973	29202	24724	II MaB, E
5.	„Bory Tucholskie”	1996	4798	3970	
6.	Drawieński	1990	11342	9586	II
7.	Gorczański	1981	7030	6591	II
8.	Gór Stołowych	1993	6340	5779	
9.	Kampinoski	1959	38544	27542	II MaB
10.	Karkonoski	1959	5575	3828	II MaB
11.	Magurski	1995	19962	18531	
12.	Narwiański	1996	7350	93	
13.	Ojcowski	1956	2146	1529	V
14.	Pieniński	1954	2346	1664	II
15.	Poleski	1990	9762	4780	II
16.	Roztoczański	1974	8482	8102	II
17.	Słowiński	1967	18618	4599	II MaB, R
18.	Świętokrzyski	1950	7626	7212	II
19.	Tatrzański	1954	21164	15191	II MaB
20.	„Ujście Warty”	2001	7956	80	R
21.	Wielkopolski	1957	7584	4589	II
22.	Wigierski	1989	15085	9464	V
23.	Woliński	1960	10937	4463	II BSPA

\* I-V – Kategoria według IUCN; MaB – Światowy rezerwat Biosfery; R – Konwencja Ramsar; E – Dyplom Rady Europy; WH – Światowe Dziedzictwo; BSPA – Bałtycki Specjalny Obszar Chroniony

rezerwatu przyrody następuje w drodze rozporządzenia wojewody, w przypadku gdy utworzenie rezerwatu wynika z zobowiązań międzynarodowych, a wojewoda nie utworzył rezerwatu, wtedy obszar ten uznaje za rezerwat przyrody minister właściwy ds. środowiska. W roku 2001 istniało 1345 rezerwatów przyrody i zajmowały one powierzchnię 147 708,1 ha; wykaz różnych typów rezerwatów przyrody przedstawiono w tabeli 13.4.2.

Tabela 13.4.2. Typy i ilość rezerwatów przyrody w roku 2001. Źródło: GUS

Rezerваты	Ilość obiektów	Powierzchnia w ha
Ogółem	1345	147 708,1
Faunistyczne	134	37 041,0
Krajobrazowe	99	37 194,6
Leśne	680	51 613,0
Torfowiskowe	135	12 251,6
Florystyczne	160	3 352,5
Wodne	30	3 895,5
Przyrody nieożywionej	70	1 902,5
Stepowe	33	406,5
Słonoroślowe	4	50,9



Rys. 13.4.1. Rezerwat przyrody Dębowiec w nadleśnictwie Gubin.

### **Obszary chronionego krajobrazu**

Obszar chronionego krajobrazu jest terenem chronionym ze względu na:

– wyróżniające się krajobrazowo tereny o zróżnicowanych ekosystemach, wartościowe w szczególności ze względu na możliwość zaspokajania potrzeb związanych z masową turystyką i wypoczynkiem lub istniejące albo odtwierzane korytarze ekologiczne, a także w celu zapewnienia powiązania terenów poddanych ochronie w systemie obszarów chronionych.

Wprowadzenie tej formy ochrony następuje na mocy rozporządzenia wojewody lub uchwały rady gminy.

W roku 2001 istniało 412 obszarów chronionego krajobrazu zajmujących powierzchnię 7 353 799,0 ha (jest to wartość łączna wraz z rezerwatami przyrody położonych na terenie chronionego krajobrazu).

### **13.5. Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony przyrody**

W ostatnich latach podjęto wiele działań na rzecz ochrony naszego dziedzictwa przyrodniczego cieszących się szerokim poparciem społecznym. Działania te były inicjowane przez organy administracji rządowej, samorządowej oraz organizacje pozarządowe, stowarzyszenia, koła miłośników przyrody. Część z nich miała charakter ogólnonarodowy.

W 2001 roku opracowano projekt „Krajowej strategii ochrony różnorodności biologicznej”, a na jej podstawie opracowano resortowe programy ochrony różnorodności biologicznej, np. w sektorach takich jak transport, rolnictwo, turystyka.

Ciągle powiększa się powierzchnię obszarów objętych ochroną, w roku 1995 zajmowały one powierzchnię 8 146,1 tys. ha a w roku 2001 powierzchnia ta wzrosła do 10 336,0 tys. ha.

Kontynuowane były rozpoczęte w poprzednich latach programy ochrony gatunkowej, takie jak: ochrona żubra, niedźwiedzia, wszystkich gatunków nietoperzy, zagrożonych gatunków ryb; restytucji sokoła wędrownego, reintrodukcji rysia w Kampinoskim Parku Narodowym; reintrodukcji pu-

chacza; reintrodukcji niepylaka apollo w Pienińskim Parku Narodowym; restytucji foki na wybrzeżu Bałtyckim.

W ramach inicjatyw międzynarodowych w Polsce rozpoczęto pracę nad utworzeniem polskiej sieci NATURA 2000<sup>2</sup>. Podjęto także działania zmierzające do włączenia czterech polskich obszarów chronionych leżących na terenach morskich i przybrzeżnych (Woliński Park Narodowy, Słowiński Park Narodowy, Nadmorski Park Krajobrazowy i Park Krajobrazowy Mierzei Wiślanej) do Bałtyckiego Systemu Obszarów Chronionych. Należy wspomnieć, że część nasyżonych obszarów chronionych zostało włączonych do międzynarodowej sieci Rezerwatów Biosfery: Rezerwat Biosfery Babia Góra (1977 r.<sup>3</sup>), Białowieski Rezerwat Biosfery (1977), Słowiński Rezerwat Biosfery (1977), Rezerwat Biosfery Jezioro Łuknajno (1977), Rezerwat Biosfery Karpaty Wschodnie (1992), Tatrzański Rezerwat Biosfery (1992) Karkonoski Rezerwat Biosfery (1992), Rezerwat Biosfery Puszcza Kampinoska (2000), Rezerwat Biosfery „Polesie Zachodnie” (2002). Osiem obszarów wodno-błotnych jest chronionych na mocy konwencji Ramsar: Jezioro Łuknajno (1977 r.<sup>4</sup>), Jezioro Karaś (1984), Jezioro Oświn (1984), Jezioro Świdwie (1984), Słońsk (1984), Biebrzański Park Narodowy (1995), Słowiński Park Narodowy (1995), Stawy Milickie (1995). Podjęto starania o włączenie kolejnych pięciu obszarów na listę obszarów chronionych konwencji Ramsar.

Równocześnie zrealizowano szereg inicjatyw o charakterze lokalnym np. aktywna ochrona żółwia błotnego w Lasach Sobiborskich (województwo lubelskie), projekt ochrony kolonii bociana białego w Żywkowie (województwo warmińsko-mazurskie).

Nie można pominąć znaczącego wkładu w ochronę środowiska przyrodniczego Polski licznych inicjatyw podejmowanych przez organizacje pozarządowe, stowarzyszenia, koła miłośników przyrody, przykładowo: monitoring pospolitych ptaków lęgowych; ochrona wilka, ochrona nietoperzy, ochrona bociana białego, ochrona korytarzy ekologicznych.

Działania te mają ogromną rolę w podnoszeniu wiedzy społeczeństwa, która jest konieczna dla prowadzenia skutecznej ochrony gatunkowej i obszarowej w praktyce.



Rys. 13.5.1. Żubr w Puszczy Białej (Autor A. Langowski).



Rys. 13.5.2. Nietoperz borowiec (Autor A. Langowski).

<sup>2</sup> Natura 2000 – jest to ogólnoeuropejska sieć obszarów chronionych, tworzonych na podstawie dyrektyw UE: 92/43EWG oraz 79/409/EWG.

<sup>3</sup> data w nawiasie oznacza rok utworzenia rezerwatu

<sup>4</sup> data w nawiasie oznacza rok zgłoszenia obszaru jako obszaru „Ramsar”

### 13.6. Wnioski

Niewiele krajów może pochwalić się tak różnorodnym krajobrazem jak Polska zaczynając od pięknego wybrzeża z charakterystycznymi wydmami, poprzez pas jezior, rozległych nizin z mokradłami, bagnami, pasem wyżyn aż po krajobraz wysokogórski o charakterze alpejskim. Tę różnorodność krajobrazową charakteryzuje też różnorodność biologiczna: 624 zarejestrowanych gatunków kręgowców, ok. 3 000 gatunków bezkręgowców, ok. 10 000 gatunków glonów, ok. 2 300 gatunków roślin naczyniowych. Jak wynika z danych z Polskich Czerwonych Ksiąg wiele z nich jest gatunkami zagrożonymi: 115 gatunków kręgowców należy do grupy wymarłych lub zagrożonych, 14-50% gatunków roślin to gatunki zagrożone.

W ostatnich latach podjęto wiele działań na rzecz ochrony przyrody. Ciągłe powiększa się powierzchnie objęte ochroną (w roku 1995 obszary chronione zajmowały powierzchnię 8 146,1 tys. ha a w 2001 roku 10 336,0 tys. ha), rozpoczęto też pracę nad stworzeniem w Polsce Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000, wchodzących w skład sieci paneuropejskiej. Realizowanych jest szereg działań mających na celu ochronę gatunkową np. programy ochrony niedźwiedzia, żubra, itp.

Wiele działań na rzecz ochrony przyrody podejmowanych jest przez organizacje pozarządowe, które mają ogromny wpływ na kształtowanie świadomości ekologicznej społeczeństwa.

# Lasy



## 14. LASY

Roman Michalak, Jerzy Wawrzoniak, Hanna Kasprzowicz

### 14.1 Informacje ogólne

Lasy stanowiąc naturalną formację przyrodniczą naszej strefy klimatyczno-geograficznej występowały w przeszłości na niemal całym obszarze Polski. Wraz z rozwojem społeczno-gospodarczym zasoby leśne ulegały zmniejszeniu zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym. W szczególnym stopniu działalność człowieka wpłynęła na te aspekty, które decydowały o przyrodniczym potencjale lasów. Wylesienia i towarzyszące im zubożenie struktury gatunkowej drzewostanów spowodowały zmniejszenie różnorodności biologicznej w lasach oraz zubożenie krajobrazu, erozję gleb i zakłócenie bilansu wodnego.

W Polsce proces przywracania zasobów leśnych rozpoczął się po II wojnie światowej i w początkowym okresie zdominowany był dążeniem do zabezpieczenia surowcowych potrzeb kraju. W kolejnych dekadach wraz z uwidoczniającym się pogarszaniem stanu środowiska coraz większe znaczenie w gospodarce leśnej zaczęto przywiązywać do pozostałych (poza produkcyjnymi) funkcji, które lasy spełniają w sposób naturalny lub w wyniku działań człowieka. Według obecnie powszechnie przyjętego podziału funkcje, które pełnią lasy kwalifikuje się następująco:

- **funkcje ekologiczne** (ochronne), wyrażające się korzystnym wpływem lasów na: kształtowanie klimatu globalnego i lokalnego, skład atmosfery, regulację obiegu wody w przyrodzie, przeciwdziałanie powodziom, lawinom i osuwiskom, ochronę gleb przed erozją i krajobrazu przed stepowaniem, zachowanie potencjału biologicznego wielkiej liczby gatunków i ekosystemów, a także różnorodność krajobrazu i lepsze warunki produkcji rolniczej;
- **funkcje produkcyjne** (gospodarcze), polegające na zdolności do produkcji biomasy i ciągłego powtarzania tego procesu, co umożliwia trwałe użytkowanie drewna i surowców nieдрzewnych pozyskiwanych z lasu, w tym użytków gospodarki łowieckiej, a w konsekwencji uzyskiwanie dochodów ze sprzedaży towarów i usług oraz zasilanie podatkiem budżetu państwa i budżetów samorządów lokalnych;
- **funkcje społeczne**, które kształtują korzystne warunki zdrowotne i rekreacyjne dla społeczeństwa, wzbogacają rynek pracy, wzmacniają obronność kraju, zapewniają rozwój kultury, nauki oraz edukacji ekologicznej społeczeństwa.

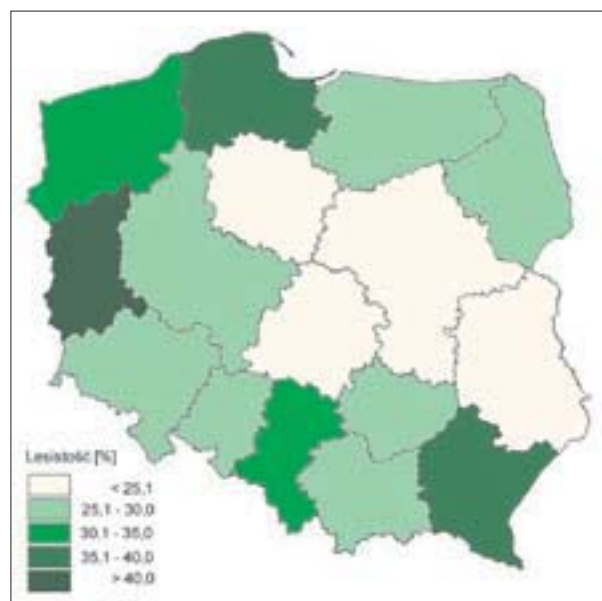
Podstawową zasadą gospodarki leśnej było i jest dążenie do zachowania trwałości lasów oraz powiększania zasobów leśnych i ciągłości ich użytkowania. W przeszłości zasoby leśne utożsamiane były z surowcem drzewnym i innymi produktami leśnymi. Obecnie realizowana idea wielofunkcyjnego modelu lasu, zawarta w Polityce Leśnej Państwa, zakłada spełnianie wszystkich funkcji lasu. Urzeczywistnienie tej idei oznacza dążenie do ukształtowania biologicznie zdrowych ekosystemów leśnych, których skład gatunkowy jest zgodny z siedliskiem, i które są użytkowane w racjonalny sposób.

### 14.2. Zasoby leśne

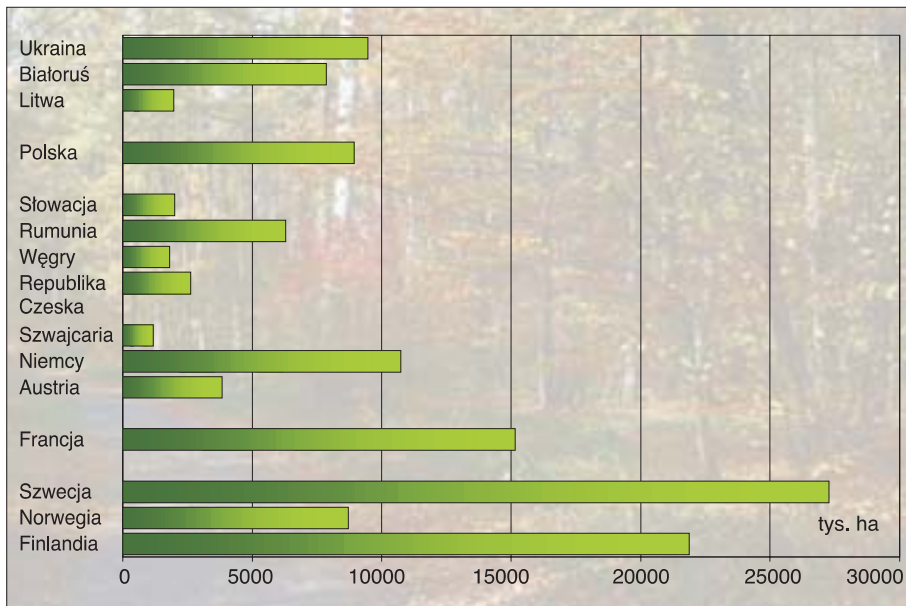
#### **Powierzchnia lasów**

Powierzchnia lasów w Polsce, w roku 2001 wynosiła 8894 tys. ha (wg GUS – stan w dniu 31.12.2001 r.), co odpowiadało lesistości 28,4%. Występowanie lasów w naszym kraju nie jest równomierne, przeważająca część obszarów leśnych znajduje się w północno-wschodnich, północno-zachodnich oraz południowo-wschodnich rejonach Polski (rys. 14.2.1.).

Według standardu przyjętego dla ocen międzynarodowych, uwzględniającego grunty związane z gospodarką leśną, powierzchnia lasów Polski w roku 2001 wynosiła 9088 tys. ha. Wielkość ta zalicza Polskę do grupy krajów o największej powierzchni lasów (po Francji, Niemczech i Ukrainie) w regionie (rys. 14.2.2.).



Rys. 14.2.1. Lesistość Polski wg województw. Źródło: IBL.



Rys. 14.2.2. Całkowita powierzchnia leśna. Źródło: FAO.

Zwiększanie powierzchni lasów jest jednym z priorytetów określonych w Polityce Leśnej Państwa. Przyjęty przez Radę Ministrów „Krajowy program zwiększania leśności” stwarza dobre podstawy do planowania i realizowania zalesień w sposób sprzyjający zwiększaniu różnorodności biologicznej na poziomie krajobrazu.

Mimo dużych trudności ekonomicznych, występujących zwłaszcza na początku lat 90-tych, kiedy zalesiano tylko około 6-7 tys. ha rocznie, w drugiej połowie poprzedniej dekady udało się istotnie zwiększyć powierzchnię zalesień (rys. 14.2.3.). W ostatnich pięciu latach zanotowano znaczący (ponad dwukrotny) wzrost powierzchni zalesień; w 2000 roku zalesiono 23,4 tys. ha., a w 2001 r. – 23,0 tys. ha.

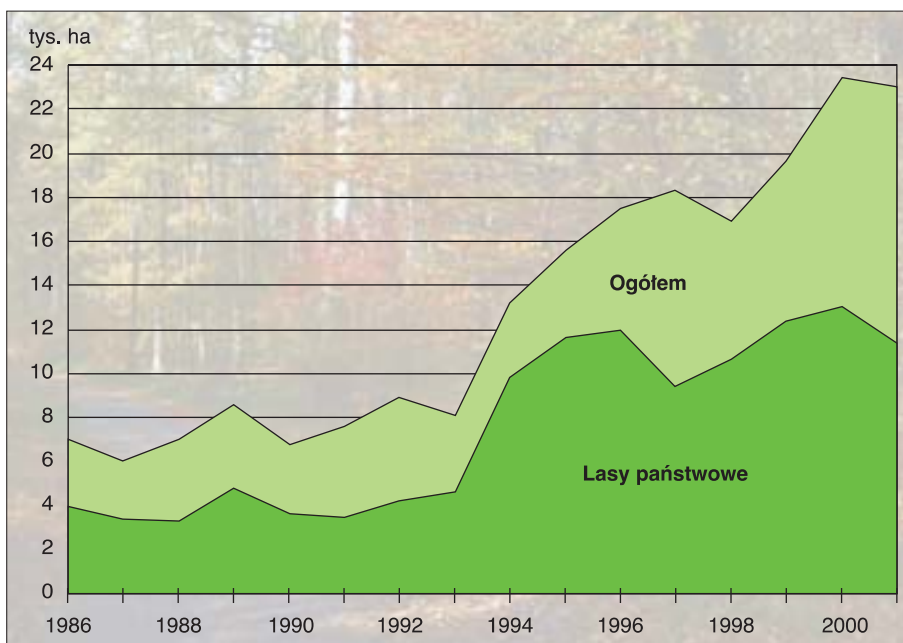
Z analizy przestrzennego rozmieszczenia nowozakładanych lasów wynika, że główny wysiłek zalesiania gruntów zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe skoncentrowany został na północy i południu kraju – charakteryzu-

jących się dużym udziałem lasów państwowych. Natomiast zalesienia gruntów prywatnych powiększają areal tej formy własności w przeważającym stopniu zlokalizowanej w centrum i na południu kraju.

Konsekwentna realizacja programu zwiększania leśności oraz relatywnie niewielkie powierzchnie wylesień spowodowały wzrost powierzchni leśnej; w analizowanym okresie (1990-2001) wyniósł on 200 tys. ha (rys. 14.2.4.).

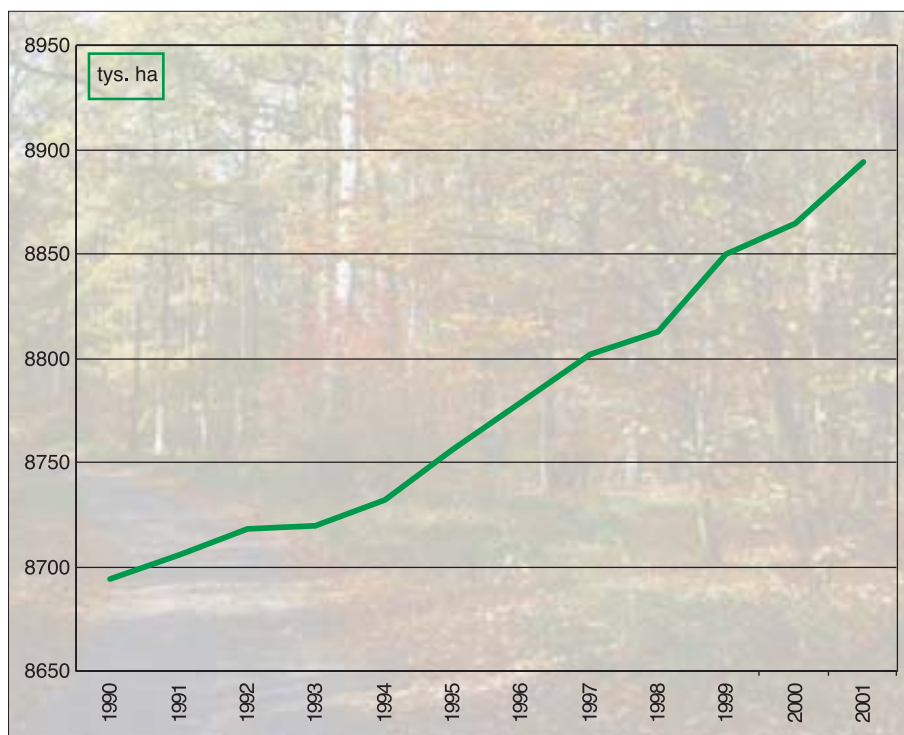
#### Typy siedliskowe lasów

Zmiany zachodzące w strukturze typów siedlisk leśnych mają na ogół charakter długookresowy i są trudne do uchwycenia na przestrzeni jednej dekady. Dodatkowym czynnikiem mającym wpływ na strukturę siedlisk jest ich reklasyfikacja, następująca w wyniku zastosowania bardziej dokładnych metod inwentaryzacji. Dlatego, w niniejszym opracowaniu zdecydowano przedstawić sytuację



Rys. 14.2.3. Rozmiar zalesień w Polsce w latach 1990-2001. Źródło: GUS.





Rys. 14.2.4. Zmiana powierzchni lasów Polski w okresie 1990-2001. Źródło: GUS.

w roku 2001 zakładając, że jest ona reprezentatywna dla całego okresu.

Lasy w Polsce występują w zasadzie na terenach o najłagodniejszych glebach, co znajduje swoje odzwierciedlenie w układzie typów siedliskowych lasu. W strukturze siedliskowej lasów przeważają siedliska borowe, występujące na 59,9% powierzchni lasów; bogatsze siedliska lasowe zajmują 40,1%, z czego olsy i łągi – 3,9%.

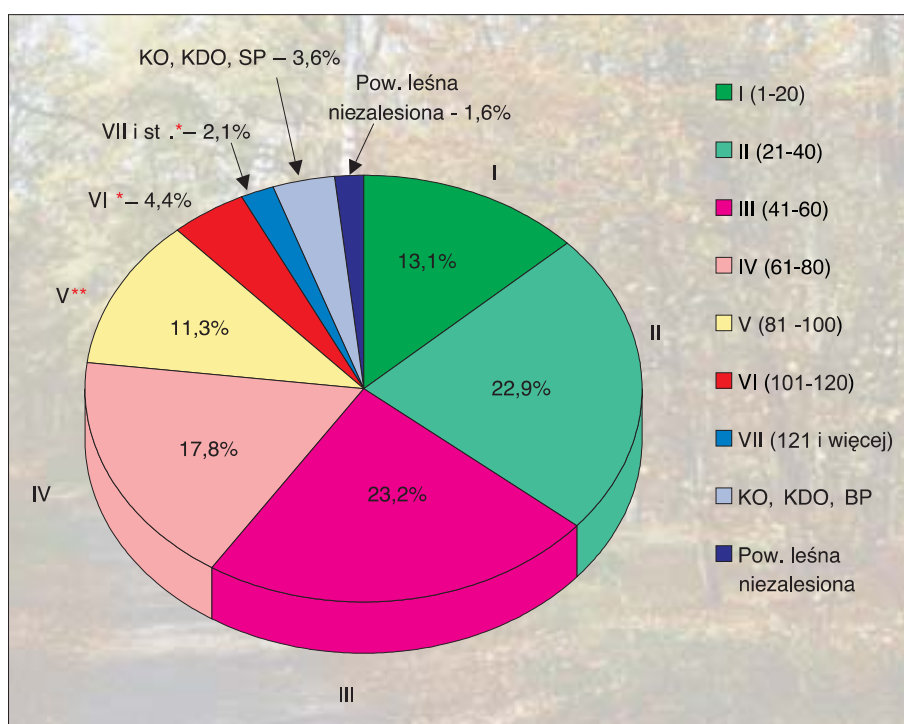
W przestrzennym układzie siedliskowych typów lasów, poza oczywistym skupieniem siedlisk górskich i wyżynnych na południu kraju, zwraca uwagę skoncentrowanie siedlisk wilgotnych w pasie Niziny Śląskiej i Kotliny Sandomierskiej.

Wyraźnie zaznacza się centralny obszar z przewagą świeżych siedlisk borowych, a także częstsze – w porównaniu z resztą kraju – występowanie siedlisk borów i lasów mieszanym wokół północnej i wschodniej granicy Polski.

#### Struktura wiekowa i gatunkowa lasów

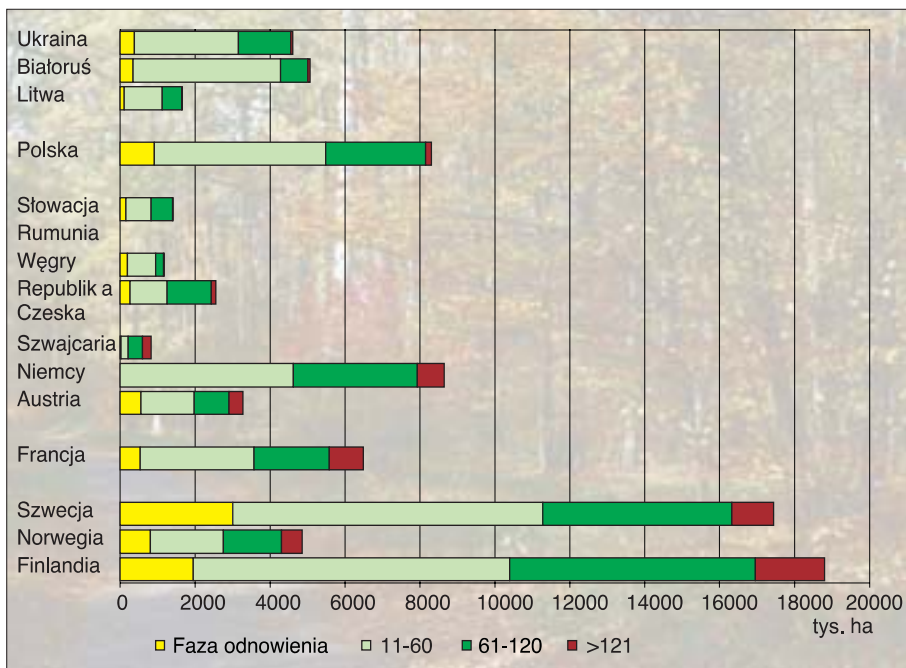
##### Struktura wiekowa zasobów leśnych

W wiekowej strukturze lasu dominują drzewostany w wieku 21-40, 41-60 i 61-80 lat, zajmujące odpowiednio 22,9%, 23,2% i 17,8% powierzchni (rys. 14.2.5.). Drzewostany powyżej 100 lat oraz drzewostany będące w fazie odnowienia zajmują powierzchnię 10,1%.



Rys. 14.2.5. Struktura udziału powierzchniowego drzewostanów według klas wieku w Lasach Państwowych, lasach prywatnych i gminnych. Źródło: BULiGL.

\* dotyczy tylko Lasów Państwowych  
\*\* dla lasów prywatnych i gminnych również starsze

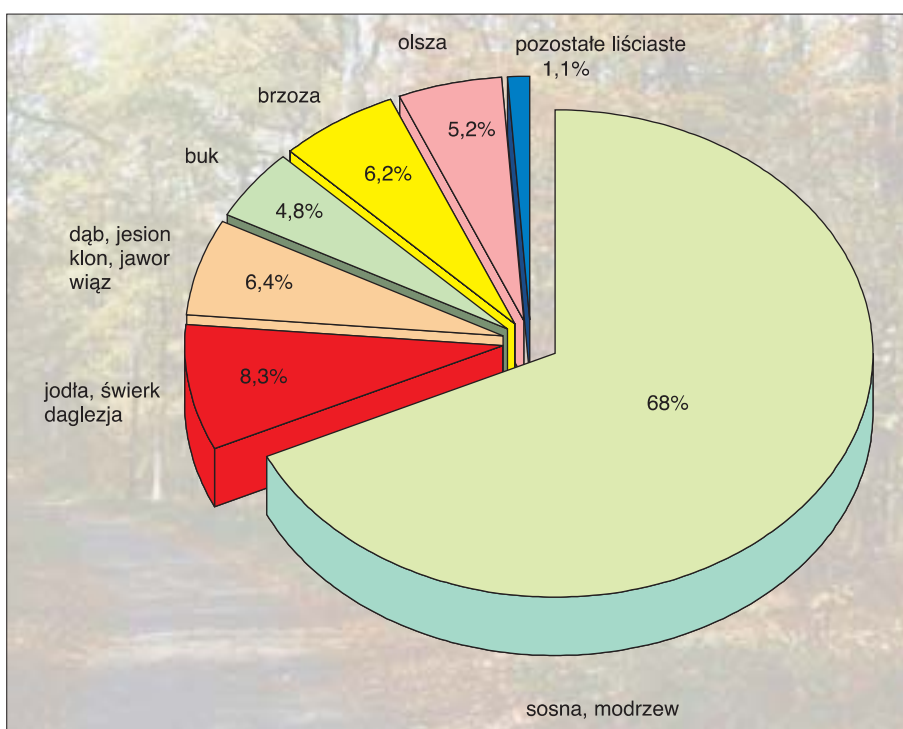


Rys. 14.2.6. Struktura wiekowa lasów wg powierzchni. Źródło: FAO.

Kierunki zmian zachodzących w strukturze wiekowej możliwe są do prześledzenia na przykładzie zasobów leśnych zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe. W okresie ostatnich 10 lat wyraźnie uwidacznia się zmniejszanie się powierzchni drzewostanów najmłodszych (I i II klas wieku), zjawisko to może mieć wpływ na obniżenie trwałości lasu w przyszłości. Przyczyn tego trendu (podobne zmiany obserwowano już wcześniej) można upatrywać m.in. w znacznym zmniejszeniu zalesień, ograniczaniu użytkowania rębego oraz zmniejszaniu powierzchni zrębów zupełnych. Pozytywnym skutkiem zmniejszenia użytkowania rębego jest wzrost powierzchni drzewostanów starszych prowadzący do bardziej równomier-

go rozkładu powierzchni zajmowanych przez poszczególne klasy wieku.

Powierzchniowa struktura wiekowa była przedmiotem oceny FAO (rys. 14.2.6.); różnicą w stosunku do statystyk krajowych było utworzenie tutaj „fazy odnowienia”, obejmującej zarówno drzewostany la podklasy wieku (1-10 lat), jak również drzewostanów w KO i KDO. Na przedstawionym wykresie w strukturze lasów polskich uwidacznia się stosunkowo mały udział drzewostanów starszych niż 120 lat. Przyczyną tego układu jest m.in. przewaga drzewostanów iglastych, charakteryzujących się krótszym okresem życia w porównaniu do większości drzewostanów liściastych.



Rys. 14.2.7. Udział powierzchniowy gatunków panujących w Lasach Państwowych, parkach narodowych, lasach prywatnych i gminnych, w roku 2001. Źródło: BULIGL, GUS.

### Struktura gatunkowa zasobów leśnych

W lasach Polski dominują gatunki iglaste – 76,3% powierzchni lasów (rys. 14.2.7.) – a przede wszystkim sosna (łącznie z modrzewiem – 68,0% powierzchni).

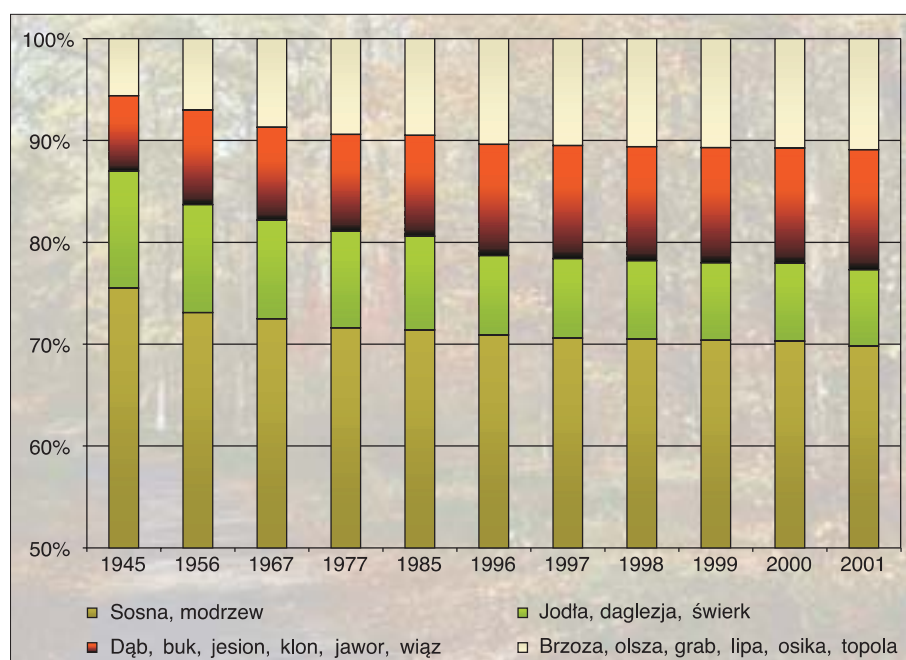
Udział drzewostanów z sosną jako gatunkiem panującym (średnia dla całego kraju wynosi 68,0%) w układzie województw waha się od 25,6% (woj. małopolskie) do 88,1% powierzchni (woj. lubuskie).

W latach 1945-2001 struktura gatunkowa polskich lasów uległa istotnym przemianom, wyrażającym się między innymi zwiększeniem udziału drzewostanów (w lasach państwowych) z przewagą gatunków liściastych z 13,0 do 22,7% (rys. 14.2.8.). Pomimo zwiększenia powierzchni drzewostanów liściastych, wzrost ich udziału jest niższy od potencjalnego, wynikającego ze struktury siedlisk.

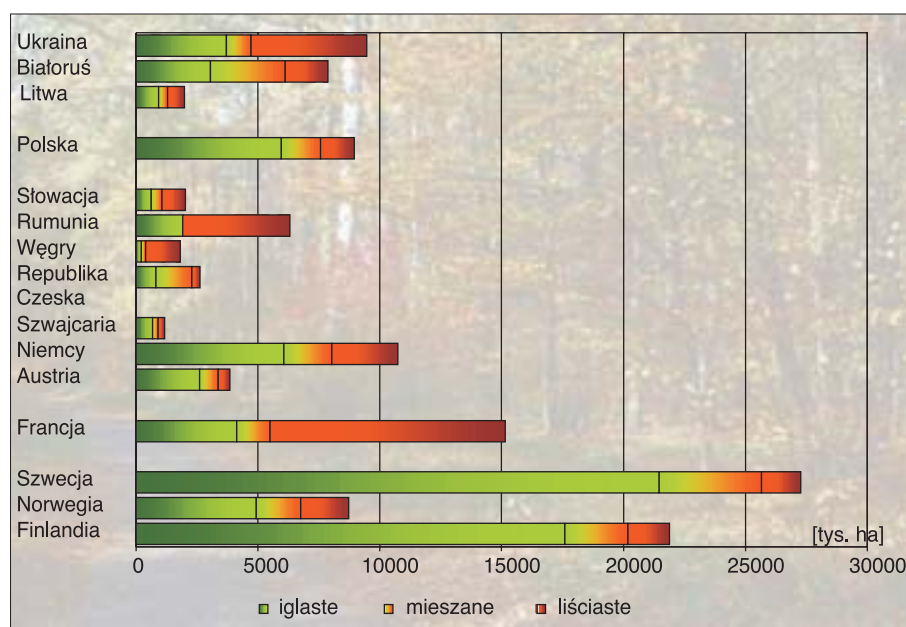
Struktura przestrzenna siedlisk uwidacznia się w lokalizacji typów lasu w układzie iglaste, liściaste i mieszane,

z wyraźnym zaznaczeniem obszarów z przewagą gatunków liściastych w pld-wsch. części kraju. Drzewostany o mieszanym składzie gatunkowym skupiają się w północnych i południowych rejonach Polski. Należy zwrócić uwagę na obszary siedlisk borowych, na których występują lite (czyste) drzewostany sosnowe, tworzące charakterystyczny łuk ciągnący się od Puszczy Kurpiowskiej poprzez Bory Tucholskie, Puszcze Notecką do Puszczy Lubuskiej i Borów Zielonogórskich. Ze względu m.in. na niewielkie zróżnicowanie siedliskowe, występowanie monokultur sosnowych o wielkopowierzchniowym charakterze, obszar ten jest jednym z najbardziej wrażliwych na zagrożenia, w skali całego kraju.

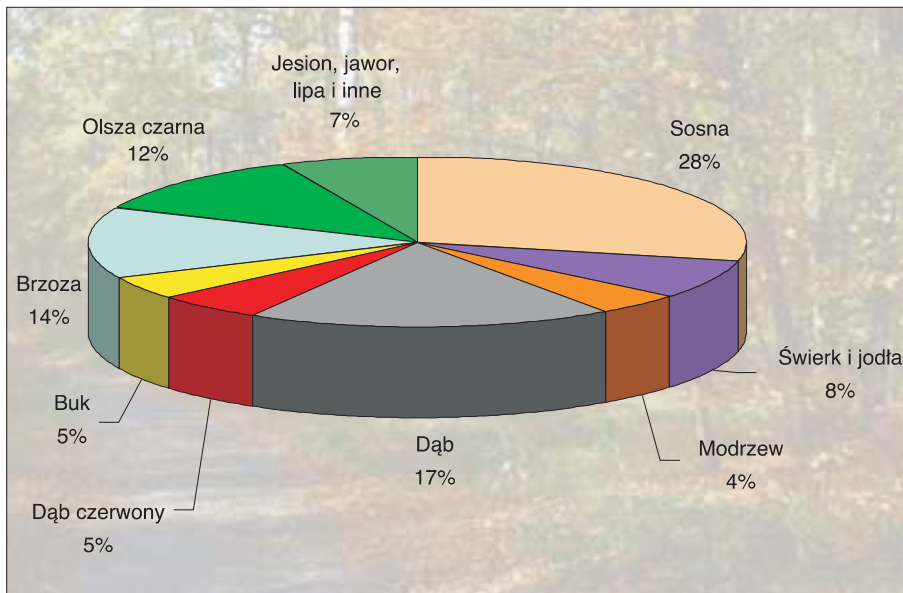
Struktura lasów w podziale na iglaste, liściaste i mieszane dla wybranych grup krajów europejskich została przedstawiona na rys. 14.2.9. Struktura naszych drzewostanów (odp. 66,6%, 15,4%, 18%) w dużym stopniu wynika z bo-



Rys. 14.2.8. Struktura powierzchniowego udziału gatunków panujących w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe w latach 1945-2001. Źródło: BULiGL, GUS.



Rys. 14.2.9. Udział drzewostanów wg podziału na iglaste, mieszane i liściaste. Źródło: FAO.



Rys. 14.2.10. Skład gatunkowy zalesień realizowanych w PGL LP (w wybranych nadleśnictwach), wg gatunków rzeczywistych. Źródło: IBL.

realnego charakteru siedlisk i jest bliższa układom występującym w krajach północnych.

Niemniej, istotny wpływ na obecny skład gatunkowy miało wprowadzanie gatunków iglastych, zwłaszcza sosny, na grunty nieodpowiednie dla tych gatunków. Zadaniem obecnie prowadzonej gospodarki leśnej jest przywracanie składów gatunkowych odpowiadających warunkom naturalnym. Realizacja tego zadania w lasach już istniejących odbywa się poprzez przebudowę drzewostanów. Skład gatunkowy lasów zakładanych na gruntach nieleśnych uwzględnia wartość siedliska. Strukturę gatunkową zalesień przedstawiono na rys. 14.2.10., o jego zróżnicowaniu świadczyć może porównanie ze składem gatunkowym istniejących lasów zobrazowanym na rys. 14.2.7.

### 14.3. Zasoby drzewne i ich użytkowanie

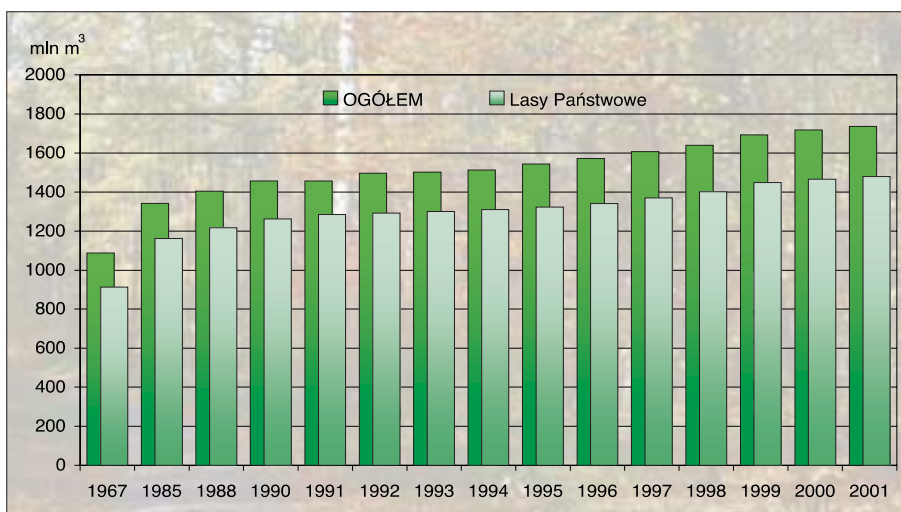
Począwszy od 1967 r., kiedy w Lasach Państwowych wykonano pierwszą pełną inwentaryzację zasobów drzewnych, rejestrowany jest ich stały wzrost (rys. 14.3.1.). W roku 2001 szacunkowe zasoby drzewne w lasach zarządzanych przez PGL LP osiągnęły około 1480 mln m<sup>3</sup>. Po

zestawieniu wielkości zapasu w PGL LP i wielkości zasobów w pozostałych formach własności (głównie w lasach prywatnych), łączne szacunkowe zasoby drzewne lasów Polski wyniosły około 1736 mln m<sup>3</sup>.

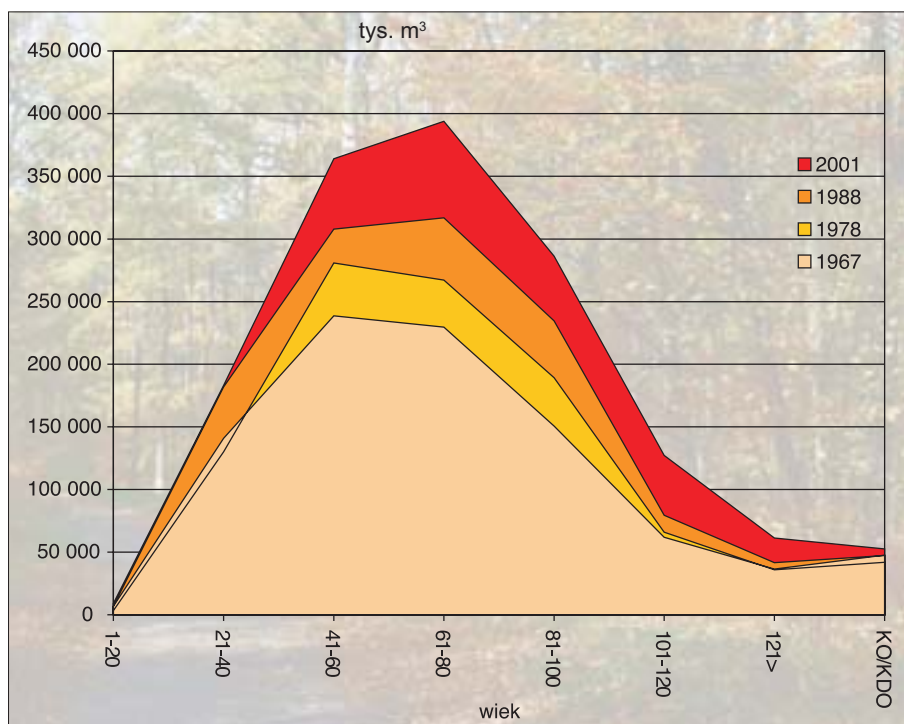
W roku 2001 przeciętna zasobność (objętość zasobów drzewnych na 1 ha) drzewostanów zarządzanych przez PGL LP wynosiła 213 m<sup>3</sup>/ha, natomiast w lasach prywatnych i gminnych 119 m<sup>3</sup>/ha według stanu na rok 1999.

Wzrost ilości zasobów drzewnych, jaki się dokonał w ostatnich trzydziestu latach jest dobrze widoczny na wykresie obrazującym zmiany tych zasobów w układzie klas wieku (rys. 14.3.2.). Znacznemu zwiększeniu uległy zasoby prawie we wszystkich klas wieku.

Standardy określania zasobów drzewnych przyjęte w ocenach międzynarodowych różnią się od definicji polskich. Dlatego wielkości raportowane do agend ONZ nieco odbiegają od analogicznych podawanych w statystykach krajowych. W ocenie FAO Polska, będąca krajem o stosunkowo dużej powierzchni bezwzględnej lasów oraz wyższej od przeciętnej europejskiej zasobności (rys. 14.3.4.) dysponuje trzecim co do wielkości zasobem drzewnym w regionie (po Niemczech i Francji), wynoszącym 1908 mln m<sup>3</sup>.



Rys. 14.3.1. Wielkość zasobów drzewnych w lasach Polski w latach 1967-2001, w mln m<sup>3</sup> grubizny brutto: Źródło: BULiGL, GUS.



Rys. 14.3.2. Zmiana zasobów drzewnych w klasach wieku w PGL LP. Źródło: BULiGL.

W latach 1990-2001, w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe, przyrost zasobów drzewnych wyniósł około 534 mln m<sup>3</sup>. W tym czasie pozyskano 295 mln m<sup>3</sup> drewna, co oznacza, że 239 mln m<sup>3</sup> odpowiadające około 45% całkowitego przyrostu, zwiększyło zasoby drzewne na pniu (rys. 14.3.3.).

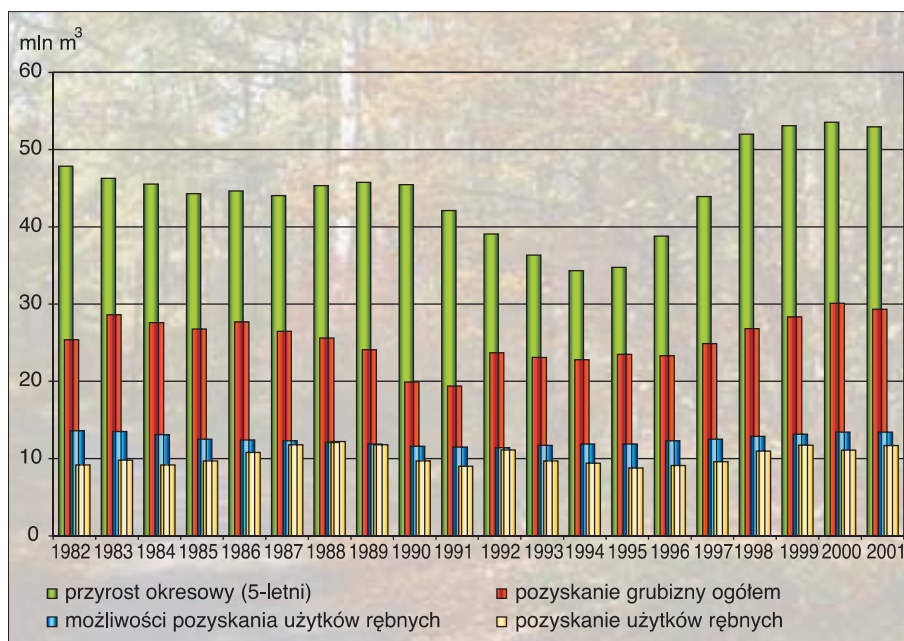
W roku 2001, w Lasach Państwowych pozyskano 23,5 mln m<sup>3</sup> drewna (bez kory), w tym 14,1 mln m<sup>3</sup> w użytkowaniu przedrębnym (cięcia związane z pielęgnowaniem młodszych drzewostanów) i w użytkowaniu rębnym (cięcia w dojrzałych drzewostanach, związane z odnowieniem lasu) – 9,4 mln m<sup>3</sup>.

W użytkowaniu rębnym, w ramach cięć zupełnych, polegających na całkowitym usunięciu drzewostanu dojrza-

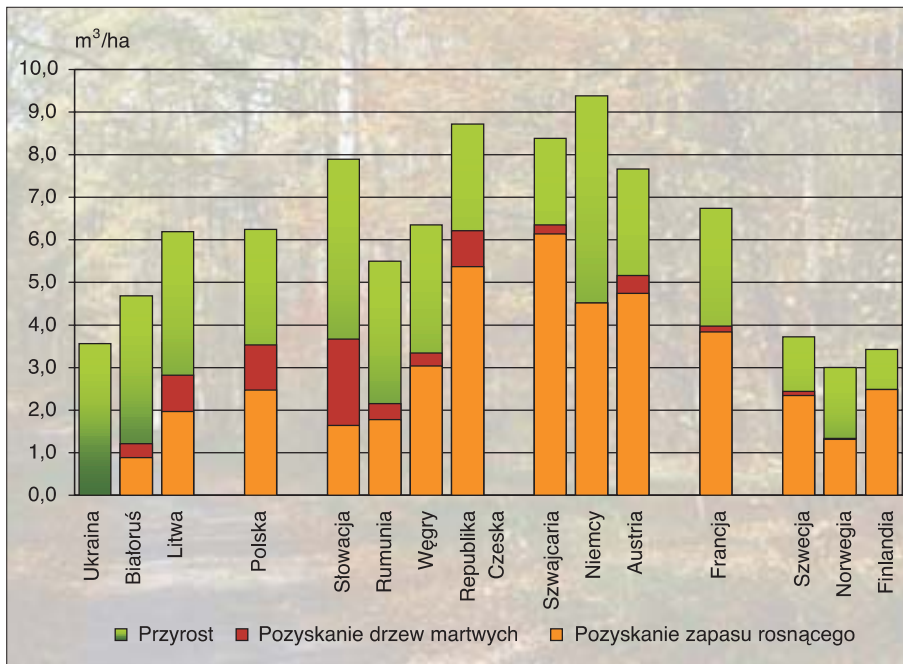
łego, pozyskano 5,7 mln m<sup>3</sup> drewna, co stanowi zaledwie 24% ogółu pozyskania. W ostatnim okresie powierzchnia tych cięć uległa zmniejszeniu z 43 tys. ha w 1980 r. do poziomu 25-30 tys. ha w ostatnich latach.

W pozyskaniu drewna znaczny udział miało, podobnie jak i w latach poprzednich, drewno usunięte w celu utrzymania bezpieczeństwa sanitarnego lasu – posusz, złomy i wywroty – 3,7 mln m<sup>3</sup>, co stanowiło 16% całości pozyskania.

O intensywności pozyskania drewna w Polsce świadczyć może porównanie odpowiednich wskaźników dla grupy państw o zbliżonych warunkach geograficznych (rys. 14.3.4.). Stosunek pozyskania drewna rosnącego do przyrostu, jak również wielkość bezwzględna tego pozyskania należą do niższych w Europie.



Rys. 14.3.3. Średni przyrost roczny zasobów drzewnych i pozyskanie drewna w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe w latach 1990-2001, w mln m<sup>3</sup> grubizny brutto. Źródło: GUS.



Rys. 14.3.4. Zestawienie przyrostu całkowitego, pozyskania drzew żywych i martwych na 1 ha. Źródło: FAO.

Specyfika polskich lasów w porównaniu z innymi krajami Europy polega m.in. na większym niż w innych częściach kontynentu zamieraniu drzew. Warto zauważyć, że wielkość pozyskania drzew martwych w Polsce jest wyższa od całkowitego pozyskania drewna w wielu państwach regionu.

Wzrost zasobności drzewostanów zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe jest jednym ze wskaźników jakości prowadzonej gospodarki leśnej, u jego źródeł leżą: ciągłe podnoszenie kwalifikacji personelu oraz poprawne planowanie i konsekwentne wykonywanie zaprojektowanych zabiegów hodowlanych. Niemniej istotna była dbałość o stan zdrowotny drzewostanów, profilaktyka, kontrola i ograniczanie występowania zagrożeń.

#### 14.4. Zagrożenia lasów

Zagrożenie środowiska leśnego w Polsce należy do najwyższych w Europie. Wynika to ze stałego, równoczesnego oddziaływania wielu czynników powodujących niekorzystne zjawiska i zmiany w stanie zdrowotnym lasów. Oddziaływanie czynników stresowych na środowisko leśne ma charakter złożony, często cechuje je synergizm. Ponadto reakcja od momentu wystąpienia bodźca bywa przesunięta w czasie. Z dotychczasowych badań i obserwacji wynika jednoznacznie, że równoczesne działanie wielu czynników stresowych powoduje stałą, wysoką predyspozycję chorobową lasów i ciągłość procesów destrukcyjnych w środowisku leśnym. Okresowe nasilenie występowania choćby jednego czynnika (gradacja owadów, susza, pożary) prowadzić może do załamania odporności biologicznej ekosystemów leśnych oraz katastrofalnych zagrożeń (lokalnych lub regionalnych).

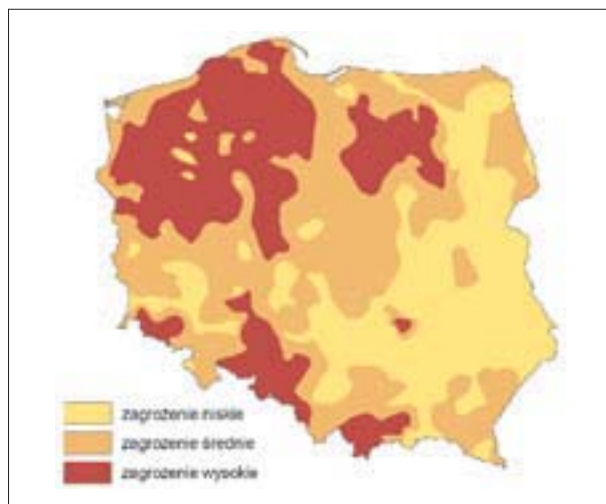
##### Owady

Polska należy do krajów, w których niekorzystne zjawiska w lasach, związane z masowymi pojawami szkodników owadzych, występują w dużej różnorodności i nasileniu. W kilku ostatnich latach największe zagrożenia związane były z:

- wystąpieniem w latach 1993-94 gradacji brudnicy mniszki, łącznie na 1,7 mln ha, co wymagało przeprowadzenia zabiegów ratowniczych na powierzchni 912 tys. ha i kolejnym w latach 1997-2001 łącznie na powierzchni 601 tys. ha – zabiegi ratownicze przeprowadzono na 145 tys. ha;
- masowym pojawem w latach 1991-95 boreczników, zabiegi ochronne przeciwko tym szkodnikom przeprowadzono na powierzchni 620 tys. ha;
- wzmożonym występowaniem barczatki sosnowki w latach dziewięćdziesiątych i jej zwalczaniem na powierzchni około 155 tys. ha;
- uaktywnieniem się osnui gwiazdzistej, zabiegi ratownicze przeprowadzono na obszarze kilku tysięcy hektarów rocznie (w 1994 r. – 9 tys. ha), w 1999 r. zwalczaniem objęto powierzchnię 466 ha;
- stałą aktywnością zwójki zieloneczki i innych foliofagów gatunków liściastych, które zwalczano corocznie na powierzchni 2,3-5,8 tys. ha;
- wzrostem aktywności chrabąszczy, akcja ratownicza przeprowadzona została w latach 1994-2001 na łącznej powierzchni ponad 38 tys. ha.

Przestrzenny rozkład stref zagrożenia lasów przez szkodniki owadzie (rys. 14.4.1.) wskazuje, że drzewostany najbardziej zagrożone znajdują się w północnej Polsce – w zachodniej części Pojezierza Mazurskiego, północno-zachodniej – na Pojezierzu Pomorskim i Pojezierzu Wielkopolskim oraz w trzech regionach w południowej części kraju – Sudetach, Śląsku Opolskim i Beskidzie Wysokim. Wysokie zagrożenie lasów Polski południowej determinowane jest niemal wyłącznie przez szkodniki wtórne, gdy tymczasem na pozostałych obszarach przeważa zagrożenie przez szkodniki pierwotne (głównie brudnicę mniszkę).

W roku 2001 przeprowadzono akcje ograniczania liczebności populacji ok. 45 gatunków szkodników leśnych. Ogółem zabiegi zastosowano na powierzchni 164,5 tys. ha. Największe zagrożenie stwierdzono ze strony strzygo-



Rys. 14.4.1. Strefy zagrożenia lasów Polski przez szkodniki owadzie – pierwotne i wtórne. Źródło: BULiGL.

ni choinówki i brudnicy mniszki. Powierzchnię zwalczania szkodników owadzych w ostatnich latach, w Polsce, przedstawiono na rys. 14.4.2.

#### Grzybowe choroby infekcyjne

Podobnie jak w przypadku szkodników owadzych, ostatnie dziesięciolecie cechowało stałe narastanie zagrożenia lasów przez grzybowe choroby infekcyjne. W końcu lat pięćdziesiątych szkody spowodowane przez ten czynnik stresowy rejestrowano na około 100 tys. ha, a w latach 1992-95 – już na ponad 500 tys. ha rocznie. W roku 2001

występowanie chorób infekcyjnych stwierdzono na łącznej powierzchni ponad 740,0 tys. ha drzewostanów, co w porównaniu z 2000 r. stanowi zwiększenie areалу o 36%.

#### Zwierzyzna

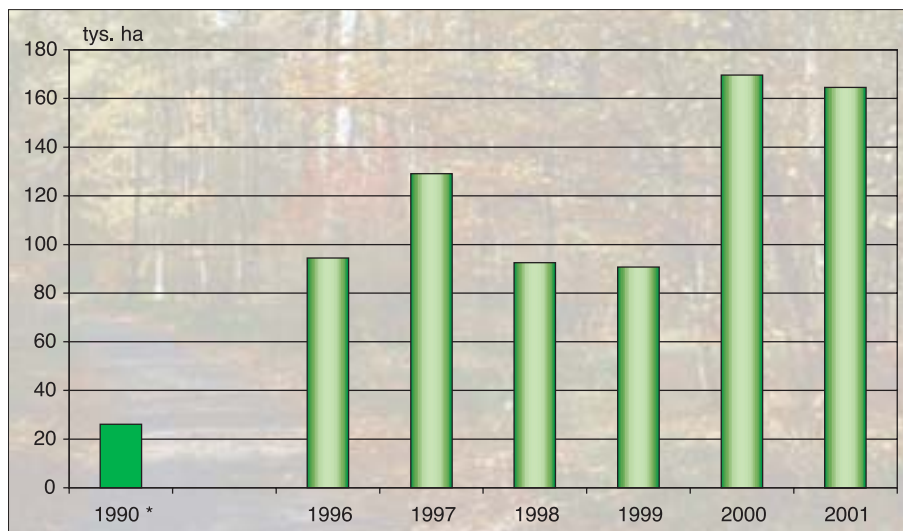
Duże zagrożenie ze strony zwierzyny wymusza konieczność zabezpieczania drzew przed zgryzaniem lub spalaniem. W 2001 roku w Lasach Państwowych różnorodnymi zabiegami ochronnymi, zabezpieczającymi uprawy przed zwierzyną (zakładanie osłon, użycie repelentów itp.) objęto 92 629 ha lasu, co stanowi około 11,1% powierzchni I klasy wieku.

Oprócz powyższych form ochrony, 31 256 ha lasów zabezpieczono poprzez grodzenia, z czego na powierzchni 18 162 ha utrzymano stare ogrodzenia natomiast 13 094 ha ogrodzono w roku 2001.

#### Pożary lasów

Pożary w Polsce stanowią jedno z abiotycznych, jak i biotycznych zagrożeń środowiska leśnego. Rocznie występuje od 3 do 8 tys. pożarów lasów. W minionym okresie (1990-2001) w Polsce powstało 93 284 pożarów, w tym 53 371 w Lasach Państwowych i objęły odpowiednio powierzchnię 119 820 i 61 580 ha. Przeciętna powierzchnia pożaru w Lasach Państwowych w minionym okresie wyniosła 1,15 ha. Liczbę pożarów lasu i powierzchnię jaką objęły w wybranych latach przedstawiono na rys. 14.4.3.

W 2001 r. powstało 4239 pożarów lasu o łącznej powierzchni 3333 ha, z tego w Lasach Państwowych powstało 2044 pożarów, które objęły powierzchnię 685 ha.



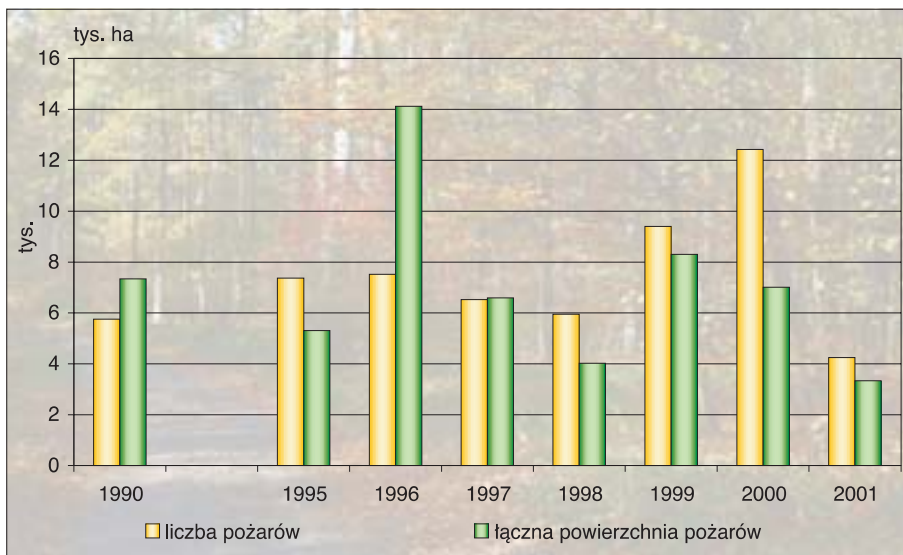
Rys.14.4.2. Wielkość powierzchni objętej zwalczaniem szkodników owadzych w Polsce, za pomocą środków chemicznych, biologicznych i mechanicznych. Źródło: GUS.

\* wielkość dla 1990 roku dotyczy tylko zwalczania chemicznego

Tabela 14.4.1 Zagrożenie pożarowe w lasach w 2001 roku. Źródło: DGLP

Statystyka zagrożenia pożarowego w lasach w 2001 roku na tle sytuacji wieloletniej								
Czynnik analizowany	Rok	Miesiące sezonu palności						Sezon palności razem
		04	05	06	07	08	09	
Liczba pożarów (tys.)	1995-1999 <sup>1</sup>	2007	1350	686	710	1377	561	6691
	2000	2128	5296	2393	293	384	245	10 739
	2001	859	1892	260	363	369	23	3766

<sup>1</sup>średnie wartości roczne za okres 1995-1999



Rys. 14.4.3. Liczba pożarów lasu i ich łączna powierzchnia. Źródło: GUS.

Przeciętna powierzchnia jednego pożaru wyniosła 0,79 ha, w Lasach Państwowych 0,33 ha. Roczne ilości pożarów w 2000 i 2001 r. i średnie wartości roczne za okres 1995-1999 przedstawiono w tab. 14.4.1.

W Polsce przyczyną pożarów lasu, w głównej mierze jest działalność człowieka. Podstawowe przyczyny powstałych pożarów, rejestrowanych przez Lasy Państwowe, to nieostrożność dorosłych i nieletnich – 22% wykrytych pożarów i podpalenia lasu – 46%.

#### 14.5. Stan zdrowotny lasów

Ocena stanu zdrowotnego lasów w Polsce jest dokonywana w ramach programu monitoringu lasów, który stanowi element państwowego monitoringu środowiska i jest realizowany zgodnie z postanowieniami Konwencji o Transgranicznym Przemieszczaniu się Zanieczyszczeń Powietrza na Długo Odległości oraz regulacjami Unii Europejskiej o ochronie lasów wspólnoty przed zanieczyszczeniami powietrza corocznie od roku 1989.

Przyjmując defoliację (ubytek igliwia bądź liści w stosunku do drzew referencyjnych) jako podstawowe kryterium oceny poziomu uszkodzenia drzewostanów pogrupowano drzewa próbne w klasy uszkodzenia (tab. 14.5.1.). Udział procentowy drzew w poszczególnych klasach świadczy o stanie zdrowotnym drzewostanu. Szczególnie istotnym parametrem dla określenia poziomu uszkodzenia drzewostanów jest udział drzew uszkodzonych w drzewostanie, (drzewa powyżej 25% defoliacji, klasa 2 i 3). W okresie sześciolecia 1996-2001 udział drzew uszkodzonych zmalał o ponad 10 procent z 40,24% do 30,05% w drzewostanach iglastych, a w drzewostanach liściastych o ponad 6 procent z 37,19% do 30,99%. Biorąc pod uwagę wszystkie gatunki razem, spadek ten wynosił ponad 9 procent z 39,52% do 30,28%. Spadek udziału drzew uszkodzonych odnotowano także w porównaniu do roku 1990. We wszystkich drzewostanach razem wynosił on ponad 7 procent. W drzewostanach iglastych spadek ten wynosił ok. 10 procent. Drzewostany liściaste wykazały natomiast ok. 5 procentowy przyrost udziału drzew uszkodzonych w stosunku do roku 1990 (tab.14.5.1.).

Rozpatrując poziom zdrowotności gatunków drzew w okresie 1996-2001 należy odnotować jego poprawę w większości monitorowanych gatunków. Wśród drzewostanów iglastych stałej poprawie ulega zdrowotność drzewostanów sosnowych i świerkowych wyrażająca się spadkiem udziału drzew uszkodzonych. Drzewostany jodłowe wykazują natomiast coroczne pogarszanie się zdrowotności w omawianym okresie. Jednak w porównaniu do roku 1990 poziom zdrowotności drzewostanów jodłowych w 2001 roku jest ciągle znacznie lepszy. Wśród drzewostanów liściastych stałym wysokim poziomem zdrowotności charakteryzują się drzewostany bukowe i brzoźowe. Drzewostany dębowe po okresie pogorszenia stanu zdrowotnego w latach 1996-1997 wykazują tendencje jego poprawy. Jednak stan ten jest gorszy w porównaniu do drzewostanów bukowych i brzoźowych (rys. 14.5.1.).

Powierzchniowe zróżnicowanie stanu zdrowotnego wykazuje wyższą zdrowotność drzewostanów w Polsce północno-zachodniej i północno-wschodniej w porównaniu z częścią południową i środkową kraju. Jednak w Polsce południowej, w Krainie Sudeckiej i Karpackiej, pojawiają się obszary o wyższym poziomie zdrowotności (rys. 14.5.2.).

Porównania poziomu zdrowotności lasów w Polsce ze zdrowotnością lasów w innych krajach Europy można dokonać opierając się na danych publikowanych w Raportcie o stanie lasów w Europie. Raport ten zestawia kraje uczestniczące w programie ICP-Forests (Międzynarodowy Program Koordynacyjny dot. „Oceny wpływu zanieczyszczeń powietrza na lasy”) wg poziomu zdrowotności opierając się na wielkości udziału drzew uszkodzonych w drzewostanie. W zestawieniu z 2001 roku, dotyczącym wszystkich gatunków razem (rys. 14.5.3.) niższą zdrowotność niż w lasach Polski zanotowano w 5 krajach: w Słowacji, Bułgarii, we Włoszech, w Mołdawii, na Ukrainie i w Czechach. Porównując drzewostany iglaste, niższy niż w Polsce poziom ich zdrowotności zarejestrowano w 5 krajach: w Słowenii, Słowacji, Bułgarii, Czechach i Chorwacji. Drzewostany liściaste wykazywały niższą zdrowotność w 4 krajach: w Norwegii, Mołdawii, we Włoszech



Tabela 14.5.1 Zmienność udziału drzew (%) w klasach uszkodzenia w latach 1990, 1996-2001. Źródło: PMS.

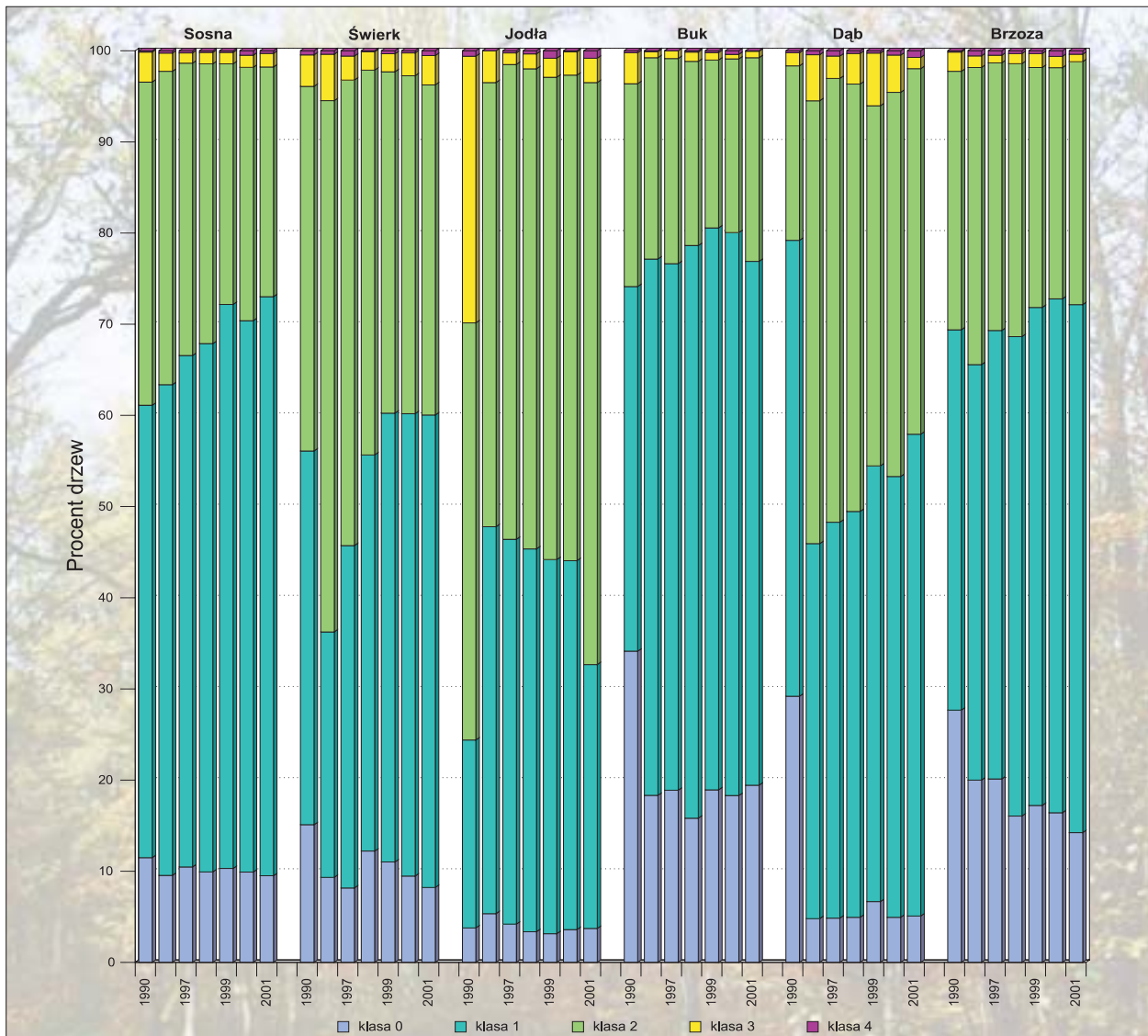
Klasy uszkodzenia	1990			1996			1997			1998			1999			2000			2001		
	iglaste	liściaste	razem	iglaste	liściaste	razem	iglaste	liściaste	razem	iglaste	liściaste	razem	iglaste	liściaste	razem	iglaste	liściaste	razem	iglaste	liściaste	razem
0 – bez uszkodzeń	11,58	30,24	14,47	9,32	13,85	10,39	9,92	14,10	10,91	9,88	11,91	10,37	10,04	13,96	10,97	9,56	12,92	10,36	9,07	12,72	9,94
1 – klasa ostrzegawcza	48,21	44,41	47,61	50,18	48,60	49,81	53,29	50,09	52,53	55,51	53,19	54,96	59,43	54,89	58,36	58,41	55,35	57,68	60,53	55,90	59,44
2 – lekkie i średnie uszkodzenia	36,03	22,96	34,04	37,81	34,75	37,09	35,21	34,01	34,93	33,07	32,75	32,99	28,95	29,64	29,11	30,07	29,23	29,87	28,30	30,05	28,72
3 – duże uszkodzenia	3,99	2,20	3,69	2,43	2,44	2,43	1,32	1,43	1,35	1,35	1,90	1,48	1,35	1,25	1,33	1,52	2,01	1,64	1,75	0,93	1,56
4 – drzewa martwe	0,18	0,20	0,18	0,27	0,36	0,29	0,26	0,36	0,28	0,19	0,25	0,20	0,23	0,25	0,23	0,44	0,49	0,45	0,34	0,39	0,36
Klasy 1-3	88,24	69,57	85,34	90,42	85,79	89,33	89,82	85,53	88,81	89,93	87,84	89,43	89,73	85,78	88,80	90,00	86,59	89,19	90,58	86,88	89,71
Klasy 2-3	40,02	25,15	37,73	40,24	37,19	39,52	36,53	35,44	36,28	34,42	34,65	34,47	30,30	30,89	30,44	31,59	31,24	31,51	30,05	30,99	30,27
Klasy 2-4	40,21	25,35	37,91	40,51	37,55	39,81	36,79	35,80	36,56	34,61	34,90	34,67	30,53	31,14	30,67	32,03	31,73	31,96	30,39	31,38	30,63
Klasy 3-4	4,17	2,39	3,88	2,70	2,80	2,72	1,58	1,79	1,63	1,54	2,15	1,68	1,58	1,50	1,56	1,96	2,50	2,09	2,09	1,33	1,91

i na Ukrainie. Porównania poziomu zdrowotności drzewostanów pomiędzy krajami należy traktować z dużą ostrożnością ze względu na odmienne warunki klimatyczne, skład gatunkowy jak i pewne różnice metodyczne mogące występować pomiędzy krajami.

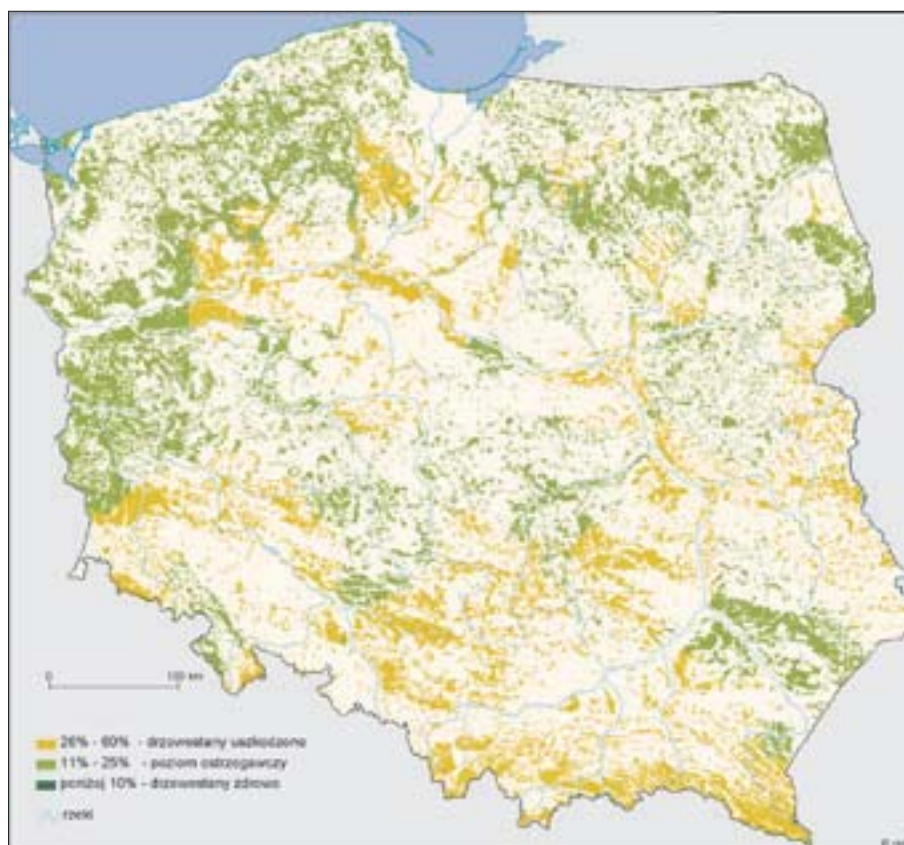
Tendencja poprawy zdrowotności lasów w Polsce w ostatnim pięcioleciu wynika z obniżenia poziomu emisji zanieczyszczeń powietrza oraz zmniejszenia deficytu wodnego w okresie wegetacyjnym. Na podstawie pomiarów stężeń  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$  na terenach leśnych odnotowano w latach 1996-2001 wyraźny ich spadek. Istotnym faktem z punktu widzenia zdrowotności lasów jest utrzymujące się jednak na wysokim poziomie, mimo powolnego spadku, stężenie związków azotowych w powietrzu. Wynikiem tego jest wysoki depozyt związków azotowych na obszarach leśnych. Powoduje on wzrost żyzności siedlisk leśnych i zwiększenie przyrostu drzewostanów. Jednocześnie podwyższona zawartość azotu w igliwiu bądź liściach drzew zwiększa wrażliwość drzewostanów na szkodliwe czynniki biotyczne lub abiotyczne. Bardziej prawdopodobne staje się wystąpienie gradacji owadów liściożernych oraz grzybów pa-

togenicznych. Większe szkody mogą wystąpić na skutek przymrozków, śniegołomów i wiatrołomów. W związku ze zmianami klimatu, przejawiającymi się wydłużeniem okresu wegetacji, dłuższymi okresami nasłonecznienia i wysokimi temperaturami w okresie letnim, istotnym zagrożeniem mogą stać się wysokie koncentracje ozonu, szczególnie w południowych rejonach kraju. Prawdopodobieństwo wystąpienia wysokich stężeń ozonu zwiększa utrzymująca się na wysokim poziomie koncentracja związków azotu, będącego jednym z prekursorów ozonu.

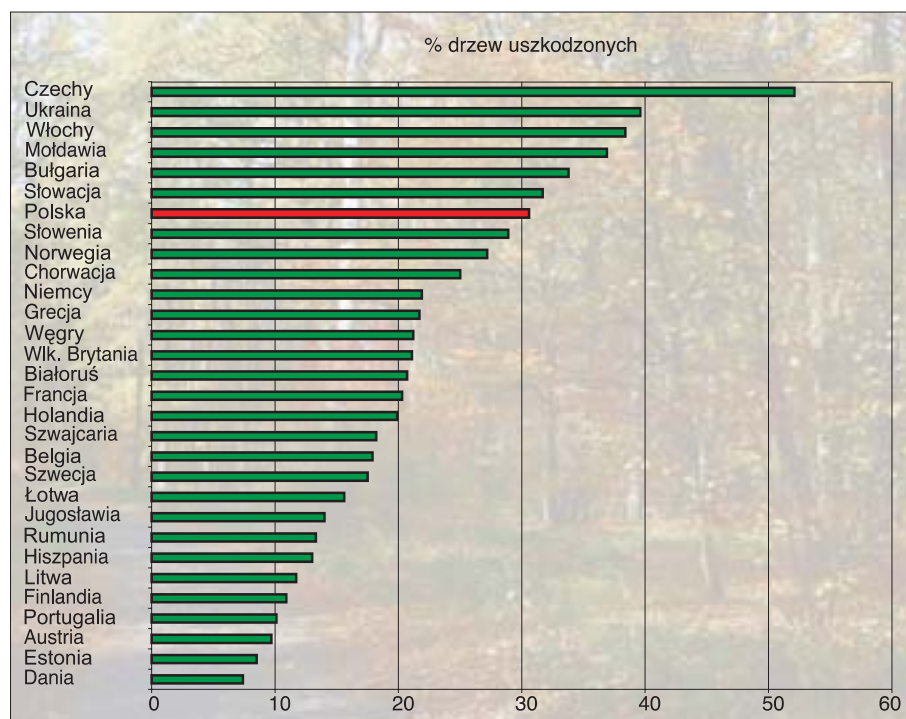
Poziom opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym w latach 1996-1998 na przeważającym obszarze kraju był wyraźnie wyższy od normy wieloletniej. Lata 1999-2000 zaznaczyły się spadkiem wielkości opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym. W Krainie Śląskiej, Sudeckiej i Wielkopolsko-Pomorskiej nie przekroczyły one poziomu normy wieloletniej. Spadek ten nie był jednak tak głęboki jak w latach 1992-1993, kiedy poziom opadów obniżył się w niektórych regionach kraju do 50% normy wieloletniej. W 2001 roku suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym była najwyższa w ciągu całego ostatniego pięciolecia. We wszyst-



Rys. 14.5.1. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach uszkodzenia w latach 1990, 1996-2001. Źródło: PMS.



Rys. 14.5.2. Poziom uszkodzenia lasów w 2001 roku na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych z wyróżnieniem 3 klas defoliacji. Źródło: PMŚ.



Rys. 14.5.3. Stan zdrowotny lasów w Polsce na tle krajów europejskich – 2001 rok. Źródło: *Forest Condition in Europe – Results of the 2001 Survey EC and UNECE.*

kich krainach przyrodniczo-leśnych nastąpiły przekroczenia średniej wieloletniej. Najwyższe przekroczenia (o ponad 50%) miały miejsce w Krainach: Małopolskiej i Wielkopolsko-Pomorskiej.

Lasy w Polsce porastają na ogół ubogie piaszczyste gleby o niskiej pojemności wodnej. Deficyt opadów atmosferycznych, szczególnie jeśli utrzymuje się przez kilka kolejnych lat, powoduje obniżenie poziomu zdrowotności drzewostanu.

#### 14.6. Inicjatywy podejmowane na rzecz ochrony lasów

Lata dziewięćdziesiąte XX wieku były okresem wzmożonej aktywności społecznej, politycznej i gospodarczej mającej na celu odwrócenie, a przynajmniej osłabienie niekorzystnego wpływu człowieka na środowisko. Politycznymi wyznacznikami tego procesu były niewątpliwie Konferencja Organizacji Narodów Zjednoczonych „Rozwój i środowi-

sko”, która odbyła się w Rio de Janeiro, w 1991 roku (tzw. Szczyt Ziemi) oraz szereg inicjatyw będących rozwinięciem tej konferencji. Istotną część międzynarodowego procesu ochrony środowiska stanowi rozwój i wdrażanie trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej jako całościowego rozwiązania, mającego m.in. zapewnić ochronę zasobów leśnych.

Sprawy ochrony zasobów leśnych są uwzględniane w wielu konwencjach, spośród których należy wymienić Konwencję ONZ ds. Ochrony Klimatu, Konwencję ds. Ochrony Różnorodności Biologicznej czy też Konwencję ds. Ochrony Ekosystemów Wodnych i Błotnych. Globalną inicjatywą mającą na celu m.in. opracowanie Konwencji o Lasach jest Forum Leśne ONZ.

Ochrona lasów stała się przedmiotem regionalnej inicjatywy ministerialnej w Europie (MCPFE), w ramach której opracowano m.in. tzw. kryteria i wskaźniki trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej. Kryteria zostały przyjęte przez ministrów odpowiedzialnych za ochronę lasów jako obowiązujące, kraje są zobowiązane do raportowania ich wdrażania. Kryteria i wskaźniki zostały zaakceptowane jako podstawa okresowej Oceny Zasobów Leśnych FAO, ostatnia edycja odnosi się do stanu zasobów w roku 2000.

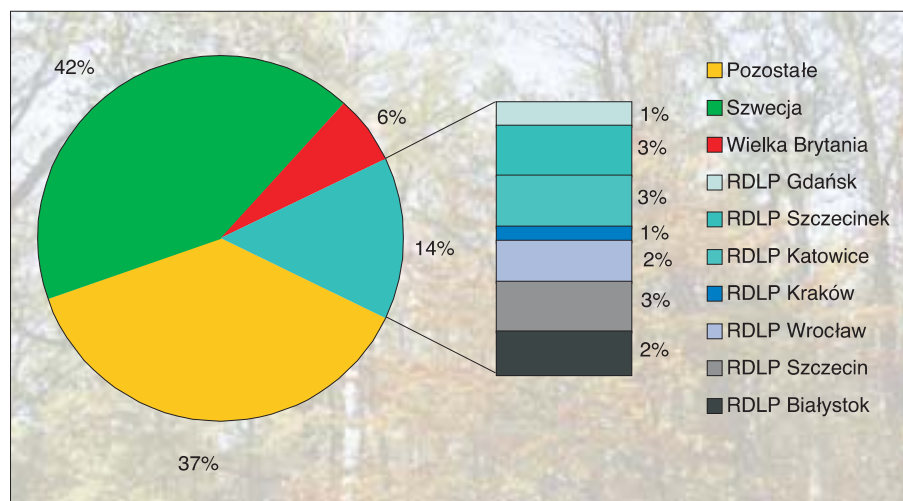
Polska, aktywnie uczestnicząc we wszystkich wymienionych działaniach międzynarodowych, rozwija równocześnie krajowe inicjatywy wdrażania zasad trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej. Działalność ta obejmuje wszystkie poziomy, zaczynając od podstawowych ak-

tów prawnych – Ustawy o lasach, czy dokumentów programowych – Polityki Leśnej Państwa, poprzez programy tematyczne – Krajowy Program Zwiększania Lesistości, a kończąc na szczegółowych instrukcjach i wytycznych. Zasady trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej zostały włączone do programów edukacyjnych obejmujących nie tylko szkoły i uczelnie leśne, ale również szeroko rozumiane społeczeństwo, zwłaszcza młodzież poprzez m.in. izby edukacji leśnej, zielone szkoły.

Zasady trwałego i zrównoważonego rozwoju nie są nową ideą w leśnictwie polskim, w wielu aspektach były realizowane już od wielu lat. W ostatniej dekadzie obserwuje się poważny rozwój inicjatyw służących m.in. ochronie naszych lasów. W ich wyniku wzrosła m.in. powierzchnia leśna objęta różnymi formami ochrony powierzchniowej. W 2001 roku lasy stanowiły 61% powierzchni parków narodowych, 53% powierzchni parków krajobrazowych a 35% powierzchni rezerwatów przyrody stanowiły rezerваты leśne (GUS, stan na 31.12.2001). Rozwijany jest system aktywnej ochrony lasów poprzez m.in. sieć lasów ochronnych (3423 tys. ha w PGL Lasy Państwowe i 110 tys. ha w lasach prywatnych i gminnych), obowiązkową częścią planu urządzenia lasu stał się plan ochrony ekosystemów. Unikalną inicjatywą w skali światowej jest założenie sieci leśnych kompleksów promocyjnych – modelowych obszarów mających zapewniać spełnianie możliwego szerokiego spektrum funkcji lasu. Realizacji powyższego założenia służy doskonalenie zasad zagospodarowania integrujących cele powszechnej ochrony przyro-



Rys. 14.6.1. Rozmieszczenie Leśnych Kompleksów Promocyjnych. Źródło: DGLP.



Rys. 14.6.2. Udział lasów RDLP, na tle całkowitej powierzchni lasów posiadających certyfikat FSC; stan na 30.05.2001 r. (Źródło FSC, IBL).

dy, wzmaganie funkcji środowiskotwórczych lasu, trwałego użytkowania zasobów leśnych, stabilizacji ekonomicznej gospodarki leśnej i społecznienia zarządzania lasami jako dobrem publicznym. W roku 2001 istniało 11 LKP (rys. 14.6.1.). W roku 2002 powstały dwa nowe leśne kompleksy promocyjne: Lasy Spalsko-Rogowskie, Lasy Mazurskie. Łączna powierzchnia wszystkich powołanych leśnych kompleksów promocyjnych wynosi 630 tys. ha co odpowiada 8,4% powierzchni lasów zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe.

Polska gospodarka leśna, zwłaszcza wysiłek skierowany na ochronę zasobów, znalazły uznanie m.in. poprzez łatwość, z jaką lasy zarządzane przez PGL Lasy Państwowe uzyskują certyfikaty trwałe i zrównoważonej gospodarki leśnej nadawane przez niezależnych audytorów w ramach systemu FSC (Forest Stewardship Council). Duża część regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych uzyskała taki certyfikat, w kolejnych trwają negocjacje.

Polska jest jednym z niewielu krajów Europy o tak dużym udziale lasów (rys. 14.6.2.), w których uznano, że prowadzona w nich gospodarka prawidłowo służy ochronie, powiększaniu i użytkowaniu znajdujących się w nich zasobów.

## 14.7. Wnioski

Lasy w klimatyczno-geograficznej strefie położenia Polski są naturalną formacją przyrodniczą. Stanowią niezbędny czynnik równowagi ekologicznej, ciągłości życia, różnorodności krajobrazu, a także neutralizacji zanieczyszczeń, przez co przeciwdziałają degradacji środowiska. Zachowanie lasów jest nieodzownym warunkiem ograniczania procesów erozji gleb, zachowania zasobów wodnych i regulacji stosunków wodnych oraz ochrony krajobrazu. Lasy w sposób nierozdzielny są formą użytkowania gruntów, zapewniającą produkcję biologiczną o wartości rynkowej, oraz dobrem ogólnospołecznym kształtującym jakość życia człowieka.

Ekosystemy leśne stanowią w Polsce najcenniejszy i najliczniej reprezentowany składnik wszystkich form ochrony przyrody, obejmujących około 30% powierzchni kraju. Lasy zajmują prawie połowę (49,6%) powierzchni obszarów chronionych. W ostatnim okresie zarejestrowano istotny wzrost zarówno powierzchni leśnej kraju, jak i jej

udziału w licznych formach ochrony. W najbliższym dziesięcioleciu można się spodziewać kontynuacji tego trendu.

Zasoby leśne kraju sukcesywnie się zwiększają. Wyrazem tego jest wzrost ich miąższości do 1,74 mld m<sup>3</sup>. Stan zasobów leśnych w PGL Lasy Państwowe (1,48 mld m<sup>3</sup>) jest korzystniejszy niż lasów innych własności. Wyraża się to m.in. zasobnością wynoszącą 213 m<sup>3</sup>/ha – 119 m<sup>3</sup>/ha w lasach prywatnych i gminnych. Wzrostowi zasobów leśnych towarzyszy zmiana struktury lasu, zwiększa się udział drzewostanów liściastych oraz lasów w starszych klasach wieku. Również ten trend najprawdopodobniej będzie utrzymany w najbliższym okresie.

W 2001 roku konsekwentnie realizowano „Krajowy program wzrostu lesistości” zakładający zwiększenie lesistości kraju do 30% w roku 2020 i do 33% w roku 2050. Zalesiono 23 tys. ha (23,4 tys. ha w 2000 r.) gruntów porolnych i marginalnych. Przytoczone wielkości należą do najwyższych w Europie, przewidywane przystąpienie Polski do Unii Europejskiej może wpłynąć na znaczne zwiększenie powierzchni zalesień. Przedmiotem szczególnej troski musi być zapewnienie aby nowe lasy oprócz zwiększenia powierzchni leśnej, w równym stopniu zwiększały potencjał przyrodniczy, a także zapewniały trwałą sekwestrację zasobów węgla.

Lasy są odnawialnym źródłem surowców drzewnych, warunkującym rozwój cywilizacyjny bez szkody dla środowiska. W roku 2001 w lasach PGL Lasy Państwowe pozyskano 23,5 mln m<sup>3</sup> drewna. Znaczny udział (60%) w użytkowaniu drzewostanów miały cięcia przedrębne wynikające z potrzeb pielęgnacyjnych. Pozyskanie w rębniach pełnych ograniczono do 5,7 mln m<sup>3</sup>, tj. do 24% ogółu pozyskania. Użytkowanie zasobów drzewnych w 2001 roku przebiegało na znacznie niższym poziomie od przyrostu miąższości, podobnie jak miało to miejsce w ostatnich dziesięcioleciach, kiedy pozyskiwana miąższość stanowiła około 51% wielkości przyrostu (w lasach PGL LP).

Lasy polskie znajdują się w sytuacji stałego zagrożenia przez czynniki abiotyczne, biotyczne i antropogeniczne. Liczne występowanie tych czynników i ich wzajemne działanie powodują, że zagrożenie lasów w Polsce należy do najwyższych w Europie. Zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego nadal stanowią istotne zagrożenie dla ekosystemów leśnych, mimo że poziom depozytu SO<sub>2</sub>

i NO<sub>2</sub> w lasach w ostatnich latach wyraźnie maleje. Jednak stałe oddziaływanie zanieczyszczeń i ich dotychczasowa akumulacja w środowisku leśnym zwiększają predyspozycje chorobowe lasów.

Pomimo wymienionych zagrożeń od pięciu lat zmniejsza się uszkodzenie drzewostanów w Polsce. Udział drzewostanów uszkodzonych – o defoliacji koron powyżej 25% – systematycznie maleje; z 55% w 1994 r. do 30,3% w 2001 r. Na podstawie zbieranych w systemie monitoringu lasów danych można przewidywać, że w najbliższych latach trend poprawy stanu zdrowotnego lasów powinien się utrzymać wykazując okresową zmienność zależną od warunków pogodowych. Mogą jednak wystąpić lokalne zagrożenia związane z podwyższonym depozytem azotu i wysoką koncentracją ozonu.

Polska należy do krajów, w których niekorzystne zjawiska związane z masowymi pojawami szkodników owadzich, często o rozmiarach gwałtownych gradacji, występują w wyjątkowo dużej różnorodności i cyklicznym nasileniu. Rok 2001 należał do stosunkowo korzystnych, szczególnie na tle ostatniego dwudziestolecia, ze względu na umiarkowane występowanie nękających lasy szkodników owadzich. Niemniej jednak niezbędne były ciągłe działania profilaktyczne, a także prowadzenie kosztownych akcji ograniczania liczebności niektórych gatunków owadów. W dalszym ciągu utrzymuje się wysokie zagrożenie wywołane przez grzyby chorobotwórcze. Głównym źródłem tych zagrożeń są choroby systemów korzeniowych (huba

korzeni i opieńki), szczególnie aktywne w drzewostanach założonych na gruntach porolnych. Szkody gospodarcze w lasach wyrządzają również roślinożerne ssaki, głównie jeleni i sarna.

Przedstawiona sytuacja wskazuje na konieczność intensywnego monitorowania stanu zasobów leśnych. Ryzyko wystąpienia różnorodnych zagrożeń lasu, abiotycznych, biotycznych i antropogenicznych jest szczególnie wysokie i wymusza podejmowanie działań dążących do jego zmniejszenia. W przypadku pojawienia się szkód gospodarka leśna powinna zapewnić przede wszystkim ograniczenie konsekwencji ich wystąpienia. Analiza dotychczasowej gospodarki pozwala na stwierdzenie, że leśnictwo jest przygotowane do działania w warunkach wysokiego ryzyka.

Zasoby lasów polskich są użytkowane w racjonalny sposób, zapewniający ich trwały rozwój ilościowy i jakościowy. Wielkości wskaźników trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej prowadzonej w Polsce nie odbiegają od analogicznych wielkości w krajach europejskich o zbliżonych warunkach naturalnych, i należą do jednych z najlepszych w regionie. Zarówno obecny stan lasów, skala zagrożeń ekosystemów leśnych jak i rosnące oczekiwania na zaspokojenie różnorodnych funkcji lasu ciągle stawiają nowe wyzwania dla leśnictwa. Sprostanie tym wyzwaniom będzie wymagało znacznie większego zaangażowania społeczeństwa, wyrażającego się m.in. umiejętnością korzystania z zasobów leśnych.

# Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego



## 15. ZINTEGROWANY MONITORING ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Małgorzata Mazurek

### 15.1. Informacje ogólne

Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) funkcjonuje od 1994 r. jako samodzielny podsystem w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Realizacja programu ZMŚP obejmuje badanie i analizę funkcjonowania wybranych geosystemów (krajobrazów) reprezentatywnych dla zróżnicowanych pasmowo struktur krajobrazowych Polski.

Podstawowym obiektem badań w podsystemie ZMŚP jest zlewnia rzeczna (jeziorna), w zasięgu której zlokalizo-

wane są testowe powierzchnie badawcze. Funkcjonujący obecnie system pomiarowy siedmiu Stacji Bazowych (rys.15.1.1.) tworzy transekt południkowy, który ujmuje równoleżnikowy układ krajobrazów Polski.

Wśród zlewni badawczych ZMŚP są zlewnie: górnej Parsęty (Stacja Bazowa Storkowo), Czarnej Hańczy (Stacja Bazowa Wigry) i jeziora Łękuk (Stacja Bazowa Puszcza Borecka), które stanowią geosystemy nizinne w strefie pojezierzy, w niewielkim stopniu przekształcone antropogenicznie. Zlewnia Strugi Toruńskiej (Stacja Bazowa Koniczynka) reprezentuje geosystem młodoglacialny przeobrażony rolniczo, narażony na obszarowe zanieczyszczenia rolnicze i zanieczyszczenia powietrza. Zlewnia Kanału Olszowieckiego (Stacja Bazowa Pożary), położona jest w pasie rzeźby staroglacialnej Puszczy Kampinoskiej i obejmuje ekosystem bagienno-łąkowy w różnych fazach naturalnej sukcesji. Badania prowa-



Rys.15.1.1. Lokalizacja Stacji Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (mapę opr. Maciej Romański) Storkowo (Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań), Puszcza Borecka (Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa), Wigry (Wigierski Park Narodowy, Krzywe), Koniczynka (Uniwersytet im. M. Kopernika, Toruń), Pożary (Kampinoski Park Narodowy, Kampinos), Święty Krzyż (Akademia Świętokrzyska, Kielce), Szymbark (Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Kraków). Źródło: PMŚ.



dzone są również w zlewni leśno-rolniczej zlokalizowanej w centralnej części Gór Świętokrzyskich (Stacja Bazowa Św. Krzyż) oraz w zlewni Bystrzanki, reprezentującej geosystem Karpat Fliszowych, który pozostaje pod wpływem zanieczyszczeń transgranicznych (Stacja Bazowa Szymbark).

Zakres pomiarowy Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w latach 1994-2001 obejmował obserwacje meteorologiczne, pomiary zanieczyszczeń powietrza, oznaczanie składu chemicznego opadów atmosferycznych i wód krążących w lesie, analizy gleb i chemizmu roztworów glebowych, składu chemicznego i poziomu wód podziemnych, ilości i jakości wód powierzchniowych, badania porostów oraz zawartości w ich plechach metali ciężkich i siarki, flory i roślinności, fauny bezkręgowców. W ramach programów specjalistycznych w Stacji Bazowej w Koniczynie badaniami objęto odpływ wody ze zlewni drenarskich, a w Szymbarku prowadzono monitoring spływu śródglebowego i ruchów osuwiskowych.

## 15.2. Stan wybranych geosystemów Polski w latach 1994-2001

### *Zlewnia górnej Parsęty (Stacja Bazowa ZMŚP Storkowo)*

W obrębie Pojezierza Zachodniopomorskiego zlokalizowana jest zlewnia górnej Parsęty, która reprezentuje warunki przyrodnicze obszarów młodoglacjalnych umiarkowanej strefy klimatycznej. Zlewnia pozostaje w zasięgu warunków klimatycznych Regionu Środkowopomorskiego, które zmodyfikowane zostały przez położenie po północnej stronie wzgórz morenowych gdzie zaznaczają się wpływy cyrkulacji oceanicznej. Mozaikowy rozkład litologii, gleb oraz rolniczo-leśne użytkowanie terenu wpływa na tempo krążenia wód i charakter migracji pierwiastków w zlewni. Monitoring szaty roślinnej zwraca uwagę na znaczenie procesu sukcesji wtórnej na glebach porolnych. Zjawisko to objęło już bardzo rozległe obszary i będzie miało coraz większy wpływ na funkcjonowanie ekosystemów w obrębie zlewni.

Istotne znaczenie dla rozpoznania dróg krążenia wody i materii w zlewni górnej Parsęty ma prześledzenie zmian jakim podlegają mało zmineralizowane, silnie kwaśne ( $\text{pH} < 5$ ) wody opadowe w podsystemach zlewni: roślinność – gleba – wody gruntowe. Wody górnej Parsęty – ostatniego ogniwa krążenia wód i migracji składników rozpuszczonych reprezentują typ wód: wapniowo-wodorowęglanowy, o średniej rocznej mineralizacji (przewodność właściwa w zakresie 37,4-45,7  $\text{mS m}^{-1}$ ). Agresywność wód krążących w lesie sosnowym (średnie roczne ważone wartości  $\text{pH}$  w wodach spływu po pniach w przedziale 3,4-3,7, a w opadzie podkoronowym od 4,2 do 4,6) i wód glebowych oraz słabe zbuforowanie większości gleb w zlewni wskazuje, że intensywniejsze procesy wietrzenia chemicznego i ługowania zachodzą poniżej profilu glebowego. Związki takie jak wapń, magnez i wodorowęglany osiągają najwyższe stężenia w wodach gruntowych, co jest wynikiem ługowania węglanu wapnia, występującego w osadach morenowych i wodnolodowcowych, najczęściej poniżej kwaśnej warstwy gleby. Przeciętny bilans sumy badanych jonów dla zlew-

ni jest ujemny, co wynika z niskiej mineralizacji wód opadowych (3,36-1,82  $\text{mS m}^{-1}$ ), uwarunkowań przyrodniczych oraz użytkowania ziemi. Ujemny bilans dla pierwiastków zasadowych może prowadzić do zmniejszenia buforowości podłoża i dalszego zakwaszania gleb. W zlewni dominują bowiem kompleksy glebowe kwaśne i bardzo kwaśne, które ze względu na skład mechaniczny i niską pojemność sorpcyjną są w znacznym stopniu mało odporne na degradację. Kwasowość opadów atmosferycznych może też stanowić zagrożenie dla stanu małych zbiorników bezodpornych o opadowym charakterze zasilania.

Właściwości fizykochemiczne wód gruntowych oraz wód rzecznych wskazują, że o obiegu materii w zlewni górnej Parsęty decydują naturalne warunki środowiska przyrodniczego, choć zaznacza się oddziaływanie czynnika antropogenicznego na jakość wód opadowych i gruntowych. Istniejąca obecnie tendencja ograniczeń emisji zanieczyszczeń atmosferycznych, zagospodarowanie ugorów z uwzględnieniem warunków siedliskowych i zagrożeń erozją, odnowienie form małej retencji wody i odpowiednia gospodarka wodno-ściekowa pozwolą na utrzymanie obecnego kierunku i dynamiki procesów przyrodniczych w zlewni górnej Parsęty.

### *Zlewnia jeziora Łękuk (Stacja Bazowa ZMŚP Puszcza Borecka)*

Zlewnia jeziora Łękuk reprezentuje geosystem położony w silnie pagórkowatym obszarze Puszczy Boreckiej, na Pojezierzu Etckim. Obszar zlokalizowany z dala od ośrodków przemysłowych, szlaków komunikacyjnych i dużych skupisk ludności, ma leśno-rolniczy charakter użytkowania ziemi. Na terenie zlewni występują żyzne i dobrze uwilgotnione gleby, sprzyjające bogactwu flory i różnorodności biocenoz, które zachowały znaczny stopień naturalności, zwłaszcza w Puszczy Boreckiej (Żarska i in. 1998). Pod względem klimatycznym, zlewnia znajduje się w Regionie Mazursko-Podlaskim, który pozostaje pod wpływem cyrkulacji związanej z kontynentalnym blokiem Eurazji. Obserwacje meteorologiczne z okresu 1994-2001 wskazują na znaczną dynamikę warunków termiczno-opadowych, a także pozwalają na analizę zjawisk pogodowych o charakterze ekstremalnym. W ostatnich latach istotnego znaczenia dla środowiska przyrodniczego i działalności człowieka nabiera zmiana rozkładu i długości trwania termicznych pór roku, co zaznacza się wcześniejszym rozpoczęciem okresu wegetacyjnego i wydłużeniem czasu jego trwania. Zasilanie opadowe i roztopowe wpływa na znaczne zróżnicowanie stanów pierwszego poziomu wodonośnego i wielkości odpływu w małych ciekach zasilających jezioro Łękuk.

W Puszczy Boreckiej pozbawionej lokalnych źródeł zanieczyszczeń, stężenia m.in. gazowych związków siarki i azotu należy uznać za efekt transgranicznego przemieszczania zanieczyszczeń powietrza z wiatrami z sektora zachodniego. Zaobserwowane wielkości stężeń zanieczyszczeń powietrza można przyjąć jako wartości tła regionalnego kształtowanego pod wpływem dalekich źródeł emisji. Zanieczyszczenia o charakterze transgranicznym na Pojezierzu Mazurskim powodują, że występujące tu opady należy zaliczyć do grupy o znacznie obniżonym  $\text{pH}$ .

Wysoka kwasowość wód atmosferycznych wiąże się z wysokim ładunkiem protonów  $H^+$  wnoszonych corocznie do gleby wraz z opadami: od 8,3 do 28,2 mg  $m^{-2}$ . Wielkość dostawy atmosferycznej ulega zwielokrotnieniu na obszarach leśnych, a zwłaszcza w wodach spływu po pniach świerka, w których stężenia potasu, magnezu, wapnia i siarki wzrastają kilkakrotnie. Zneutralizowanie kwaśnych wód opadowych następuje na etapie infiltracji w podłoże zlewni, powodując jednocześnie ługowanie związków wapnia i magnezu z osadów polodowcowych. Charakterystyki chemiczne wód podziemnych i powierzchniowych w zlewni jeziora Łękuk (wody wodorowęglanowo-wapniowe) są typowe dla środowiska młodoglacjalnego. Analiza wskaźników jakości wód wskazuje również na niewielkie zmiany antropogeniczne. Stężenia jonów w wodach powierzchniowych wykazywały znaczną stabilność w okresie badań, z wahaniami sezonowymi wywołanymi zmianami warunków meteorologicznych.

Zlewnia jeziora Łękuk, która reprezentuje środowisko przyrodnicze północno-wschodniej Polski poddane oddziaływaniom transgranicznych zanieczyszczeń i słabej lokalnej antropopresji, stanowi aktualnie geosystem mało przekształcony przez działalność człowieka.

#### **Zlewnia Czarnej Hańczy (Stacja Bazowa ZMŚP Wigry)**

Zlewnia badawcza Stacji Bazowej Wigry obejmuje obszar należący do przyrzecza Czarnej Hańczy o leśno-torfowiskowym krajobrazie. Rzeka Czarna Hańcza charakteryzuje się gruntowo-deszczowo-śnieżnym typem zasilania, z głównym wezbraniem wiosennym i słabo zaznaczonym wezbraniem zimowym. Urozmaicona rzeźba, litologia i pokrywa glebowa są genetycznie związane z akumulacyjną i erozyjną działalnością ostatniego lądolodu na terenie Pojezierza Litewskiego. Obszar zlewni znajduje się w regionie klimatycznym Mazursko-Podlaskim o najsurowszych warunkach klimatycznych w całej nizinnej części kraju (Krzysztofiak 1998). Na terenie zlewni Czarnej Hańczy zlokalizowanej w Wigierskim Parku Narodowym i jego otulinie, na uwagę zasługują biotopy zajmowane przez liczne gatunki roślin rzadkich w kraju oraz ustawowo chronione. Obecne zmiany zbiorowisk roślinnych są wynikiem naturalnej sukcesji i zachodzących przemian w użytkowaniu ziemi.

Monitoring ilości i jakości wód docierających do podłoża zlewni Czarnej Hańczy wskazuje na podwyższone wartości ładunków niektórych składników (np. jonów azotowych) oraz niski odczyn wód opadowych (pH w przedziale 4,10-5,15), co należy wiązać z emisjami lokalnymi i napływowymi, regionalnymi. W ekosystemie sosnowo-świerkowym na terenie zlewni, wody opadowe krążące w lesie (spływ po pniach i opad śródkoronowy) ulegają wzbogaceniu w kwasy organiczne i kwaśne aerozole pochodzące z suchego opadu, co w konsekwencji powoduje ich silne zakwaszenie. Stężenia substancji rozpuszczonych w opadzie podokopowym jak i spływie po pniach drzew, znacząco przewyższają wartości notowane w opadzie na terenie otwartym.

Wody gruntowe i rzeczne zlewni Czarnej Hańczy należą do wód o średniej mineralizacji i obojętnym odczy-

nie. Czarna Hańcza powyżej jeziora Wigry jest odbornikiem oczyszczonych ścieków z miejskiej oczyszczalni w Suwałkach, które stanowią główny czynnik kształtujący jakość wód na tym odcinku biegu rzeki. W latach 1994-2001 nastąpiła poprawa jakości wód Czarnej Hańczy, która zaznaczyła się m.in. zmniejszeniem stężeń azotu azotanowego i fosforu fosforanowego. Monitoring wód Czarnej Hańczy jest szczególnie ważny, ze względu na znaczenie tej rzeki dla jakości wód jeziora Wigry – centralnego obiektu hydrograficznego Wigierskiego Parku Narodowego.

Właściwości fizykochemiczne wód rzecznych w zlewni w porównaniu ze składem chemicznym opadów atmosferycznych i wód gruntowych wskazują, że w zasilaniu koryt rzecznych podstawowe znaczenie mają wody śródglebowe i gruntowe. Te składowe obiegu wody kształtowane są przez warunki naturalne – właściwości buforowe gleb, zasobność podłoża w związki zasadowe, czas i drogi krążenia wód w zlewni. Jedynie w okresach przepływów wezbraniowych wywołanych wysokimi opadami i roztopami zaznacza się bezpośredni udział źródeł atmosferycznych w kształtowaniu chemizmu wód rzecznych.

Jakość badanych elementów środowiska przyrodniczego w zlewni Czarnej Hańczy nie odbiega od przyjętych norm. Obserwowana jest poprawa stanu geosystemu w zakresie przekształceń szaty roślinnej i jakości wód powierzchniowych. Również stan zanieczyszczenia powietrza określany na podstawie stężeń pierwiastków w plechach porostów *Hypogymnia physodes* z lat 1998 i 2001 (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2002) wskazuje na znaczne obniżenie się średnich stężeń kadmu i ołowiu w tym regionie.

#### **Zlewnia Strugi Toruńskiej (Stacja Bazowa ZMŚP Koniczynka)**

Środkowa część dorzecza Strugi Toruńskiej na Pojezierzu Chełmińsko-Dobrzyńskim reprezentuje geosystem bezleśnej równiny morenowej. Obszar zlewni położony jest w zasięgu Regionu Chełmińsko-Toruńskiego o najwyższych średnich rocznych temperaturach i najniższych sumach opadów w Polsce. W krajobrazie zlewni dominują kompleksy pól uprawnych, silnie zmeliorowane, na których prowadzona jest produkcja rolnicza (Wójcik 1998).

Długotrwałe użytkowanie rolnicze zlewni Strugi Toruńskiej spowodowało najsilniejszą synantropizację flory i roślinności wśród badanych zlewni; prowadzone obecnie obserwacje przestrzennego rozmieszczenia roślinności pozwolą na ustalenie kierunków i tempa zmian szaty roślinnej na miejscu porzuconych pól uprawnych. W morfologii i właściwościach gleb zlewni również zaznacza się szereg cech spowodowanych ich intensywnym użytkowaniem rolniczym. Mimo silnego nawożenia gleby charakteryzują się jednak małą zawartością wapnia i magnezu. Obecność metali ciężkich (Pb, Cd, Zn) w glebach jest bliska zawartości naturalnej, a utrzymanie takiego stanu jakości gleb wynika częściowo z istnienia systemu drenarskiego, który przyspiesza odpływ składników chemicznych poza obszar zlewni.

Badania wybranych grup bezkręgowców glebowych, w przypadku skoczogonków (*Collembola*) wskazują, że

w warunkach zmniejszonej antropopresji następuje ich odbudowa ilościowa do poziomu bliskiego środowiskom naturalnym. Utrzymanie liczebności i zróżnicowania fauny glebowej ma istotne znaczenie dla zachowania równowagi w agrosystemie.

Stosunki wodne w zlewni Strugi Toruńskiej są silnie przekształcone przez sieć drenarską i pobór wody dla celów przemysłowych, co doprowadziło do powstania lejów depresyjnych obniżających zwierciadło wody w międzyglinowych warstwach wodonośnych. Obecna jakość wód podziemnych związana jest głównie z podwyższoną zawartością naturalnych wskaźników geogenicznych, takich jak: żelazo, mangan i mineralizacja.

Natomiast pozaklasowy charakter wód Strugi Toruńskiej należy wiązać z intensywną działalnością rolniczą i nawożeniem mineralnym oraz wysokim stopniem eutrofizacji wód Jeziora Mlewieckiego, przez które przepływa rzeka w środkowym biegu. Przekroczenia dopuszczalnych norm zanieczyszczeń wód powierzchniowych dotyczyły najczęściej stężeń związków biogenych w tym fosforu ogólnego i azotu azotynowego, zawartości tlenu rozpuszczonego i BZT<sub>5</sub>. W ostatnim okresie zaznacza się tendencja do zmniejszania poziomu zanieczyszczenia wód Strugi Toruńskiej przejawiająca się obniżeniem bezwzględnych wartości niektórych wskaźników i częstości przekraczania norm (tab. 15.2.1.).

Aktualny stan zlewni Strugi Toruńskiej jest efektem wciąż silnej antropopresji, na którą składają się: długo-trwała, intensywna gospodarka rolna i związana z nią chemizacja, zmeliorowanie gruntów oraz oddziaływanie lokalnych i regionalnych źródeł zanieczyszczeń powietrza. Podwyższona mineralizacja i normalny odczyn wód opadowych, to efekt sąsiedztwa Torunia i Chełmży, gdzie utrzymują się wysokie zanieczyszczenia pyłowe i gazowe powietrza. W tym intensywnie użytkowanym agrosystemie, gleby i wody podziemne nie wykazują ponadnormatywnego zanieczyszczenia, a najważniejszym problemem ekologicznym dorzecza Strugi Toruńskiej pozostaje jakość wód powierzchniowych.

### Zlewnia Kanału Olszowieckiego (Stacja Bazowa ZMŚP Pożary)

Środowisko przyrodnicze Kotliny Warszawskiej reprezentuje górna część zlewni Kanału Olszowieckiego położona w pasie rzeźby staroglacjalnej, na wydmych i bagiennych terasach nadzalewowych Wisły. Zlewnia Kanału Olszowieckiego obejmuje zabagnioną kotlinę w Puszczy Kampinoskiej, z olsami i zespołami dawnych łąk i pastwisk, obecnie w różnych fazach naturalnej sukcesji (Wierzbicki 1998). Obszar ten pod względem klimatycznym należy do Regionu Środkowomazowieckiego, jednego z najcieplejszych, a zarazem o najniższych sumach opadów regionów w Polsce. Do niekorzystnych zjawisk termicznych wynikających z ukształtowania Kotliny Warszawskiej należy zaliczyć przymrozki przygruntowe w sezonie wegetacyjnym, które ograniczają występowanie niektórych gatunków roślin np. jesionu na siedliskach olsowych.

Niewłaściwa gospodarka wodna na terenach Puszczy Kampinoskiej prowadząca do nadmiernego drenażu, wywołuje znaczne obniżenie zwierciadła wód gruntowych, zanik odpływu w ciekach zasilanych z płytkich poziomów wodonośnych w okresie lata oraz zmniejszenie zasięgu obszarów podmokłych i związanych z nimi zbiorowisk roślinnych, a w następstwie zmiany w występowaniu wilgociolubnych gatunków fauny bezkręgowej.

Reakcją na poprawę warunków opadowych w latach 1994-2001, po okresie suszy z lat osiemdziesiątych i początku lat dziewięćdziesiątych w Polsce, był początkowy wzrost poziomu wód gruntowych. W drugiej połowie lat 90-tych XX w. nastąpiła stabilizacja stanów wód gruntowych, naruszona przez suchy rok 2000. Wzrost wilgotności i podniesienie poziomu wód gruntowych wpłynął korzystnie na ekosystemy roślinne Kampinoskiego Parku Narodowego i ich zmiany w kierunku unaturalnienia. Kontynuacja monitoringu wybranych grup stawonogów stanowi również ważny bioindykator zmian wilgotności siedlisk. Chemizm wód gruntowych, podobnie jak i wód powierzchniowych, nawiązuje silnie do budowy geologicznej terenu, typów roślinności i naturalnych procesów rozkładu materii organicznej zachodzących w gle-

Tabela. 15.2.1. Stężenia średnie roczne wybranych składników wód Strugi Toruńskiej w Koniczynie w latach hydrologicznych 1994-2001. Źródło: PMS.

Parametr/ Jednostka	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Przewodnictwo $\mu S\ cm^{-1}$	1134	944	860	895	990	955	1005	1015
BZT <sub>5</sub> $mg\ O_2\ dm^{-3}$	4,6	6,2	6,0	5,7	6,1	3,0	4,2	5,8
Utlenialność $mg\ O_2\ dm^{-3}$	20,9	19,9	24,5	21,3	23,8	23,8	20,0	18,6
Azot azotanowy $mg\ N_{NO_3}\ dm^{-3}$	6,37	7,64	2,70	1,80	4,40	9,50	6,70	9,5
Azot ogólny $mg\ N\ dm^{-3}$	8,38	10,09	5,94	5,31	6,77	11,53	9,18	11,7
Fosfor ogólny $mg\ P\ dm^{-3}$	1,49	0,64	0,27	0,55	0,34	0,23	0,16	0,18
Miano Coli	0,04	0,02	0,2	0,2	0,04	0,02	0,04	0,11
Objaśnienia:	I klasa	II klasa	III klasa	klasa n.o.n.				

bie, jednak przy obecności dużej ilości lokalnych i regionalnych źródeł zanieczyszczeń należy liczyć się z ich oddziaływaniem na skład chemiczny wód zlewni.

W latach 1994-2001 za korzystną dla geookosystemu Puszczy Kampinoskiej należy uznać poprawę stosunków wodnych, co przy pracach zmierzających do zmniejszenia/zahamowania odpływu powierzchniowego ze zlewni, pozwoli na skuteczną ochronę ekosystemów bagiennych. Pomimo bliskiego sąsiedztwa obszarów o dużej emisji, dopływ zanieczyszczeń gazowych z wyjątkiem dwutlenku azotu, nie wykazuje niepokojących zmian. Podobne tendencje zanotowano dla odczynu opadów i wielkości mokrej depozycji. Porównanie stanu zanieczyszczenia powietrza określonego na podstawie stężeń pierwiastków w plechach porostów *Hypogymnia physodes* w 1998 r. z wartościami otrzymanymi w 2001 r. (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2002) wskazuje, że zanieczyszczenie kadmem i ołowiem na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego nie uległo zmianie w tych latach.

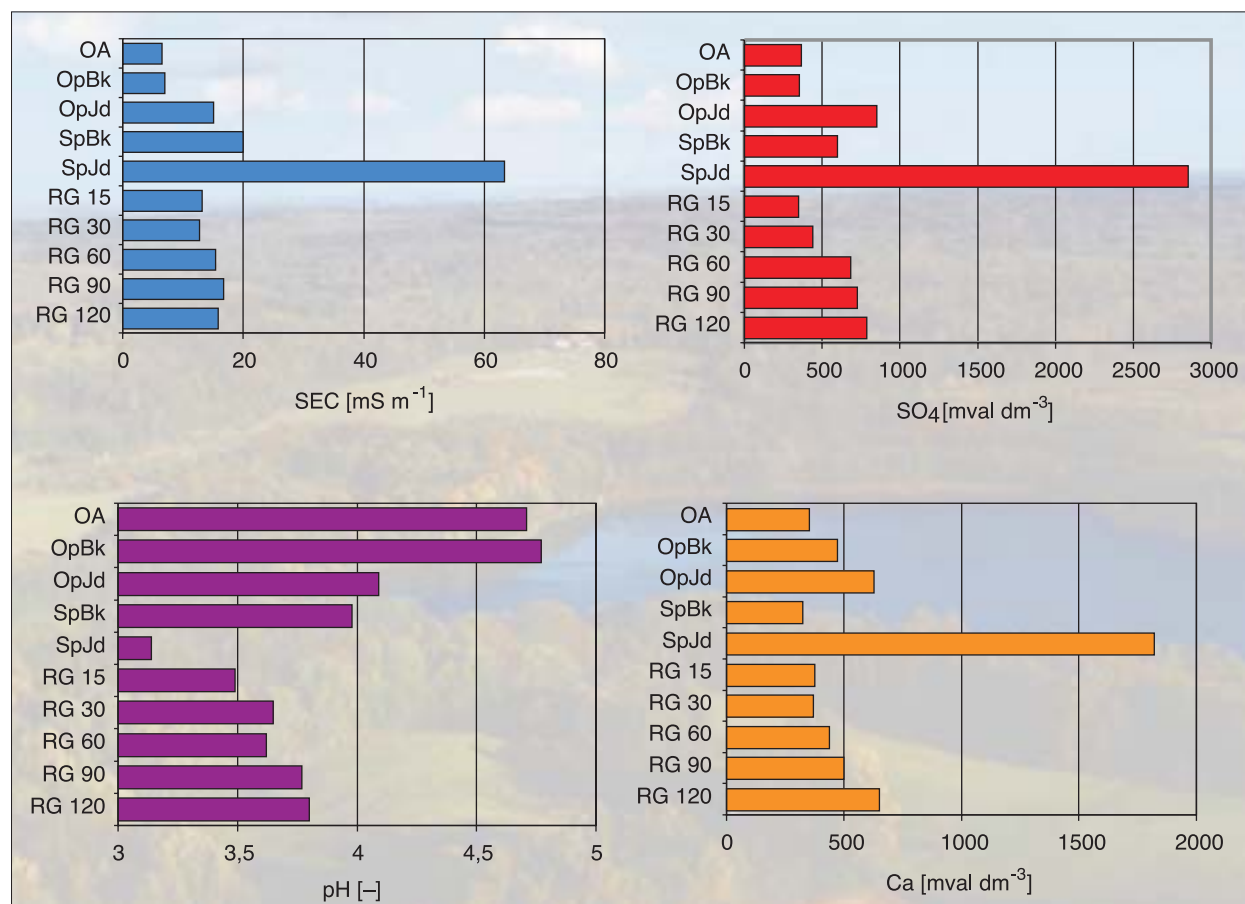
### Zlewnia w Łysogórach (Stacja Bazowa ZMŚP Św. Krzyż)

Stacja Bazowa Św. Krzyż obejmuje badaniami małą zlewnię leśno-rolniczą na północnym stoku masywu Łysogór, na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Zlewnie górskie Łysogór charakteryzują się szybkim krążeniem wody i gwałtowną reakcją przepływu na wystąpienie opadów, co wynika ze zróżnicowania rzeźby terenu i dużego nachyle-

nia stoków, litologii zlewni i warunków opadowych. Góry Świętokrzyskie wyróżniają się wśród sąsiadujących regionów indywidualizmem klimatycznym wyznaczonym m.in. przez sumy rocznych opadów wyższe od 650 mm, średnie roczne temperatury niższe od 7°C i średni czas trwania lata termicznego krótszy niż 90 dni.

Region Gór Świętokrzyskich pozostaje stale w strefie oddziaływania lokalnych, jak i ponadregionalnych emisji przemysłowych, co spowodowało niekorzystne zmiany w chemizmie wód powierzchniowych, pokrywach glebowych i ekosystemach leśnych, m.in. w drzewostanach jodłowych (Jóźwiak 2001). Analizy stężeń metali ciężkich w plechach porostów *Hypogymnia physodes* na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego w latach 1998-2001 wskazują na wzrost stężeń kadmu i ołowiu (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2002).

W środowisku przyrodniczym Regionu Świętokrzyskiego ma obecnie miejsce zakwaszanie wód opadowych następujące nie tyle wskutek wzrostu stężenia w powietrzu kwasowych składników, ale w wyniku zmniejszania emisji pyłów alkalicznych w tym regionie. Wysokie stężenia siarki siarczanowej (od 2 do 4 mg/dm<sup>-3</sup>) w opadzie atmosferycznym okazują się szkodliwe dla drzewostanów iglastych w Puszczy Jodłowej, gdyż w połączeniu z kwaśnym odczynem wód wpływają na fizjologiczne osłabienie drzew. Z nadziemnych ich części, szczególnie z igliwia i liści oraz z kory pni wymywane są znaczne ilości Ca, Mg, K, Mn i Zn.



Rys. 15.2.1. Rozkład wybranych parametrów fizyko-chemicznych opadu atmosferycznego OA, opadu podokapowego w drzewostanie bukowym (OpBk) i jodłowym (OpJd), spływie po pniach buków (SpBk) i jodeł (SpJd), roztworów glebowych na głębokości 15 cm (RG15), 30 cm (RG30), 60 cm (RG60), 90 cm (RG90) oraz 120 cm (RG120), Stacja Bazowa Św. Krzyż, drzewostan bukowo-jodłowy, gleba rdzawa bielcowana opadowoglejowa. Źródło: PMS.

W igłach jodły wskutek niedoborów kationów o charakterze zasadowym powstają wolne kwasy organiczne i kwasy mineralne, co może być przyczyną zakłóceń w procesach fotosyntezy i powodować uszkodzenia błony komórkowej (Kowalkowski i Józwiak 2000).

Wysoka kwasowość wód atmosferycznych decyduje o znacznym ładunku protonów  $H^+$  wnoszonych corocznie do gleby wraz z opadami, np. w 2000 r. był to ok.  $32 \text{ mgm}^{-2}$ . Dodatkowo wody po przejściu przez korony w drzewostanie jodłowo-bukowym ulegają zakwaszeniu co w połączeniu z zakwaszającym oddziaływaniem ściółki lasu iglastego sprzyja zintensyfikowaniu procesów wietrzenia chemicznego i ługowaniu pokrywy glebowej. Naturalne i/lub antropogeniczne zakwaszenie gleby sprawiają, że zubożenie kwaśnych wód opadowych zachodzi poniżej profilu glebowego. Analizowane roztwory glebowe charakteryzują się niską mineralizacją (rys.15.2.1.), a w ich składzie chemicznym dominują jony siarczanowe, chlorkowe, amonowe i wapniowe. Efektem niekorzystnych zmian w środowisku glebowym w ekosystemie leśnym Świętokrzyskiego Parku Narodowego jest obserwowane obumieranie starodrzewu jodłowego. Cechą wyróżniającą wody gruntowe i powierzchniowe w regionie Łysogór jest również niski poziom mineralizacji i kształtowanie składu jonowego wód pod wpływem zanieczyszczeń atmosferycznych.

Geoekosystem Gór Świętokrzyskich pozostaje obecnie głównie pod silnym wpływem ponadregionalnych imisji, szczególnie z sektora wiatrów zachodnich. Badania monitoringowe wykazują postępujące zakwaszenie gleb, wód glebowych i powierzchniowych, co wywołuje szkodliwe zmiany w drzewostanach bukowo-jodłowych i jodłowych Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

#### Zlewnia Bystrzanki (Stacja Bazowa ZMŚP Szymbark)

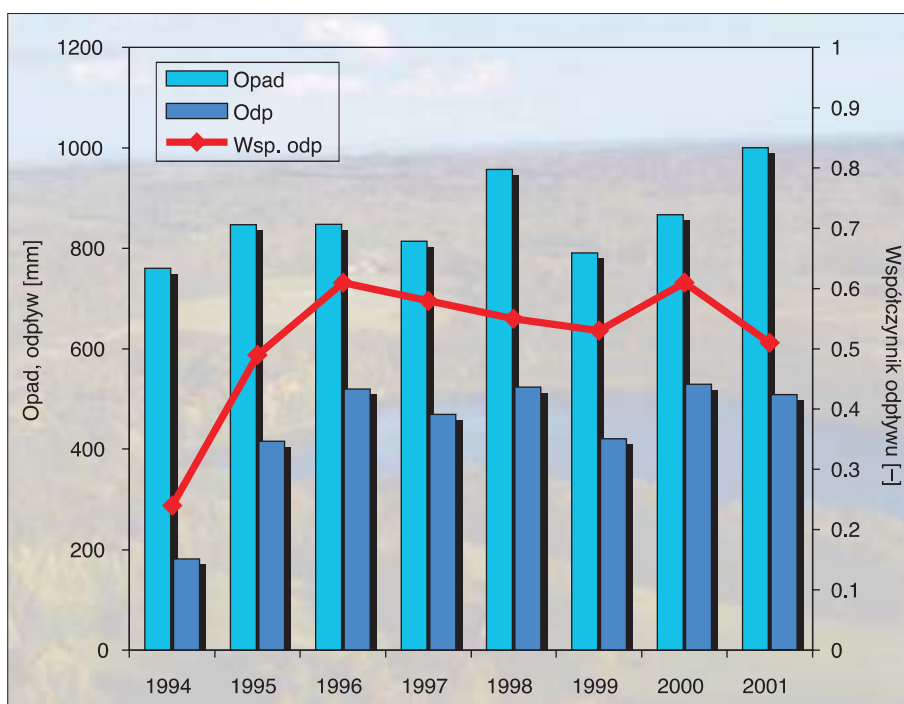
Zlewnia Bystrzanki reprezentuje geoekosystem o użytkowaniu rolniczo-leśnym z tradycyjną gospodarką rolną. Obszar zlewni położony w granicznej części Beskidów

i Pogórza Karpackiego, charakteryzują warunki klimatyczne Regionu Tarnowsko-Rzeszowskiego z zaznaczającą się piętrowością klimatu. Wysokie roczne sumy opadów atmosferycznych w latach 1994–2001 spowodowały, że odpływ rzeczny w zlewni Bystrzanki osiągnął wartości średnie wieloletnie, po okresie suszy hydrologicznej na początku lat 90-tych XX w. (rys. 15.2.2.).

Zlokalizowany na obszarze gór niskich i pogórzy geoekosystem zlewni Bystrzanki narażony jest na zanieczyszczenia transgraniczne ze Słowacji (wraz z występowaniem wiatrów z sektora południowego), w mniejszym stopniu obecnie zaznaczają się zanieczyszczenia lokalne z Gorlic (Gil i Bochenek 1998). Wstępne wyniki o stopniu skażenia środowiska na podstawie badań plech *Hypogymnia physodes* wskazują na wysoki, w stosunku do innych regionów, poziom zawartości kadmu (ok.  $1 \mu\text{g g}^{-1}$ ), ołowiu, cynku ( $150 \mu\text{g g}^{-1}$ ) i siarki ( $1858 \mu\text{g g}^{-1}$ ) co wymaga dalszej kontroli (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2002).

W kształtowaniu odpływu i jakości wód powierzchniowych w zlewni udział ma spływ śródpokrywowy i odpływ gruntowy. Pod względem składu chemicznego wody cieków charakteryzują się wysokimi stężeniami kationów wapnia i anionów wodorowęglanowych; taki skład chemiczny wynika z naturalnych procesów ługowania tych związków ze skał podłoża. Zaznaczający się duży udział ładunków jonów siarczanowych w wodach powierzchniowych i spływie śródpokrywowym, należy natomiast wiązać z dostawą atmosferyczną (depozycja siarki siarczanowej w zlewni zmieniała się od ok.  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  w 1994 r. do  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  w 2001 r.), zanieczyszczeniami rolniczymi lub naturalnymi procesami rozkładu materii organicznej.

Monitoring w zlewni Bystrzanki uwzględnia także specyfikę wynikającą z piętrowości występowania i natężenia zjawisk przyrodniczych w górach, takich jak: procesy grawitacyjne i szybki obieg wody generujący erozję gleb. Wysokie opady i/lub roztopy uaktywniły ruchy masowe w zlewni Bystrzanki w latach 1997 i 2000. Na zboczach



Rys. 15.2.2. Zmienność opadu atmosferycznego, odpływu rzeczno- i współczynnika odpływu dla Bystrzanki w latach hydrologicznych 1994–2001. Źródło: PMS.

obserwowano poszerzenie się stref osuwisk czynnych i zmianę ukształtowania powierzchni stoku. Ożywienie ruchów osuwiskowych na niektórych stokach było przyczyną uszkodzenia zabudowań oraz zniszczenia dróg.

Stan środowiska przyrodniczego zlewni Bystrzanki, a zarazem pogranicza Beskidów i Pogórza Karpackiego, można ocenić jako dobry z typowym dla strefy gór średnich przebiegiem procesów naturalnych (odpływ wody, krążenie jonów, ruchy masowe). Obserwowane niekorzystne tendencje dotyczą lokalnych zmian jakości płytkich wód gruntowych i wód powierzchniowych w wyniku zanieczyszczeń ściekami bytowymi.

### 15.3. Aktualne tendencje rozwoju wybranych geosystemów Polski – podsumowanie

Realizowany w latach 1994-2001 program ZMŚP dostarczył danych ilościowych i jakościowych o aktualnym stanie wybranych geosystemów Polski, a wyniki te stanowią ważny indyktor zmian w obiegu materii i pozwalają na wskazanie charakteru zagrożeń dla badanych obszarów w skali lokalnej i regionalnej.

Biorąc pod uwagę aktualny stan środowiska przyrodniczego w zlewniach reprezentujących zróżnicowane struktury krajobrazowe Polski można stwierdzić, że jakość większości badanych elementów nie odbiegała od przyjętych w kraju norm, co świadczy o niskim stopniu negatywnego przekształcenia środowiska, głównie w Polsce północnej i południowej. Również zaobserwowane kierunki zmian jakości środowiska przyrodniczego z reguły wskazują na poprawę stanu badanych elementów. Tak dzieje się m.in. ze składem chemicznym wód opadowych i powierzchniowych, stosunkami wodnymi czy przekształceniami szaty roślinnej.

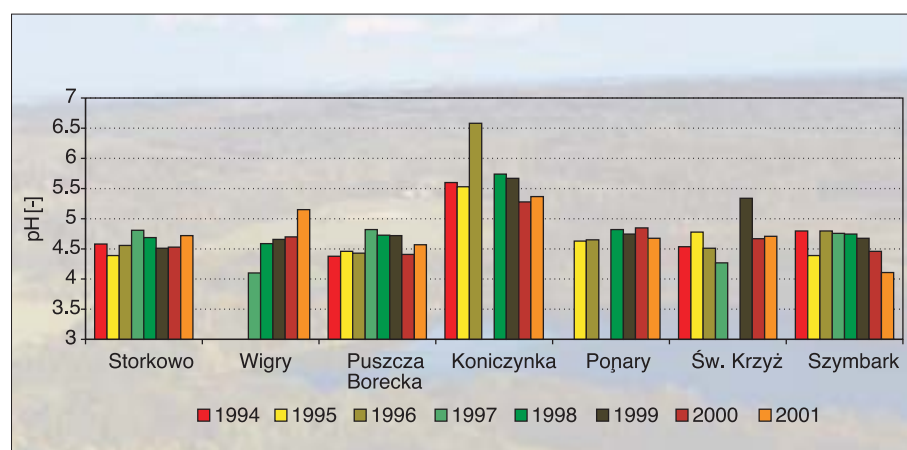
Charakter i wielkość zanieczyszczenia powietrza na Stacjach Bazowych nie różniła się od obserwowanych w kraju, a ich poziom z wyjątkiem ozonu przyziemnego, nie przekraczał obowiązujących w Polsce norm. Ograniczana od lat osiemdziesiątych emisja dwutlenku siarki obserwowana jest również w składzie chemicznym opadów atmosferycznych, opadów podokapowych i spływie po pniach drzew oraz wielkości całkowitej depozycji siarki siarczanowej. Nie znajduje to jednak zawsze bezpośredniego efektu w poprawie odczynu wód opadowych. Pozytywny trend

w tym zakresie obserwowany w ostatnich latach uległ zahamowaniu, bowiem w zakwaszaniu opadów wzrasta udział tlenków azotu (rys. 15.3.1..

Utrzymujące się wysokie stężenie jonów wodorowych w opadach, wzrastające jeszcze w opadzie pod drzewostanem iglastym, może stanowić zagrożenie dla środowiska glebowego, szczególnie dla gleb o kwaśnym odczynie oraz dla zasilanych wodami opadowymi zbiorników jeziornych, których zlewnie charakteryzują się małą odpornością na degradację. Odczyn badanych roztworów glebowych był zbliżony do odczynu opadów atmosferycznych, co wskazuje, że podstawowe procesy zobojętnienia kwaśnych wód zachodzą poniżej profilu glebowego, a na ich charakter i natężenie wpływają właściwości osadów podłoża oraz tempo i drogi krążenia wód.

Badanie wzajemnych relacji między poszczególnymi komponentami środowiska przyrodniczego w różnych typach geosystemów Polski w latach 1994-2001 nie wykazało – poza regionem świętokrzyskim – procesów naturalnych czy antropogenicznych o natężeniu mogącym prowadzić do ich trwałej degradacji. Środowisko przyrodnicze Stacji Bazowej Św. Krzyż zlokalizowanej w Górach Świętokrzyskich, wskazuje na oddziaływanie zanieczyszczonych opadów atmosferycznych na zakwaszanie roztworów glebowych oraz płytkich wód gruntowych i wód powierzchniowych, co w efekcie różnokierunkowo wpływa na ekosystemy leśne.

Zagrożenia dla geosystemów Polski stanowią obecnie przede wszystkim czynniki lokalne. Jedynie obszar Puszczy Boreckiej zlokalizowany z dala od ośrodków przemysłowych, większych jednostek osadniczych i szlaków komunikacyjnych, nie jest narażony na ich bezpośrednie oddziaływanie. Na pozostałych obszarach oddziaływanie człowieka, mimo poprawy stanu geosystemów, stanowi potencjalne zagrożenie dla środowiska przyrodniczego. Obserwowane to jest w przypadku jakości płytkich wód gruntowych. Monitoring wód rzecznych potwierdza istniejące tendencje w skali krajowej, że jakość wód powierzchniowych zależy w dużym stopniu od związków biogenych, których głównym źródłem są zanieczyszczenia obszarowe na terenach rolniczych i ścieki komunalne. Niekorzystnym zjawiskiem w geosystemach górskich na obszarze Karpat Fliszowych jest nieracjonalna gospodarka na stokach osuwiskowych.



Rys. 15.3.1. Średnie roczne ważone wartości pH wody opadowej na Stacjach Bazowych ZMŚP w latach hydrologicznych 1994-2001. Źródło: PMS.

# Hałas



## 16. HAŁAS

Radosław Kucharski, Ewa Żrałek

### 16.1. Informacje ogólne

Hałasem jest każdy dźwięk, który w danych warunkach jest niepożądany, uciążliwy, czy też wręcz szkodliwy. Towarzyszy on każdej działalności człowieka a uciążliwe oddziaływanie hałasu obserwuje się wszędzie: w pracy, miejscu zamieszkania czy wypoczynku. Człowiek narażony jest także na hałasy wewnątrz mieszkaniowe oraz hałasy sąsiedzkie. Powszechność występowania hałasu powoduje wiele negatywnych skutków, szczególnie dla jakości życia i zdrowia człowieka. Hałas może doprowadzić do częściowej lub całkowitej utraty słuchu, a nawet powoduje poważne zmiany psychosomatyczne, spośród których najczęściej wymienia się zagrożenie nadciśnieniem, zaburzenia nerwowe, komplikacje z prawidłowością przemiany materii oraz zaburzenia w układzie naczyniowym. Jego działanie wywołuje zmęczenie, złe samopoczucie, utrudnia sen i wypoczynek. W różnych warunkach wiele rodzajów dźwięków może być nazwane hałasem, a w innych sytuacjach mogą to być sygnały akustyczne niosące konkretną, oczekiwaną, czy też pożądaną informację.

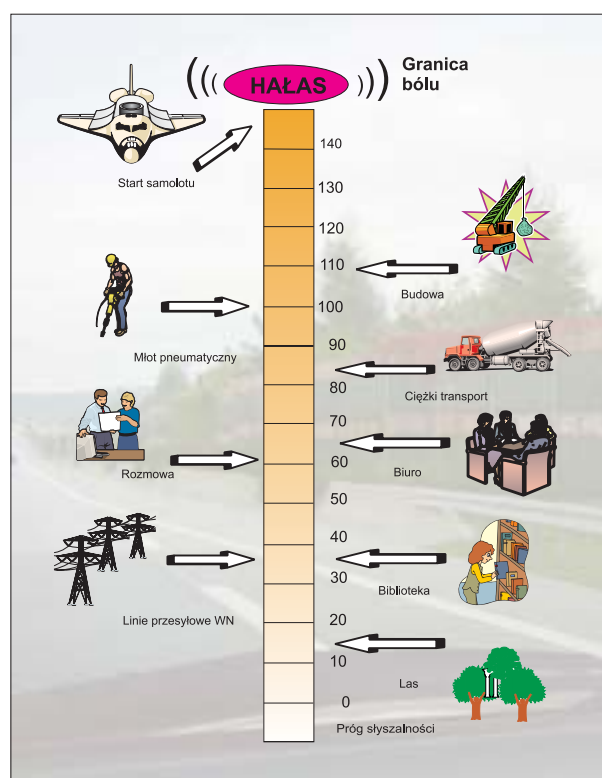
Wśród wszystkich czynników środowiskowych powodujących największą uciążliwość na pierwsze miejsce wysuwa się hałas. Jest więc pewnym paradoksem, iż to zagrożenie jest w wielu przypadkach nie doceniane i nie dostrzegane. Zaobserwować to można szczególnie wyraźnie w ustaleniach miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, gdzie np. w bezpośrednim sąsiedztwie bardzo ruchliwych arterii komunikacyjnych często projektuje się lokalizację osiedli mieszkaniowych.

Oceny hałasu są realizowane obecnie niemal wyłącznie za pomocą wskaźnika, uśredniającego parametry akustyczne w dłuższym czasie i zwanego równoważnym poziomem dźwięku (hałas), oznaczanego  $L_{Aeq,T}$  a wyrażanego w decybelach (dB).

Ocena stanu klimatu akustycznego zawarta w niniejszym raporcie oparta została na wynikach badań, obserwacji i prognoz prowadzonych od roku 1992 w ramach „Systemu kontrolowania i ewidencji obiektów emitujących hałas”, który funkcjonuje w Państwowym Monitoringu Środowiska. System ten zaprojektowano w sposób umożliwiający porównania stanów klimatu akustycznego w różnych okresach. Należy jednak zaznaczyć, iż w ostatnich latach miały miejsce dwa istotne wydarzenia, które w pewnym stopniu ograniczyły porównalność wyników badań. Około połowy roku 1998, do-

stosując się do unijnej Nowej Polityki Hałasowej (Future Noise Policy) zweryfikowano dopuszczalne poziomy dla różnych grup źródeł hałasu w środowisku oraz zmieniono czasy uśredniania (normatywne). Należy podkreślić, że w wyniku wprowadzonych zmian rok 1998 stanowi granicę porównalności wyników badań hałasu komunikacyjnego w porze nocnej, wyniki uzyskiwane przed rokiem 1998 oraz po roku 1998 nie są porównywalne. Równocześnie w wyniku wprowadzonej w 1999 roku, reformy administracyjnej kraju zasadniczej zmianie uległ wskaźnik presji motoryzacji wyznaczany oddzielnie dla każdego województwa i będący pochodną powierzchni i zaludnienia.

W Polsce przepisy ustawy z 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska utożsamiały hałas z rodzajem uciążliwości i do tego dostosowały przepisy ochronne (Dz. U. Nr 49 poz. 196 z roku 1994). Dopuszczalne poziomy hałasu jakie mogą występować w środowisku odnoszone do różnych kategorii źródeł oraz rodzajów terenów i w odniesieniu do planu zagospodarowania przestrzennego zostały określone w rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Dz. U. z roku 1998, Nr 66 poz. 436) w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku.



Rys. 16.1.1. Poziomy hałas w środowisku. Autor S. Kwiatkowski.



## 16.2. Główne źródła hałasu

Z uwagi na pochodzenie źródeł hałasu możemy wyodrębnić:

- hałas przemysłowy,
- hałas drogowy (uliczny),
- kolejowy,
- lotniczy.

### Hałas przemysłowy

Źródłami hałasu przemysłowego są różnego rodzaju maszyny i urządzenia, a także procesy technologiczne, jak też instalacje i wyposażenie małych zakładów rzemieślniczych i usługowych. Do hałasu od źródeł przemysłowych zalicza się także dźwięki emitowane przez urządzenia obiektów handlowych (wentylatory ścienne i dachowe, skraplacze, urządzenia klimatyzacyjne itp.), a także – urządzenia nagłaśniające w lokalach gastronomicznych i rozrywkowych. Kształtowanie się klimatu akustycznego wokół każdego zakładu przemysłowego zależy od wielu czynników, w tym przede wszystkim od rodzaju, liczby oraz sposobu rozmieszczenia źródeł hałasu na terenie zakładu, skuteczności zabezpieczeń akustycznych poszczególnych źródeł oraz ukształtowania i zagospodarowania terenu. Do źródeł stwarzających szczególne zagrożenie hałasem należy zaliczyć: zakłady przemysłu drzewnego, zakłady przetwórstwa spożywczego, stocznie, place budów, elektrociepłownie oraz systematycznie urządzone imprezy na otwartym powietrzu (festyny, koncerty, zawody sportowe z udziałem pojazdów silnikowych).

### Hałas drogowy (uliczny)

Źródła hałasu drogowego (ulicznego) to przede wszystkim poruszające się samochody osobowe i ciężarowe (także autobusy) oraz w niektórych rejonach – tramwaje. Struktura ruchu i jego natężenie, prędkość i płynność jazdy, rodzaj i jakość nawierzchni drogowej, urbanistyczno-architektoniczne rozplanowanie zabudowy w terenie,

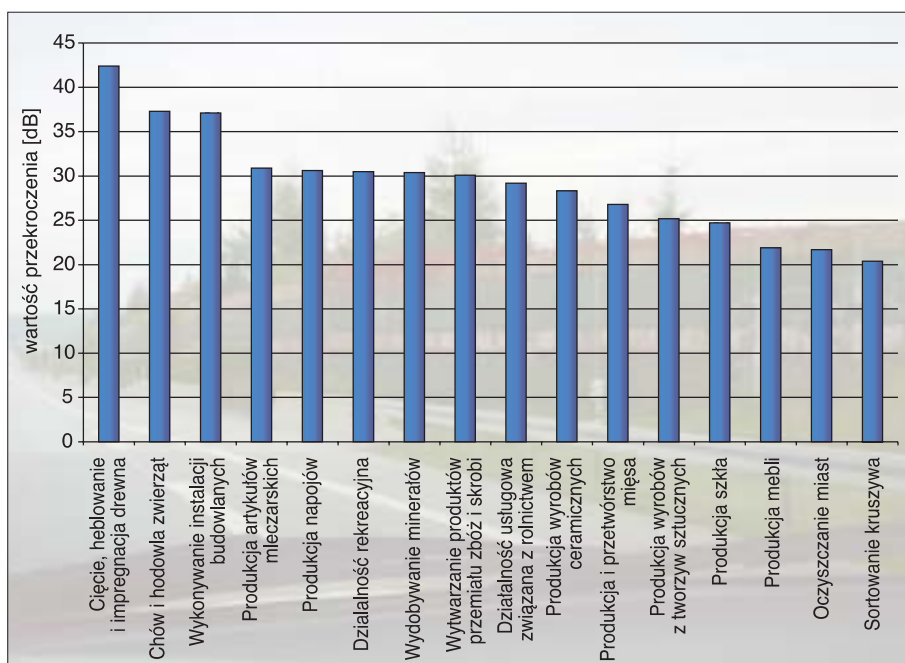
na którym odbywa się ruch wpływają w sposób istotny na poziom hałasu drogowego w środowisku.

Najczęstszym powodem nadmiernej emisji hałasu drogowego do środowiska jest nie uwzględnianie w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego i planach komunikacyjnych wymagań dotyczących ochrony środowiska przed hałasem oraz udział w ruchu drogowym pojazdów hałaśliwych, które wyprodukowano w okresie przed obowiązkiem uzyskania homologacji. Ponadto do przyczyn tych zalicza się zły stan nawierzchni drogowej, brak obwodnic miast oraz przepraw mostowych, co powoduje wprowadzanie tranzytowego ruchu ciężkich pojazdów do centrów miast oraz brak zabezpieczeń przeciwhałasowych środowiska m.in. ekranów akustycznych.

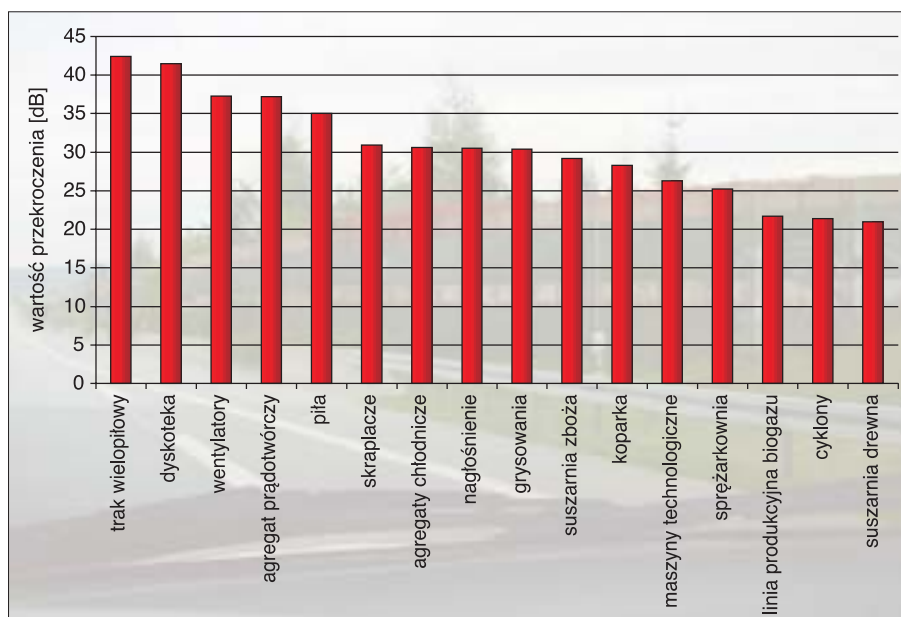
Hałasem tramwajowym jest hałas powstający podczas ruszania, jazdy i zatrzymywania się pojazdu. Podstawowy wpływ na emisję do środowiska hałasu powodowanego przez ruch tramwajowy ma jakość taboru oraz rodzaj i stan infrastruktury. Najczęstszymi przyczynami nadmiernej emisji hałasu do środowiska są: eksploatacja hałaśliwych pojazdów o przestarzałych konstrukcjach, niedoskonałe rozwiązania konstrukcyjne obecnie produkowanych tramwajów (w tym hałaśliwa przekładnia główna, wentylatory), stosowanie starych konstrukcji infrastruktury torowej bez zabezpieczeń wibroakustycznych, zły stan torowisk, w tym nierówności toków szynowych (np. wadliwe, nie doszlifowane spawy, zużycie faliste szyn), pęknięcia szyn, rozluźnienie elementów łączących, niewłaściwe podbicie podkładów, brak właściwej konserwacji torowisk i taboru.

### Hałas kolejowy

Hałasem kolejowym jest hałas powstający podczas ruszania, jazdy i zatrzymywania się pociągu. Podstawowy wpływ na emisję do środowiska hałasu powodowanego przez ruch kolejowy mają – jak w przypadku wszystkich rodzajów transportu szynowego – jakość taboru oraz rodzaj i stan infrastruktury. Obecnie eksploatowany w Polsce tabor jest w znacznej większości przestarzały i wyeksplo-



Rys.16.2.1. Zestawienie najbardziej hałaśliwych branż przemysłowych.  
Źródło: PMŚ.



Rys. 16.2.2. Zestawienie najbardziej hałaśliwych źródeł hałasu przemysłowego. Źródło: PMŚ.

atowany. Stan ten dotyczy w mniejszym stopniu transportu pasażerskiego, szczególnie dalekobieżnego, natomiast w przypadku taboru towarowego praktycznie brak jest zupełnie nowoczesnego, mniej hałaśliwego sprzętu, np. wyposażonego w najnowsze rozwiązania zestawów kołowych i hamulcowych. Istotne zwiększenie hałasu kolejowego powodują też stare rozwiązania torowiska bez zastosowania rozwiązań antyhałasowych przeciwdrganowych. Dodatkowym elementem pogarszającym stan klimatu akustycznego może być nadmierne wyeksploatowanie nawierzchni torowej, co powoduje mikropęknięcia, rozluźnienie elementów łączących, zużycie faliste szyn itp. Ten ostatni z wymienionych czynników może być powodem wzrostu poziomu hałasu nawet o 10 dB.

Warunki topograficzne terenu i geometrii trasy, charakter ruchu (pasażerski, towarowy, mieszany), szybkość pociągów i płynność ruchu przewozowego, urbanistyczno-architektoniczne rozplanowanie zabudowy w terenie, na którym odbywa się ruch, wzmacnia oddziaływanie źródeł hałasu kolejowego.

### Hałas lotniczy

Specyfika hałasu lotniczego w porównaniu z zagrożeniami powodowanymi przez inne źródła hałasu polega na tym, że emisja hałasu praktycznie bez przeszkód dochodzi do odbiorcy (człowiek, budynek mieszkalny, chronione środowisko przyrodnicze). Źródła hałasu lotniczego (samoloty, śmigłowce, motolotnie, zarówno cywilne i wojskowe) charakteryzują się bardzo wysokimi poziomami emitowanego hałasu. Dotyczy to nawet statków powietrznych najnowszej generacji. Wszystko to powoduje, że statki powietrzne należą do najbardziej uciążliwych źródeł hałasu.

Rozpatrując uciążliwość hałasu lotniczego należy również brać pod uwagę różne rodzaje lotnisk (komunikacyjne, sportowe, wojskowe, sanitarne, dyspozycyjne, lądowiska dla śmigłowców, lądowiska sezonowe), na których użytkowany jest różnego typu sprzęt – śmigłowce oraz samoloty z napędem śmigłowym, odrzutowym lub turbośmigłowym. Każdy z wymienionych typów statków powietrznych ma inną charakterystykę widma hałasu. Stąd wynika różny stopień ich uciążliwości. Bardzo ważna z punktu

widzenia uciążliwości hałasu lotniczego, jest lokalizacja lotniska, a w szczególności stanowisk prób silników, w odniesieniu do terenów chronionych przed hałasem oraz konfiguracja dróg startowych, profili startów i lądowań a także wynikających z nich tras dolotowych i odlotowych, z uwzględnieniem natężenia ruchu na tych trasach. Zasięg strefy uciążliwości hałasu lotniczego zależy praktycznie od wszystkich wyżej wymienionych czynników.

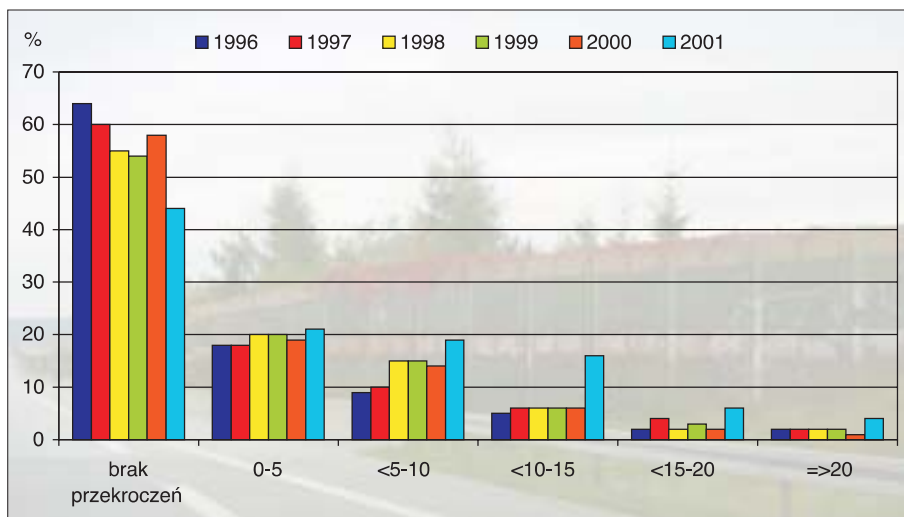
Jak wynika z dotychczas przeprowadzonych badań oraz opracowanych już w kraju map akustycznych lotnisk komunikacyjnych i wojskowych, duża liczba konfliktów związanych z funkcjonowaniem lotnisk spowodowana jest głównie nieprzebraniem ustaleń lub wręcz nie uwzględnianiem oddziaływania lotnisk przy sporządzaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

### 16.3. Hałas przemysłowy

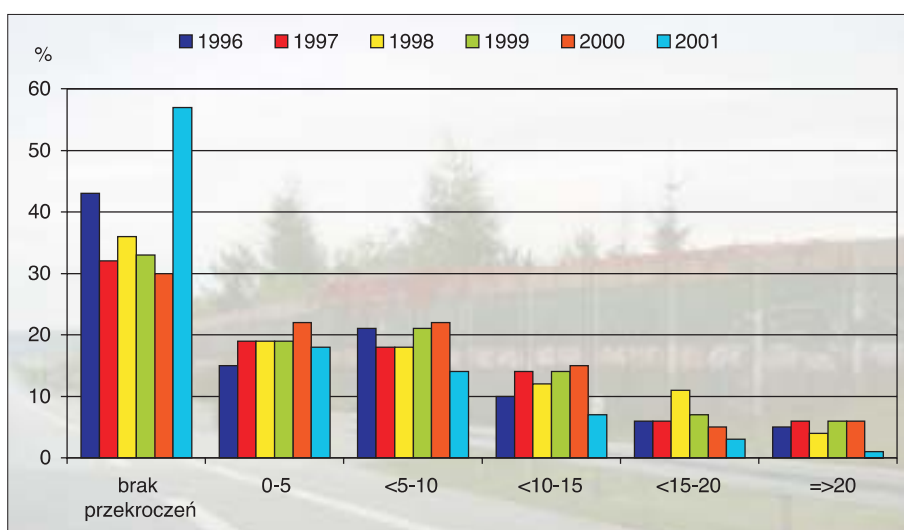
#### Emisja hałasu przemysłowego

Ocenę stanu zagrożenia hałasem przemysłowym oparto na wynikach badań kontrolnych Inspekcji Ochrony Środowiska. Pomiary te prowadzone są w Polsce od około 20 lat, w tym corocznie od roku 1992, w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Przyjęto, iż podsumowanie ocen stanu klimatu akustycznego będzie dokonywane co 5 lat. Na poniższych wykresach zaprezentowano zarejestrowane rozkłady przekroczeń poziomów dopuszczalnych w latach 1996-2001, zarówno dla pory dziennej i nocnej, prezentując te przekroczenia co 5 dB. Wśród skontrolowanych w latach 1996-2001 zakładów stwierdzono w 36%-55% przypadków wystąpienia przekroczenia poziomów dopuszczalnych hałasu w porze dziennej, zaś w 34%-70% przypadków wystąpiły przekroczenia poziomów dopuszczalnych hałasu w porze nocnej.

Wyniki wskazują na stabilizację hałasu przemysłowego. Wahania w poszczególnych kategoriach przekroczeń mieszczą się w granicach błędów statystycznego. Bardziej znaczący przyrost liczby przekroczeń zanotowano w kategorii 10-15 dB. Bardzo istotny jest sygnał powolnego wprowadzenia, lecz systematycznego obniżania się procentu



Rys. 16.3.1. Udział procentowy zakładów w poszczególnych zakresach przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięku w porze dziennej. Źródło: PMS.



Rys. 16.3.2. Udział procentowy zakładów w poszczególnych zakresach przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięku w porze nocnej. Źródło: PMS.

zakładów o przekroczeniach poziomów dopuszczalnych z kategorii „powyżej 20 dB”. Jest to spowodowane stosowaniem urządzeń o mniejszej emisji hałasu w nowootwieranych zakładach przemysłowych. Jednak część zakładów pomimo zmniejszenia emisji do poziomu bliskiego do wartości dopuszczalnych nadal jest uciążliwa dla okolicznych mieszkańców. Do uciążliwości akustycznych zalicza się również hałas emitowany z niewielkich zakładów usługowych, produkcyjnych a także pochodzący z działalności rozrywkowej. Coraz więcej niewielkich obiektów powstaje w pobliżu zabudowy chronionej (mieszkalnej). W takiej sytuacji nawet stosunkowo niewielkie poziomy hałasu potrafią powodować wysoką uciążliwość dla mieszkańców.

Odnosząc się do roku 1990 zaobserwowano spadek ilości zakładów przekraczających dopuszczalne poziomy hałasu powyżej 15 dB i niestety zwiększenie liczby zakładów w najniższym przedziale przekroczeń do 5 dB.

## 16.4. Hałas komunikacyjny

### Hałas drogowy (samochodowy)

Drugim rodzajem hałasu badanym od wielu lat jest hałas drogowy (uliczny). Najbardziej ogólne dane na temat zagrożenia klimatu akustycznego rozwojem motoryzacji można uzyskać za pomocą tzw. wskaźnika presji moto-

ryzacji. Wskaźnik presji motoryzacji na środowisko (rys. 16.4.1.) ma charakter względny, pozwalający na porównawcze oceny zagrożenia klimatu akustycznego w poszczególnych obszarach. Jego wartość jest proporcjonalna do przeciętnej wartości równoważnego poziomu dźwięku na danym obszarze. Wskaźnik presji motoryzacji na środowisko, stosowany jest do ocen bardziej ogólnych, łączy on średnioważone natężenia ruchu (zmierzone lub prognozowane) z gęstością dróg na danym obszarze. Aktualną presję motoryzacji na środowisko pokazano na poniższej mapie. Wskazuje ona, iż największe problemy akustyczne związane z gwałtownym rozwojem motoryzacji w naszym kraju występują w województwie śląskim i małopolskim. Według ogólnych szacunków, liczba osób zagrożonych hałasem w Polsce wynosi około 13-15 mln. Największe uciążliwości powodowane są hałasem samochodowym (drogi, ulice). Dane wskazują że zagrożenie hałasem drogowym o bardzo wysokich poziomach (ponad 70 dB) stanowią niemały odsetek całkowitej liczby zagrożeń. Aż 30% ludności narażonej jest na hałas 65-70 dB.

Hałas drogowy (uliczny) stanowił problem już od dawna, dlatego też badania jego mają wieloletnią tradycję.

Poniżej przedstawiono stan zagrożenia hałasem drogowym w latach 1996-2001 (rys. 16.4.3. i 16.4.4.). Dla porównania informacja jest porównywana do całego wymienio-



Rys. 16.4.1. Wskaźniki presji motoryzacji na środowisko, stan na rok 2000/01. Źródło: IOS.

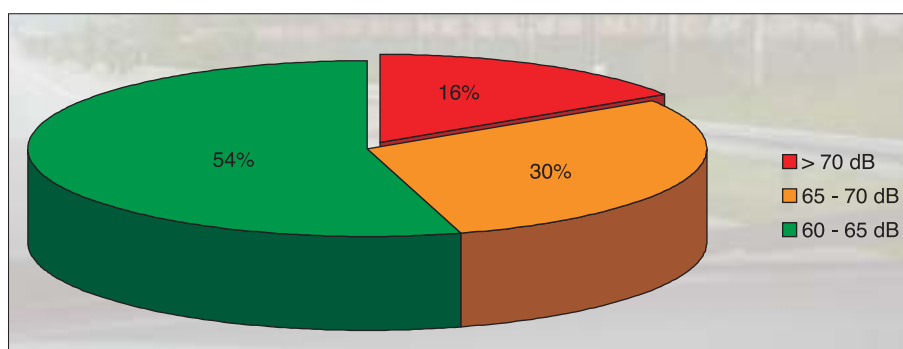
nego okresu. Natomiast dane dotyczące pory nocnej powinny być rozpatrywane rozdzielnie przed i po roku 1998 z uwagi na wspomniane wcześniej zmiany poziomów dopuszczalnych.

Liczba punktów bez przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięku na obszarach objętych pomiarami hałasu drogowego (ulicznego), wykazuje tendencję malejącą. Tendencja ta jest szczególnie widoczna w porównaniu z rokiem 1990, w którym zanotowano powyżej 27% przypadków braku przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu. Przełom lat 80-tych oraz 90-tych charakteryzował się gwał-

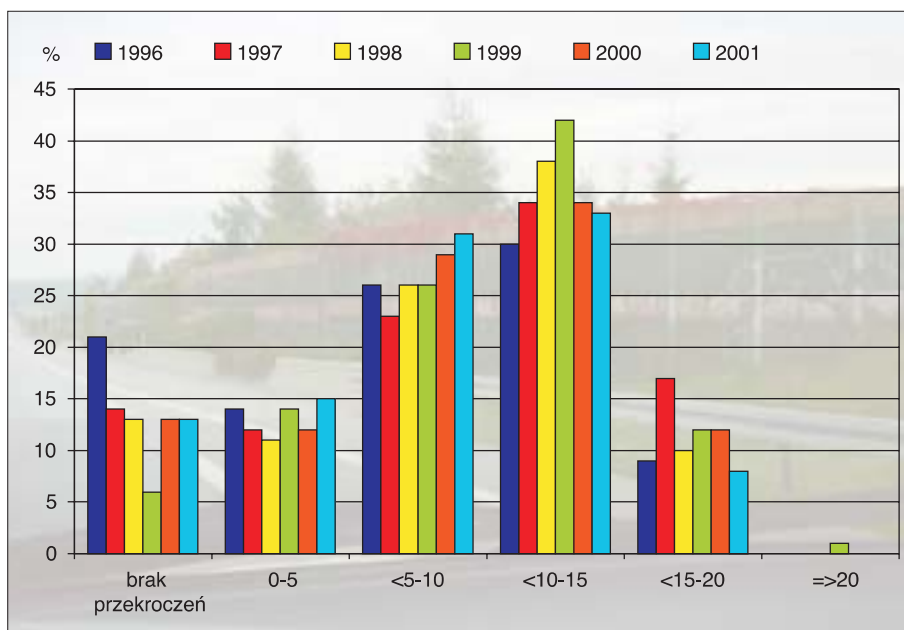
townym wzrostem liczby pojazdów, co odbiło się zdecydowanie negatywnie na stanie klimatu akustycznego.

Jednym z efektów pogorszenia się stanu klimatu akustycznego jest fakt, że aż 16% ludności narażonej jest na hałas samochodowy przekraczający poziom 70 dB w porze dziennej i/lub 60 dB w porze nocnej<sup>1</sup> przy elewacji budyn-

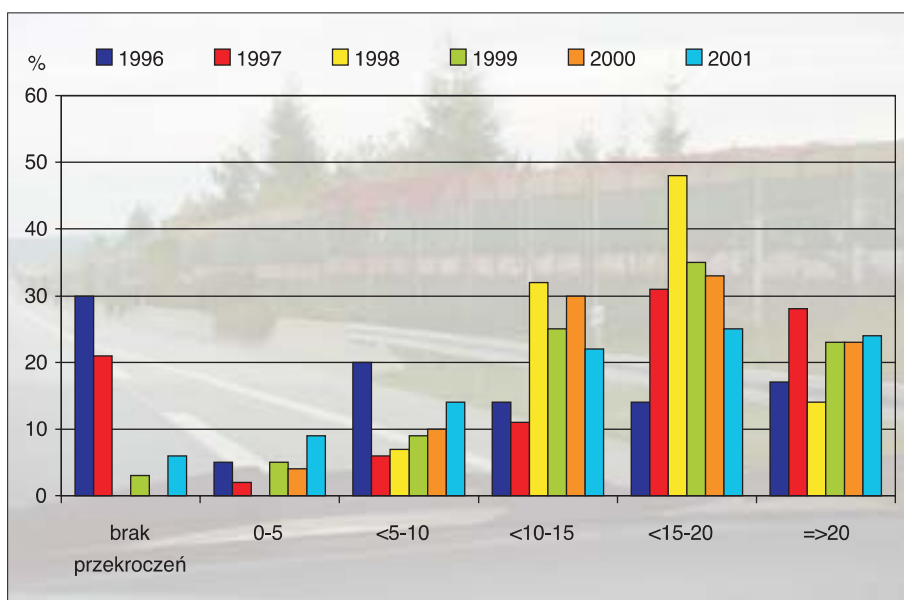
<sup>1</sup> Dla poziomu 70 dB w porze dziennej i 60 dB w porze nocnej wartość poziomu dziennie-nocnego wynosi 70 dB



Rys. 16.4.2. Procentowy rozkład ludności zagrożonej hałasem drogowym w Polsce (poziom dziennie-nocny). Źródło: PMS.



Rys. 16.4.3. Procentowy rozkład przekroczeń hałasu drogowego w poszczególnych klasach w porze dziennej. Źródło: PMS.



Rys. 16.4.4. Procentowy rozkład przekroczeń hałasu drogowego w poszczególnych klasach w porze nocnej. Źródło: PMS.

ku. Ten zakres, oddziaływania hałasu w niektórych krajach europejskich uważany jest za zakres szkodliwy dla zdrowia a nie tylko – uciążliwy. Dokładniejsze analizy danych wykazują trend pogarszania się stanu klimatu akustycznego, co potwierdza przesunięcie rozkładu poziomów dźwięku w kierunku wyższych przekroczeń.

### Hałas tramwajowy

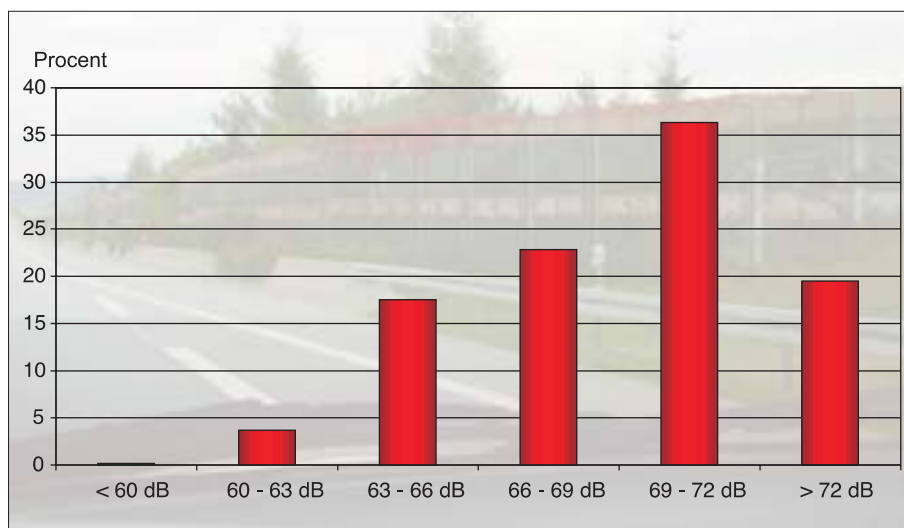
Jak już wspomniano wyżej hałas tramwajowy jest na ogół oceniany sumarycznie, jako jeden ze składników hałasu ulicznego. Powoduje to fakt, iż torowiska tramwajowe są najczęściej sytuowane wzdłuż jezdni w środkowej jej części, a więc przy dużych natężeniach ruchu ulicznego nie ma sposobu dokonania pomiaru wyłącznie tego rodzaju hałasu. Tak więc projektując rutynowy zakres pomiarów hałasu komunikacyjnego w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska nie wyróżniono z niego hałasu emitowanego przez tramwaje.

Z drugiej jednak strony nowoczesne wykorzystanie komunikacji tramwajowej pociąga za sobą jej rozwój (przyrost długości linii) oraz wydzielanie torowisk z ogólnego systemu komunikacji ulicznej danego obszaru (tam gdzie jest to możliwe). Można więc przypuszczać, iż w niedalekiej przyszłości hałas tramwajowy może stać się istotnym problemem dla klimatu akustycznego obszaru zurbanizowanego.

Według szacunków, zagrożeniem w Polsce hałasem tramwajowym jest ok. 2,6 mln osób co stanowi nie mały stopień populacji zwłaszcza jeżeli uwzględnimy fakt, że komunikacja tramwajowa nie występuje we wszystkich miastach.

Przykładowo przedstawione poniżej pomiary hałasu tramwajowego dla pory dziennej oraz nocnej (rys. 16.4.5. i 16.4.6.) wykonane w Warszawie potwierdzają, że wkład jego w hałas uliczny jest istotny.

Z powyższych danych liczbowych wynika, że działania zmierzające do znacznego ograniczenia hałasu tramwajowego spowodują spadek hałasu ulicznego.



Rys. 16.4.5. Hałas tramwajowy. Rozkład poziomów równoważnych w porze dziennej w roku 2000. Źródło: IOS.

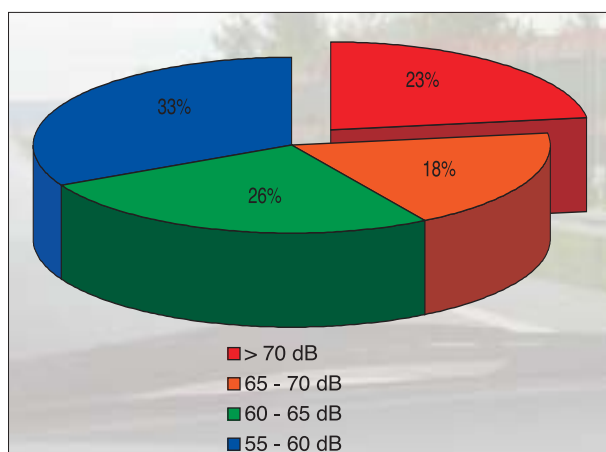


Rys. 16.4.6. Hałas tramwajowy. Rozkład poziomów równoważnych w porze nocnej w roku 2000. Źródło: IOS.

### Hałas kolejowy

W wyniku przeprowadzonych już badań można oszacować liczbę osób zagrożonych hałasem kolejowym na co najmniej 1,1 mln.

Procentowy rozkład hałasu kolejowego dla pory nocnej przedstawiono na poniższym rysunku.



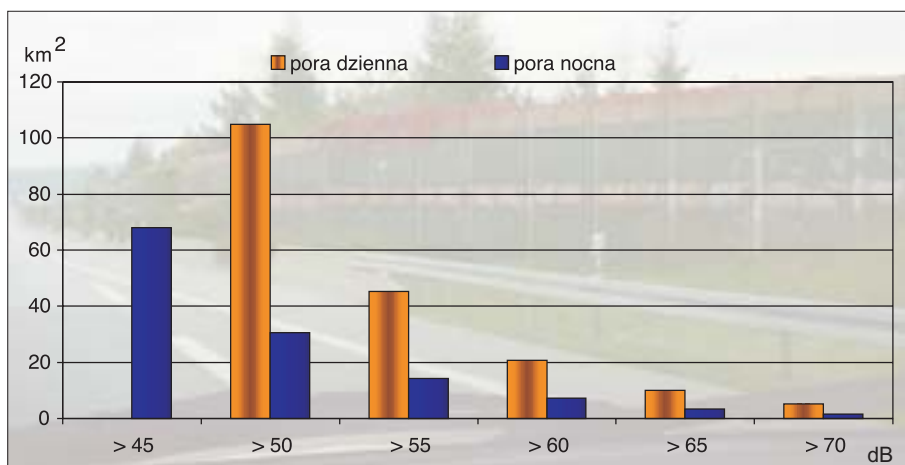
Rys. 16.4.7. Procentowy rozkład hałasu kolejowego dla pory nocnej (punkt pomiarowy w odległości 10 m od osi toru). Źródło: PMS.

### Hałas lotniczy

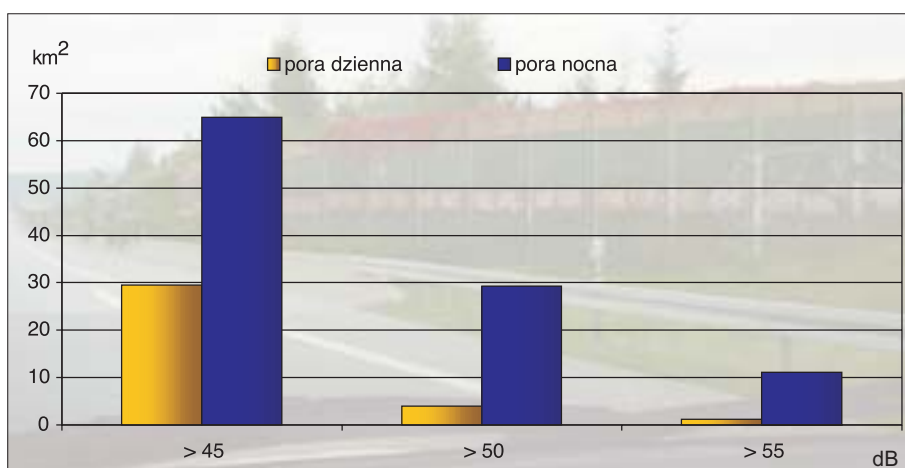
Hałas lotniczy należy do najbardziej uciążliwych rodzajów hałasu, występuje przede wszystkim na obszarach położonych wokół lotnisk oraz wzdłuż tras nalołów i wznoszenia. Stąd też, mimo występowania najwyższych poziomów dźwięku, hałas ten stanowi problem na stosunkowo niewielkich obszarach wokół portów lotniczych. Ponieważ jednak krajowe lotniska są położone najczęściej stosunkowo blisko terenów o wysokim stopniu urbanizacji, drogi wznoszenia i podejścia do lądowania wytyczone są bezpośrednio nad obszarami zamieszkałymi.

Systematyczne badania zagrożenia hałasem lotniczym rozpoczęto w Polsce stosunkowo niedawno i odnoszą się one jedynie do pojedynczych obiektów. Na lotniskach Warszawa-Okęcie i Kraków-Balice wprowadzono automatyczne systemy monitorowania hałasu. Na poniższych wykresach przedstawiono powierzchnię terenów zagrożonych hałasem lotniczym wokół trzech lotnisk komunikacyjnych w kraju: Warszawa-Okęcie (rys. 16.4.8.), Kraków-Balice, Gdańsk-Rębiechowo.

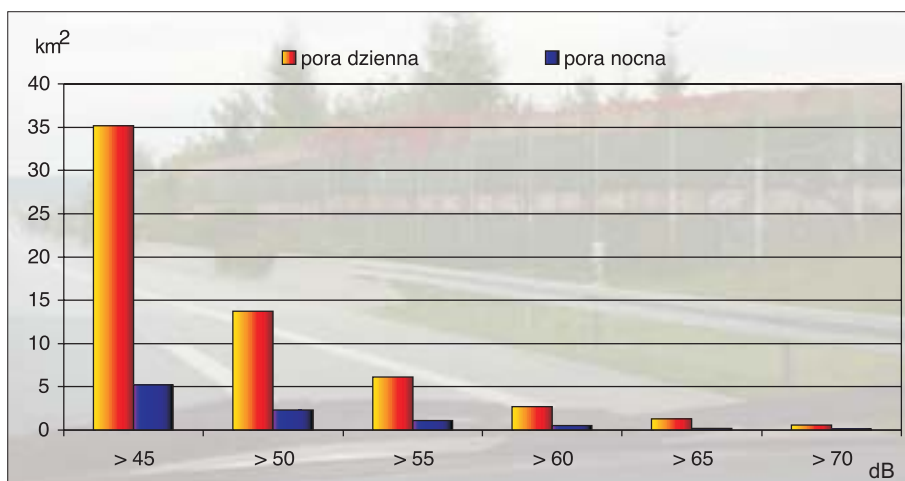
Lotnisko Warszawa-Okęcie jako jedyne w kraju, należy do kategorii dużych europejskich portów lotniczych. Dwa pozostałe charakteryzują chyba najbardziej typową grupę lotnisk krajowych, które w coraz większym stopniu stają się centrami lokalnego, krajowego ruchu lotniczego, jak



Rys. 16.4.8. Obszary ekspozycyjne na hałas emitowany z lotniska Warszawa-Okęcie. Źródło: PMS, Liga walki z hałasem.



Rys. 16.4.9. Obszary ekspozycyjne na hałas emitowany z lotniska Kraków-Balice. Źródło: PMS, Liga walki z hałasem.



Rys. 16.4.10. Obszary ekspozycyjne na hałas emitowany z lotniska Gdańsk-Rębiechowo. Źródło: PMS, Liga walki z hałasem.

też obsługującego wybrane połączenia międzynarodowe, związane z działalnością społeczno-gospodarczą danego regionu. Przedstawione dane wykazują, że im większe jest lotnisko tym wyższy jest hałas i co za tym idzie powierzchnia terenów zagrożonych hałasem.

### 16.5. Obszary o ponadnormatywnych poziomach hałasu

Wszystkie obszary położone w otoczeniu głównych źródeł hałasu środowiskowego (komunikacyjnego i przemysłowego) są poddane ekspozycji na ponadnormatyw-

ny hałas. Dotychczasowe badania prowadzone w ramach systemu monitoringu hałasu wskazują, że dla większości dróg najbardziej zagrożonych hałasem w porze nocnej, w odniesieniu do dopuszczalnego poziomu równoważnego  $L_{Aeq} = 50$  dB, narażony jest pas terenu o szerokości 160-170 m po obu stronach drogi. W przypadku znacznego ruchu ciężkiego, tranzytowego, co ma miejsce coraz częściej, pas ten poszerza się nawet do szerokości 400-450 m w przypadkach ekstremalnych (trasy o charakterze autostradowym).

Rozpatrywanie dla pojedynczej drogi, obszaru zagrożonego hałasem na terenie miasta, czy też miejscowości

nie ma racji bytu, ponieważ nakładają się tam wpływy od różnych dróg (ulic). Generalnie miasta duże, na których zlokalizowano względnie ciche rejony, ponadnormatywnym hałasem są zagrożone na 40% – 50% powierzchni. Zagrożenie obszarów hałasem komunikacyjnym w miastach mniejszych i miejscowościach położonych wzdłuż głównych szlaków komunikacyjnych może dochodzić do blisko 100% powierzchni.

W ramach monitoringu hałasu prowadzonego w ubiegłych latach, prowadzono identyfikację obszarów, na których występuje zagrożenie hałasem o wysokich poziomach, nazwanych dla potrzeb PMŚ obszarami szczególnego zagrożenia hałasem (w krajach UE tzw. „black spots”).

Obszar szczególnego zagrożenia hałasem definiowano osiągnięciem lub przekroczeniem poziomu granicznego (progowego) przy elewacji budynków mieszkalnych. Poziom graniczny (progowy) dla większości przypadków wynosił 75 dB w porze dziennej (hałas komunikacyjny). Powodem identyfikacji obszarów z przekroczonym poziomem granicznym (progowym) jest fakt, iż na obszarze takim warunki akustyczne są wręcz szkodliwe dla zdrowia i przy podejmowaniu działań ochronnych tereny takie powinny zostać traktowane priorytetowo<sup>2</sup>.

Największą liczbę obszarów szczególnego zagrożenia hałasem zidentyfikowano w województwach mazowieckim i śląskim. Korelując jednak średnią liczbę budynków za-

grozonych w danym obszarze, z liczbą tych obszarów należy stwierdzić, że zdecydowanie największe zagrożenia występują na Górnym Śląsku.

Zagrożenie hałasem obszarów położonych wzdłuż linii kolejowych jest obecnie w fazie opracowywania. Niemniej według wstępnych rezultatów badań wynika, że zagrożonych hałasem kolejowym o poziomie dziennej nocnym powyżej 60 dB jest:

- ok. 5800 km<sup>2</sup> różnego rodzaju obszarów (chronionych przed hałasem lub nie),
- nie mniej niż 3000 km<sup>2</sup> obszarów zabudowy mieszkaniowej różnego typu.

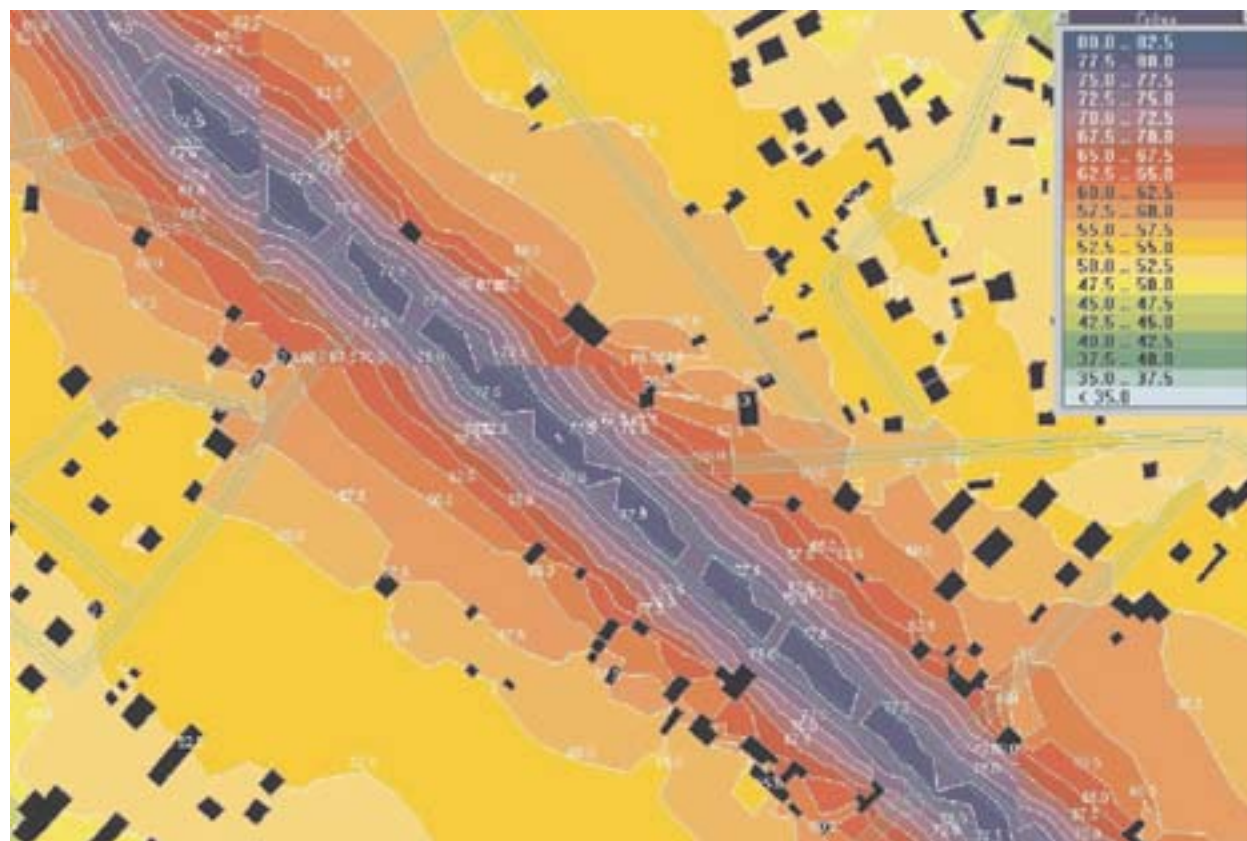
Większość map akustycznych wykonywanych dotychczas w kraju, to mapy tzw. emisyjne (obrazujące wyłącznie emisję hałasu ze źródła). Rozpatrując te mapy w kontekście wymagań Dyrektywy w sprawie oceny i zarządzania hałasem w środowisku, stanowią one na ogół pierwszą wyjściową warstwę wielowarstwowego opracowania liczbowego i graficznego zwanego mapą akustyczną.

W ramach Systemu Monitoringu Hałasu wykonano w ubiegłych latach szereg opracowań o charakterze map akustycznych, emisyjnych, dotyczących hałasu ulicznego, obejmujących obszary całości lub fragmentów miast i miejscowości.

Na rysunku 16.5.1. pokazano fragment szczegółowej mapy akustycznej, zrealizowanej w oparciu o cyfrowe podkłady mapowe.

Tego typu fragmenty stanowią uszczegółowienie map nowego podejścia wykonanych do tej pory dla wybranych obszarów Górnego Śląska, Warszawy i Gdańska (mapa terenów spokojnych Trójmiasta).

<sup>2</sup> aktualnie poziomy graniczne (progowe) zostały wprowadzone jako poziomy progowe do prawodawstwa rozporządzeniem Ministra Środowiska, a tereny z przekroczonymi poziomami progowymi są traktowane priorytetowo w ramach programów ochrony środowiska przed hałasem



Rys. 16.5.1. Przykład mapy akustycznej w oparciu o mapę cyfrową. Źródło: IOŚ.



## 16.6. Inicjatywy podejmowane na rzecz ograniczenia hałasu

Jednym z podstawowych kierunków zwalczania hałasu w środowisku jest ograniczanie emisji dźwięku ze źródeł. Między innymi osiągnięte to zostanie w efekcie zharmozowania przepisów krajowych z Dyrektywami UE, które określają wymagania odnoszące się do homologacji pojazdów silnikowych (samochody oraz motocykle) oraz do badań emisji hałasu pojazdu i układu wydechowego, a także określają wymagania dla maszyn i urządzeń pracujących na wolnym powietrzu.

Równocześnie zaostrzono dopuszczalne poziomy hałasu emitowanego przez pojazdy samochodowe. Przykładowo dla samochodów ciężarowych o mocy silnika ponad 150 kW wartość dopuszczalnego hałasu zmniejszono z 84 dB na 80 dB, dla samochodów osobowych (do 9 miejsc siedzących łącznie z kierowcą) zmniejszono z 77 dB do 74 dB.

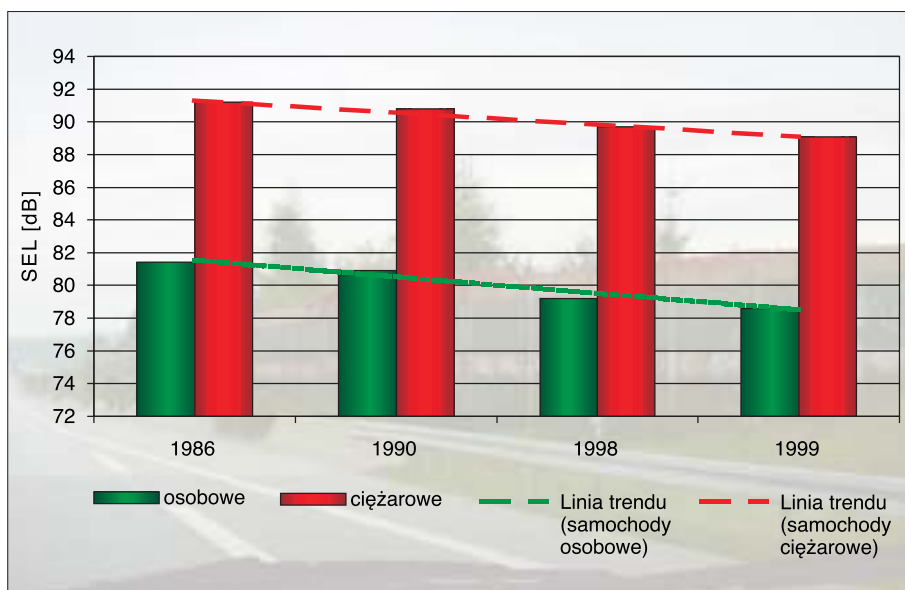
Zaostrzenie dopuszczalnych wartości poziomów hałasu emitowanego przez samochody nowo produkowane powoduje zauważalne zmiany w emisji hałasu. Badania hałasu prowadzone na drogach województwa dolnośląskiego pokazują wyraźny spadek poziomów hałasu. Tendencja ta zauważalna zarówno dla hałasu pochodzącego z sa-

„nawierzchni cichych”; są to zwykle rozwiązania wielowarstwowe ze specjalnym doбором materiałów i warstw. Ograniczenie hałasu jakie można uzyskać stosując różne rozwiązania konstrukcji nawierzchni zawierają się w granicach średnio 3-4 dB (maks. do 5 dB – poziom równoważny).

W zakresie zmniejszania hałasu szynowego, w szczególności emitowanego przez tramwaje, od kilku lat na terenie niektórych miast Polski rozpoczęto wymianę eksploatowanego dotychczas taboru na nowoczesne tramwaje, jak choćby tramwaj typu 116N (rys. 17.6.2.). Wymieniony typ tramwaju charakteryzuje się zmniejszoną hałaśliwością o ok. 5-6,5 dB.

Następnym elementem ograniczania emisji hałasu taboru szynowego jest zastosowanie odpowiednich konstrukcji podtorzy oraz utrzymywanie ich we właściwym stanie technicznym. Nowoczesne rozwiązania torowisk tramwajowych (szyny mocowane elastycznie), stosowane są już w różnych miastach polskich.

Podobny kierunek działań podejmuje się w kolejnictwie w odniesieniu do ograniczania hałasu kolejowego. Zakupy nowego taboru, szczególnie dla pociągów ekspresowych oraz po modernizacjach torów nawet po wzroście prędkości pociągów spowodują obniżenie poziomów dźwięku o ok. 4-4,5 dB w otoczeniu torowiska.



Rys. 16.6.1. Trendy zmian ekspozycyjnych poziomów hałasu emitowanego przez pojazdy samochodowe. Źródło: WIOŚ.

mochodów osobowych jak i ciężarowych jest korzystna dla środowiska.

Na podkreślenie zasługują prace o charakterze wdrożeniowym w zakresie takiego doboru konstrukcji nawierzchni oraz bieżnika opon, by uzyskać jak najmniejszą emisję hałasu. Poszukiwanie takich rozwiązań nie jest sprawą łatwą. Bardzo często stoi ono w sprzeczności z optymalnymi warunkami hamowania, co jest najistotniejszym zagadnieniem bezpieczeństwa ruchu.

Równoległe w tym zakresie trwa także doskonalenie konstrukcji jezdni, która ma zapewnić mniejszą emisję hałasu pojazdu niż ma to miejsce w przypadku nawierzchni typowych. Rozwiązania takie zyskały sobie miano



Rys. 16.6.2. Tramwaj typu 116N – nowoczesna komunikacja. Autor R. J. Kucharski.

Jednym z najczęściej stosowanych środków ochrony przeciwdźwiękowej w otoczeniu źródeł liniowych (tras komunikacyjnych) są ekrany akustyczne. Należy mieć na uwadze, że wprowadzenie bez wcześniejszych dostatecznych analiz, dodatkowego elementu zagospodarowania terenu jakim jest ekran, dzięki zjawiskom załamania się dźwięku, odbiciom i innym zaburzeniom pola akustycznego spowodować może efekty nie zawsze pozytywne z punktu widzenia ochrony przeciwdźwiękowej.

O ile zagadnienia ochrony środowiska przed hałasem przy pomocy ekranu akustycznego na terenach mało zurbanizowanych nie przedstawiają w zasadzie większych problemów, o tyle w rejonach silnie zurbanizowanych zazwyczaj nie wystarczy pojedyncze rozwiązanie ekranujące, a niezbędne jest wprowadzenie pewnego systemu działań. I tak na terenach większych miast stosowane są coraz częściej systemy ekranów.

Aktualnie wybudowano w kraju kilkadziesiąt kilometrów ekranów akustycznych, a dla większej ich liczby gotowe są już projekty techniczne. Na poniższych rysunkach pokazano przykłady ekranów akustycznych wybudowanych w Warszawie.



Rys. 16.6.3. Ekran akustyczny w Warszawie mieszczący się w Al. Armii Krajowej. Autor R. J. Kucharski.



Rys. 16.6.4. Ekran akustyczny w Warszawie mieszczący się w Al. Armii Krajowej. Autor R. J. Kucharski.

Na terenach zurbanizowanych gdzie nie ma możliwości zainstalowania ekranów akustycznych w celu ochrony mieszkańców przed hałasem, stosuje się środki z zakresu akustyki architektoniczno-budowlanej, aby przynajmniej w pomieszczeniach zapewnić właściwe warunki akustyczne. Najszerzej stosowane jest w tym celu zwiększenie izo-

lacyjności akustycznej otworów okiennych. Obecnie na rynku istnieje dosyć bogata oferta okien o różnej izolacyjności akustycznej, standardowej i podwyższonej w różnym zakresie. Elewacje budynków eksponowane na hałas komunikacyjny mogą być także chronione przy pomocy przezroczystych ekranów zawieszanych na tej elewacji. Przykład zastosowania istniejących już tego typu rozwiązań pokazano na rys.17.6.5.



Rys. 16.6.5. Przykład ekranu akustycznego na elewacji budynku (Warszawa – Trasa Łazienkowska). Autor R. J. Kucharski.

## 16.7. Wnioski

Podsumowując prezentację zagrożenia hałasem środowiska niezbędne jest ustosunkowanie się do trendów zmian czynników wpływających na stan klimatu akustycznego. Trendy te uwidaczniały się już w prezentowanych wyżej zestawieniach zbiorczych. W tym miejscu dokonano dodatkowych analiz w celu uwypuklenia pewnych tendencji.

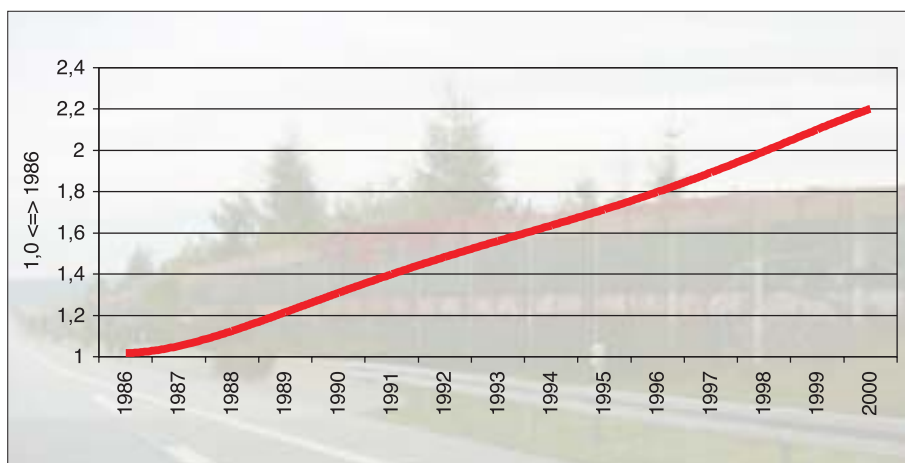
Najpowszechniejszym źródłem hałasu w środowisku jest komunikacja samochodowa (samochody poruszające się po drogach i ulicach). Istotne zmiany związane z tym źródłem będą więc pociągały za sobą zauważalne zmiany klimatu akustycznego rozpatrywanego jako całość.

W rozdziale 16.6 zaprezentowano tendencję zmian hałaśliwości źródeł – pojazdów samochodowych. Tendencja ta jest niewątpliwa, niemniej ma ona jeszcze obecnie mniejsze znaczenie w kontekście poprawy sytuacji akustycznej w środowisku. Związane jest to z gwałtownym<sup>3</sup> rozwojem komunikacji samochodowej w naszym kraju. Oceny wskaźnika presji motoryzacji, oparte na analizach wzrostu liczby pojazdów i Generalnym Pomiarze Ruchu wskazują, że mamy do czynienia ze wciąż wzrastającą presją.

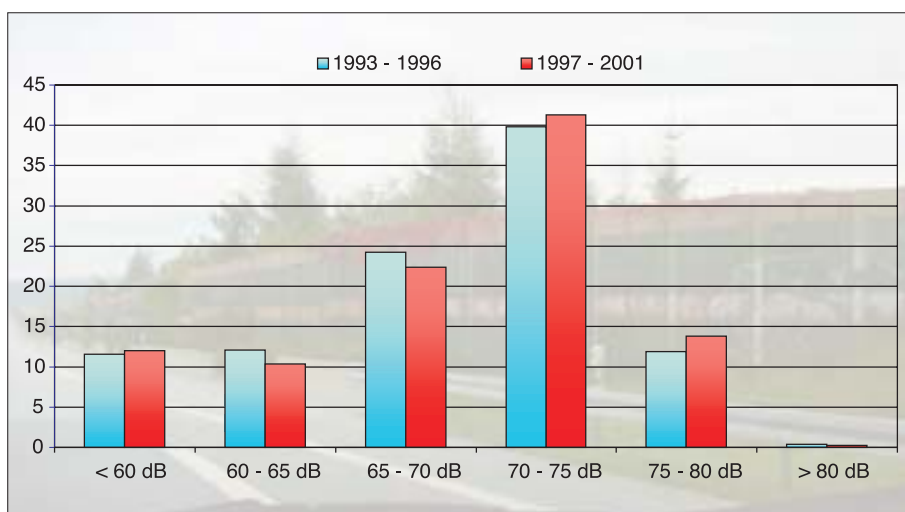
Trendy zmian hałasu drogowego dla dwóch porównawczych okresów działania systemu monitoringu hałasu zaprezentowano tabelarycznie oraz graficznie.

Ogólne porównania wartości zamieszczonych na wykresie, wskazują na niewielkie przesunięcie rejestrowanych poziomów dźwięku w kierunku wyższych poziomów. Zmiany te są jednak bardzo niewielkie i trudno w ich oparciu przesądzać o trendach. Przeanalizujmy

<sup>3</sup> Choć ostatnio malejącym.



Rys. 16.7.1. Trendy zmian wskaźnika presji motoryzacji (ocena na podstawie wzrostu liczby pojazdów). Źródło: IOŚ/PMŚ.



Rys. 16.7.2. Rozkład równoważnych poziomów hałasu ulicznego w miastach – trendy zmian. Źródło: IOŚ/PMŚ.

w takiej sytuacji podstawowe wskaźniki rozwoju motoryzacji na przestrzeni ostatnich 10 lat. Najważniejsze wielkości zestawiono w tabeli 16.7.1.

Wskazują one na stosunkowo niewielki przyrost długości dróg. Natomiast istotne są przyrosty liczby pojazdów, które zdecydowanie przewyższają efekt przyrostu długości dróg, co pokazuje wskaźnik gęstości pojazdów. Dodatkowo, notuje się istotny wzrost pojazdów ciężkich. Cztery ostatnie kolumny wskazują na dynamikę przyrostu wskaźnika gęstości pojazdów. Wzrost ten w ciągu ostatnich 10 lat wynosił ok. 36% ogółem, lecz aż 50% w zakresie pojazdów ciężkich, co powodować powinno zauważalne zmiany w zakresie wyższych poziomów dźwięku.

Na wykresie 16.7.3. zaprezentowano dwa porównania zmian poziomów dźwięku hałasu drogowego dla dwóch okresów: 1993-1996 oraz 1997-2001. Porównanie 1 dotyczyło zmiany rozkładu poziomów dźwięku dla sytuacji „bez przekroczenia poziomów dopuszczalnych (< 60 dB)” oraz z przekroczeniem tego poziomu. Dane z tabeli oraz wykres wskazują na brak istotnych różnic.

Porównanie 2 dotyczyło natomiast zmian procentowego udziału hałasu drogowego w klasach poniżej 70 dB oraz powyżej 70 dB ( $L_{Aeq} = 70$  dB jest to poziom przyjmowany przez większość krajów europejskich jako kryterium „black spot” (u nas jest to obecnie 75 dB). Z porównań wynika wyraźnie, iż liczba przypadków, w których notuje się

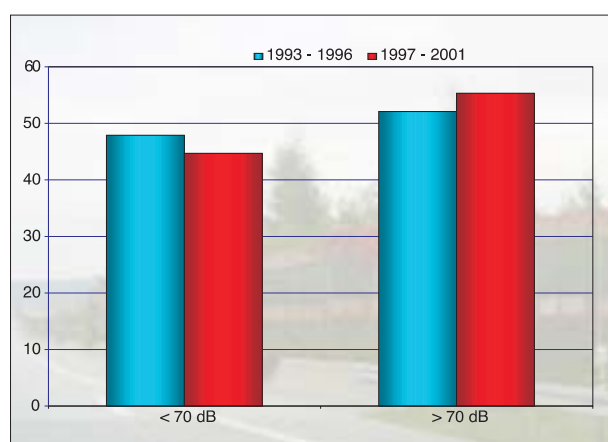
Tabela 16.7.1. Wskaźniki rozwoju motoryzacji na przestrzeni ostatnich 10 lat. Źródło: IOŚ.

Rok	Długość dróg publicznych o twardej nawierzchni ogółem [tys. km]	Gęstość ruchu samochodów na drogach [poj./1km]		Wskaźnik wzrostu gęstości pojazdów samochodowych na drogach			
		ogółem	ciężkich	ogółem		ciężkich	
1990	218	41	5	1,00	1,00	1,00	1,00
1995	237	47	6	1,14		1,16	
2000	250	56	8	1,20	1,36	1,29	1,50

poziomy najwyższe w latach 1997-2001 wyraźnie wzrosła w porównaniu z okresem ubiegłym, za co głównie odpowiedzialny jest wspomniany wyżej, istotny wzrost samochodowego transportu ciężkiego.

W wykonane w ramach PMS, we współpracy z PZH badania subiektywne tzw. samoocen hałasu drogowego wskazują, że względne ryzyko wystąpienia niekorzystnych objawów zdrowotnych jest przeciętnie 1,5-2 razy wyższe w grupie osób mieszkających w warunkach akustycznych o poziomie równoważnym przy elewacji budynku 70 dB (bez dodatkowych zabezpieczeń) w porównaniu do grupy zamieszkującej w klimacie akustycznym wyznaczanym wartością poziomu 55 dB. Pokazuje to poniższy wykres.

Z uwagi na znane kłopoty PKP, powodujące swego rodzaju stagnację, zagrożenie hałasem kolejowym, po okresie spadku związanego z modernizacją najważniejszych linii ko-



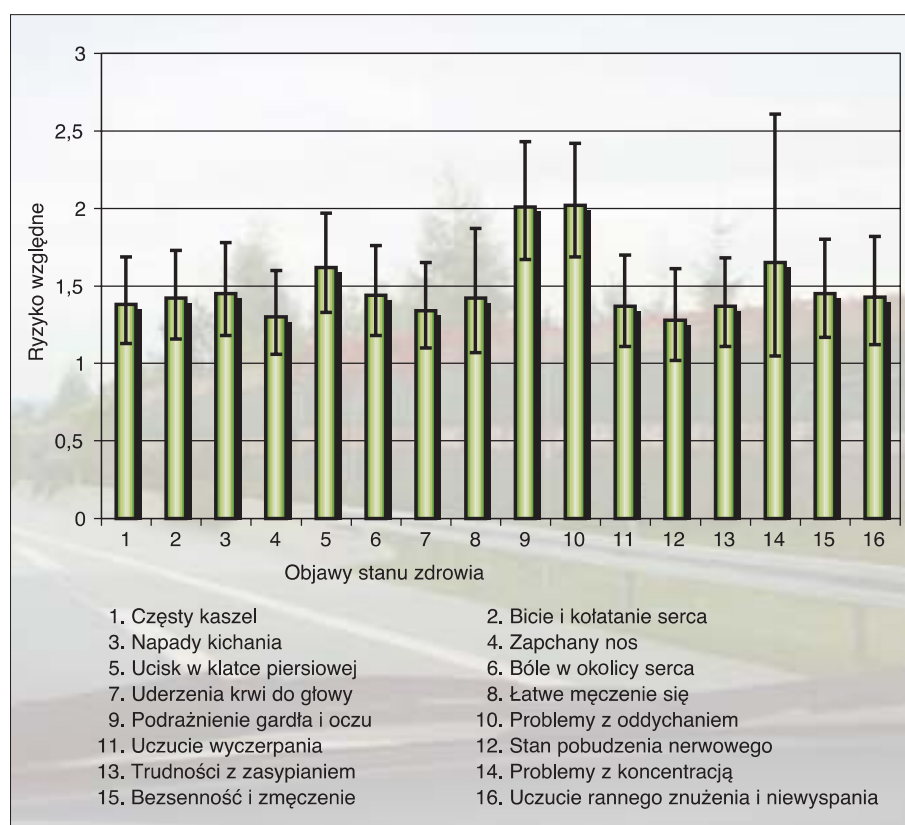
Rys. 16.7.3. Rozkład równoważnych poziomów hałasu ulicznego w miastach – trendy zmian. Źródło: PMS.

lejowych i towarzyszących temu zmianom zasięgów hałasu, ustabilizowało się na poziomie sprzed kilku lat.

Nie oznacza to, iż sytuacja jest już korzystna. Tereny wzdłuż wielu linii kolejowych powinny być chronione choćby w postaci ekranowania akustycznego. Jednakże nie zarejestrowano w ostatnich latach żadnych działań związanych z instalacją ekranów wzdłuż linii kolejowych.

Hałas lotniczy staje się w kraju coraz poważniejszym problemem, co jest spowodowane rozwojem lokalnych lotnisk komunikacyjnych, krajowych, a częściowo także z ruchem międzynarodowym. Intensywny ruch komunikacyjny i przewozy międzynarodowe związany był do niedawna ze znajdującym się w pozycji monopolisty portem lotniczym Warszawa-Okęcie przyjmującym w większości duże, nowoczesne statki powietrzne, które charakteryzują się zmniejszoną hałaśliwością. Obecnie, przy systematycznym wzroście ruchu lotniczego na Okęciu, bardzo szybko zaczyna przyrastać także ruch na małych do tej pory lotniskach, które wyrastają na lokalne centra przewozów lotniczych, pasażerskich i towarowych. Opracowywane prognozy wskazują, że dynamiczny przyrost ruchu w największym stopniu wyznaczać będzie zagrożenie hałasowe wokół tych lotnisk w postaci powiększania się obszarów ekspowonanych na ponadnormatywny hałas.

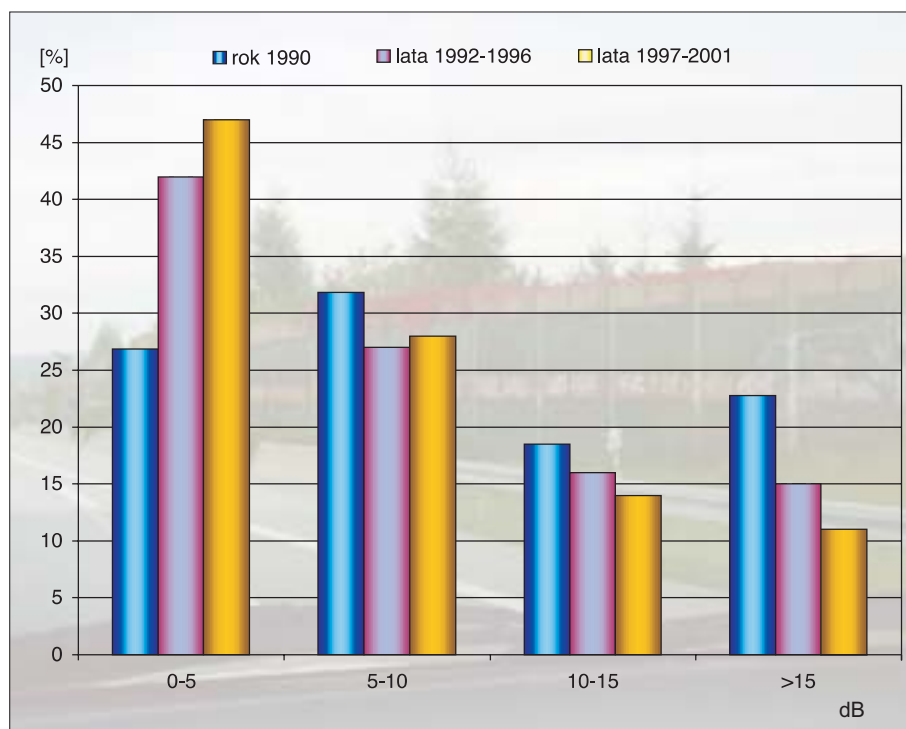
Dodatkowo w sposób jakościowy rejestrowane jest zjawisko wzrostu uciążliwości hałasu powodowanego drobnym sprzętem latającym (taksówki powietrzne, śmigłowce, etc.), i ruchem na lotniskach małych o charakterze dyspozycyjnym, aeroklubowym i lotniskach tymczasowych (jak choćby w miejscowościach rekreacyjno-wypoczynkowych). Zjawiska związane z hałasem od tego rodzaju ruchu lotniczego będą musiały zostać poddane regularnej obserwacji.



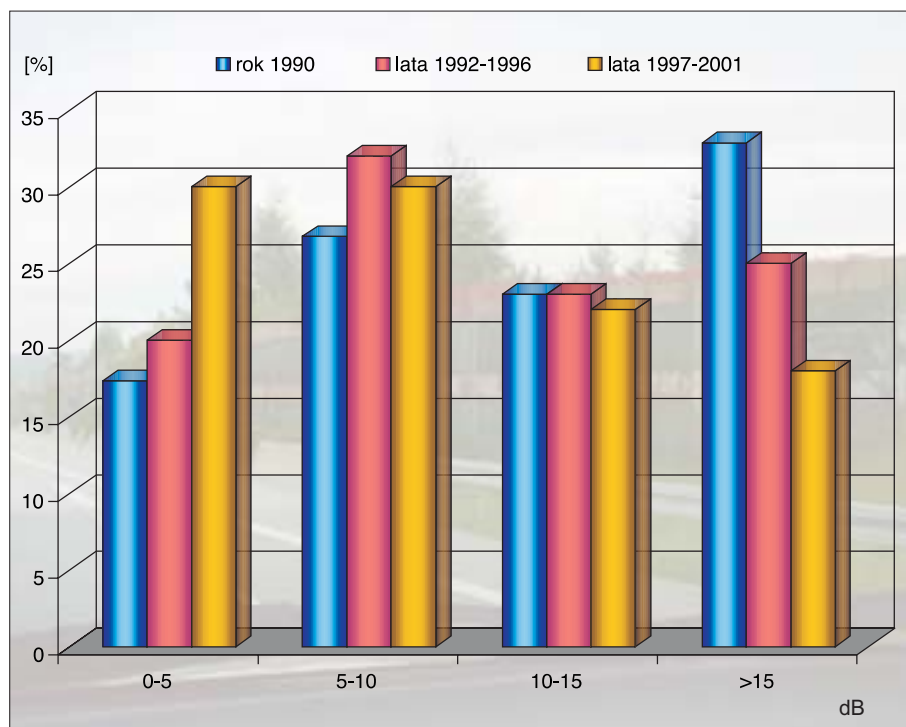
Rys. 16.7.4. Ryzyko względne częstości występowania niekorzystnych objawów zdrowotnych wśród mieszkańców rejonu o wysokim poziomie hałasu w stosunku do osób z rejonem o hałasie umiarkowanym. Źródło: wg Z. Koszarnego.

W przypadku hałasu przemysłowego zagrożenie podlega pozytywnym tendencjom od roku 1990. Dla prześledzenia aktualnych trendów zmian dokonano porównania danych z dwóch pięcioletek: 1992-1996 i 1997-2001 oraz informacji z roku 1990 (tzw. bazowego). Wyniki porównań

pokazano w poniższych wykresach. Należy zauważyć, że w roku 1990 zbierano dane związane z hałasem przemysłowym w nieco odmienny sposób. Dlatego też dokładne porównanie nie jest możliwe, jednakże występujące tendencje identyfikowane są prawidłowo.

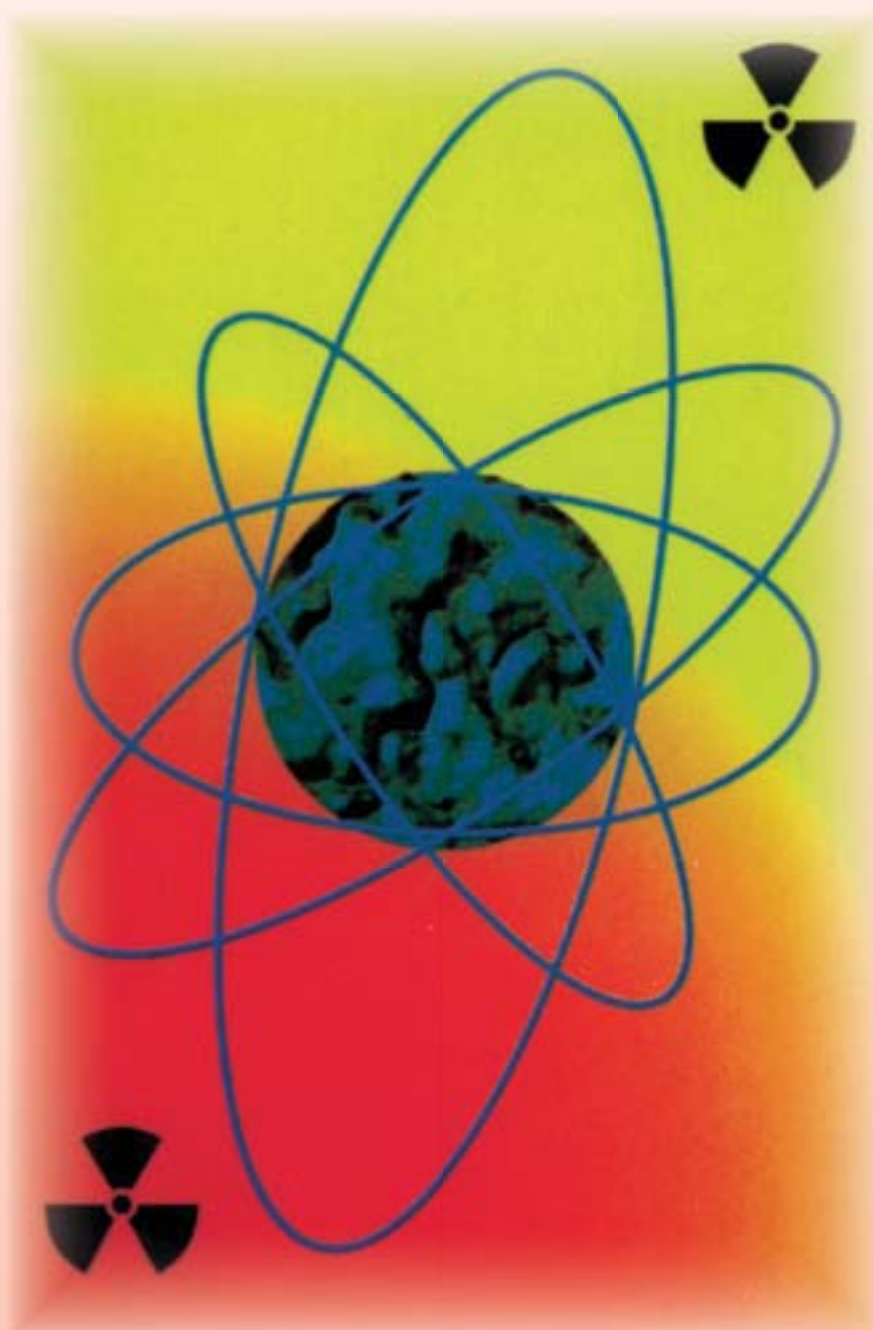


Rys. 16.7.5. Rozkład przekroczeń poziomów dopuszczalnych hałasu przemysłowego w porze dziennej – porównanie dwóch okresów pięcioletnich. Źródło: PMS.



Rys. 16.7.6. Rozkład przekroczeń poziomów dopuszczalnych hałasu przemysłowego w porze nocnej – porównanie dwóch okresów pięcioletnich. Źródło: PMS.

# Promieniowanie jonizujące



## 17. PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Zbigniew Wolnicki, Maciej Skarżewski

### 17.1. Informacje ogólne

Środowisko w którym żyjemy, cechuje się występowaniem substancji promieniotwórczych, zarówno naturalnych jak i sztucznych. Promieniowanie jonizujące pochodzenia naturalnego, to promieniowanie kosmiczne i promieniowanie radionuklidów naturalnych obecnych w środowisku. Promieniowanie jonizujące pochodzenia sztucznego, to promieniowanie związane ze stosowaniem źródeł promieniowania jonizującego w przemyśle i medycynie oraz promieniowanie spowodowane próbnymi wybuchami jądrowymi i awariami obiektów techniki jądrowej. Promieniowanie jonizujące może być przyczyną biologicznych uszkodzeń komórek i narządów.

Podstawę prawną oceny stanu sytuacji radiacyjnej w Polsce do 2001 roku stanowiła ustawa Prawo atomowe z dnia 10 kwietnia 1986 r. (Dz.U. nr 12, poz. 70, z 1986 r., z póź. zm.), zastąpiona w 2001 roku nową ustawą Prawo atomowe z dnia 29 listopada 2000 r. (Dz.U. nr 3, poz. 18, z 2001 r., z póź. zm.). Na mocy wymienionych uregulowań ocenę stanu sytuacji radiacyjnej w Polsce dokonuje Prezes Państwowej Agencji Atomistyki.

### 17.2. Główne źródła promieniowania jonizującego

Źródła promieniowania jonizującego dzielimy na naturalne i sztuczne. Istotne dla oceny stanu środowiska jest przede wszystkim promieniowanie jonizujące pochodzące ze sztucznych źródeł czyli radionuklidy, które znalazły się w środowisku w wyniku działalności człowieka.

Naturalne substancje promieniotwórcze obecne w środowisku Ziemi pochodzą z trzech naturalnych szeregów promieniotwórczych: uranowo-radowego, torowego i uranowo-aktynowego. Radionuklidy tych szeregów są emiterami promieniowania alfa, beta i gamma. Z nich największe znaczenie ma  $^{226}\text{Ra}$  (rad-226), o bardzo długim okresie połowicznego rozpadu ( $T_{1/2} = 1600$  lat), emiter alfa, tworzący w wyniku rozpadu promieniotwórczego szereg pochodnych radionuklidów o bardzo różnych okresach rozpadu promieniotwórczego, w tym izotop radonu Rn-222. Poziomy zawartości radu w różnych komponentach środowiska nie ulegają zauważalnym zmianom w czasie, choć mogą wykazywać zróżnicowanie geograficzne ze względu na różni-

cowaną budowę geologiczną. Okazało się, że pewne rodzaje działalności gospodarczej człowieka powodują lokalne podwyższenia poziomów tego radionuklidu. Należy do nich kopalnictwo węgla kamiennego, stosowanie w rolnictwie mineralnych nawozów fosforowych i potasowych, jak również kopalnictwo rud uranowych. W Polsce wydobycie rud uranu zakończono w 1963 r. Wiadomo jednak, że niektóre kopalnie węgla kamiennego na Górnym Śląsku wykazują znaczne zawartości radu – Ra-226 i Ra-228 w osadach wód dołowych i w samych wodach. Zrzuty tych wód na powierzchnię mogą prowadzić do zwiększania stężeń radu w wodach odbierających je rzek, którymi są te radionuklidy przenoszone na znaczne odległości.

Ważnym izotopem naturalnie promieniotwórczym, z uwagi na jego duży udział w ziemskim tle promieniowania jonizującego, jest potas  $^{40}\text{K}$ .

Radionuklidem, który występuje w środowisku zarówno jako izotop naturalny jak i wytworzony w wyniku działalności człowieka, jest promieniotwórczy izotop wodoru – H-3 (tryt) o okresie połowicznego rozpadu  $T_{1/2} = 12,34$  lat. Występuje on w środowisku głównie w postaci wody trytovej  $^3\text{H}_2\text{O}$  lub  $^3\text{HHO}$ . Skażenie wód powierzchniowych tym radionuklidem ma charakter globalny, występuje więc również w Polsce. Tryt, wytwarzany w atmosferze przez promieniowanie kosmiczne, zawsze występował w przyrodzie jako jeden z naturalnych radionuklidów. Równocześnie w czasie prowadzenia prób z bronią termojądrową, olbrzymie ilości trytu przedostały się do stratosfery, a stamtąd przechodziły stopniowo do troposfery, z której opady atmosferyczne przynosiły ten radionuklid do wód powierzchniowych. Jego stężenie w wodach powierzchniowych systematycznie maleje, zarówno w wyniku rozpadu promieniotwórczego, jak i stopniowego przechodzenia do oceanów, jednakże ciągle jeszcze utrzymuje się na poziomie przewyższającym poziom naturalny. Obecnie obserwowane jego stężenie w wodach stanowi więc sumę składowej naturalnej, wynoszącej 0,4-0,6 Bq/l i składowej sztucznej. Składowa sztuczna pochodzi zarówno od wspomnianych wyżej próbnymi wybuchów jądrowych, jak i od energetyki jądrowej. Efekt tych ostatnich uwalnień jest jedynie lokalny, a niekiedy regionalny, wobec czego w rejonach pozbawionych wpływu energetyki jądrowej, składowa sztuczna jest związana głównie z dawnymi wybuchami jądrowymi (stopniowym wymywaniem trytu ze stratosfery).

Sztuczne radionuklidy przedostają się do środowiska w sposób niekontrolowany, bądź kontrolowany. Niekontrolowane uwalnianie do środowiska wielkich ilości radionuklidów miało miejsce w okresie prowadzenia doświadczalnych wybuchów jądrowych, szczególnie pod koniec lat pięćdziesiątych i na początku lat sześćdziesią-

tych ubiegłego wieku. Lata 1961-1962 charakteryzują się licznymi próbami broni jądrowych, szczególnie przeprowadzonymi w atmosferze na półkuli północnej. I tak w 1961 roku przeprowadzono 31 eksperymentalnych wybuchów o łącznej mocy 135,16 Mt (megaton trotylu), a w 1962 roku 78 wybuchów o łącznej mocy 195,08 Mt. W 1963 roku nie przeprowadzono żadnego wybuchu w atmosferze na półkuli północnej, a w latach 1964 i 1965 przeprowadzono po jednym wybuchu o mocy 0,02 Mt każdy.

W pięcioleciu 1961-1965 dominującymi w atmosferze substancjami promieniotwórczymi były produkty rozszczepienia powstałe w wyniku próbnych eksplozji jądrowych przeprowadzanych w atmosferze, przy czym w roku 1967 skażenie atmosfery było najmniejsze, w wyniku moratorium podpisanego w 1963 roku przez trzy mocarstwa atomowe: Stany Zjednoczone, Związek Radziecki i Wielką Brytanię. W roku 1968 następuje jednak ponowny wzrost skażenia atmosfery, utrzymujący się w latach 1969-1970, spowodowany produktami rozszczepienia powstałymi w wyniku prób jądrowych francuskich i chińskich, a zwłaszcza pochodzącymi z chińskiego eksperymentu jądrowego o mocy 3 Mt przeprowadzonego na dużej wysokości w 1967 roku. Zanieczyszczenia z tego wybuchu dostawszy się do stratosfery pozostały w niej przez dłuższy czas, hamowane warstwą inwersyjną tropopauzy przed przedostaniem się do troposfery i wypadnięciem na powierzchnię ziemi. Otrzymane wyniki aktywności aerozoli w powietrzu jak i opadu całkowitego w okresie pięciolecia 1961-1965 można podzielić na dwa okresy: pierwszy, obejmujący lata 1961-1963, charakteryzujący się dużym wzrostem zawartości sztucznych radioizotopów w przyziemnej warstwie atmosfery i drugi, przypadający na lata 1964-1965, o skażeniach znacznie niższych.

Istotnym niekontrolowanym źródłem radionuklidów w środowisku były także awarie obiektów jądrowych, z których największa miała miejsce w 1986 roku w Czarnobylu. Z porównania stopnia skażenia przyziemnej warstwy powietrza w Polsce sztuczными radioizotopami w latach 1961-1965 z latami 1981-1987 widać jednak wyraźnie, że skażenia jakie występowały w latach sześćdziesiątych były znacznie większe nie tylko od skażeń z lat 1982-1985, ale również od skażeń w roku 1986, czyli bezpośrednio po awarii jądrowej w Czarnobylu. Tak np. roczna suma opadu całkowitego w 1962 roku dla polskich sieci stacji nizinnych wynosiła 34,7 kBq/m<sup>2</sup>, podczas gdy analogiczna wielkość w 1986 roku 9,9 kBq/m<sup>2</sup>, co daje 3,5 razy większy opad roczny w roku 1962.

W sposób kontrolowany niewielkie ilości substancji promieniotwórczych uwalniane są podczas normalnej pracy z elektrowni jądrowych, z zakładów przerobu zużytego paliwa jądrowego, przy czym uwolnienia z reaktorów jądrowych zawierają głównie promieniotwórcze gazy szlachetne, które ze względu na nieaktywność chemiczną nie stanowią istotnego zagrożenia dla środowiska naturalnego. W pierwszym okresie po uwolnieniu, w środowisku występują zarówno radionuklidy krótkożyciowe (o okresie połowicznego rozpadu do kilku tygodni) jak i radionuklidy o średnim (kilka miesięcy do kilku lat) i długim okresie połowicznego rozpadu (ponad kilka lat). W późniejszym okresie po uwolnieniu decydujące znaczenie w skażeniu środowiska mają radionuklidy długożyciowe, a głównie <sup>137</sup>Cs

(cez-137, emiter cząstek beta i promieniowania gamma o okresie połowicznego rozpadu  $T_{1/2} = 30$  lat; jego znaczne ilości zostały wprowadzone do środowiska w rezultacie awarii reaktora w Czarnobylu).

### 17.3. Skażenia promieniotwórcze środowiska

Ogólna ocena sytuacji radiacyjnej w środowisku przeprowadzana jest na podstawie pomiarów:

- poziomu promieniowania gamma,
- zawartości naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych w głównych komponentach środowiska naturalnego.

Kontrolę skażeń promieniotwórczych na terenie kraju prowadziła do 2001 roku Służba Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych utworzona na podstawie uchwały Rady Ministrów z 1964 r. Pomiary dla potrzeb opracowania oceny stopnia skażenia środowiska i artykułów spożywczych wykonywały jednostki podległe różnym resortom. Pomiary były wykonywane w następujących sieciach:

- stacje pomiarowe Państwowej Agencji Atomistyki,
- placówki alarmowe Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej,
- Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne,
- stacje pomiarowe Ministerstwa Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej,
- stacje pomiarowe Ministerstwa Obrony Narodowej,
- stacje pomiarowe Obrony Cywilnej Kraju.

Ponadto służby podległe Prezesowi PAA prowadziły pomiary kontrolne na terenie i w otoczeniu Ośrodka Badań Jądrowych w Świerku i Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie. Również pod nadzorem Prezesa PAA prowadzono pomiary obrazujące aktualną sytuację radiacyjną w rejonach byłych kopalni rud uranu na Dolnym Śląsku w rejonie Jeleniej Góry.

Z uwagi na stabilną sytuację radiacyjną w Polsce podczas szczegółowego omawiania skażeń promieniotwórczych środowiska przytoczono głównie dane pochodzące z pomiarów wykonanych w 2001 roku.

- **aktywność:** wielkość, która określa liczbę przemian jądrowych zachodzących w danej ilości substancji promieniotwórczej w jednostce czasu; jednostką jest bekerel (jedna przemiana na sekundę, symbol Bq)
- **dawka pochłonięta:** ilość energii promieniowania jonizującego pochłonięta w jednostce masy materii; jednostką jest grej, równy jednemu dżulowi na kilogram, symbol Gy)
- **dawka skuteczna:** obliczana z dawki pochłoniętej z uwzględnieniem niemianowanych współczynników wagowych rodzaju promieniowania i narządów lub tkanek, określająca narażenie całego ciała; jednostką jest siwert (symbol Sv)
- **ekspozycja (dawniej – dawka ekspozycyjna)** – pojęcie używane przy ocenie natężenia promieniowania X i gamma, powodującego wtórną jonizację powietrza; jednostką jest rentgen (ładunek 1 jednostki elektrostatycznej w centymetrze sześciennym powietrza suchego w warunkach normalnych)



### Promieniowanie gamma

Poziom promieniowania gamma w Polsce, uwzględniający promieniowanie ziemskie pochodzące od promieniotwórczych nuklidów zawartych w powierzchniowej warstwie gruntu i promieniowanie kosmiczne, określany jest na podstawie pomiarów wykonywanych za pomocą:

- 13 automatycznych stacji monitoringu radiologicznego – PMS (Permanent Monitoring Station), które mierzą chwilowe wartości mocy dawek promieniowania gamma,
- dawkomierzy termoluminescencyjnych umieszczonych na wysokości 1 m nad powierzchnią ziemi w 256 punktach pomiarowych, które mierzą wartości dawki promieniowania gamma,
- 9 automatycznych stacji monitoringu IMGW, które mierzą średniogodzinne wartości mocy dawek promieniowania gamma.

Wyznaczone, na podstawie pomiarów przeprowadzonych w latach 1996-2001, wartości mocy dawek promieniowania gamma były na zbliżonym poziomie i nie wykazywały znaczących różnic. W 2001 r. zależnie od miejsca pomiaru wartości promieniowania gamma zawierały się w granicach 51-151 nGy/h (5,9 – 17,4  $\mu$ R/h) i nie odbiegały od poziomu z roku 1985. Wyższe wartości mocy dawki promieniowania gamma wystąpiły głównie na południu kraju i wynikały z lokalnych warunków geologicznych decydujących o podwyższonym poziomie naturalnego promieniowania ziemskiego. Średnie wartości mocy dawki promieniowania gamma w poszczególnych regionach kraju, wyznaczone na podstawie pomiarów wykonanych w 2001 roku w 256 punktach pomiarowych, przedstawiono na rys. 17.3.1.

### Aerozole atmosferyczne

Pomiary radioaktywności aerozoli atmosferycznych zbieranych w przyziemnej warstwie powietrza obejmują:

- spektrometryczne oznaczanie zawartości izotopów Cs-137, Be-7, Ra-226, Ra-228, Pb-210, K-40 w tygodniowej próbce pobieranej przez 10 stacji ASS-500,
- pomiar aktywności całkowitej beta w dobowej próbce pobieranej przez 9 stacji IMGW.

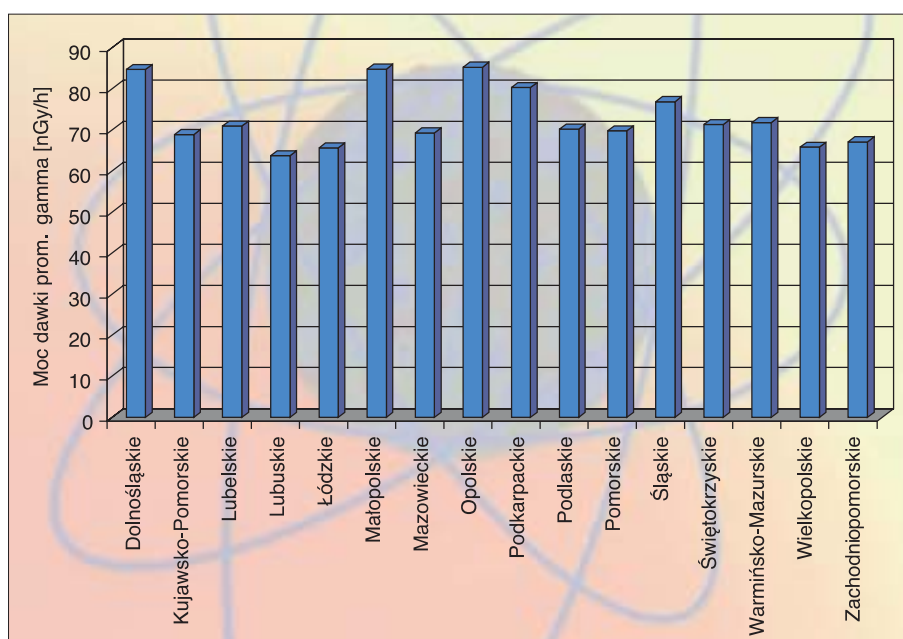
Badania wykazały, że w 2001 r., podobnie jak w latach 1996-2000, zanieczyszczenia powietrza izotopami sztucznymi powodowane były głównie obecnością izotopu cezu (Cs-137) uwolnionego w wyniku awarii w Czarnobylu, przy czym stężenia tego izotopu zawierały się w granicach 0,1-6,4  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup> (średnio 1,2  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>). Średnie wartości stężeń naturalnego izotopu berylu (Be-7) wynosiły kilka mBq/m<sup>3</sup>, radu (Ra-226) oraz (Ra-228) kilka  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>, ołowiu (Pb-210) kilkaset  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup> natomiast potasu (K-40) kilkanaście  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>. Średnie roczne stężenie Cs-137 w powietrzu w Polsce w okresie 1996-2001, określone na podstawie pomiarów prowadzonych za pomocą stacji ASS-500, przedstawiono na rys. 17.3.2.

W 2001 r. średnie dobowe aktywności promieniowania beta aerozoli, świadczące o zawartości izotopów naturalnych i sztucznych, zawierały się w granicach 0-4 mBq/m<sup>3</sup>, a średnie roczne w przedziale 0,6-1,0 mBq/m<sup>3</sup>. W latach 1996-2001 roczne aktywności promieniowania beta aerozoli były porównywalne, a niewielkie różnice spowodowane były warunkami meteorologicznymi sprzyjającymi do powstawania zwiększonej koncentracji długożyciowych radioizotopów w przyziemnej warstwie powietrza i znajdowały się w granicach zmian naturalnego tła promieniotwórczego atmosfery.

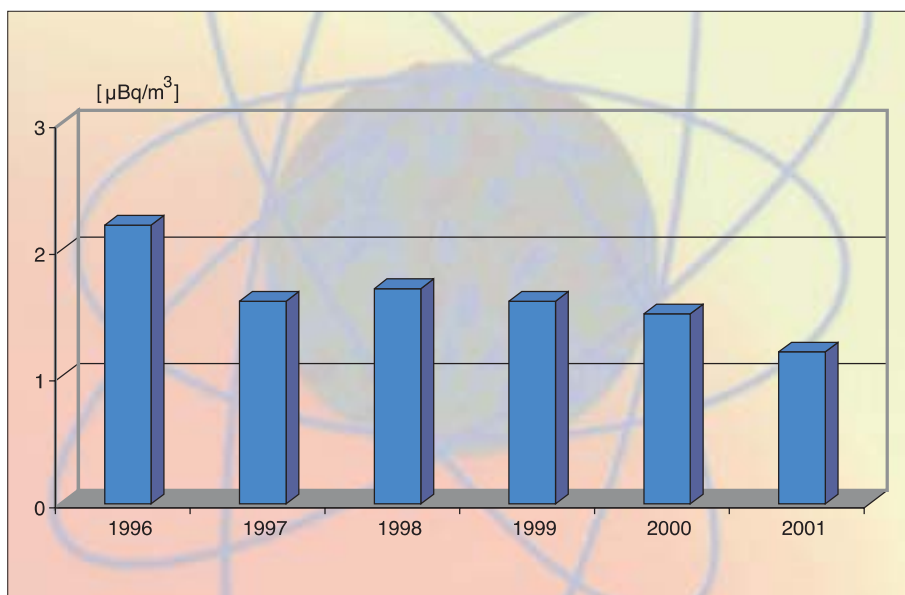
### Opad całkowity

W opadzie całkowitym badana jest zawartość sztucznych i naturalnych izotopów promieniotwórczych, które wskutek pola grawitacyjnego i opadów atmosferycznych osadzają się na powierzchni ziemi. Badania zawartości tych izotopów w zbiorczej próbce miesięcznego opadu całkowitego prowadzono na 9 stacjach IMGW. Metodą spektrometrii gamma oznaczono izotopy: Cs-137, Cs-134 (izotopy sztuczne) oraz Ra-226, Ra-228, Be-7 i K-40 (izotopy naturalne) oraz metodą radiochemiczną Sr-90 (izotop sztuczny).

Uzyskane wyniki pomiarów wskazują, że zawartości sztucznych izotopów promieniotwórczych Cs-137, Cs-134 i Sr-90 w rocznym opadzie całkowitym w 2001 r. były na poziomie niższym niż w 1985 r. t.j. przed awarią w Czarnobylu i po próbach z bronią jądrową (tab. 17.3.1.).



Rys. 17.3.1. Średnie wartości mocy dawki tła promieniowania gamma w poszczególnych regionach 2001 roku. Źródło: PAA, PMS.



Rys.17.3.2. Średnie roczne stężenie Cs-137 w powietrzu w Polsce, określone na podstawie pomiarów prowadzonych w sieci stacji ASS-500. Źródło: PAA.

Tabela 17.3.1. Aktywność Cs-134, Cs-137 i Sr-90 oraz aktywność beta w średnim rocznym opadzie całkowitym w Polsce w latach 1996-2001, Źródło: PMS.

Rok	Aktywność [ $\text{Bq}/\text{m}^2$ ]			Aktywność izotopów beta- prom. [ $\text{kBq}/\text{m}^2$ ]
	Cs-134	Cs-137	Sr-90	
1996	<0,2	1,3	<1,0	0,34
1997	<0,1	1,5	<1,0	0,35
1998	<<0,1	1,0	<1,0	0,32
1999	<<0,1	0,7	<1,0	0,34
2000	<<0,1	0,7	<1,0	0,33
2001	<<0,1	0,6	<1,0	0,34

Wyniki pomiarów naturalnych izotopów Ra-226, Ra-228, Be-7 i K-40 w opadzie całkowitym wskazują na ich małą koncentrację w powietrzu. Wartości pomiarowe uzyskane w 2001 r. były porównywalne do lat 1996-2000.

#### Gleba

Radioaktywność gleby pochodzącą od naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych wyznaczano na podstawie pomiarów zawartości poszczególnych izotopów promieniotwórczych w próbkach niekulturowanej gleby, pobranych z warstwy o grubości do 10 cm<sup>1</sup>. Wyniki pomiarów próbek gleby pobranych w 2000 r. z 256 punktów kontrolnych wskazują, że zanieczyszczenia gleby, spowodowane są głównie izotopem Cs-137 uwolnionym do atmosfery w wyniku awarii czarnobylskiej. Stężenia tego izotopu zawierały się w granicach 0,20-34,3 kBq/m<sup>2</sup>, przy wartości średniej dla Polski wynoszącej 3,2 kBq/m<sup>2</sup>, przy czym najwyższe poziomy obserwowane w województwach

opolskim, śląskim i dolnośląskim spowodowane zostały lokalnymi opadami deszczu występującymi na tych terenach w czasie awarii czarnobylskiej. Średnie zawartości izotopu Cs-137 w glebie w poszczególnych województwach przedstawiono na rys.17.3.3., a średnie zawartości izotopów cezu w glebie w Polsce w latach 1996-2001 podano na rys.17.3.4. Średnie stężenia izotopów radu (Ra-226), aktynu (Ac-228) oraz potasu (K-40) w Polsce w 2000 r. wynosiły odpowiednio 21, 23,3 oraz 400 Bq/kg.

Ponadto przeprowadzone w placówkach pomiarów skażeń pomiary globalnej aktywności beta (łącznie z izotopami naturalnymi) w próbkach glebowych pobranych w 2001 r. wskazują, że stężenia izotopów  $\beta$ -promieniotwórczych w powierzchniowej warstwie niekulturowanej gleby (głównie naturalnego izotopu K-40) zawierały się w granicach 190-690 Bq/kg (średnio ok. 550 Bq/kg) i były na poziomie rejestrowanym w latach 1996-2000.

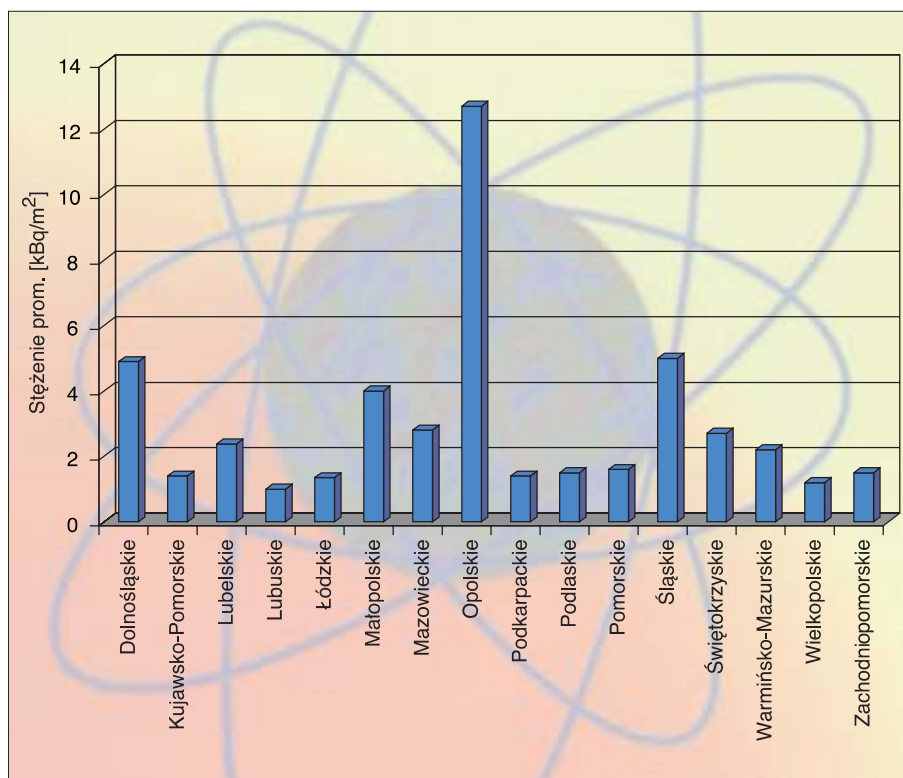
Powyższe dane pozwalają stwierdzić, że:

- zawartość sztucznego izotopu Cs-137 w glebie pochodzi głównie z okresu awarii czarnobylskiej i ulega powolnemu spadkowi wynikającemu głównie z okresu połowicznego rozpadu tego izotopu,
- średnia zawartość izotopu Cs-137 jest kilkanaście razy niższa od średniej zawartości naturalnego izotopu K-40,
- zawartość izotopu Cs-134 znajduje się poniżej progu wykrywalności.

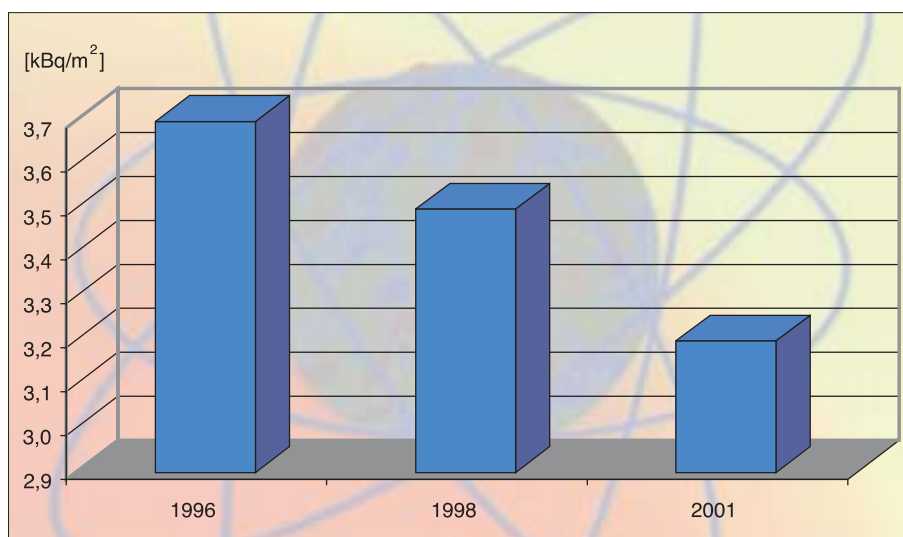
#### Wody powierzchniowe

Badania środowiska wodnego rzek i jezior w Polsce koncentrują się na trzech radionuklidach najważniejszych z punktu widzenia ochrony środowiska: cezium-137, radzie-226 i trycie H-3. Pomiary prowadzono na dwóch największych rzekach Polski – Wiśle i Odrze, rzekach Przymorza a także wytypowanych jeziorach. Wyniki przeprowadzonych w 2001 r. pomiarów zawartości izotopu Cs-137 oraz izotopów pochodzenia naturalnego Ra-226 i H-3 przedstawiono w tabeli 17.3.2.

<sup>1</sup> Pomiary te wykonuje się co dwa lata



Rys. 17.3.3. Średnie stężenie Cs-137 w powierzchniowej warstwie (0-10 cm) gleby w poszczególnych województwach (wg danych z 2001 r.). Źródło: PMŚ.



Rys. 17.3.4. Średnie stężenia izotopów Cs-134 + Cs-137 w powierzchniowej warstwie (0-10 cm) gleby Polsce w latach 1988-2001. Źródło: PMŚ.

Tabela 17.3.2. Zakres stężeń wybranych radionuklidów w wodach powierzchniowych w 2001 roku [Bq/m<sup>3</sup>]. Źródło: PMŚ.

	Cez-137	Rad-226	Tryt
Jezióra	2,2 – 15,4	0,3 – 1,9	1000 – 1500
Rzeki Przymorza	2,2 – 2,9	1,0 – 1,8	700 – 1000
Wisła, Odra i ich dorzecza	2,1 – 8,7	0,2 – 38,8	1200 – 1900

Wyniki pomiarów globalnej aktywności beta (obejmującej sztuczne i naturalne izotopy promieniotwórcze) w wodach rzecznych zawierały się w zakresie 24-275 Bq/m<sup>3</sup>, przy średniej wartości wynoszącej ok. 129 Bq/m<sup>3</sup> (dla wody pitnej Światowa Organizacja Zdrowia przyjmuje zawartość izotopów beta-promieniotwórczych wynoszącą 1 Bq/litr, jako tzw. poziom działania, czyli wskazujący na konieczność przeprowadzenia dalszych analiz).

Analiza wyników pomiarów wskazuje, że radioaktywność śródlądowych wód w Polsce w 2001 r. kształtowała się na poziomie poprzednich lat. Podobnie jak w latach ubiegłych, wyższe wartości radioaktywności wód otwartych wystąpiły w rejonie południowym kraju i są spowodowane przede wszystkim działalnością górniczą (odprowadzanie do środowiska wód kopalnianych o podwyższonych zawartościach naturalnych izotopów radu).

### Osady denne

Próbki osadów dennych rzek i jezior pobierano w tych samych punktach kontrolnych i z tą samą częstotliwością, co w przypadku pomiarów dotyczących wody. Zawartości izotopów promieniotwórczych: cezu-137, radu-226, potasu-40 w osadach dennych wód śródlądowych (rzeki i jeziora) podano w tabeli 17.3.3.

Tabela 17.3.3. Zakres stężeń wybranych radionuklidów w osadach dennych wód śródlądowych (rzeki i jeziora) w 2001 roku [Bq/kg s.m.]. Źródło: PMS.

	Cez-137	Rad-226	Potas-40
Jeziora	7,6 – 32,0	4,8 – 13,6	141 – 560
Rzeki Przymorza	1,1 – 3,6	10,0 – 15,8	
Wisła, Odra i ich dorzecza	0,5 – 87,9	4,7 – 70,7	

Porównanie wyników z 2001 r. z badaniami prowadzonymi w latach ubiegłych wskazuje, że radioaktywność osadów dennych w Polsce nie ulegała zmianie i była na porównywalnym, rejestrowanym w latach ubiegłych poziomie.

Przeprowadzone badania wykazały, że spadek stężenia Cs-137 w wodzie jest nieco szybszy niż w osadach dennych, w których jest on trwale związany. Osady denne zawierają ten radionuklid w stężeniach od kilku do kilkudziesięciu Bq/kg<sub>sm</sub>, zależnie od regionu Polski. Na ogół w osadach dennych o mniejszej gęstości nasypowej stężenie <sup>137</sup>Cs było wyższe, co jest związane z większą w tych osadach zawartością substancji organicznej. Ponieważ nuklid ten jest kumulowany w organizmach wodnych, które ulegając biodegradacji wzbogacają osady denne jednocześnie w substancję organiczną i związany z nią Cs-137. Wynika z tego, że w strefie klimatycznej i warunkach środowiskowych takich jak w Polsce, w przypadku skażeń środowiska izotopem Cs-137, należy być przygotowanym

na długotrwałą jego obecność w wodzie i w osadach dennych, gdyż procesy samooczyszczania środowiska wodnego są bardzo powolne.

### 17.4. Odpady promieniotwórcze

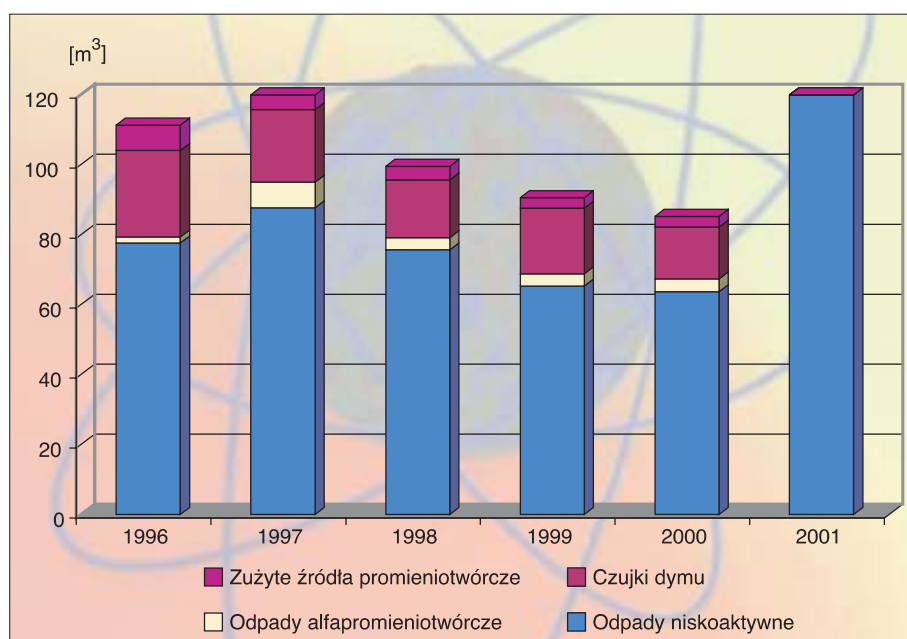
W Polsce odpady promieniotwórcze powstają w wyniku stosowania radioizotopów w medycynie, przemyśle i badaniach naukowych, podczas produkcji otwartych i zamkniętych źródeł promieniowania oraz w toku eksploatacji reaktorów badawczych służących m.in. do produkcji radioizotopów. Odpady te występują zarówno w postaci ciekłej jak i stałej.

Powstające obecnie w kraju nisko- i średnioaktywne odpady promieniotwórcze są przetwarzane, zestalane i przygotowywane do składowania w Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych w Świerku (ZUOP), a następnie składowane w Krajowym Składowisku Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różaniu (przewiduje się wypełnienie tego składowiska około 2015-2020 r.).

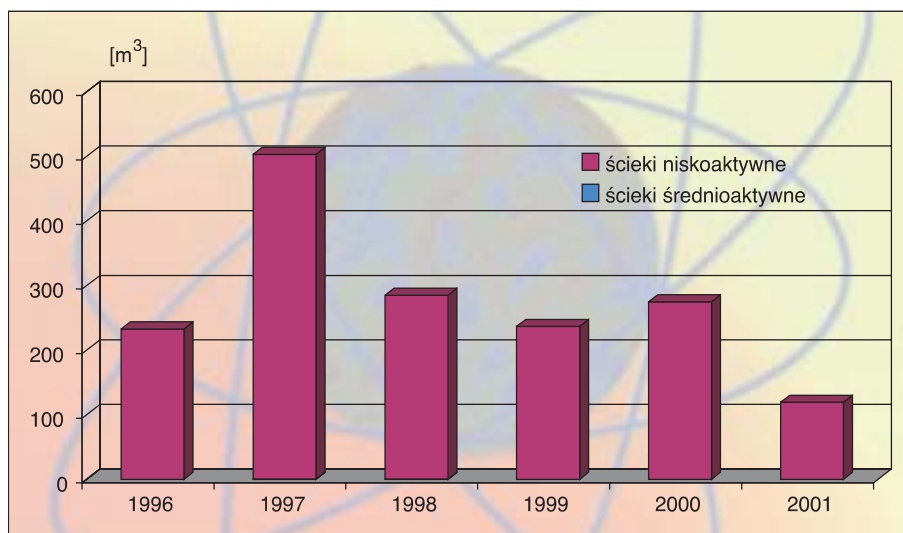
Ilości i strukturę stałych i ciekłych odpadów promieniotwórczych odebranych od użytkowników materiałów promieniotwórczych w latach 1996-2001 przedstawiono na Rys. 17.4.1. i 17.4.2.

Wypalone paliwo jądrowe z reaktorów badawczych EWA i MARIA oraz zużyte źródła promieniotwórcze gamma o dużej aktywności są przechowywane (tymczasowo) w basenach wodnych reaktora w Instytucie Energii Atomowej i przechowalnikach w ZDUOP w Świerku. Paliwo jądrowe z reaktorów badawczych – zgodnie z międzynarodowymi umowami – podlega specjalnym zabezpieczeniom, kontroli oraz ewidencji.

Kontrola środowiska wokół ZDUOP w Świerku oraz KSOP w Różaniu ma na celu weryfikację sposobu eksploatacji tych obiektów. Kontrolę tę prowadzą służby ochrony radiologicznej podległe Prezesowi Państwowej Agencji Atomistki. Wyniki pomiarów przeprowadzonych w roku 2001, podane niżej, nie odbiegają od wyników z lat 1996-2000.



Rys. 17.4.1. Ilość stałych odpadów promieniotwórczych odebranych przez ZDUOP od użytkowników materiałów promieniotwórczych w latach 1996-2001. Źródło: PAA.



Rys. 17.4.2. Ilość ciekłych odpadów promieniotwórczych odebranych przez ZDUOP od użytkowników materiałów promieniotwórczych w latach 1996-2001. Źródło: PAA.

### Ośrodek Badań Jądrowy w Świerku

Badania obejmują emisję substancji promieniotwórczych z poszczególnych obiektów jądrowych w Ośrodku w Świerku oraz w jego okolicy. Wartości rocznych emisji porównuje się do wielkości limitu uwolnień. Najważniejsze wyniki pomiarów obrazujące stan w 2001 r. kształtują się następująco:

- Roczna emisja substancji promieniotwórczych z reaktora MARIA do atmosfery:
  - gazy szlachetne (głównie argon) –  $12,6 \cdot 10^{13}$  Bq, (12,6% rocznego limitu uwolnień);
  - J-131 –  $1,49 \cdot 10^8$  Bq, (3,0% limitu rocznego).
- Po wyłączeniu z eksploatacji (24 lutego 1995 r.) i wyłączeniu paliwa jądrowego reaktor EWA nie emituje substancji promieniotwórczych do atmosfery.
- Roczna emisja substancji promieniotwórczych z obiektów OBRI – głównego producenta i dystrybutora źródeł promieniotwórczych w Polsce:
  - J-131 oraz J-125 – ok.  $10^9$  Bq, w tym ok. 7% J-125; średnie stężenie tych izotopów oszacowano na  $4 \text{ Bq/m}^3$ , (5% limitu rocznego).
- Roczna emisja ciekłych substancji promieniotwórczych: (aktywność ścieków ogólnych usuwanych w 2001 r. z Ośrodka do oczyszczalni miejskiej w Otwocku określano, podobnie jak w latach ubiegłych, na podstawie pomiarów stężenia tzw. aktywności równoważnej, uwzględniającej obecność różnych izotopów promieniotwórczych) –  $1,1 \cdot 10^8$  Bq, przy średniej tygodniowej aktywności równoważnej ścieków ok.  $2,1 \cdot 10^8$  Bq (poniżej 1% limitu tygodniowego), stężenia sztucznych izotopów promieniotwórczych – Cs-137, Co-60, Na-22, rejestrowane w pojedynczych próbkach ścieków, nie przekraczały wartości  $1,0 \text{ Bq/dm}^3$ .
- Radioaktywność głównych komponentów środowiska oraz tło promieniowania gamma na terenie Ośrodka:
  - aerozole atmosferyczne: średnia zawartość Cs-137 ok.  $2,2 \mu\text{Bq/m}^3$ , J-131 ok.  $25 \mu\text{Bq/m}^3$ ;
  - opad całkowity: średnia miesięczna zawartość Cs-137 – poniżej progu wykrywalności ( $0,15 \text{ Bq/m}^2$ ),
  - wody drenażowo-opadowe: średnia tygodniowa zawartość izotopu Cs-137 – poniżej progu wykrywalności ( $2 \text{ Bq/dm}^3$ ), średnia tygodniowa zawartość trytu –  $36 \text{ Bq/dm}^3$ ,

- gleba: średnia zawartość izotopu Cs-137 – ok.  $7 \text{ Bq/kg}$  s.m. (suchej masy) przy ponad 10-krotnie wyższych zawartościach naturalnego izotopu K-40,
- wody podziemne: tryt – od poniżej  $7 \text{ Bq/dm}^3$  do ok.  $44 \text{ Bq/dm}^3$ .
- roczne wartości dawki promieniowania gamma wyznaczone dla 20 stałych punktów kontrolnych Ośrodka wynosiły ok.  $0,78\text{-}1,1 \text{ mGy}$  (średnio  $0,87 \text{ mGy}$ , co odpowiada mocy dawki wynoszącej ok.  $99 \text{ nGy/h}$ ).

- Radioaktywność głównych komponentów środowiska oraz tło promieniowania gamma w otoczeniu Ośrodka w Świerku.

- aerozole atmosferyczne: średnie (roczne) zawartości Cs-137 na terenie placówki PAN w Świdrze oraz na terenie ośrodka wczasowego nad rzeką Świder wynosiły odpowiednio:  $2,3$  i  $3,5 \mu\text{Bq/m}^3$ , a średnie roczne zawartości I-131 na terenie placówki PAN – ok.  $0,6 \mu\text{Bq/m}^3$ ,
- woda z rzek Świder i Wisła; średnie zawartości izotopów beta promieniotwórczych wynosiły odpowiednio:  $0,13$  i  $0,2 \text{ Bq/dm}^3$ , przy średniej zawartości Cs-137 w Wiśle w Warszawie wynoszącej ok.  $5 \text{ mBq/dm}^3$ ,
- wody studzienne z okolicznych gospodarstw (2); średnie zawartości Cs-137 – poniżej  $10 \text{ mBq/dm}^3$ , przy ok. 100-krotnie wyższych stężeniach naturalnego K-40,
- gleba; zawartości Cs-137 – od ok.  $0,05$  do ok.  $2,1 \text{ kBq/m}^2$ ,
- trawa; zawartości Cs-137 – od ok.  $0,3$  do ok.  $45 \text{ Bq/kg}$  s.m. (suchej masy),
- roczna dawka promieniowania gamma (określona w 12 stałych punktach kontrolnych w okolicy Ośrodka): w zakresie  $0,68\text{-}1,0 \text{ mGy}$  (średnio  $0,75 \text{ mGy}$ , co odpowiada mocy dawki o wartości  $85 \text{ nGy/h}$ ).

Porównanie tych danych z danymi przedstawionymi wcześniej pozwala stwierdzić, że nie obserwuje się wpływu pracy Ośrodka w Świerku na środowisko przyrodnicze w jego otoczeniu.

### Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie

Składowisko to eksploatowane jest od 1961 r. i powstało w wyniku adaptacji byłego fortu zbudowanego w la-

tach 1905-1912. Powierzchnia zajmowana przez składowisko wynosi 3,3 ha. W składowisku w Różanie przechowywane są różne odpady promieniotwórcze, w tym również tymczasowo odpady  $\alpha$ -promieniotwórcze przewidziane do przeniesienia do ostatecznego miejsca składowania po zamknięciu tego składowiska.

W roku 2001, podobnie jak w latach poprzednich, prowadzono na terenie składowiska oraz w jego okolicy badania skażeń promieniotwórczych głównych komponentów środowiska. Najważniejsze wyniki pomiarów obrazujące stan w 2001 r. kształtują się następująco:

- a) Radioaktywność głównych komponentów środowiska oraz tło promieniowania na terenie KSOP:
  - aerozole atmosferyczne: średnie zawartości Cs-137 – ok.  $1,5 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ,
  - wody podziemne: izotopy  $\beta$ -promieniotwórcze:  $0,08\text{-}1 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ , tryt:  $7\text{-}37 \text{ kBq}/\text{dm}^3$ ,
  - woda wodociągowa z ujęcia w Różanie: izotopy  $\beta$ -promieniotwórcze:  $0,08\text{-}0,21 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ , zawartość trytu – poniżej  $7 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ .
- b) Roczne wartości dawki promieniowania gamma (wyznaczone w 14 punktach kontrolnych przy ogrodzeniu składowiska):  $0,9\text{-}1,7 \text{ mGy}$  (średnio  $1,1 \text{ mGy}$ , co odpowiada mocy dawki o wartości ok.  $125 \text{ nGy}/\text{h}$ ).
- c) Radioaktywność głównych komponentów środowiska oraz tło promieniowania gamma w otoczeniu KSOP:
  - woda z rzeki Narew: Cs-137:  $2,8\text{-}3,3 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ , izotopy  $\beta$ -promieniotwórcze:  $0,12\text{-}0,14 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ , tryt:  $0,8\text{-}3,2 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ ,
  - wody studzienne i źródlane: izotopy  $\beta$ -promieniotwórcze:  $0,03\text{-}0,17 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ , tryt:  $0,5\text{-}3,2 \text{ Bq}/\text{dm}^3$  (średnio  $2,5 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ ),
  - wody podziemne (piezometry): izotopy  $\beta$ -promieniotwórcze:  $0,04\text{-}0,85 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ , tryt:  $1,6\text{-}8,4 \text{ Bq}/\text{dm}^3$  (w jednym piezometrze do ok.  $100 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ ).
  - gleba: Cs-137:  $1,8\text{-}3,3 \text{ kBq}/\text{m}^2$  (średnio  $2,5 \text{ kBq}/\text{m}^2$ ),
  - trawa: Cs-137:  $1,2\text{-}20 \text{ Bq}/\text{kg s.m.}$

Ponadto w 2001 r. wykonano pomiary zawartości izotopów alfa promieniotwórczych w wodach studziennych, źródłanych i podziemnych; zawartości tych izotopów nie przekraczały poziomu  $0,02 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ .

Porównanie tych danych z danymi średnimi dla kraju pozwala stwierdzić, że działalność KSOP nie powoduje istotnego zagrożenia dla środowiska.

### 17.5. Środowisko wokół byłych kopalń rud uranu w Sudetach

Obecność rud uranu na Dolnym Śląsku stwierdzono w roku 1926. Początki wydobywania wiążą się z kopalnią żelaza „Wolność” w Kowarach. Ruda uranowa na początku trafiała na hałdy. Uran zaczęto wydobywać później, początkowo jako surowiec do uzyskiwania radu, a potem już do produkcji paliwa jądrowego, lub po jego wzbogaceniu – do produkcji materiału rozszczepialnego dla zastosowań militarnych. W latach 1948-61 wydobywano uran w 9 kopalniach. Wydobyty materiał zazwyczaj był wywożony do byłego ZSRR. Na hałdy i do środowiska trafiły tysiące ton pokopalnianych odpadów o podwyższonej zawar-

tości naturalnych substancji promieniotwórczych, przede wszystkim radu.

Badania kontrolne zwałowisk i wyrobisk górniczych obejmują pomiary mocy dawki promieniowania gamma i stężenia radonu w powietrzu. W okresie 1996-2001 przebadano między innymi tereny pokopalniane związane z polem rudnym „Radoniów”. W trakcie 10-letniego okresu eksploatacji złoża (1953-1963) wydobyto tam ok. 330 ton uranu w rudzie, a na powierzchni 2 ha zdeponowano ok. 120 tys.  $\text{m}^3$  materiału skalnego. Pomiary wykonywano w rejonie szybów i hałd, do granicy terenów wykorzystywanych rolniczo. W roku 2001 wykonano ogółem 614 pomiarów na obszarze o powierzchni ok. 6 ha. Uzyskane wartości mocy dawki promieniowania gamma zawarte były w granicach  $0,11\text{-}2,40 \mu\text{Sv}/\text{h}$ . Miejsca, w których stwierdzono stosunkowo wysokie wartości mocy dawki mają charakter punktowy. Zmierzone na terenie kopalni wartości mocy dawki zawarte były w granicach  $0,30\text{-}0,60 \mu\text{Sv}/\text{h}$ . Na granicy pól uprawnych wartość mocy dawki zawarta była w zakresie  $0,13\text{-}0,23 \mu\text{Sv}/\text{h}$ . Wyniki te świadczą o tym, że materiał z hałd nie został w wyniku erozji rozwleczony na okoliczne pola.

W roku 2001 zakończono główne prace przy rekultywacji tzw. stawu osadowego w Kowarach, czyli osadnika odpadów poprodukcyjnych z zakładu koncentracji rud uranowych, funkcjonującego w latach 1967-72. Osadnik ten, zawierający ok. 250 tys. ton różnego typu odpadów, stwarzał zagrożenie dla środowiska i okolicznych mieszkańców, z możliwością katastrofy ekologicznej włącznie. Stan środowiska na terenach powydobywczych uranu jest stopniowo przywracany do stanu naturalnego.

### 17.6. Ogólna ocena stanu radiologicznego środowiska w Polsce

Skażenia środowiska sztucznymi izotopami promieniotwórczymi nie powodują w Polsce istotnego zagrożenia radiologicznego środowiska.

Moc dawki w latach 1996-2001 była na poziomie  $40\text{-}150 \text{ nSv}/\text{h}$ , czyli na poziomie wartości z okresu przed awarią w Czarnobylu. W latach tych średnia roczna dawka skuteczna od sztucznych izotopów nie przekraczała kilku  $\mu\text{Sv}/\text{rok}$  (przy uwzględnieniu lokalnych różnic w poziomie skażeń). Wieloletnie pomiary wskazują tym samym, że narażenie powodowane promieniowaniem pochodzącym od izotopów sztucznych jest bez porównania mniejsze niż pochodzące od promieniowania naturalnego.

Dane te wskazują, że narażenie osób z ogółu ludności kraju, powodowane obecnymi w środowisku sztucznymi izotopami promieniotwórczymi utrzymuje się na bardzo niskim poziomie, stanowiącym jedynie kilka procent wartości dawki granicznej dla ogółu ludności, wynoszącej  $1 \text{ mSv}$  w ciągu roku.

Pełna ocena stanu sytuacji radiacyjnej w Polsce jest publikowana corocznie przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki w raportach Państwowej Agencji Atomistyki. Równocześnie od 1 stycznia 2001 roku w Monitorze Polskim publikowane są kwartalne komunikaty Prezesa PAA o sytuacji radiacyjnej kraju.

# Promieniowanie elektromagnetyczne



## 18. PROMIENIOWANIE ELEKTROMAGNETYCZNE

Ewa Żrałek

### 18.1. Informacje ogólne

W środowisku występują tzw. pola elektromagnetyczne (PEM), których występowanie nie jest związane z działalnością człowieka (naturalne) oraz pola będące efektem działalności człowieka (sztuczne).

Najbliższym człowiekowi naturalnym źródłem pól elektromagnetycznych jest planeta Ziemia. Rozkład pola elektromagnetycznego Ziemi ulega przejściowym, ale znaczącym zaburzeniom w czasie wzmożonej aktywności Słońca, podczas której do powierzchni naszej planety dociera promieniowanie o częstotliwościach 80-200 MHz. Życie biologiczne na Ziemi jest przystosowane do oddziaływania naturalnych pól elektromagnetycznych.

Sztuczna energia elektromagnetyczna stała się dostępną dla ludzkości około 100 lat temu i szybko zagościła w każdym domu i miejscu pracy, w czasie podróży i nawet wypoczynku. Postęp cywilizacyjny XX wieku spowodował lawinowy przyrost źródeł pól elektromagnetycznych PEM. Dzisiaj nie można już sobie wyobrazić normalnego życia bez elektryczności czy „komórki”. Szacuje się, że corocznie przyrasta w środowisku o ok. 6% ilości źródeł pól elektromagnetycznych w stosunku do roku poprzedniego.

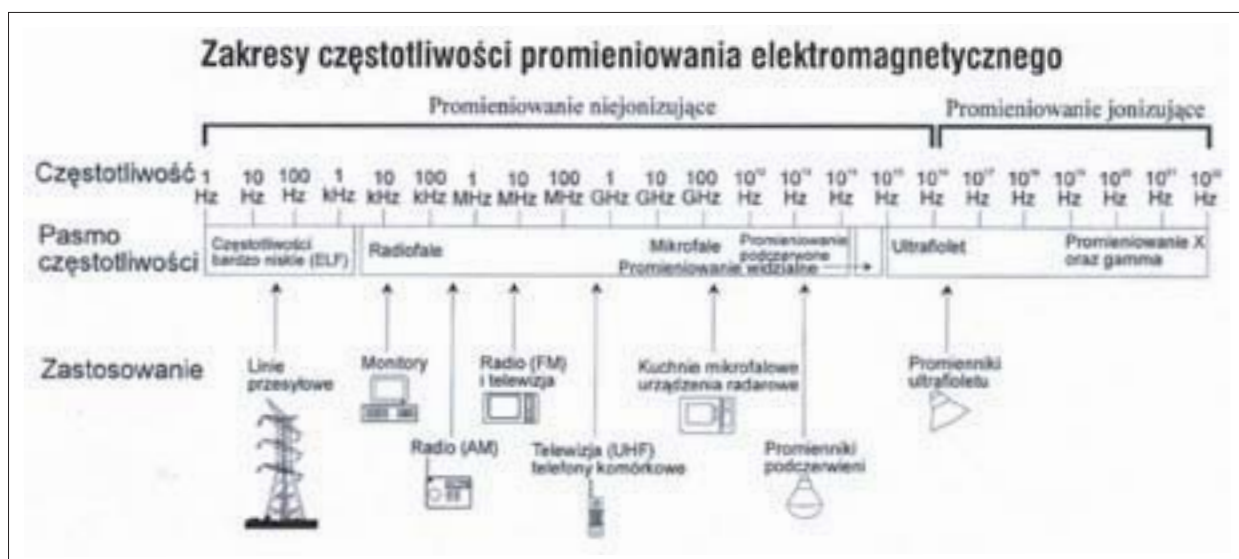
**Pole elektromagnetyczne** to szczególny stan materii, charakteryzujący wszelkie, równoczesne oddziaływania pomiędzy ładunkami elektrycznymi i dipolami magnetycznymi za pośrednictwem pola elektrycznego i pola magnetycznego. Jednostką charakteryzującą stan energetyczny pola elektromagnetycznego jest gęstość mocy pola wyrażana w watach na metr kwadratowy ( $W/m^2$ ).

**Pole elektryczne** to składowa elektryczna pola elektromagnetycznego, stan energetyczny przestrzeni wokół ładunków elektrycznych. Natężenie pola elektrycznego stanowi jedno z podstawowych kryteriów oceny oddziaływania pól elektromagnetycznych na środowisko. Jednostką natężenia pola elektrycznego jest 1 wolt na metr ( $V/m$ ).

**Pole magnetyczne** to składowa magnetyczna pola elektromagnetycznego, stan energetyczny przestrzeni wokół poruszających się ładunków elektrycznych – przepływającego prądu elektrycznego. Jednostką natężenia pola magnetycznego jest tesla (T) lub amper na metr ( $1 A/m$ ).

Zakresy pól elektromagnetycznych w zależności od ich częstotliwości oraz typy urządzeń, których funkcjonowanie jest związane z poszczególnymi zakresami częstotliwości przedstawia poniższy rysunek.

Pola elektromagnetyczne dzielimy na dwa rodzaje – **pola jonizujące** takie jak promieniowanie gamma, Roentgena, nadfiolet – powodujące swym działaniem powstawanie efektu jonizacji cząstek oraz **pola niejonizujące** – począwszy od fal radiowych, poprzez światło wi-



Rys. 18.1.1. Zakresy pól elektromagnetycznych w zależności od ich częstotliwości oraz typy urządzeń, których funkcjonowanie jest związane z poszczególnymi zakresami częstotliwości. Źródło: „Linie i stacje elektroenergetyczne w środowisku człowieka”, Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.



działne, skończywszy na płytkim nadfiolecie. Efekt jonizacji pod wpływem promieniowania jonizującego występuje praktycznie zawsze, a jego natężenie zależy od gęstości mocy. Pola takie powodują zmiany kumulujące się (każda następna dawka powiększa efekt działania poprzedniej). Aby wystąpiło zjawisko jonizacji, PEM musi mieć odpowiednio wysoką częstotliwość (czyli nieść ze sobą odpowiednią energię). I tak jeden kwant promieniowania nadfioletowego (powodującego obumieranie drobnostrójów) niesie ze sobą energię od 3,3 do 100 eV (elektronowoltów). Energia potrzebna do zjonizowania atomu tlenu lub wodoru wynosi pomiędzy 10-12 eV. Pola niejonizujące generalnie nie wywołują reakcji w organizmach żywych pod warunkiem, że nie zostaną przekroczone pewne dopuszczalne granice, powyżej których zaczyna występować efekt mikrofalówki, czyli podgrzewania cząstek wody zawartej w tkankach. Warunkiem wystąpienia takiego efektu są moce o gęstości tysięcy  $W/m^2$ .

W Polsce regulacje prawne dotyczące ochrony środowiska przed wpływem wszystkich rodzajów promieniowania zostały wprowadzone w 1980 roku ustawą o ochronie i kształtowaniu środowiska (Dz. U. Nr 3 poz. 6 z 1980 i późn. zm.) i polegały one na określeniu wprowadzanych do środowiska poziomów pól elektromagnetycznych pochodzących od źródeł promieniowania niejonizującego. Szczegółowe zasady ochrony przed promieniowaniem szkodliwym dla ludzi i środowiska, dopuszczalne poziomy promieniowania, jakie mogą występować w środowisku, oraz wymagania obowiązujące przy wykonywaniu pomiarów kontrolnych promieniowania określa Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Dz. U. z roku 1998, Nr 107 poz. 676).

W rozporządzeniu określono dopuszczalne poziomy elektromagnetycznego promieniowania niejonizującego dla:

- pól elektrycznych i magnetycznych stałych,
- pól elektrycznych i magnetycznych o częstotliwości 50 herców (Hz), wytwarzanych przez stacje i linie elektroenergetyczne,
- pól elektromagnetycznych o częstotliwościach od 1 kiloherca (kHz) do 300 000 megaherców (MHz), wytwarzanych w szczególności przez urządzenia radiokomunikacyjne, radionawigacyjne i radiolokacyjne.

W Unii Europejskiej zagadnienie promieniowania elektromagnetycznego poruszone zostało w przyjętej w dniu 12 lipca 1999 roku rekomendacji Rady Europejskiej w sprawie ograniczania ekspozycji pól elektromagnetycznych o częstotliwościach od 0 Hz do 300 GHz na ludność. Rekomendacja została skonstruowana głównie w oparciu o zalecenia Międzynarodowej Komisji Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*). Stanowi ona jedyny oficjalny akt Unii Europejskiej, odnoszący się do kwestii oddziaływań pól elektromagnetycznych. Podkreślić należy fakt, że dotychczas nie została przyjęta żadna dyrektywa Unii dotycząca tych kwestii.

Przyjęte w zaleceniach ICNIRP wartości dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych zostały określone z odpowiednim zapasem bezpieczeństwa, aby wykluczyć możliwość występowania negatywnych skutków zdrowotnych.

Dopuszczalne poziomy promieniowania określone w rozporządzeniu MOŚZNiL nie pozostają w sprzeczności z wartościami określonymi w rekomendacji Rady Europejskiej oraz w zaleceniach międzynarodowych organizacji zajmujących się ochroną przed promieniowaniem, afiliowanych przy Światowej Organizacji Zdrowia, m.in. wymienionej wyżej ICNIRP.

Tabela 18.2.1. Spektrum fal elektromagnetycznych w zakresie 0-300 GHz. Źródło: *Rocznik Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii Tom 35, suplement 2.*

Klasyfikacja pól elektromagnetycznych	Częstotliwość	Długość fali E	Zastosowanie	Działanie biologiczne, ryzyko zawodowe
Stałe pola elektryczne i magnetyczne	0	brak	silniki elektryczne, (transport), elektroliza, przemysł	niewielkie, dobra adaptacja organizmów żywych
Pola sieciowe 50/60 Hz	50 Hz (lub 60 Hz)	6000 km (lub 5000 km)	elektroenergetyka, oświetlenie, ogrzewanie, silniki, przemysł	możliwość oddziaływania pól magnetycznych; bardzo duży udział w środowisku
Pola bardzo niskich częstotliwości	0,1 – 1 kHz ( $10^0 - 10^3$ Hz)	300 – 3000 km	urządzenia przemysłowe	niewielkie; bardzo mały udział w środowisku
Pola niskich częstotliwości	1 – 100 kHz ( $10^3 - 10^5$ Hz)	3 – 300 km	urządzenia przemysłowe	niewielkie; mały udział w środowisku
Fale radiowe	0,1 – 300 kHz ( $10^5 - 3 \times 10^8$ Hz)	1 m – 3 km	radiofonia (fale długie, średnie, krótkie i UKF), radiotelefony, urządzenia medyczne	niewielkie, możliwość sprzężenia rezonansowego z polem; dość duży udział w środowisku
Mikrofale	300 MHz – 300 GHz ( $3 \times 10^8 - 3 \times 10^{11}$ Hz)	1mm – 1 m	radiolokacja, radionawigacja, telefonia komórkowa, urządzenia medyczne, domowe (kuchenki) i przemysłowe	możliwe działanie biologiczne (szczególnie pól impulsowych); niewielki udział w środowisku; narażenie związane z użytkowaniem telefonów komórkowych

## 18.2. Główne źródła promieniowania elektromagnetycznego

Głównymi rodzajami źródeł sztucznych pól elektromagnetycznych występujących w środowisku są:

- linie elektroenergetyczne;
- obiekty radiokomunikacyjne, w tym: stacje nadawcze radiowe i telewizyjne, stacje bazowe telefonii komórkowych;
- obiekty radiolokacyjne.

### *Linie elektroenergetyczne*

Linie elektroenergetyczne są bardzo ważną częścią systemów elektroenergetycznych, umożliwiającą korzystanie z energii elektrycznej do celów codziennych – w gospodarstwach domowych i również do celów związanych z produkcją i transportem. W Polsce w systemach elektroenergetycznych wykorzystuje się napięcia przemienne o częstotliwości 50 herców (Hz). W sieciach przesyłowych istnieją linie elektroenergetyczne o typowych, podstawowych napięciach znamionowych: 110 kV, 220 kV i 400 kV.

W krajowych przepisach dopuszcza się występowanie pochodzących od linii elektroenergetycznych pól elektrycznych o natężeniach mniejszych od 1 kV/m m.in. na obszarach zabudowy mieszkaniowej. Natężenia pól elektrycznych szybko maleją wraz z oddalaniem się od linii – do 1 kV/m w odległości od 10 do 30 metrów (licząc od rzutu skrajnego przewodu na powierzchnię terenu). Możliwe jest także zaprojektowanie i wybudowanie linii elektroenergetycznych o napięciu znamionowym 110 kV, aby na powierzchni terenu w jej otoczeniu lub także powyżej nie występowało pole elektryczne o wartościach natężeń wyższych od 1 kV/m. Natomiast pola magnetyczne o natężeniach wyższych od dopuszczalnych, w miejscach dostępnych dla ludności w praktyce nie występują.

Po wybudowaniu nowych linii wykonuje się pomiary kontrolne pól elektrycznych i magnetycznych. Celem tych pomiarów jest sprawdzenie czy nie występują przekroczenia dopuszczalnych wartości tych pól w środowisku.

Stosowane w Polsce konstrukcje linii elektroenergetycznych nie odbiegają od konstrukcji takich linii stosowanych w innych krajach.

### *Obiekty radiokomunikacyjne*

W radiokomunikacji wykorzystywane są urządzenia wytwarzające pola elektromagnetyczne o częstotliwościach od około 0,1 MHz do około 100 GHz.

Obiektami radiokomunikacyjnymi, o istotnym z punktu widzenia ochrony środowiska oddziaływaniu są:

- duże radiowo-telewizyjne centra nadawcze – ze względu na zasięgi oddziaływania,
- stacje bazowe telefonii komórkowych – ze względu na powszechność występowania.

### *Radiowe i telewizyjne centra nadawcze*

Radiowo-telewizyjne centra nadawcze wytwarzają pola elektromagnetyczne o częstotliwościach od kilkuset kHz do nieco poniżej 1GHz. Obiekty takie są lokalizowane zarówno w miastach jak i poza miastami. Zasięgi występowania pól elektromagnetycznych o wartościach dopuszczalnych

w otoczeniu urządzeń radiokomunikacyjnych są zależne od wielu czynników a zwłaszcza od częstotliwości pracy urządzeń, charakterystyk promieniowania anten nadawczych, wysokości zawieszenia tych anten oraz mocy promieniowanej. Obecnie w Polsce do emisji programów radiowych nie wykorzystuje się fal średnich. Programy na falach długich są nadawane ze stacji znajdujących się w okolicach Solca Kujawskiego i Raszyna. Pola elektromagnetyczne o wartościach wyższych od dopuszczalnych występują w odległościach do kilkuset metrów od anten nadawczych stacji długofalowych. Sieci nadających na falach ultrakrótkich są obecnie sieciami powszechnie występującymi stacjami radiowych i sieci stacji telewizyjnych.

Stacje ultrakrótkofalowe i telewizyjne są źródłami pól o częstotliwościach od około 90 MHz do około 900 MHz. Pola elektromagnetyczne o wartościach wyższych od dopuszczalnych mogą występować w odległościach do około 300 metrów od anten takich stacji, lecz na znacznych wysokościach nad poziomem otaczającego terenu – zwłaszcza, jeżeli są to stacje dużej mocy, lokalizowane poza terenami miejskimi. Z reguły stacje takie mają, wysokie maszty kratownicowe, będące konstrukcjami wsporczymi dla anten. Stacje nadawcze lokalizowane w centrach miast mają z reguły dużo mniejsze moce, a tym samym zasięgi występowania pól o wartościach wyższych od dopuszczalnych są także mniejsze.

Urządzenia nadawcze radiowe i telewizyjne muszą odpowiadać międzynarodowym wymaganiom technicznym i są praktycznie identyczne we wszystkich krajach. Lokalizacja stacji radiowych i telewizyjnych w Polsce nie odbiega, w istotny sposób od rozwiązań stosowanych na świecie. Jednakże ze względu na krajowe przepisy ochronne, w Polsce stacje dużej mocy są lokalizowane tak, aby ich anteny były bardziej oddalone od miejsc dostępnych dla ludności niż się to stosuje w innych krajach.

### *Stacje bazowe sieci telefonii komórkowych*

Stacje bazowe telefonii komórkowej są obecnie najbardziej rozpowszechnionym rodzajem obiektów radiokomunikacyjnych. W Polsce istnieją sieci telefonii komórkowych wykorzystujących częstotliwości:

- około 450 MHz – sieć NMT;
- około 900 MHz – sieci GSM 900;
- około 1800 MHz – sieci GSM 1800.

Zasięgi występowania pól elektromagnetycznych o wartościach wyższych od dopuszczalnych w otoczeniu anten stacji bazowych telefonii komórkowych są zależne od mocy doprowadzonej do tych anten i charakterystyk promieniowania tych anten. W otoczeniu typowych stacji bazowych telefonii komórkowej GSM pola elektromagnetyczne o wartościach wyższych od dopuszczalnych występują nie dalej niż kilkadziesiąt metrów od samych anten i na wysokości ich zainstalowania. W praktyce, w otoczeniu anten stacji bazowych GSM, znajdujących się w miastach, a więc najbardziej rozpowszechnionych, pola o wartościach wyższych od dopuszczalnych w praktyce nie występują dalej niż 25 metrów od anten.

Stacje bazowe telefonii komórkowej muszą odpowiadać wymaganiom bardzo surowych norm technicznych. Polskie przepisy ochronne, bardziej rygorystyczne od prze-

pisów stosowanych w innych krajach, wymuszają mocowanie anten stacji bazowych w miejscach bardziej oddalonych od miejsc dostępnych dla ludności niż ma to miejsce w innych krajach.

### **Obiekty radiolokacyjne**

Obiekty radiolokacyjne zazwyczaj wytwarzają impulsowe pola elektromagnetyczne o częstotliwościach od kilkuset MHz do stukilkudziesięciu GHz. Zasięgi oddziaływania tych obiektów radiolokacyjnych są zależne od częstotliwości pracy stacji, częstotliwości powtarzania impulsów, charakterystyk promieniowania anten oraz mocy promieniowanej. Pola elektromagnetyczne o wartościach wyższych od dopuszczalnych mogą występować do odległości kilkuset metrów od anten stacji radiolokacyjnych, na wysokości zainstalowania tych anten. W otoczeniu obiektu radiolokacyjnego wykonywane są pomiary kontrolne pól elektromagnetycznych. W otoczeniu większości obiektów istnieją ustanowione w przeszłości strefy ochronne. Zmiana parametrów pracy stacji wymusza weryfikację spełnienia wymagań określonych w przepisach ochrony środowiska.

Istniejące w kraju obiekty radiolokacyjne, zarówno cywilne jak i wojskowe nie odbiegają stosowanymi w nich rozwiązaniami od rozwiązań stosowanych na świecie.

### **18.3. Ogólna ocena poziomu PEM**

Występowanie sztucznych pól elektromagnetycznych w środowisku jest stosunkowo mało rozpoznany problemem. Ostatnie lata związane są z ogromnym wzrostem liczby i mocy źródeł wytwarzających PEM. Brak jest wieloletnich pomiarów „tłowych” w celu śledzenia trendów zmian zachodzących w środowisku, a dotychczasowe pomiary od źródeł sprowadzają się do kontroli przestrzegania stref ochronnych i norm.

Lokalizacja wprowadzanych przez człowieka urządzeń emitujących energię elektromagnetyczną jest pochodną gęstości zaludnienia. W dużych aglomeracjach jest większe zapotrzebowanie na energię i na usługi telekomunikacyjne czy transportowe, stąd większa ilość w miastach stacji radiowych i telewizyjnych, radiowych stacji bazowych różnych sieci pracujących na potrzeby ludności (telefonii komórkowej) czy potrzeby służb (pogotowie ratunkowe, policja czy straż pożarna) oraz urzędzenia służb lotniczych.

W 2001 roku w Warszawie i Łodzi przeprowadzono szerokopasmowe pomiary pól elektromagnetycznych w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 1,9 GHz:

- dla zakresu częstotliwości od 0,1 MHz do 10 MHz:
  - 0,1 V/m – dla pomiaru składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego,
  - 0,01 A/m – dla pomiaru składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego,
- dla zakresu częstotliwości od 10 MHz do 300 MHz:
  - 0,1 V/m – dla pomiaru składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego,
- dla zakresu częstotliwości od 300 MHz do 1,9 GHz:
  - 0,001 W/m<sup>2</sup> – dla pomiaru gęstości mocy.

Jedynie w Warszawie można zaobserwować pewne trendy zmian, ponieważ w 1993 r. przeprowadzono

tu pierwsze pilotowe pomiary. Pomiary przeprowadzono w 13 wybranych punktach leżących wewnątrz okręgu o średnicy około 7 km. Środkiem okręgu był Pałac Kultury i Nauki. Powierzchnia okręgu wynosiła około 38 km<sup>2</sup> obejmując około 100-150 000 mieszkańców miasta. Pomiary w 2001 r. przeprowadzono w tych samych punktach oraz uzupełniono je pomiarami w miejscach o gęstej zabudowie mieszkaniowej i terenach szczególnej ochrony np. sąsiedztwo parku lub szpitala.

Pomiary wykazały, że najbardziej dominującymi źródłami promieniowania elektromagnetycznego są nadajniki radiostacji radiowych i telewizyjnych emitujące w sposób ciągły sygnały swoich programów. Widmo sygnałów w roku 1993 i 2001 jest inne. Przestały nadawać nadajniki na częstotliwościach 58-66 MHz tj. program 1TVP na kanale 2 oraz większość radiostacji UKF pracujących w dolnym zakresie tj. na częstotliwościach 67 MHz; 67,94 MHz; 69,25 MHz; 69,80 MHz; 71,45 MHz; 72,30 MHz; 73,15 MHz. Przybyło dużo radiostacji pracujących w górnym paśmie UKF tj. od 80 MHz do 108 MHz. W stosunku do roku 1993 przybyły również nadajniki sieci telefonii komórkowej pracującej w paśmie 940 MHz i 1850 MHz.

Porównanie pomiarów przebiegów natężenia pola elektromagnetycznego z roku 1993 i 2001 wskazuje, że wypadkowa wartości składowej elektrycznej elektromagnetycznego promieniowania niejonizującego w centrum Warszawy pozostała na tym samym poziomie. Jest to skutkiem likwidacji nadajników na Pałacu Kultury i Nauki. Natomiast w pozostałych punktach pomiarowych tj. na Siekierkach, Nowej Pradze, Młynowie, Rakowcu, Saskiej Kępie, Żoliborzu, Czystem i Starym Mokotowie zauważalny jest kilkukrotny wzrost tej wartości.

W żadnym punkcie pomiarowym w Warszawie dla składowej magnetycznej, elektrycznej i gęstości mocy nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych poziomów promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego.

Również w Łodzi w żadnym punkcie pomiarowym w badanych zakresach częstotliwości nie stwierdzono dla składowej magnetycznej, elektrycznej i gęstości mocy przekroczeń dopuszczalnych poziomów promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego określonych w rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 11.08.1998 r.

### **18.4. Wnioski**

Coraz częściej zaczyna się mówić o polach elektromagnetycznych jako o zanieczyszczeniu środowiska. Wykonane do tej pory pomiary nie wykazały ani w Warszawie, ani w Łodzi przekroczeń dopuszczalnych wartości pól elektromagnetycznych. Ewentualne przekroczenia mogą pojawiać się jednak nie tylko w bezpośrednim sąsiedztwie urządzeń nadawczych, ale także w zupełnie przypadkowych miejscach w otwartym terenie, jako wynik sumowania się mocy (superpozycji fal) pochodzących z wielu źródeł. W związku z tym należy dbać, aby nie dochodziło do takich sytuacji, jak również do zmian warunków życia człowieka w wyniku niebezpiecznego nakładania się sztucznie wytwarzanych pól elektromagnetycznych na istniejące w przyrodzie pola naturalne.

Obowiązek wykonywania pomiarów kontrolnych pól elektromagnetycznych po wybudowaniu obiektów oraz w przypadku zmiany parametrów ich pracy pozwala na usuwanie występujących sporadycznie nieprawidłowości. Tym niemniej, ze względu na potencjalną możliwość występowania nieprawidłowości w lokalizowaniu budynków mieszkalnych w sąsiedztwie linii elektroenergetycznych, dużych centrów nadawczych oraz stacji radiolokacyjnych konieczne wydaje się przeprowadzenie przeglądu realnie występujących zagrożeń.

Ogólnie należy stwierdzić, że linie elektroenergetyczne wysokiego napięcia nie emitują PEM o wartościach istotnych z punktu widzenia ochrony środowiska. Dla powszechnie stosowanych w miejskich sieciach wysokiego napięcia linii 110 kV zasięgi ich oddziaływania są ograniczone do 10 metrów od skrajnych przewodów.

Głównymi źródłami sztucznych pól elektromagnetycznych występujących na terenach zurbanizowanych są stacje radiofonii oraz stacje telewizyjne. W najbliższych latach należy spodziewać się wzrostu liczby nadawczych stacji radiowych i telewizyjnych, jednak sytuacja ulegnie zmianie, gdyż zapoczątkowany zostanie cyfrowy system przekazu sygnałów radiowych i telewizyjnych, co spowoduje zmniejszenie mocy nadajników tych stacji.

Wzrastająca szybko liczba abonentów telefonii komórkowych wymusza budowę nowych stacji bazowych. Konieczne jest stworzenie warunków do stałego przepływu rzetelnych informacji, dotyczących oddziaływania na ludzi i środowisko pól elektromagnetycznych wytwarzanych

przez różne źródła, w tym również przez stacje bazowe telefonii komórkowych. Nowe przepisy ochrony środowiska, poprzez stworzenie ułatwień w dostępie do informacji doprowadzą do zmniejszenia się liczby konfliktów.

Określenie dopuszczalnego progu napromieniowania organizmów żywych polem elektromagnetycznym nie jest jednoznaczne. Przykładowo: obecnie istnieje szereg różnych norm określających maksymalną gęstość mocy mikrofalowej lub maksymalną wartość składowej elektrycznej pola (V/m), w której może przebywać człowiek bez uszczerbku dla swojego organizmu. Pomiar przeprowadzone w roku 1978 w 15 miastach w USA wykazały, że średni poziom narażenia środowiskowego na PEM o częstotliwościach 10-300 000 MHz wynosił około 0,05 W/m<sup>2</sup>, a ponad 90% ludności przebywało w miejscach o intensywnościach pól poniżej 0,1 W/m<sup>2</sup>. Ocena narażenia powtórzona w tych samych miejscach po 20 latach (w roku 1999) wykazała intensywności 5-20 razy wyższe od stwierdzonych w poprzednich pomiarach ze średnim poziomem narażenia około 0,45 W/m<sup>2</sup>.

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) rozpoczęła przewidziane na 5 lat badania wpływu na zdrowie ludzkie pól elektrycznych i magnetycznych wytwarzanych przez różne powszechnie używane urządzenia. Jak oświadczyli eksperci WHO, dotychczasowe analizy nie świadczą o zagrożeniu ze strony takich urządzeń, jak telefony komórkowe, kuchenki mikrofalowe, suszarki do włosów, golarki elektryczne lub pralki.

# Inspekcja ochrony środowiska



## 19. INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA

*Praca zbiorowa*

Dla sprawnej realizacji zadań ochrony środowiska w prawie krajowym nastąpiło rozdzielenie zadań w zakresie reglamentowania środowiska oraz funkcji kontrolnych przestrzegania prawa w zakresie ochrony środowiska. Organami odpowiedzialnymi za reglamentowanie zasobów środowiska zgodnie z art. 376 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska jest wójt, burmistrz lub prezydent miasta, starosta, wojewoda, minister właściwy do spraw środowiska. Organom tym powierzono obowiązek wydawania pozwoleń określających warunki korzystania ze środowiska. Ponadto ustawa – Prawo ochrony środowiska nałożyła na organy administracji publicznej nowy obowiązek dotyczący dotrzymywania określonych w przepisach prawa standardów imisyjnych w środowisku. Przykładowo: wojewodowie zostali zobowiązani do podejmowania odpowiednich przedsięwzięć mających na celu zapewnienie określonej w przepisach prawa jakości powietrza atmosferycznego.

Odrębnymi organami powołanymi ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne są: Prezes Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej oraz dyrektorzy siedmiu regionalnych zarządów gospodarki wodnej, które w szczególności są odpowiedzialne za planowanie i realizację racjonalnej gospodarki wodami w dorzeczach.

Organem kontroli przestrzegania prawa w zakresie ochrony środowiska i gospodarki wodnej oraz badania stanu środowiska jest Inspekcja Ochrony Środowiska. W niniejszym rozdziale zostanie przedstawiony zakres działania Inspekcji.

### Zadania i cele Inspekcji Ochrony Środowiska

Główny Inspektor Ochrony Środowiska, kierujący działalnością Inspekcji Ochrony Środowiska jest centralnym organem administracji rządowej – powoływanym i odwoływanym przez Prezesa Rady Ministrów. Główny Inspektor Ochrony Środowiska przy pomocy Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska oraz wojewodowie przy pomocy wojewódzkich inspektorów ochrony środowiska, jako kierowników wojewódzkich inspekcji ochrony środowiska, wchodzących w skład zespolonej administracji wojewódzkiej, wykonują zadania Inspekcji. Podstawowe zadania Inspekcji Ochrony Środowiska to kontrola przestrzegania przepisów prawa o ochronie środowiska, badanie stanu środowiska w ramach programu Państwowego Monitoringu Środowiska oraz przeciwdziałanie poważnym awariom.

Najważniejsze zadania Inspekcji:

- kontrola przestrzegania przepisów o ochronie środowiska i racjonalnym użytkowaniu zasobów przyrody,
- kontrola przestrzegania decyzji ustalających warunki użytkowania środowiska,
- kontrola eksploatacji urządzeń i instalacji chroniących środowisko przed zanieczyszczeniem,
- udział w postępowaniu dotyczącym lokalizacji inwestycji,
- udział w przekazywaniu do użytku obiektów lub instalacji realizowanych jako przedsięwzięcia mogące znacząco oddziaływać na środowisko,
- podejmowanie decyzji wstrzymujących działalność prowadzoną z naruszeniem wymagań związanych z ochroną środowiska lub naruszeniem warunków korzystania ze środowiska,
- współdziałanie w zakresie ochrony środowiska z innymi organami kontrolnymi, organami ścigania i wymiaru sprawiedliwości oraz organami administracji państwowej i rządowej, samorządu terytorialnego i obrony cywilnej, a także organizacjami społecznymi,
- organizowanie i koordynowanie Państwowego Monitoringu Środowiska, prowadzenie badań jakości środowiska, obserwacji i oceny jego stanu oraz zachodzących w nim zmian,
- opracowywanie i wdrażanie metod analityczno-badawczych i kontrolno-pomiarowych,
- inicjowanie działań tworzących warunki zapobiegania poważnym awariom oraz usuwania ich skutków i przywracania środowiska do stanu właściwego.

### Działalność IOŚ ukierunkowana jest na osiągnięcie następujących celów:

- wypełnianie przez prowadzących instalacje oraz inwestorów wymagań ochrony środowiska,
- przestrzeganie wymagań w zakresie eksploatacji składowisk odpadów,
- przestrzeganie wymagań w zakresie postępowania z substancjami stwarzającymi szczególne zagrożenie dla środowiska – np. PCB, azbest,
- przestrzeganie wymagań dotyczących termicznego przekształcania odpadów,
- przestrzeganie wymagań w zakresie transportu odpadów niebezpiecznych,
- przeciwdziałanie nielegalnemu, transgranicznemu przemieszczaniu odpadów,
- ograniczenie uciążliwości związanych z ponadnormatywną emisją hałasu,
- ograniczenie uciążliwości związanych z ponadnormatywnym poziomem pól elektromagnetycznych,

- przestrzeganie przepisów o opakowaniach i odpadach opakowaniowych,
- przestrzeganie przepisów w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz uiszczania opłaty produktowej,
- ochrona zasobów wód, szczególnie podziemnych, stanowiących źródło zaopatrzenia ludności w wodę do picia i dla potrzeb gospodarczych,
- przestrzeganie przepisów o substancjach i preparatach chemicznych w zakresie zagrożeń dla środowiska,
- wnoszenie opłat za gospodarcze korzystanie ze środowiska,
- ograniczanie skutków awarii dla ludzi i środowiska,
- dalszy rozwój i doskonalenie systemów jakości,
- wdrażanie Europejskiej Sieci Informacji i Obserwacji Środowiska (EIONET),
- ograniczenie uciążliwości zakładów z tzw. „Listy 80”,
- zapewnienie monitorowania istotnych elementów środowiska,
- doskonalenie form i sposobów gromadzenia i przetwarzania danych o stanie środowiska i sposobów informowania administracji rządowej, samorządowej i społeczeństwa o stanie środowiska.

#### Działalność kontrolna

Działalność kontrolna Inspekcji Ochrony Środowiska wynika z ogólnej polityki dążenia do realizacji założonych celów ekologicznych. Przedmiotami kontroli IOŚ są wszelkie instalacje i zakłady, z których emisje zanieczyszczeń do powietrza, odprowadzanie zanieczyszczeń do wód lub do ziemi, postępowanie z odpadami podlegają, w świetle przepisów prawa, wymogom uzyskania pozwolenia lub zezwolenia, oraz których eksploatacja wykracza poza ramy powszechnego korzystania ze środowiska. Większość kontroli ma charakter planowy. W planowanych kontrolach uwzględniane są również uwarunkowania regionalne. Realizowane są kontrole podstawowe, kontrole sprawdzające oraz kontrole interwencyjne podejmowane w wyniku skarg i interwencji.

Inspekcja przeprowadza co roku szereg cykli kontrolnych, których zadaniem jest ustalenie przestrzegania wymagań ochrony środowiska przez poszczególne branże lub grupy zakładów. Skontrolowano, między innymi, przestrzeganie prawa w postępowaniu z odpadami azbestowymi, przestrzeganie wymogów ochrony środowiska przez zakłady branży mięsnej, przestrzeganie tych wymagań w procesie spalania odpadów niebezpiecznych, a także ocenę zgodności z prawem wydawanych przez organy samorządowe decyzji określających warunki korzystania ze środowiska, oraz przestrzeganie przez jednostki organizacyjne obowiązku wnoszenia opłat za gospodarcze korzystanie ze środowiska. Organy Inspekcji Ochrony Środowiska przeprowadzają rocznie ponad 16 tys. kontroli w ok. 13 tys. podmiotów korzystających ze środowiska. W ewidencji wojewódzkich inspektoratów ochrony środowiska znajduje się ponad 46 tys. zakładów.

Inspekcja przeprowadziła również rozpoznanie dotyczące gospodarki wodno-ściekowej we wszystkich polskich miastach powyżej 10 tys. mieszkańców (431). Stwierdzono, że 67 miast nie posiada w ogóle sieci kanalizacyjnej,

40 miast jest skanalizowanych tylko częściowo, w 82 miastach nie ma oczyszczalni ścieków komunalnych, w 44 miastach występuje zarówno brak sieci kanalizacyjnej, jak i komunalnej oczyszczalni ścieków. Na 347 miast, które posiadają komunalne oczyszczalnie ścieków w 122 przypadkach ścieki odprowadzane były z naruszeniem warunków pozwolenia wodno-prawnego, natomiast w 14 miastach ścieki z oczyszczalni odprowadzane są bez pozwolenia wodno-prawnego.

Za przekroczenia określonych w administracyjnych pozwoleniach, dopuszczalnych wielkości emisji zanieczyszczeń do środowiska wszczynane jest – wobec podmiotów gospodarczych – postępowanie administracyjne, w toku którego w trybie przewidzianym przepisami ochrony środowiska wymierzane są kary pieniężne. W 2001 r. nałożono kary na łączną kwotę 270,5 mln zł.

Wymierzanie kar służy głównie wymuszaniu przestrzegania wymogów ochrony środowiska, w tym również podejmowaniu przez podmioty gospodarcze proekologicznych przedsięwzięć i inwestycji. Podmiotom, które realizują inwestycje proekologiczne mające usunąć przyczynę wymierzenia kary, terminy płatności łącznych kar pieniężnych, na wniosek tych podmiotów, mogą być odraçzane do czasu oddania inwestycji do eksploatacji (nie dłużej jednak niż na 5 lat). Po potwierdzeniu uzyskanych efektów ekologicznych kary pieniężne zmniejszane są o wielkość środków poniesionych na realizację tych inwestycji (w przypadku odpadów kara umarzana jest w całości). W przeciwnym wypadku, tj. jeżeli inwestycje nie zostały wykonane i oddane do użytku lub nie przyniosły zakładanych efektów ekologicznych, kara staje się wymagalna i zostaje podwyższona zgodnie z przepisami. Odracanie kar jest bardzo skutecznym instrumentem stymulującym. Ponad 90% podmiotów, które podjęły się realizacji proekologicznych inwestycji wywiązuje się terminowo z tego zobowiązania.

#### Państwowy Monitoring Środowiska

Podstawowym zadaniem Inspekcji realizowanym w ramach systemu Państwowego Monitoringu Środowiska jest pozyskiwanie, gromadzenie i przetwarzanie danych o środowisku oraz powszechne udostępnianie tych informacji.

Badania jakości środowiska są prowadzone w:

- **sieci krajowej** – obejmującej monitorowanie głównych elementów środowiska, z uwzględnieniem zobowiązań międzynarodowych wynikających z podpisanych przez Polskę umów i konwencji; zadania mają umożliwić ocenę skuteczności działań podejmowanych w skali kraju na rzecz ochrony środowiska,
- **sieciach regionalnych**, których zadaniem jest monitorowanie głównych elementów środowiska, na obszarze województwa (sieci wojewódzkie) lub kilku województw (sieci międzywojewódzkie) dla oceny wojewódzkich i międzywojewódzkich działań podejmowanych na rzecz ochrony środowiska,
- **sieciach lokalnych**, których zadaniem jest monitorowanie wybranych elementów środowiska istotnych z uwagi na lokalne uwarunkowania.

Zbierane są informacje w następujących podsystemach:

- monitoring powietrza,
- monitoring wód powierzchniowych:
  - monitoring rzek,
  - monitoring Morza Bałtyckiego,
  - monitoring jezior,
  - monitoring zbiorników zaporowych,
- monitoring wód podziemnych,
- monitoring gleb,
- monitoring odpadów,
- monitoring hałasu,
- monitoring promieniowania jonizującego,
- monitoring pól elektromagnetycznych,
- monitoring lasów,
- monitoring przyrody,
- zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego.

W poszczególnych podsystemach badania prowadzone są cyklicznie, w oparciu o szczegółowe programy, w których określono zakres pomiarowy, częstotliwość badań oraz lokalizację punktów pomiarowych. Badania monitoringowe prowadzone są przez wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska, organy administracji, szkoły wyższe, instytuty naukowo-badawcze i podmioty gospodarcze. Wyniki badań są weryfikowane a następnie gromadzone w bazach danych. W celu oceny jakości poszczególnych komponentów dane pomiarowe przyrównuje się do wartości dopuszczalnych określonych w odpowiednich aktach prawnych lub ustalonych dla potrzeb monitoringu.

Koordynatorem Państwowego Monitoringu Środowiska jest Główny Inspektor Ochrony Środowiska.

### Poważne awarie

Podstawowe zadania Inspekcji w sprawach poważnych awarii (nadzwyczajnych zagrożeń środowiska) to tworzenie warunków mających na celu przeciwdziałanie powstawaniu awarii oraz usuwanie ich skutków i przywrócenie środowiska do stanu właściwego.

Zadania te realizowane są m.in. poprzez:

- identyfikowanie podmiotów obracających substancjami niebezpiecznymi,
- prowadzenie szkoleń administracji publicznej oraz podmiotów gospodarczych,
- uczestniczenie we wdrażaniu zadań wynikających ze zobowiązań międzynarodowych Polski, w zakresie transgranicznych skutków awarii przemysłowych,
- uczestniczenie w prowadzonych przez inne organy akcjach ratowniczych,
- prowadzenie nadzoru nad usuwaniem skutków awarii.

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska prowadzi krajowy rejestr potencjalnych sprawców poważnych awarii (nadzwyczajnych zagrożeń środowiska). W ewidencji znajdują się instalacje przemysłowe, jednostki obracające substancjami niebezpiecznymi, w tym obiekty, dla których wymagane jest wykonywanie raportów bezpieczeństwa i planów operacyjno-ratowniczych. 31 grudnia 2001 r. w rejestrze było 988 podmiotów, w tym 109 zakładów o zwiększonym ryzyku oraz 77 zakładów o dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej.

Rocznie organy Inspekcji przeprowadzają ponad 1,2 tys. kontroli potencjalnych sprawców poważnych awarii.

Kontrole prowadzone są wspólnie z Państwową Strażą Pożarną, Policją oraz administracją samorządową.

### Laboratoria

Inspekcja Ochrony Środowiska dysponuje nowoczesnym zapleczem analityczno-pomiarowym, które gwarantuje wysoki poziom badań i pomiarów w zakresie związanym z realizacją ustawowych zadań. W trakcie organizacji Inspekcji położony został znaczny nacisk na stworzenie silnego, dobrze wyposażonego i wiarygodnego zaplecza pomiarowego. W laboratoriach Inspekcji Ochrony Środowiska został wdrożony system jakości w zakresie wymagań określonych normą PN-EN 45001, a obecnie wynikających z normy PN-EN ISO/IEC 17025:2001. **Wszystkie laboratoria WIOŚ uzyskały certyfikat Polskiego Centrum Akredytacji.** Baza pomiarowa Inspekcji jest ciągle modernizowana dzięki finansowemu wsparciu NFOŚiGW, funduszy wojewódzkich a także funduszowi PHARE. Pozwoliło to na odejście od konwencjonalnych metod pomiarowych na rzecz nowoczesnych, wydajnych technik instrumentalnych.

### Współpraca międzynarodowa

Inspekcja Ochrony Środowiska realizuje zadania w zakresie współpracy zagranicznej wynikające z konwencji oraz wielostronnych lub bilateralnych umów międzynarodowych. Podstawowe obszary tej współpracy to:

- udział w procesach integracyjnych z Unią Europejską,
- udział w pracach wynikających z wdrażania konwencji i wielostronnych umów międzynarodowych,
- realizacja zadań dotyczących współpracy dwustronnej.

IOŚ aktywnie współpracuje z Europejską Agencją Środowiska. Wykonywanych jest szereg zadań, polegających m.in. na pozyskiwaniu, przetwarzaniu i przekazywaniu danych krajowych do raportów opracowywanych przez Agencję. Rozwijane są struktury polskiej części EIONET (w tym sieci pomiarowe EUROAIRNET, EUROWATERNET i bazy danych). Współpraca z Agencją kontynuowana jest w zakresach obejmujących emisję, jakość powietrza, jakość wód śródlądowych, ochronę przyrody i powierzchnię ziemi.

Inspekcja współpracuje także z Europejską Siecią ds. Wdrażania i Egzekucji Prawa Ochrony Środowiska – IMPEL, której głównym zadaniem jest ujednoczenie zasad wydawania pozwoleń na korzystanie ze środowiska i sposobu prowadzenia kontroli przestrzegania prawa ekologicznego. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska kontynuował również współpracę z krajami sieci AC-IMPEL (bliźniaczej organizacji sieci IMPEL skupiającej kraje stowarzyszone).

Wypełniając zadania wynikające z Konwencji Bazylijskiej o kontroli transgranicznego przemieszczania i usuwania odpadów niebezpiecznych, Główny Inspektor Ochrony Środowiska wykonuje obowiązki „Competent Body” w ramach tej konwencji, kontrolując transgraniczne przemieszczanie odpadów.

Przedstawiciele Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska biorą udział w pracach grupy roboczej działającej w ramach Polsko-Niemieckiej Komisji Sąsiedzkiej ds. Współpracy w Dziedzinie Ochrony Środowiska. Komisja



zajmuje się stanem prac nad ratyfikacją Konwencji w sprawie transgranicznych skutków awarii przemysłowych oraz sprawami dotyczącymi wdrożenia ustaleń Dyrektywy Seveso II – kontrola niebezpieczeństwa poważnych wypadków związanych z substancjami niebezpiecznymi. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska opracował wykaz jednostek gospodarczych – potencjalnych sprawców awarii przemysłowych w obszarze 15 km od granicy z RFN, z uwzględnieniem wymogów Dyrektywy Seveso II.

Ponadto Główny Inspektorat Ochrony Środowiska bierze udział w działaniach OECD – Organizacji ds. Współpracy Gospodarczej i Rozwoju, w obszarze monitoringu środowiska i inspekcji. W ramach Grupy Roboczej ds. Informacji i Prognoz Środowiskowych OECD, omawiane są m.in. zagadnienia efektywności polityki ekologicznej państwa w oparciu o ustalone zestawy wskaźników i odpowiednie ukierunkowanie strategii raportowania o problemach środowiskowych.

### Informowanie

Informowanie organów administracji publicznej oraz społeczeństwa o stanie środowiska jest ustawowym obowiązkiem Inspekcji Ochrony Środowiska. Wykonując to zadanie Główny Inspektor Ochrony Środowiska oraz wojewódzcy inspektorzy opracowują i wydają szereg materiałów w postaci raportów, biuletynów i komunikatów. W serii wydawniczej „Biblioteka Monitoringu Środowiska”, która cieszy się bardzo dużym zainteresowaniem, dotychczas ukazało się ponad 500 publikacji. Główny Inspektor Ochrony Środowiska co kilka lat publikuje raport „Stan

środowiska w Polsce”. Wojewódzcy inspektorzy co 2 lata wydają raporty o stanie środowiska w poszczególnych województwach. Ponadto wojewódzkie inspektoraty opracowują raporty cząstkowe zawierające informacje o poszczególnych komponentach środowiska oraz opracowania dotyczące zagrożeń występujących na terenach gmin, powiatów, zlewni rzek itp.

W celu ułatwienia dostępu do informacji o środowisku Główny Inspektorat Ochrony Środowiska oraz wojewódzkie inspektoraty opracowały i udostępniły strony www w sieci Internet.

Adres Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska:  
[www.pios.gov.pl](http://www.pios.gov.pl)

Adresy wojewódzkich inspektoratów ochrony środowiska:

w Wrocławiu	– <a href="http://www.wroclaw.pios.gov.pl">www.wroclaw.pios.gov.pl</a>
w Bydgoszczy	– <a href="http://www.wios.bydgoszcz.pl">www.wios.bydgoszcz.pl</a>
w Lublinie	– <a href="http://www.wios.lublin.pl">www.wios.lublin.pl</a>
w Krakowie	– <a href="http://www.krakow.pios.gov.pl">www.krakow.pios.gov.pl</a>
w Warszawie	– <a href="http://www.wios.warszawa.pl">www.wios.warszawa.pl</a>
w Rzeszowie	– <a href="http://www.wios.rzeszow.pl">www.wios.rzeszow.pl</a>
w Białymstoku	– <a href="http://www.wios.bialystok.pl">www.wios.bialystok.pl</a>
w Gdańsku	– <a href="http://www.gdansk.wios.gov.pl">www.gdansk.wios.gov.pl</a>
w Katowicach	– <a href="http://www.katowice.pios.gov.pl">www.katowice.pios.gov.pl</a>
w Kielcach	– <a href="http://www.kielce.pios.gov.pl">www.kielce.pios.gov.pl</a>
w Olsztynie	– <a href="http://www.olsztyn.pios.gov.pl">www.olsztyn.pios.gov.pl</a>
w Poznaniu	– <a href="http://www.poznan.pios.gov.pl">www.poznan.pios.gov.pl</a>
w Szczecinie	– <a href="http://www.wios.szczecin.pl">www.wios.szczecin.pl</a>
w Opolu	– <a href="http://www.opole.pios.gov.pl">www.opole.pios.gov.pl</a>
w Zielonej Górze	– <a href="http://www.zgora.pios.gov.pl">www.zgora.pios.gov.pl</a>

# Źródła finansowania ochrony środowiska w Polsce



## 20. ŹRÓDŁA FINANSOWANIA OCHRONY ŚRODOWISKA W POLSCE

Przemysław Gruszecki

Ochrona środowiska w Polsce finansowana jest z wielu źródeł. Fundusze te pochodzą bezpośrednio ze środków własnych podmiotów gospodarczych, gmin, budżetu państwa, krajowych i międzynarodowych instytucji finansowych oraz programów pomocowych Unii Europejskiej (m.in. PHARE). Istotny udział w finansowaniu inwestycji w dziedzinie ochrony środowiska ma także Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej wraz z wojewódzkimi, powiatowymi i gminnymi funduszami ochrony środowiska i gospodarki wodnej.

Całkowite nakłady na ochronę środowiska w Polsce wyniosły (w cenach bieżących) w 2001 roku 6,17 mld złotych, zaś w 1990 roku 415 mln złotych. Z analizy wysokości ogólnych wydatków poniesionych w latach 1990-2001 widać tendencję wzrostową w latach 1990-1998 oraz spadek nakładów inwestycyjnych przypadający na lata 1999-2001. Strukturę wydatków na inwestycje w ochronie środowiska poniesionych w latach 1997-2001 przedstawiają tabele 20.1. i 20.2.

Od 1997 roku systematycznie malał udział środków budżetowych w nakładach na inwestycje w ochronie środowiska. W 1997 roku z budżetu państwa przeznaczono na środowisko 558,9 mln zł, natomiast 252,9 mln zł w 2001 r. co oznaczało spadek o ok. 54%. Dominującą pozycją w strukturze wydatków były środki własne przedsiębiorstw oraz środki finansowe pochodzące z funduszy ekologicz-

Tabela 20.1. Nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska według źródeł finansowania w mln zł (ceny bieżące). Źródło: GUS.

ŹRÓDŁA FINANSOWANIA	1997	1998	1999	2000	2001
w milionach złotych					
<b>Ogółem</b>	<b>7354,2</b>	<b>9018,7</b>	<b>8584,9</b>	<b>6570,3</b>	<b>6168,9</b>
Środki własne (przedsiębiorstw i gmin)	3456,5	4527,4	3966,2	3508,5	3195,4
Środki z budżetu:					
centralnego	220,6	234,5	171,7	144,6	123,4
województwa	205,9	189,4	120,2	105,1	61,7
powiatu	-	-	-	13,1	18,5
gminy (współdział)	132,4	153,3	154,5	92,0	49,3
Środki z zagranicy	279,5	658,4	506,5	256,2	197,4
Fundusze ekologiczne (pożyczki, kredyty i dotacje)	1242,9	1461,0	2111,9	1314,1	1462,0
Kredyty i pożyczki krajowe (w tym bankowe)	1213,4	1127,3	1107,5	768,7	746,4
Inne środki (w tym nakłady niesfinansowane)	603,0	667,4	446,4	368,0	314,6

Tabela 20.2. Nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska według źródeł finansowania w % (ceny bieżące). Źródło: GUS.

WYSZCZEGÓLNIENIE	1997	1998	1999	2000	2001
w % ogółem					
<b>Ogółem</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Środki własne (przedsiębiorstw i gmin)	47,0	50,2	46,2	53,4	51,8
Środki z budżetu:					
centralnego	3,0	2,6	2,0	2,2	2,0
województwa	2,8	2,1	1,4	1,6	1,0
powiatu	-	-	-	0,2	0,3
gminy (współdział)	1,8	1,7	1,8	1,4	0,8
Środki z zagranicy	3,8	7,3	5,9	3,9	3,2
Fundusze ekologiczne (pożyczki, kredyty i dotacje)	16,9	16,2	24,6	20,0	23,7
Kredyty i pożyczki krajowe (w tym bankowe)	16,5	12,5	12,9	11,7	12,1
Inne środki (w tym nakłady niesfinansowane)	8,2	7,4	5,2	5,6	5,1

nych oraz banków. Utrzymujący się do 1999 roku na stałym poziomie udział budżetów gmin w finansowaniu inwestycji w dziedzinie środowiska, spadł w latach 2000-2001 o 68% w porównaniu z rokiem 1999.

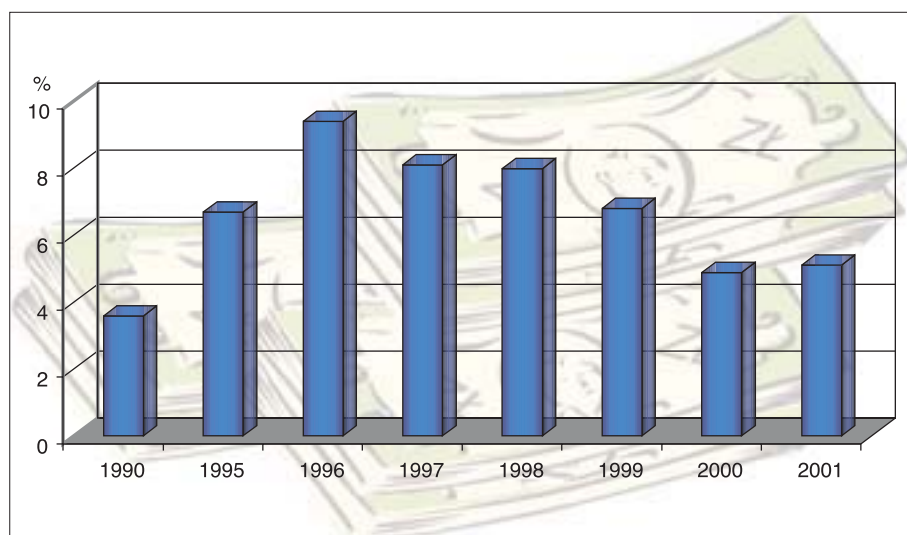
Wysokość nakładów inwestycyjnych na ochronę środowiska i ich udział w nakładach inwestycyjnych w gospodarce narodowej oraz udział w produkcie krajowym brutto przedstawiają rysunki 20.1. i 20.2.

W roku 1990 udział funduszy na ochronę środowiska stanowił 3,6% wszystkich nakładów inwestycyjnych w gospodarce narodowej (0,7% PKB) a w roku 1996 udział ten osiągnął poziom 9,4% (1,6% PKB). Od roku 1997 można zaobserwować stały spadek udziału nakładów na inwestycje w ochronę środowiska. W roku 2000 udział nakładów inwestycyjnych na ochronę środowiska spadł do 4,9% ogółu nakładów finansowych i rzeczowych w gospodarce narodowej (0,9% PKB). W roku 2001 zaobserwowano mały, wynoszący zaledwie 0,2 punktu procentowego wzrost udziału inwestycji w ochronę środowiska w całości nakładów w gospodarce, ale ich udział w PKB spadł do poziomu 0,8%. Nadmienić przy tym należy, że od 1996 r. zmieniono klasyfikację kierunków inwestowania, przez co dane te są nieporównywalne z latami poprzednimi.

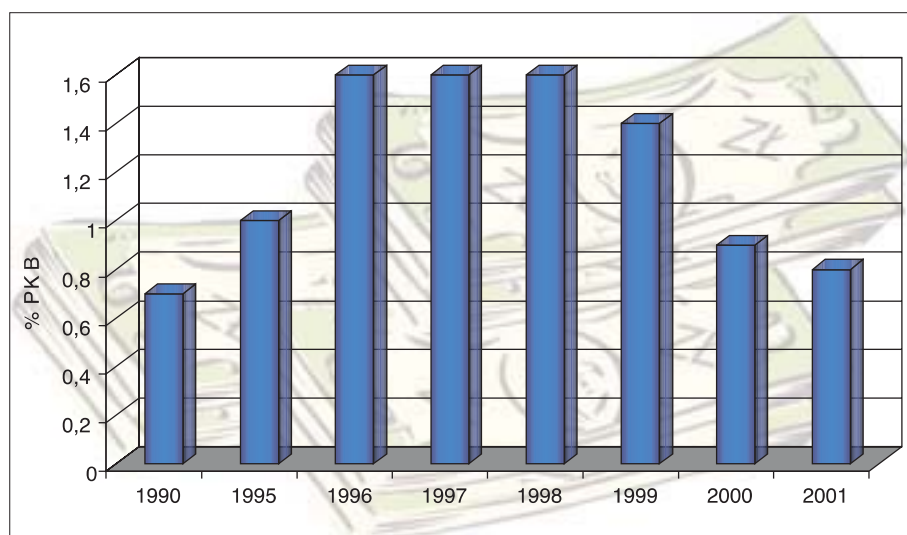
Wszystkie przedstawione dane uwzględniają środki inwestycyjne przeznaczone na ochronę wód i gospodarkę ściekową, ochronę powietrza atmosferycznego i klimatu, gospodarkę odpadami, ochronę gleb i wód podziemnych, ochronę różnorodności biologicznej i krajobrazu, zmniejszenie hałasu i wibracji oraz ochronę przed promieniowaniem jonizującym. Strukturę nakładów inwestycyjnych przedstawia tabela 20.3.

Przedstawione dane wskazują na zachodzące w kolejnych latach zmiany w wielkości środków wydatkowanych na poszczególne cele. Nadal największe kwoty wydatkowane są na zagadnienia związane z gospodarką wodno-ściekową i ochroną powietrza, co skutkuje osiągnięciem wyraźnie zauważalnych efektów.

Inwestycje podejmowane na rzecz ochrony środowiska finansowane są przez liczne instytucje krajowe. Do najważniejszych zaliczają się fundusze ekologiczne – Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, wojewódzkie, powiatowe i gminne fundusze ochrony środowiska i gospodarki wodnej, które tworzone są z opłat za gospodarcze korzystanie ze środowiska i wprowadzenie w nim zmian oraz z kar za nieprzestrzeganie wymagań ochrony środowiska. Zasady wspomagania inwestycji w zakre-



Rys. 20.1. Udział nakładów inwestycyjnych na ochronę środowiska w nakładach inwestycyjnych w gospodarce narodowej w latach 1990-2001. Źródło: GUS.



Rys. 20.2. Udział nakładów inwestycyjnych na ochronę środowiska w produkcie krajowym brutto w latach 1990-2001. Źródło: GUS.

Tabela 20.3. Struktura nakładów inwestycyjnych na ochronę środowiska w latach 1990-2001 w mln zł (ceny bieżące).

Źródło: GUS.

WYSZCZEGÓLNIENIE	1990	1996	1997	1998	1999	2000	2001
w milionach złotych							
<b>Ogółem</b>	<b>415,2</b>	<b>6137,9</b>	<b>7354,2</b>	<b>9018,7</b>	<b>8584,9</b>	<b>6570,3</b>	<b>6168,9</b>
Ochrona powietrza atmosferycznego i klimatu	126,8	3591,9	3746,9	4643,6	4042,2	2417,8	2157,3
Gospodarka ściekowa i ochrona wód	200,6	2160,5	2982,5	3425,8	3765,2	3341,2	3277,3
W tym:							
oczyszczanie ścieków komunalnych	68,4	968,6	1277,5	1325,7	1471,0	1161,8	1205,5
sieć kanalizacyjna	-	962,6	1330,5	1567,1	1752,3	1902,2	1782,7
systemy obiegowe zasilania wodą	-	23,3	48,3	46,4	140,0	45,8	5,9
Gospodarka odpadami, ochrona gleb i wód podziemnych	86,4	362,7	510,5	824,3	703,5	650,6	463,9
Ochrona różnorodności biologicznej i krajobrazu	0,9	8,5	2,6	8,2	6,8	4,0	6,7
Zmniejszenie hałasu i wibracji	0,5	14,1	20,7	36,6	16,2	47,3	31,5
Ochrona przed promieniowaniem jonizującym	-	0,2	0,3	0,6	0,8	0,3	0,1

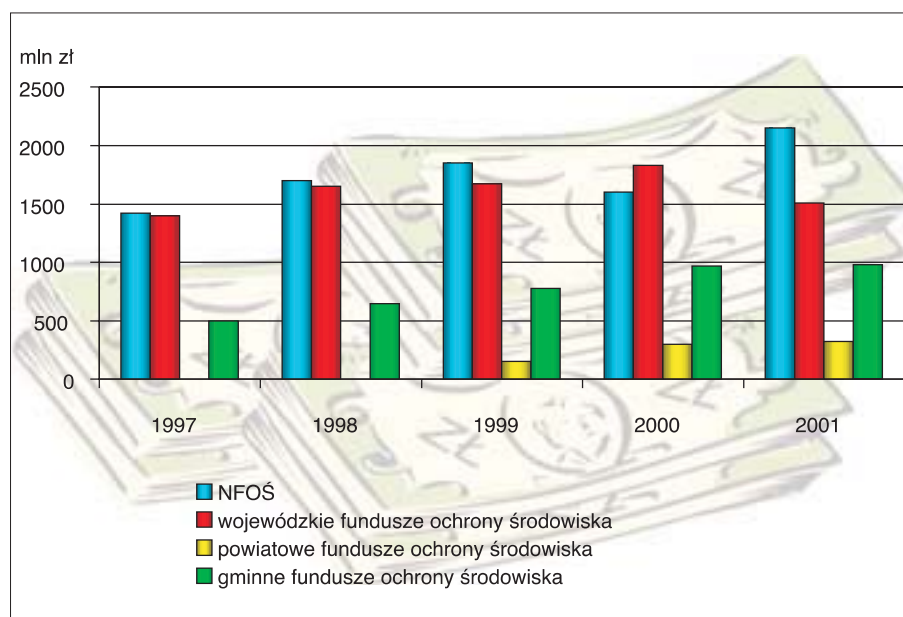
sie ochrony środowiska przez fundusze zostały określone w ustawie – Prawo ochrony środowiska. Zasady te ulegają corocznie doprecyzowaniu poprzez określanie priorytetów finansowania zadań na dany rok. Pozwala to na ukierunkowanie pomocy finansowej na te dziedziny ochrony środowiska, które wymagają wzmoczonego wysiłku inwestycyjnego.

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) jest jedną z ważniejszych instytucji wspierających realizację zadań wynikających z polityki ekologicznej państwa. Za pomocą różnorodnych form finansowania stymuluje realizację przedsięwzięć służących ochronie środowiska. Dzięki działalności NFOŚiGW powstało wiele obiektów, które nie zostałyby zrealizowane bez preferencyjnego dofinansowania. NFOŚiGW wspiera również działania proekologiczne mające na celu dostosowanie do standardów Unii Europejskiej. Łączna pomoc finansowa na inwestycje w ochronie środowiska udzielona w 2001 roku wyniosła 1,7 mld złotych (w tym kredyty udzielane ze środków Narodowego Funduszu). Największe ilości umów oraz

największe kwoty umów zakończonych i zawartych w 2001 roku przez Fundusz dotyczyły trzech dziedzin ochrony środowiska: poprawy jakości powietrza, polepszenia jakości wód i usprawnienie gospodarki odpadami.

Działania proekologiczne finansowane są również przez wojewódzkie, powiatowe i gminne fundusze ochrony środowiska i gospodarki wodnej. W latach 1996-2001, fundusze dyspozycyjne będące w gestii gminnych i od 1999 roku powiatowych funduszy ochrony środowiska były znacznie niższe od środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz funduszy wojewódzkich. Wielkości środków będących w dyspozycji funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej w latach 1996-2001 przedstawiono na rys. 20.3.

Działania proekologiczne w Polsce finansowane są przy znacznym udziale Banku Ochrony Środowiska S.A. W 2001 roku, Bank Ochrony Środowiska udzielił, we współpracy z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, 180 kredytów proekologicznych na łączną sumę 146 milionów złotych. Ilość kredytów udzielanych



Rys. 20.3. Wielkość środków dyspozycyjnych funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej w latach 1996-2001. Źródło: GUS.

w latach 1996-2001 miała tendencję spadkową. W 1996 roku udzielono 3439 kredytów na łączną kwotę 531,0 mln zł. a w 1998 roku 690 kredytów na łączną sumę 179,3 mln złotych. W roku 1999 spadek ilości przyznanych kredytów w porównaniu do 1996 r. wyniósł 27,5% a w 2001 r. aż 39%; jednocześnie jednak w 2001 roku wzrosła (po raz pierwszy od 1997 roku) ich wartość. Zmiany wartości kredytów udzielonych w latach 1996-2001 przez BOŚ S.A. przedstawiono w tabeli 20.4.

Bank Ochrony Środowiska udzielał także kredytów we współpracy z wojewódzkimi funduszami ochrony środowiska i gospodarki wodnej. Ich liczba i wartość stale rosła do 1999 r., natomiast od 2000 r. spada (tab. 20.5.). W 2001 roku udzielono 602 kredyty na łączną sumę 18,2 mln zł. We wszystkich omawianych latach najwięcej pobieranych w BOŚ S.A. kredytów przeznaczanych było na ochronę powietrza.

Kolejną instytucją udzielającą dotacji na inwestycje w zakresie ochrony środowiska jest Fundacja „Ekofundusz” współfinansująca zadania inwestycyjne ze środków pozyskanych w ramach ekokonwersji. Wielkość środków wy-

datkowanych przez „Ekofundusz” jest uzależniona od wielkości środków budżetowych przeznaczonych na inwestycje w zakresie ochrony środowiska oraz wielkości umorzonego długu przez kraje zainteresowane ekokonwersją. Największe wpływy „Ekofundusz” odnotował w 2001 roku (34,6 miliona dolarów USA) i były one o około 9% wyższe od wpływów z 2000 roku (przyrost o ok. 24% w porównaniu do poziomu z 1996 roku). „Ekofundusz” sfinansował w ochronie środowiska 452 projekty w latach 1996-2001, na łączną kwotę 154,6 mln dolarów USA.

Największy procentowy udział w wydatkowanych z „Ekofunduszu” dotacjach miały inwestycje na ochronę Bałtyku (jedynie więcej środków przeznaczono w 1999 r. na ochronę powietrza, a w 1998 roku na klimat). Kierunki wydatkowania dotacji w latach 1996-2001 przedstawia tabela 20.6.

Programy pomocowe Unii Europejskiej stanowiły ponad 50% wszystkich środków na ochronę środowiska przyznanych Polsce z zagranicy w latach 1991-2001. Jeżeli zaś wziąć pod uwagę jedynie pomoc, która była administrowana przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska

Tabela 20.4. Wartość kredytów proekologicznych udzielonych przez Bank Ochrony Środowiska S.A. we współpracy z NFOŚ w latach 1996-2001. Źródło: GUS.

KIERUNKI PRZEZNACZENIA	Wartość w milionach złotych					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ochrona powietrza	205,7	443,1	38,5	6,4	24,3	71,3
Ochrona wody	267,2	173,7	80,7	137,0	61,5	58,6
Ochrona ziemi	34,2	54,1	37,3	8,2	12,8	12,7
Ochrona przyrody	6,0	5,2	20,0	-	-	-

Tabela 20.5. Wartość kredytów proekologicznych udzielonych przez Bank Ochrony Środowiska S.A. we współpracy z wojewódzkimi funduszami ochrony środowiska i gospodarki wodnej. Źródło: GUS.

KIERUNKI PRZEZNACZENIA	Wartość w milionach złotych					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Ogółem</b>	<b>33,7</b>	<b>25,6</b>	<b>57,3</b>	<b>56,4</b>	<b>33,3</b>	<b>18,2</b>
Ochrona powietrza	28,7	8,1	28,4	40,2	23,3	12,4
Ochrona wody	4,7	15,9	25,9	13,9	8,7	2,1
Ochrona ziemi	0,3	1,6	2,7	2,3	1,1	3,3
Ochrona przyrody	-	-	-	-	-	-

Tabela 20.6. Kierunki wydatkowania dotacji z Ekofunduszu. Źródło: GUS.

WYSZCZEGÓLNIENIE	1996		1998		1999		2000		2001	
	Liczba proj.	mln zł	Liczba proj.	mln zł	Liczba proj.	mln zł	Liczba proj.	mln zł	Liczba proj.	mln zł
<b>Ogółem</b>	<b>60</b>	<b>58,4</b>	<b>70</b>	<b>91,9</b>	<b>109</b>	<b>105,3</b>	<b>85</b>	<b>134,2</b>	<b>128</b>	<b>151,6</b>
Ochrona powietrza	2	12,1	4	15,7	3	31,1	2	34,1	4	24,3
Ochrona Bałtyku	6	20,6	7	26,2	12	26,9	4	38,8	20	24,1
Ochrona klimatu	32	17,3	24	29,2	38	23,2	34	30,2	46	67,3
Różnorodność biolog.	20	8,4	34	19,2	54	21,7	39	24,6	52	25,5
Zagospod. odpadów	-	-	-	-	2	2,4	6	6,6	6	10,4

Tabela 20.7. Administrowana przez NFOŚiGW pomoc zagraniczna zrealizowana w Polsce w latach 1991-2001, w zakresie ochrony środowiska (według źródeł pochodzenia).

WYSZCZEGÓLNIENIE	Liczba projektów	Wartość projektów w mln USD
<b>Ogółem</b>	<b>578</b>	<b>850,6</b>
Unia Europejska: Program PHARE	143	137,2
Fundusz ISPA	22	508,0
Belgia	6	2,2
Dania	191	76,6
Finlandia	87	17,4
Holandia	36	34,2
Japonia	3	4,4
Norwegia	26	4,7
Niemcy	2	9,4
Szwajcaria	5	5,3
Szwecja	33	13,1
USA	10	36,6
Wielka Brytania	14	1,6

i Gospodarki Wodnej, to okaże się, że wielkość dotacji z programów PHARE i ISPA wynosiła 75,8% wszystkich dotacji przyznanych Polsce w ramach pomocy zagranicznej w latach 1991-2001.

Ponad 67% pomocy udzielonej przez zagranicę została przeznaczona na realizację projektów związanych z ochroną wód i gospodarką wodną. Udział pozostałych dziedzin przedstawiono na rys. 20.4.

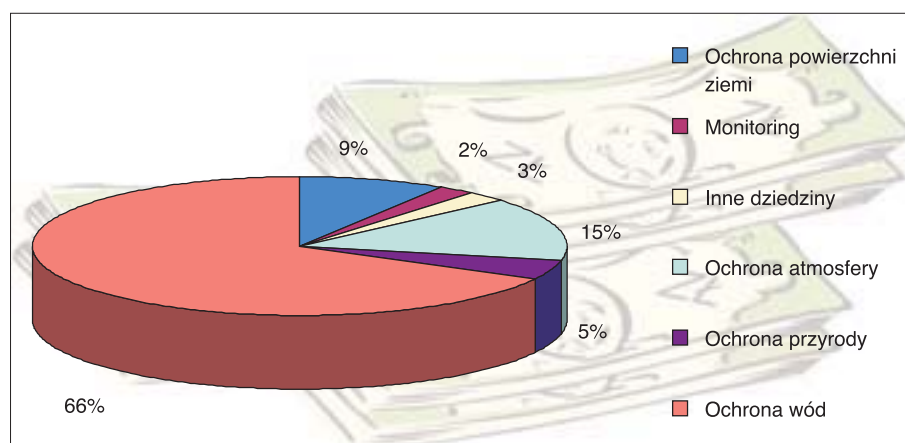
Dla realizacji celów średnio- i długookresowych określonych w Drugiej Polityce Ekologicznej Państwa niezbędne będzie zahamowanie i odwrócenie obserwowanego obecnie trendu ograniczenia środków inwestycyjnych na realizację niezbędnych przedsięwzięć chroniących środowisko, jak również zwiększenie niezbędnych nakładów bieżących na eksploatację i utrzymanie urządzeń i instalacji chroniących środowisko.

Środki finansowe niezbędne dla realizacji powyższych celów muszą pochodzić z różnych źródeł, w tym z wydatków ponoszonych przez wszystkich użytkowników środowiska; w szczególności z zakładów przemysłowych ale również od obywateli, którzy wnoszą opłaty za dostawę wody, odprowadzanie ścieków, opłaty za wywóz odpadów jak również kupują produkty konsumpcyjne w których cenie zawarte są opłaty ekologiczne.

Zgodnie z zasadą „zanieczyszczający płaci” docelowo większa część środków finansowych, inwestycyjnych jak i bieżących, przeznaczonych na finansowanie ochrony środowiska powinna pochodzić ze środków gromadzonych przez głównych użytkowników środowiska. Nie oznacza to jednak zwolnienia organów administracji państwowej czy samorządu terytorialnego z obowiązku pozyskiwania i wykorzystania wszystkich możliwych środków na realizację zadań w zakresie ochrony środowiska.

Szczególnie w pierwszym okresie wdrażania nowych ustaw w zakresie ochrony środowiska, które implementują do prawa krajowego regulacje prawne Unii Europejskiej, niezbędna będzie modyfikacja dotychczas obowiązującego systemu opłat i kar za gospodarce korzystanie ze środowiska. Konieczne będzie również usprawnienie systemu pozyskiwania środków pomocy zagranicznej zarówno z programów przedakcesyjnych jak również po uzyskaniu członkostwa w UE środków, które Polska będzie mogła pozyskać np. z funduszy strukturalnych. Nie bez znaczenia będzie również wykorzystanie środków z ekokonwersji, programów pomocy bilateralnej czy innych programów pomocowych prowadzonych przez organizacje międzynarodowe.

W celu skutecznej realizacji inwestycji w zakresie ochrony środowiska konieczne będzie zwiększenie środków finansowych niezbędnych do ich realizacji. Skuteczne wdrożenie obowiązków wynikających z nowych ustaw ekologicznych będzie musiało być związane ze wzrostem środków przeznaczonych na ich realizację i osiągnięciem poziomu finansowania zadań w zakresie ochrony środowiska na poziomie 5-7% produktu krajowego brutto. Osiągnięcie tak wysokiego poziomu finansowania zadań w zakresie ochrony środowiska i jego utrzymanie pozwoli na uzyskanie znacznej poprawy jakości środowiska w Polsce. Pozwoli również na uzyskanie efektów deklarowanych w stanowisku negocjacyjnym w trakcie negocjacji o członkostwo w Unii Europejskiej.



Rys. 20.4. Zrealizowana pomoc zagraniczna przyznana Polsce w latach 1991-2001 (wg dziedzin). Źródło: GUS.

## PODSUMOWANIE

Inspekcja Ochrony Środowiska przedstawia Państwu kolejny, trzeci raport „Stan środowiska w Polsce”. Raport powstał w przełomowym momencie całkowitej przebudowy regulacji prawnych dotyczących ochrony środowiska w Polsce.

W efekcie działań legislacyjnych zostały w Polsce wprowadzone regulacje prawne obowiązujące w krajach członkowskich Unii Europejskiej. Uchwalone ustawy zmieniają dotychczasową filozofię ochrony środowiska, wprowadzają nowe instrumenty prawne oraz obowiązki. Pewne zmiany wynikające z nowych aktów prawnych zostały zasygnalizowane w raporcie przy omówieniu poszczególnych komponentów środowiska oraz przy prezentacji wybranych zagadnień. Nowe regulacje kładą duży nacisk między innymi na powszechny dostęp do informacji o środowisku. Administracja publiczna jest zobowiązana do udostępniania informacji o środowisku, a wydanie niniejszego Raportu jest wypełnieniem tego obowiązku.

Obecne wydanie Raportu prezentuje ocenę stanu środowiska przyrodniczego w Polsce w odniesieniu do lat 1996-2001. Ocenę jakości większości komponentów przeprowadzono w oparciu o stare wymagania prawne obowiązujące w tym okresie, w tym głównie ustawę z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska oraz ustawę z dnia 24 października 1974 r. – Prawo wodne. Wymogi prawne stanowiące podstawę przeprowadzonych ocen zostały wymienione w poszczególnych rozdziałach. W przypadku ich braku, podano kryteria ocen wypracowane dla potrzeb monitoringowych.

W odróżnieniu od poprzedniego raportu przyjęto jako założenie, że wszystkie zagadnienia dotyczące danego problemu będą omówione całościowo w jednym rozdziale. W rozdziałach omówione zostały poszczególne komponenty środowiska. Zagadnienia o zasięgu globalnym lub o charakterze problemowym zostały wydzielone z rozdziałów dotyczących komponentów i omówione odrębnie. W poszczególnych rozdziałach, tam gdzie było to możliwe, został zastosowany schemat: **presja – stan – przeciwdziałania**. W ramach **presji** omówiono źródła zanieczyszczeń najbardziej typowe dla Polski oraz najbardziej istotne z uwagi na wielkość emisji zanieczyszczeń oraz wywierany wpływ na środowisko. **Stan** zawiera informacje o jakości poszczególnych komponentów środowiska, zachodzących zmianach oraz obserwowanych trendach. Natomiast w ramach **przeciwdziałania** omówiono wybrane zagadnienia dotyczące podejmowanych inicjatyw, zarówno legislacyjnych, jak

i technicznych, które mają zaowocować w pierwszej kolejności ograniczeniem wielkości antropopresji a następną poprawą jakości środowiska. Jednocześnie w raporcie położono duży nacisk na przedstawienie, jeśli było to możliwe, stanu środowiska w Polsce w odniesieniu do jakości środowiska w innych krajach Europy i świata oraz standardów UE. Dokonanie obiektywnych porównań wymagało zastosowania do oceny analogicznych wskaźników, jak stosowane na świecie.

Potencjał gospodarczy pozwala zaliczać nasz kraj do grupy państw wysokorozwiniętych, w których zagrożenia dla środowiska powodowane są głównie przez przemysł, w tym zwłaszcza energetykę, gospodarkę komunalną i transport. Nie ulega wątpliwości, że stopień, rodzaje i znaczenie antropogenicznego zagrożenia są w Polsce silnie zróżnicowane przestrzennie. Zdecydowanie największa presja obserwowana jest na terenach dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych. Również pozostałe tereny, np. trudno dostępne rejony górskie, nie są całkowicie wolne od wpływu różnych form antropopresji, podlegając przykładowo oddziaływaniu zanieczyszczeń powietrza przenoszonych na dalekie odległości.

Mimo to walory przyrodnicze Polski uważane są za bardzo wysokie, zwłaszcza na tle Europy Zachodniej. Liczne, a jednocześnie cenne pod względem przyrodniczym i krajoobrazowym ekosystemy charakteryzuje wysoki poziom różnorodności biologicznej. Miejsce i względnie dobre warunki bytowania znajdują ciągle jeszcze w Polsce rzadkie gatunki roślin i zwierząt, gdzie indziej nieobecne i często zagrożone w skali kontynentu. Powierzchnia obszarów chronionych o zróżnicowanym statusie, obejmujących ponad 1/4 kraju, stawia Polskę pod tym względem na jednym z pierwszych miejsc w Europie. System obszarów chronionych, rozwijany zwłaszcza od połowy lat 80-tych, służy zachowaniu szczególnie cennych, a niekiedy wręcz unikatowych walorów przyrodniczych Polski.

Gospodarcze wykorzystanie większości terytorium naszego kraju ma charakter zdecydowanie ekstensywny, w umiarkowany sposób wpływając na zmiany jakości środowiska. Około 60% powierzchni kraju użytkowane jest rolniczo. Stosunkowo niewielkie zużycie nawozów mineralnych oraz chemicznych środków ochrony roślin nie powoduje istotnego i powszechnie występującego zagrożenia dla środowiska ze strony tej gałęzi gospodarki. Kolejne 28% obszaru kraju stanowią lasy, które sprzyjają utrzymaniu wysokich walorów przyrodniczych i krajoobrazowych środowiska na całym obszarze kraju. Powierzchnia lasów systematycznie rosła w całym okresie powojennym. Również w przyszłości zakłada się wzrost lesistości (do



30% powierzchni kraju do roku 2020 i do 33% do roku 2050). Polskie lasy znajdują się pod presją różnych zagrożeń, zarówno o charakterze naturalnym, jak i antropogenicznym, do najgroźniejszych zagrożeń zaliczyć należy: zanieczyszczenie powietrza, zmiany stosunków wodnych oraz nadmierną penetrację lasów przez ludzi.

W strukturze przemysłu ciągle jeszcze znaczący udział mają gałęzie silnie oddziaływujące na stan środowiska, takie jak przemysł wydobywczy, przetwórstwo surowców mineralnych, czy energetyka. Mimo że w ostatnich latach wydobywanie wielu surowców znacznie zmalało, Polska zajmuje nadal wysokie miejsca wśród krajów o największym poziomie eksploatacji kopalni, w tym zwłaszcza surowców energetycznych.

Na tym tle rośnie znaczenie sektora komunalnego, z ciągle jeszcze nierozwiązanymi problemami gospodarki wodno-ściekowej i odpadowej oraz mniejszych źródeł lokalnych, czy to przestarzałych i źle eksploatowanych kotłowni i ciepłowni, czy też dynamicznie rozwijających się drobnych zakładów usługowych i przetwórczych.

Generalnie można jednak stwierdzić, że równolegle do trwającego od początku lat 90-tych procesu transformacji gospodarki, obserwuje się w Polsce zmniejszenie presji na środowisko i stopniową poprawę jego stanu. Poprawa jakości środowiska stała się możliwa dzięki ograniczeniu energochłonności, wodochłonności i materiałochłonności gospodarki oraz towarzyszącemu tym procesom zmniejszeniu poziomu emisji do środowiska. Znaczną rolę odegrało ograniczenie produkcji przemysłowej, a nawet upadek szeregu zakładów uciążliwego dla środowiska przemysłu wydobywania i przetwórstwa surowców. Obecnie jednak podstawowe znaczenie w utrzymaniu korzystnych trendów ma coraz skuteczniejsze egzekwowanie przepisów ochrony środowiska, jak również oddziaływanie instrumentów ekonomicznych, zwłaszcza systemu opłat i kar.

Skuteczność wprowadzonych na początku lat 90-tych instrumentów prawno-ekonomicznych potwierdza systematyczny spadek emisji  $SO_2$ . Przedsiębiorstwa, m.in. zakłady wytwarzające energię elektryczną i ciepłą, przekonały się, że działania na rzecz ograniczania emisji mogą być opłacalne. Zakłady energetyki zawodowej stosują wysokokaloryczny węgiel o niskiej zawartości siarki a duże zakłady uruchomiły instalację odsiarczania spalin. Specyfika polskiego systemu energetycznego, wykorzystującego jako paliwo głównie węgiel kamienny i brunatny sprawia jednak, że emisja  $SO_2$  z terenu naszego kraju należy do najwyższych w Europie a wskaźnik emisji  $SO_2$  w przeliczeniu na 1 mieszkańca wciąż jeszcze jest wyższy niż średnia europejska. Dwutlenek siarki jest jednym z najbardziej znanych opinii publicznej zanieczyszczeń. Równie znaczące zanieczyszczenie atmosfery stanowią tlenki azotu. Ze względu na wielkość i powszechność emisji oraz właściwości chemiczne, oba zanieczyszczenia oddziałują praktycznie na wszystkie elementy środowiska. Także w przypadku  $NO_2$  w okresie ostatnich dziesięciu lat zaobserwowano w Polsce globalne obniżenie emisji. Dane źródłowe wskazują, że emisja  $NO_2$  ze źródeł stacjonarnych maleje, co jest efektem wyjątkowo ostrych norm emisyjnych dla procesów spalania paliw do celów energetycznych. Obecnie praktycznie wszystkie nowe i modernizo-

wane obiekty energetyczne wyposażane są w tzw. palniki niskoemisyjne, w wydatny sposób ograniczające emisję tlenków azotu. W skali kraju dominujący wpływ na poziom zanieczyszczenia powietrza tlenkami azotu zyskuje jednak w coraz większym stopniu emisja ze źródeł mobilnych, której szybki wzrost niweluje pozytywne efekty użytkiwane w przypadku stacjonarnych źródeł energetycznych. Przyczyniło się do tego znaczne zwiększanie liczby pojazdów i wynikający stąd wzrost zużycia paliw pędnych. Można przypuszczać, że dalszy wzrost liczby pojazdów, z uwagi na wprowadzenie przepisów prawnych określających warunki techniczne, nie spowoduje znaczącego zwiększenia tego wskaźnika.

Należy dodać, że w okresie od 1990 roku zanotowano również znaczący spadek emisji pyłów pochodzących z obiektów energetyki zawodowej.

Pozytywne tendencje w zakresie emisji zanieczyszczeń podstawowych znajdują potwierdzenie w wynikach prowadzonych w ramach monitoringu jakości powietrza. W grupie zanieczyszczeń podstawowych (do których zalicza się dwutlenek siarki, tlenki azotu i pył) najgorsze wyniki notuje się w przypadku pyłu. Mimo wyraźnego spadku krajowej emisji, w wielu miejscach nadal przekraczane są dopuszczalne stężenia pyłu zawieszonego. Przekroczenia norm stężeń pyłu, jak i dwutlenku siarki najczęściej rejestruje się w sezonie grzewczym. Zapylenie powietrza w wielu miastach polskich determinowane jest bowiem przez emisję z tzw. „niskich” źródeł sektora komunalno-bytowego. Dopuszczalne stężenia dwutlenku azotu przekraczane są znacznie rzadziej. Są to sporadyczne przypadki, nawet w tych miastach, gdzie na wysokość mierzonych stężeń w istotny sposób wpływa emisja z pojazdów. Inne rodzaje zanieczyszczeń gazowych emitowane są w ilościach znacznie mniejszych i oddziałują na środowisko przede wszystkim w skali lokalnej.

Do podstawowych komponentów środowiska o ogromnym znaczeniu dla gospodarki i warunków bytowania człowieka, a jednocześnie szczególnie silnie podatnym na szkodliwe oddziaływania należą wody powierzchniowe. Podczas gdy w atmosferze substancje zanieczyszczające stosunkowo łatwo rozprzestrzeniają się i często przenoszone są na dalekie odległości, to wody powierzchniowe, stojące i płynące, stanowią dla większości zanieczyszczeń odbiornik ostateczny. Na jakość wód powierzchniowych wpływają bowiem nie tylko ścieki przemysłowe i komunalne ale także zanieczyszczenia wprowadzane z atmosfery i gruntu. Skumulowane działania w sferze prawno-ekonomicznej, organizacyjnej, technicznej i inwestycyjnej spowodowały, że osiągnięto znaczący postęp w ograniczaniu ładunków zanieczyszczeń oraz zmniejszeniu ogólnej ilości ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych. W ślad za tym zaobserwowano systematyczną, chociaż jeszcze bardzo powolną poprawę stanu jakości wód powierzchniowych. Nadal najpoważniejszym źródłem zanieczyszczenia wód powierzchniowych ściekami przemysłowymi jest sektor górnictwa węgla kamiennego, odprowadzający w górnych dorzeczach Wisły i Odry nadmierne ilości silnie zasolonych wód z odwodnień kopalni.

Analiza danych monitoringowych potwierdza, że przemysł przestał być głównym sprawcą nadmiernego zanie-

czyszczenia rzek i jezior. O kategorii wód pozaklasowych decyduje głównie parametr charakterystyczny dla nieoczyszczonych ścieków komunalnych, tzw. miano coli, a w następnej kolejności oznaczenia wskaźników takich jak chlorofil „a”, fosfor ogólny i azot azotynowy. Wskazuje to, że głównym źródłem nadmiernego zanieczyszczenia polskich wód powierzchniowych jest obecnie gospodarka komunalna.

Stopień zanieczyszczenia rzek determinuje stan jakości polskich wód przybrzeżnych Morza Bałtyckiego. Wielkość ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych przez polskie rzeki do wód morskich, głównie Wisłę i Odrę, ulega okresowym zmianom z tendencją powolnego zmniejszania. Badania wód zatok i strefy przybrzeżnej wskazują na zdecydowanie wyższe stężenia biogenów oraz silniejsze skażenia bakteryjne (sanitarne) niż w wodach morza otwartego, jakkolwiek parametry sanitarne wód przybrzeżnych uległy w ostatnich latach zdecydowanej poprawie.

Ważnym elementem środowiska są wody podziemne, z uwagi na fakt, że stanowią dla przeważającej części mieszkańców Polski główne źródło zaopatrzenia w wodę do picia. Wody podziemne a zwłaszcza przypowierzchniowe wody gruntowe, słabiej izolowane przed przenikaniem zanieczyszczeń z powierzchni ziemi oraz z zanieczyszczonych cieków i zbiorników wodnych, są jednocześnie bardzo dobrym wskaźnikiem poziomu presji na środowisko. Prowadzone obserwacje monitoringowe nie wykazują istotnych zmian jakości wód podziemnych. Wody wgłębne mają generalnie dobrą jakość, lepszą w porównaniu do wód gruntowych, i znacznie wyższą od jakości wód powierzchniowych. Charakteryzuje je z reguły stabilny skład chemiczny oraz mniejsza podatność na zanieczyszczenia. Natomiast w płytkich, słabo-izolowanych poziomach wodonośnych, z których ciągle jeszcze zaopatrywana jest znaczna część mieszkańców wsi i obszarów podmiejskich, udział wód o niskiej jakości jest znaczący. Obok czynników naturalnych (np. podwyższone stężenia związków żelaza i manganu), jedną z podstawowych przyczyn takiego stanu rzeczy jest nieprawidłowa gospodarka ściekami bytowymi, odprowadzanymi do gruntu bez należytego oczyszczenia. Zanieczyszczenia wód gruntowych związane z oddziaływaniem obiektów przemysłowych występują na znacznie mniejszych obszarach, jakkolwiek w niektórych przypadkach mogą stanowić znacznie poważniejsze zagrożenie dla ludzi oraz lokalnej flory i fauny a także dla położonych niżej warstw wód wgłębnych.

Jednym z najbardziej rozpowszechnionych czynników determinujących jakość środowiska a zwłaszcza poczu-

cie tzw. komfortu środowiskowego jest hałas. Decydujący wpływ na stan klimatu akustycznego środowiska Polski ma zwłaszcza niezwykle dynamiczny rozwój motoryzacji. Narażenie na hałas drogowy wydaje się jednak ulegać obecnie pewnej stabilizacji, a znaczącą poprawę sytuacji może przynieść wyprowadzenie ruchu samochodowego, zwłaszcza tranzytowych przewozów towarowych poza rejony zabudowy mieszkalnej. Zagrożenie hałasem kolejowym jest znacznie mniejsze, a jeszcze mniejszy zasięg ma oddziaływanie hałasu lotniczego. Należy się jednak spodziewać rozwoju transportu lotniczego w Polsce, a w konsekwencji narastania tego rodzaju zagrożenia w nowych terenach.

Duże zaniepokojenie opinii publicznej budzi ostatnio kwestia narażenia ludzi na promieniowanie niejonizujące. Pola elektromagnetyczne występują powszechnie a natężenie ich oddziaływań w ostatnich latach rośnie ze względu na stosunkowo szybki rozwój nowych źródeł. Należy jednak zauważyć, że poziom tła elektromagnetycznego pozostaje wielokrotnie niższy od natężeń, przy których teoretycznie możliwe jest jakiegokolwiek szkodliwe oddziaływanie na organizm ludzki. Polskie normy w tym zakresie uwzględniają stosunkowo duży margines bezpieczeństwa, dzięki czemu dopuszczalne natężenia pól elektromagnetycznych ustalane są na poziomach wielokrotnie niższych, niż przyjmuje się w różnych krajach europejskich.

Na obszarze Polski nie rejestruje się także zagrożeń związanych z podwyższoną radioaktywnością powodowaną przez przedostające się do środowiska zanieczyszczenia promieniotwórcze. Po okresie przejściowego wzrostu natężenia promieniowania jonizującego, spowodowanego awarią reaktora w elektrowni w Czarnobylu sytuacja wróciła obecnie do stanu sprzed tego zdarzenia. Poziom tła promieniowania jonizującego oraz otrzymywane przez mieszkańców Polski dawki nie przekraczały jak dotychczas progów uznawanych za bezpieczne dla zdrowia i życia ludzi.

W niniejszym Podsumowaniu jedynie zasygnalizowano wybrane zagadnienia omówione szczegółowo w treści Raportu.

Oddając niniejszy Raport w Państwa ręce mamy nadzieję, że przyczyni się on znacznie do pogłębienia wiedzy o środowisku i przemianach w nim zachodzących. Jednocześnie przyczyni się do powstania obiektywnego poglądu o kondycji środowiska przyrodniczego oraz pozwoli na ocenę skali inicjatyw podejmowanych w celu poprawy jakości środowiska w Polsce.

## BIBLIOGRAFIA I MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE:

1. II Polityka Ekologiczna Państwa. Rada Ministrów, Warszawa, 2000.
2. Acid Deposition in the United Kingdom 1992–1994. Fourth Report of the Review Group on Acid Rain. AEA Technology plc, Culham, 1997.
3. Bogman F., de Leeuw F.: Air pollution by ozone in Europe in summer 2001. Overview of exceedances of EC ozone threshold values during the summer season April – August 2001. European Environment Agency, 2001.
4. Bojakowska I.: Roczne sprawozdania z monitoringu geochemicznego osadów wodnych w Polsce w 2000 i 2001 r.
5. Bojakowska I.: Wyniki monitoringu geochemicznego osadów wodnych w Polsce w latach 1998–1999. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2000.
6. Borkowski J.: Revaluation of the series of solar UV-B radiation data. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, D-48 (291), 1998.
7. Borkowski J. i inni: Monitoring całkowitej zawartości ozonu w atmosferze oraz natężenia promieniowania UV-B na stacji Belsk. Sprawozdania z prac realizowanych przez IG PAN w latach 1996–2001. Warszawa, 2001.
8. Budna E., Grzybowska K.: *Leśnictwo 2002*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2002.
9. *Climate Change 2001. The Scientific Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
10. Cydzik D., Kudelska D., Soszka H.: *Atlas stanu czystości jezior Polski badanych w latach 1994–1998*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2000.
11. Degórska A., Prządka Z., Śnieżek T.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery na Stacji Puszcza Borecka. Raport roczny 2001 dla GIOŚ/PMŚ, Warszawa, 2002.
12. Degórska M., Rajewska-Więch B., Krzyścin J.: Total ozone deficiencies at Belsk, Poland, during the summer season. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, D-48 (291), 1998.
13. Drugi raport rządowy dla Konferencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 1998.
14. *Environmental Quality Criteria – Coasts and Seas*. Swedish Environmental Protection Agency Report 5052. SEPA, 2000.
15. *Europe's Environment: statistical compendium for the Dobříš assessment*. 1995. European Commission, European Environment Agency, UN/ECE, OECD, WHO, Brussels, Luxembourg.
16. *Forest Condition in Europe – Results of the 2001 Large-scale Survey*, UN/ECE and EC, Geneva and Brussels, 2002.
17. *Fourth Periodic Assessment of the State Marine Environment of the Baltic Sea*, Helcom, 2000.
18. *Global Ozone Research and Monitoring Project. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998*. Report No. 44. World Meteorological Organization, 1999.
19. Głowaciński Z. i inni: *Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce*. PAN, Kraków, 1992.
20. Głowaciński Z. i inni: *Polska czerwona księga zwierząt – Kręgowce*. PWRiL, Warszawa, 2001.
21. Głowaciński Z. i inni: *Polska czerwona księga zwierząt*. PWRiL, Warszawa, 1992.
22. Głowaciński Z. i inni: *Stan fauny kręgowców i wybranych bezkręgowców Polski – wykaz gatunków, ich występowanie, zagrożenie i status ochronny*. PWN, Warszawa–Kraków, 1980.
23. Grabowski D., Kurowski W. i inni: *Skażenia promieniotwórcze środowiska i żywności w Polsce w 2000 r.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2001.
24. Hordejuk T.: *Raporty o stanie jakości wód podziemnych na podstawie badań monitoringowych w sieci krajowej z lat 1991–2001*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2002.
25. <http://eea.eu.int> – strona internetowa Europejskiej Agencji Środowiska.
26. <http://www.acidrain.org> – strona internetowa The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain.

27. <http://www.emep.int> – strona internetowa EMEP.
28. [http://www.europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/pollution/implement\\_rep\\_en.pdf](http://www.europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/pollution/implement_rep_en.pdf) – Implementation report on the Council Recommendation limiting the public exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz).
29. Jagielak J., Biernacka M. i inni: Radiologiczny Atlas Polski 1997. PIOŚ/CLOR, PAA, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1998.
30. James P. M.: A climatology of ozone mini-holes over the northern hemisphere. *Int. J. Climatol.* 18: 1287–1303 (1998).
31. Jones P. D. i inni: Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics* nr 37, 1999.
32. Józwiak M.: Funkcjonowanie wybranego geoekosystemu w Górach Świętokrzyskich w warunkach kwaśnej imisji. *Przegląd Geologiczny* nr 9, 2001.
33. Kajak Z.: *Hydrobiologia – Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych.* PWN, Warszawa, 1998.
34. Kazimierski B., Sadurski A.: Monitoring wód podziemnych w świetle nowych zadań Państwowej Służby Hydrogeologicznej. *Przegląd Geologiczny* nr 8, 2002.
35. Kaźmierczakowa R., Zarzycki K. i inni: *Polska czerwona księga roślin.* Instytut Botaniki PAN, Kraków, 2001.
36. *Key World Energy Statistics.* International Energy Agency. IEA, Paris, 2001.
37. Kois B., Lityńska Z.: The largest cold season ozone deficiencies in the stratosphere over Legionowo as compared to other European stations. *Stratospheric ozone 1999, Proceedings of the Vth European Symposium, 27 September to 1 October 1999, Saint Jean de Luz, France.* W: (N. R. P. Harris, M. Guirlet, G.T. Amanatidis, red.). *Air pollution research report 73.* European Commission, 2000.
38. Kompleksowy Program Gospodarki Odpadami Niebezpiecznymi w regionie Polski południowej opracowany przez konsorcjum Instytutu Gospodarki Odpadami, Instytutu Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach i THERMEX Sp. z o.o. w Krakowie na zlecenie Marszałków województw: śląskiego, małopolskiego, opolskiego.
39. Kondracki J.: *Geografia regionalna Polski.* PWN, Warszawa, 1998.
40. Kostrzewski A., Mazurek M., Stach A.: *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego – Zasady organizacji, system pomiarowy, wybrane metody badań.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1995.
41. Kostrzewski A. i inni: *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Stan geoekosystemów Polski w latach 1994–1997.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1998.
42. Kostrzewski A.: *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Propozycje programowe.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1995.
43. Kowalkowski A., Józwiak M.: Wpływ warunków środowiska na zdrowotność jodły. W: Cieśliński S., Kowalkowski A. (red.), *Monografia Świętokrzyskiego Parku Narodowego, Bodzentyn–Kraków, 2000.*
44. Kruk-Dowgiełło L.: *Przyrodnicza waloryzacja morskich części obszarów chronionych Helcom BSPA, t. 3: Nadmorski Park Krajobrazowy.* CRANGON 7, CBM PAN, Gdynia, 2000.
45. *Kryteria zdrowotne środowiska, t. 137: Pola elektromagnetyczne (300 Hz do 300 GHz).* Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. Jerzego Nofera, Łódź, 1995.
46. Krzywiński W., Miętus M. i inni: *Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku w 2000 roku.* IMGW, Gdynia, 2001.
47. Krzyściński J. W., Degórska M., Rajewska-Więch B.: *Statistical analysis of the Umkehr record from Belsk, Poland, 1963–1997: trends and North Atlantic Oscillations (NAO) impact.* *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.,* D-50 (306), 1999.
48. Kucharski R. J. i inni: *Stan klimatu akustycznego w świetle badań WIOŚ.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1998 i 2002.
49. Kucharski R. J. i inni: *Zanieczyszczenie środowiska hałasem w świetle badań WIOŚ w 1996, 1997, 1999, 2000.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1996, 1997, 1999, 2000.
50. Kucharski R. J.: *Materiały z konferencji i seminariów.*
51. Kudelska D., Cydzik D., Soszka H.: *Wytyczne monitoringu podstawowego jezior.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1994.
52. Larssen S. i inni: *Air Quality in Europe 1999.* European Environment Agency, 2002.
53. *Linie i stacje elektroenergetyczne w środowisku człowieka.* Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A., Warszawa, 1998.
54. Lityńska Z., Łapeta B., Wolska H.: *Indeks UV a człowiek, Akcja COST-713 – Prognoza UV-B.* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2001.
55. Lityńska Z., Kois B. i inni: *Monitoring rozkładu pionowego ozonu, całkowitej zawartości ozonu nad Polską i Europą oraz promieniowania UV-B w Polsce. Sprawozdania z prac realizowanych przez IMGW w latach 1996–2001.*

56. Lorenc H.: Tendencje zmian klimatu Polski. W: Funkcjonowanie geoekosystemów w zróżnicowanych warunkach morfoklimatycznych. Monitoring, ochrona, edukacja. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 2001.
57. Lorenc H.: Monitoring klimatu w Polsce. W: Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Zmiany i zmienność klimatu” Łódź, 4-6 XI 1999.
58. Lorenc H.: Wiatr i jego skala zagrożeń, W: Współczesne problemy ekstremalnych zagrożeń środowiska. I Ogólnopolska Szkoła, Jachranka, 28–30 września 1998. IMGW, Warszawa, 1999.
59. Łapeta B., Engelsen O., Lityńska Z. i inni: Sensitivity of surface UV radiation and ozone column retrieval to ozone and temperature profiles. *J. Geophys. Res.*, 105, D4, 5001–5007, 2000.
60. Materiał dla Sejmowej Komisji Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Informacja o zagrożeniach promieniowaniem niejonizującym. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2000.
61. Materiały z konferencji Stowarzyszenia Elektryków Polskich: GSM a ochrona zdrowia i środowiska. Przepisy, badania, fakty. Warszawa, 1999 i 2000.
62. Matthäus W., Nehring G.: The hydrographic-hydrochemical state of the western and central Baltic Sea in 1999/2000 and during 1990's. *Marine Science Reports*, 2001.
63. Michalak Z. i inni: Raport o stanie lasów w Polsce 2001. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 2002.
64. Michalik S.: Threats to the flora of Poland – current state, causes and prognoses. W: *The Problems of the Plant and Animal Species Protection. Proceedings of the International Scientific Seminar CMEA/IUCN* (red. Z. Głowaciński i S. Michalik). Kraków–Zakopane 1989. ZOPiZN PAN, Kraków, 1989.
65. Mill W., Wójcik A., Rzychoń D.: Mapy krytycznych ładunków kwaśnych dla ekosystemów glebowo-leśnych Polski (wg metodyki EKG/ONZ). Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1994.
66. Monitoring powietrza „Czarny Trójkąt”. WIOŚ we Wrocławiu, Jelenia Góra, 2001.
67. Natura 2000. Europejska sieć ekologiczna. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2002.
68. Nowicki M. i inni: Miliard na środowisko – 10 lat EkoFunduszu. Wyd. Fundacja EkoFundusz, Warszawa, 2002.
69. Osowiecki A., Żmudziński L.: Przyrodnicza waloryzacja morskich części obszarów chronionych Helcom BSPA, t. 2: Rezerwat Przyrody Kępa Radłowska. CRANGON 6, CBM PAN, Gdynia, 2000.
70. Paczyński B.: Stan rozpoznania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w kraju. Materiały XIV konferencji: Gospodarowanie zasobami wód podziemnych. Częstochowa, 2002.
71. Polska 2025. Długookresowa strategia trwałego i zrównoważonego rozwoju. Rządowe Centrum Studiów Strategicznych przy współpracy Ministerstwa Środowiska, Warszawa, 2000.
72. Pomiarów pól elektromagnetycznych na terenach zurbanizowanych. Badania w m. Warszawa i Łódź. Sprawozdania z prac. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, 2001.
73. Praca zbiorowa. Raporty: Stan czystości rzek, jezior i Bałtyku w latach 1996–97, 1997–98, 1998–99, 1999–2000. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
74. Praca zbiorowa: Roczne sprawozdania Stacji Bazowych z realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w latach 1998–2001.
75. Praca zbiorowa: Zanieczyszczenie powietrza w Polsce. Raporty PIOŚ/PIS za lata 1994–1999. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
76. Projekt Krajowego Planu Gospodarki Odpadami. Praca wykonana na zlecenie Ministerstwa Środowiska przez konsorcjum Instytutu Gospodarki Odpadami, Instytutu Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach, Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, 2002.
77. Przybylska G.: Monitoring tła zanieczyszczenia atmosfery w Polsce. Raport roczny dla GIOŚ/PMŚ, IMGW, Warszawa, 2002.
78. Przybylska G.: Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w latach 1998–1999. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2001.
79. Roczniki statystyczne: Ochrona Środowiska 2000, 2001. GUS, Warszawa.
80. Rozwałka Z. i inni: Las w liczbach. DGLP, Warszawa, 1997.
81. Różycki S.: Robocze materiały seminaryjne.
82. Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska, M.: Ocena zanieczyszczenia powietrza na Stacjach Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w 2001 roku. Kraków, 2002.
83. Schulz A., Rex M. i inni: Arctic ozone loss in threshold conditions: Match observations in 1997/1998 and 1998/1999. *J. Geophys. Res.*, 106 D7.
84. Skotak K. i inni: Ocena stanu zanieczyszczenia powietrza w Polsce na podstawie pomiarów sieci podstawowej. Raporty za lata 2000 i 2001. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

85. Suplińska M.: Monitoring skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego. Sprawozdanie dla PAA. CLOR, Warszawa, 2001.
86. Szmigielski S., Dackiewicz A., Mikołajczyk H., Kubacki R.: Oddziaływanie biologiczne, ryzyko zdrowotne i ochrona przed polami elektromagnetycznymi. Materiały konferencyjne. Rocznik Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii, Zakopane, 2000.
87. Terelak H. i inni: Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych Polski. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2000.
88. Trzeci raport rządowy dla Konferencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 2001.
89. Twarowski R. i inni: Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża. Raport roczny z badań monitoringowych w 2001 roku dla GIOŚ/PMŚ. IMGW, Wrocław, 2002.
90. Vanicek K., Frei T., Lityńska Z., Schmalwieser A.: UV – Index for the public. A guide for publication and interpretation of solar UV Index forecasts for the public prepared by the Working Group 4 of the COST-713 Action UVB Forecasting. COST-713 Action, Brussels, 1999.
91. Vestreng V., Klein H.: Emission data reported to UNECE/EMEP: quality assurance and trend analysis. EMEP/ MSC-W Status Report 2002. Oslo, 2002.
92. Wardaszko T., Radwan I., Pietrzak-Flis Z.: Skażenia promieniotwórcze rzek i jezior w Polsce w latach 1994–2000 na podstawie wyników badań wykonanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2001.
93. Wawrzoniak J. i inni: Stan uszkodzenia lasów w Polsce na podstawie badań monitoringowych. Raporty z lat 1996–2002. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
94. Zarzycki K., Wojewoda W., Hienrich Z. i inni: Lista roślin zagrożonych w Polsce. Instytut Botaniki PAN, Kraków, 1992.
95. Zarzycki K., Wojewoda W. i inni: Lista roślin wymierających i zagrożonych w Polsce. PWN, Warszawa, 1986.
96. Żarska B., Degórska A.: Reprezentatywność środowiska przyrodniczego obszaru zlewni Jeziora Łękek i Stacji Kompleksowego Monitoringu Środowiska „Puszcza Borecka”. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski. IX Sympozjum ZMŚP, A. Kostrzewski (red.), Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 1998.
97. Żurek J. i inni: Status Report on the implementation of the UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Poland 2000. Warszawa, 2001.

## **W SERII „BIBLIOTEKA MONITORINGU ŚRODOWISKA” OSTATNIO UKAZAŁY SIĘ NASTĘPUJĄCE OPRACOWANIA:**

1. Stan czystości rzek, jezior i Bałtyku na podstawie wyników badań wykonywanych w ramach pmś w latach 1999–2000, Warszawa, 2001.
2. Podstawowe problemy środowiska w Polsce. Raport wskaźnikowy. Wydanie II uaktualnione. Warszawa, 2001.
3. Wspólny raport o jakości powietrza w obszarze Czarnego Trójkąta w 1999 roku. Wrocław, 2001.
4. Wspólny raport o jakości powietrza w obszarze Czarnego Trójkąta w 2000 roku. Wrocław, 2001.
5. Gospodarka odpadami w województwie podkarpackim. Rzeszów, 2001.
6. Stan czystości wód w zlewniach dopływów środkowej i dolnej Noteci na terenie woj. wielkopolskiego w latach 1991–2000. Poznań, 2001.
7. Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczeń powietrza. Kielce, 2001.
8. Ekosystemy wodne okolic Konina. Poznań, 2001.
9. Stan czystości wód w zlewni Kościańskiego kanału Obry. Poznań, 2002.
10. Jakość zagrożenia wód powierzchniowych w województwie mazowieckim. Warszawa, 2002.
11. Badania i ocena jakości wód wpływających do Zatoki Gdańskiej i środowiska morskiego Strefy Przybrzeżnej w czasie powodzi w 2001 roku. Warszawa, 2002.
12. Stan klimatu akustycznego w kraju w świetle badań WIOŚ. Warszawa, 2002.
13. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski. Program badań i wyniki 1995 i 2000. Warszawa, 2002.
14. Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w 2001 roku na podstawie pomiarów krajowej sieci stacji podstawowych. Warszawa, 2002.
15. Forest condition in Poland in 2001. Warszawa, 2002.
16. Stan zdrowotny lasów Polski w 2001 roku. Warszawa, 2002.
17. Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2001 roku na podstawie badań monitoringowych. Warszawa, 2002.
18. Polskie prawo ochrony środowiska. Uwarunkowania, zmiany, stan. Warszawa, 2002.
19. Biuletyn monitoringu przyrody nr 1/2002(3). Warszawa, 2002.
20. Jakość wód powierzchniowych w zlewni rzeki Proсны na podstawie badań przeprowadzonych w latach 1992–2000. Poznań, 2002.
21. Ocena wstępna jakości powietrza w Wielkopolsce. Poznań, 2002.
22. Stan czystości wód w zlewni rzeki Wełny. Poznań, 2002.
23. Gospodarka komunalnymi osadami ściekowymi w woj. podkarpackim. Rzeszów 2002.
24. Stan czystości rzek, jezior i Bałtyku na podstawie wyników badań wykonywanych w ramach pmś w latach 2000–2001. Warszawa, 2002.
25. Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2003–2005. Warszawa, 2003.

Wszystkie wydawnictwa w serii „BMS” dostępne są do wglądu w Wojewódzkich Inspektoratach Ochrony Środowiska oraz w ich delegaturach.