



GŁÓWNY INSPEKTORAT OCHRONY ŚRODOWISKA

**RAPORT ROCZNY ZA 2022 ROK
PRZEDSTAWIAJĄCY DEPOZYCJĘ CEZU-137
ORAZ STĘŻENIA RADIONUKLIDÓW NATURALNYCH
W POWIERZCHNIOWEJ WARSTWIE GLEBY**

wraz z analizą wieloletnią obejmującą lata 1988 - 2022



Sfinansowano ze środków
**NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ**

Raport opracowano w Departamencie Monitoringu Środowiska Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska. W opracowaniu wykorzystano raporty i wyniki badań wykonane przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.

Akceptuję
Katarzyna Moskalik
Naczelnik Wydziału
monitoringu hałasu i pól
elektromagnetycznych

Warszawa, grudzień 2024

SPIS TREŚCI

1. Wstęp.....	3
2. Lokalizacja punktów poboru próbek gleby	3
3. Pobieranie i przygotowanie próbek gleby oraz metodyka pomiarów spektrometrycznych	13
4. Analiza oznaczeń depozycji cezu ^{137}Cs dla próbek gleby pobranych w 2022 roku	14
5. Analiza wyników pomiarów stężeń izotopów naturalnych ^{226}Ra , ^{228}Ac , ^{40}K w próbkach gleby pobranych w 2022 roku	21
5.1. Analiza wyników pomiarów stężeń radu ^{226}Ra	21
5.2. Analiza wyników pomiarów stężeń aktynu ^{228}Ac	25
5.3. Analiza wyników pomiarów stężeń potasu ^{40}K	29
6. Podsumowanie	33
Spis tabel i rysunków	34

1. WSTĘP

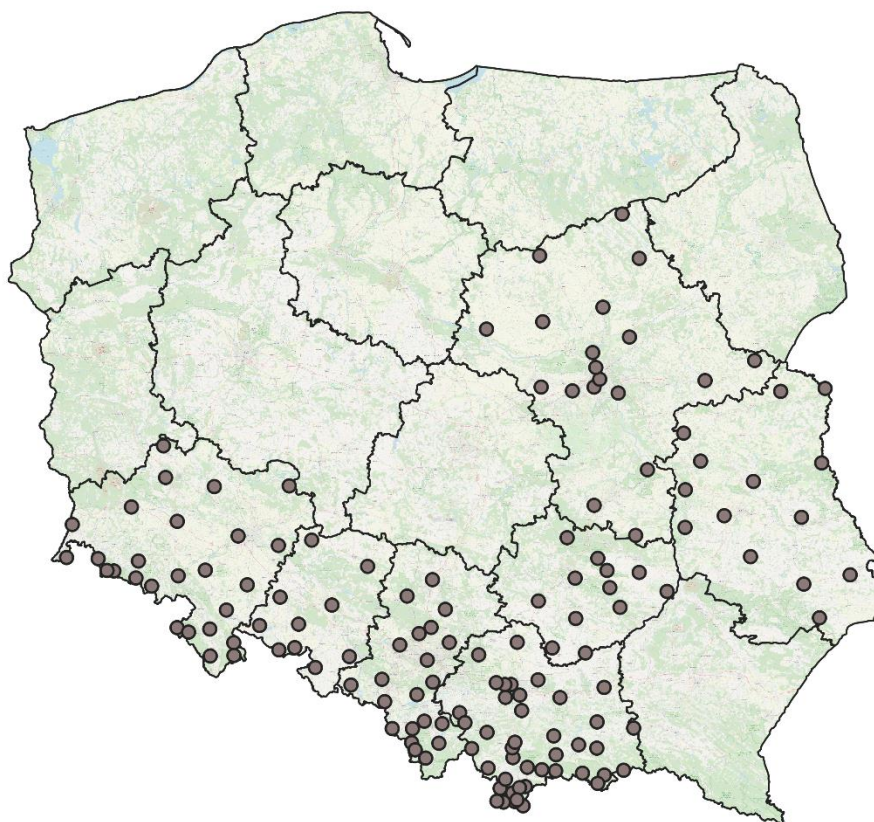
Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie rozkładu terytorialnego depozycji cezu ^{137}Cs [kBq/m^2] dla powierzchniowej warstwy gleby oraz stężeń [Bq/kg] radionuklidów naturalnych: radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac i potasu ^{40}K w glebie dla siedmiu województw naszego kraju: dolnośląskiego, lubelskiego, małopolskiego, mazowieckiego, opolskiego, śląskiego i świętokrzyskiego w 2022 roku oraz porównanie do wyników z lat poprzednich, na przestrzeni monitoringu prowadzonego od 1988 roku. Województwa te charakteryzują się najwyższymi średnimi stężeniami mierzonych radionuklidów.

Prowadzone badania na przestrzeni lat obejmowały oznaczanie stężeń ^{137}Cs oraz radionuklidów naturalnych w powierzchniowej warstwie gleby w naszym kraju w próbkach pobieranych do badań laboratoryjnych z ogródków meteorologicznych stacji i posterunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) w cyklu dwuletnim dla obszaru całej Polski. W tej pracy omówione zostaną pobrane próbki gleby tylko z siedmiu województw (dolnośląskiego, lubelskiego, małopolskiego, mazowieckiego, opolskiego, śląskiego i świętokrzyskiego).

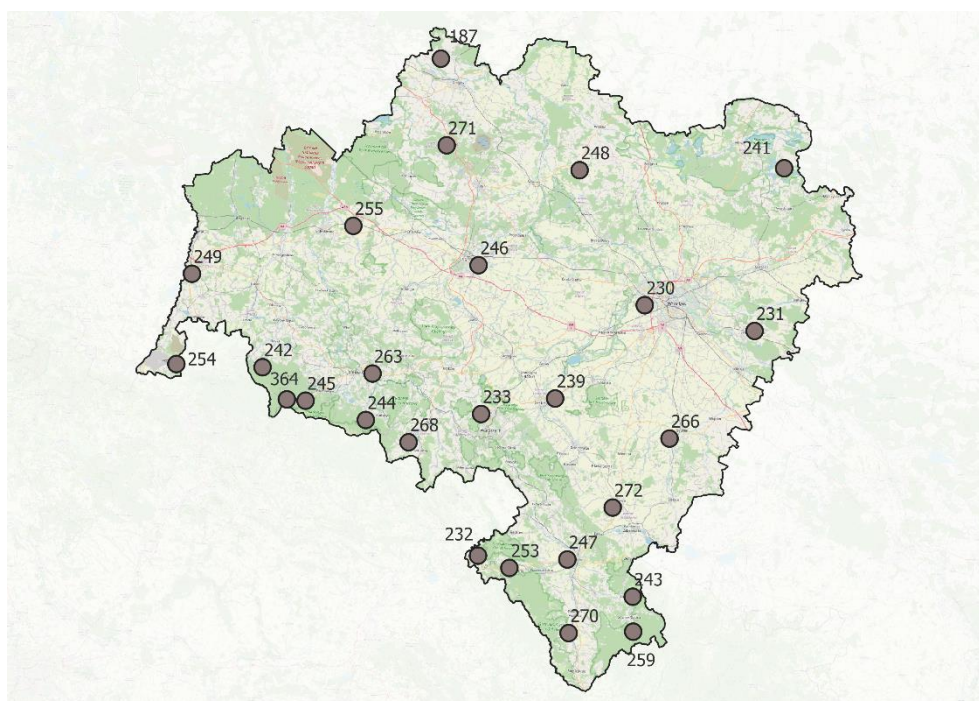
2. LOKALIZACJA PUNKTÓW POBORU PRÓBEK GLEBY

W cyklu pomiarowym w 2022 roku pobierane były jesienią 144 próbki gleby z warstwy o grubości 10 cm oraz 5 próbek z warstwy 25 cm. Łącznie 149 próbek gleby z terenu siedmiu województw. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby przedstawiono na mapie znajdującej się na Rys. 1 oraz na Rys. 2-8.

Wykaz wszystkich 149 próbek gleby pobranych w 144 punktach poboru – w podziale na województwa – wraz z nazwami powiatów i gmin, w których się znajdują, odpowiadających im współrzędnych w układzie PUWG 1992 (Państwowy Układ Współrzędnych Geodezyjnych 1992) oraz wysokością nad poziomem morza, zawierają zamieszczone poniżej Tabele 1-7.



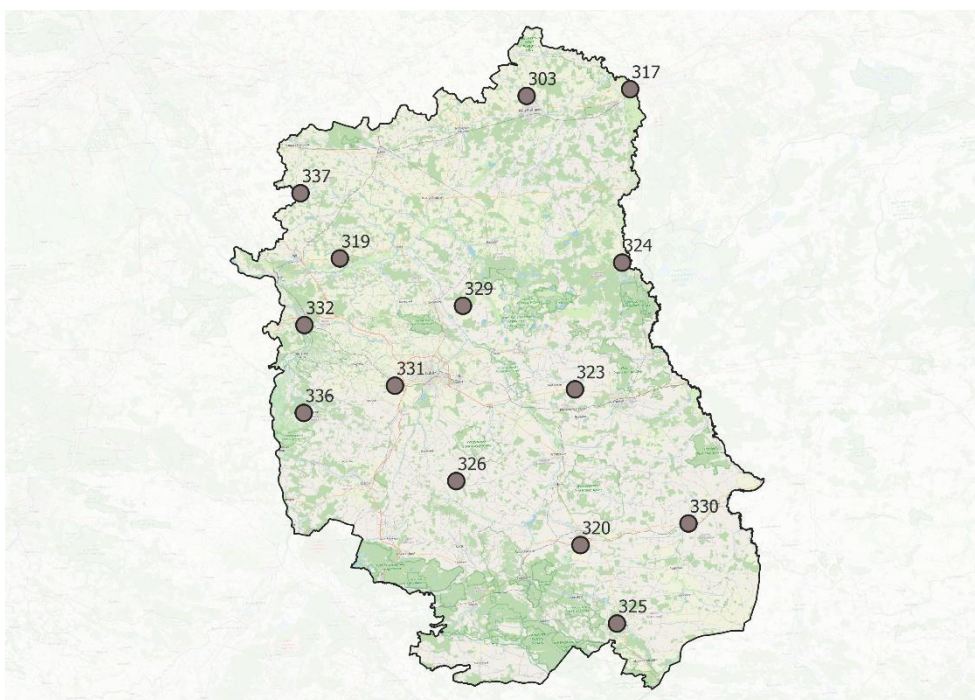
Rys. 1. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie siedmiu województw
(źródło: GIOŚ/PMS).



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa dolnośląskiego
(źródło: GIOŚ/PMS).

Tabela 1. Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie dolnośląskim
(źródło: GIOŚ/PMŚ).

L.p.	Numer punktu	Miejscowość	Powiat	Gmina	Współrzędne PUWG 1992		Wysokość n.p.m.
					Długość	Szerokość	[m]
WOJEWÓDZTWO DOLNOŚLĄSKIE							
1	187	Ceber	głogowski	Kotla	294058.75	432877.44	70
2	230	Wrocław	miasto na prawach powiatu		353015.76	361702.02	120
3	230.1	Wrocław (25 cm)	miasto na prawach powiatu		353015.32	361698.63	120
4	231	Jelcz - Laskowice Ol.	oławski	Jelcz - Laskowice	384806.92	354240.3	134
5	232	Kudowa Zdrój	kłodzki	Kudowa Zdrój	304786.57	289356.37	406
6	233	Szczawno Zdrój	wałbrzyski	Szczawno Zdrój	305688.41	330265.01	430
7	239	Pszemno	świdnicki	Świdnica	327110.31	334744.68	220
8	241	Grabownica	milicki	Krośnice	393358.27	401242.41	119
9	242	Świeradów Zdrój	lubański	Świeradów Zdrój	242461.33	343786.3	543
10	243	Lądek Zdrój	kłodzki	Lądek Zdrój	349560.51	277497.06	461
11	244	Karpacz	karkonoski	Karpacz	272329.41	328529.73	575
12	245	Szklarska Poręba	karkonoski	Szklarska Poręba	254901.8	334110.34	700
13	246	Legnica	miasto na prawach powiatu		304949.56	373238.19	122
14	247	Kłodzko	kłodzki	Kłodzko	330632.18	288250.81	356
15	248	Chwałkowice	wołowski	Wińsko	334184.22	400684.22	180
16	249	Zgorzelec	zgorzelecki	Zgorzelec	222047.1	370757.72	203
17	253	Duszniki Zdrój	kłodzki	Duszniki Zdrój	313862.99	285809.23	570
18	254	Bogatynia	zgorzelecki	Bogatynia	217522.58	344706.26	300
19	255	Tomaszów Górny	bolesławiecki	Warta Bolesławiecka	268719.83	384602.73	190
20	259	Bolesławów	kłodzki	Stronie Śląskie	349685.79	267406.63	600
21	263	Jelenia Góra	miasto na prawach powiatu		274282.97	341944.53	342
22	266	Dobrogoszcz	strzeliński	Strzelin	360193.35	323171.78	175
23	268	Paprotki	kamiennogórski	Lubawka	284696.59	322111.72	535
24	270	Długopole Zdrój	kłodzki	Bystrzyca Kłodzka	331002.21	266995.47	393
25	271	Polkowice Dolne	polkowicki	Polkowice	295731.72	407872.48	160
26	272	Tarnów Śląski	ząbkowicki	Ząbkowice Śląskie	343758.98	303245.57	295
27	364	Jakuszyce	karkonoski	Szklarska Poreba	249489.47	334497.29	860

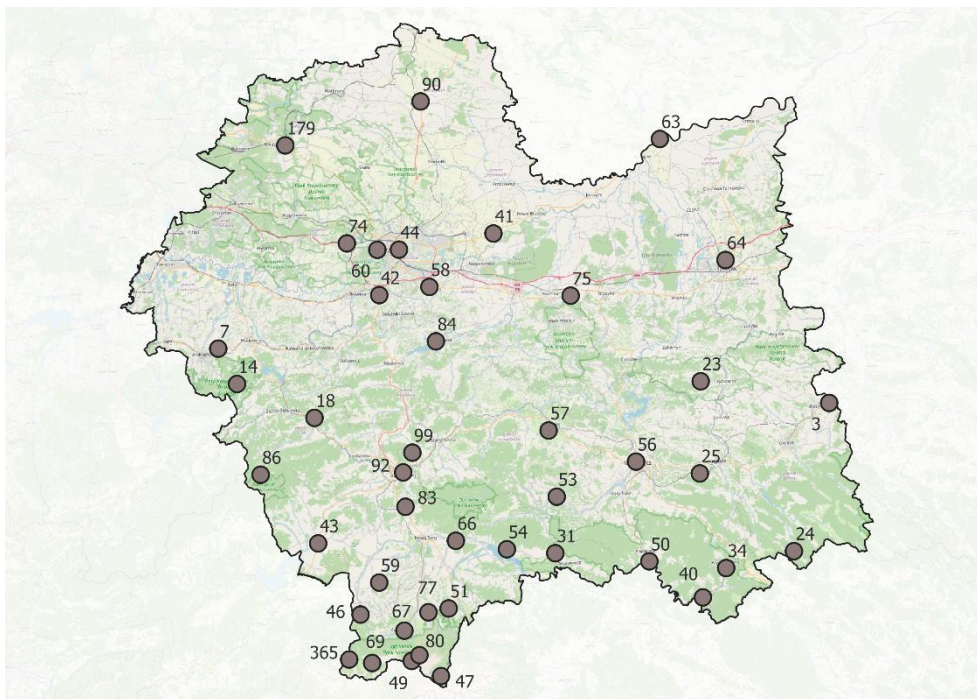


Rys. 3. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa lubelskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Tabela 2. Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie lubelskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).

L.p.	Numer punktu	Miejscowość	Powiat	Gmina	Współrzędne PUWG 1992		Wyso kość n.p.m.
					Długość	Szerokość	[m]
WOJEWÓDZTWO LUBELSKIE							
1	303	Cicibór	bialski	Biała Podlaska	781492.91	475840.07	150
2	317	Terespól	bialski	Terespól	816566.13	478137.58	133
3	319	Sobieszyn	rycki	Ułęż	718215.56	420801.16	160
4	320	Zamość	miasto na prawach powiatu		799732.04	323706.93	212
5	323	Bezek	chełmski	Siedliszcze	797886.75	376463.80	225
6	324	Włodawa	włodawski	Włodawa	813869.78	419387.04	177
7	325	Tomaszów Lub.	tomaszowski	Tomaszów Lubelski	812107.35	297119.79	270
8	326	Wysokie	lubelski	Wysokie	757640.42	345382.76	260
9	329	Nowa Wieś	lubartowski	Serniki	759925.51	404746.57	180
10	330	Werbkowice	hrubieszowski	Werbkowice	836325.98	331014.5	205
11	331	Lublin - Radawiec	lubelski	Konopnica	736881.47	377695.95	238
12	331.1	Lublin - Radawiec (25 cm)	lubelski	Konopnica	736881.47	377695.95	238

13	332	Puławy	puławski	Puławy	706198.01	398208.90	142
14	336	Opole Lub.	opolski	Opole Lubelskie	705981.75	368465.49	150
15	337	Jarczew	łukowski	Wola Mysłowska	704874.94	442876.33	180

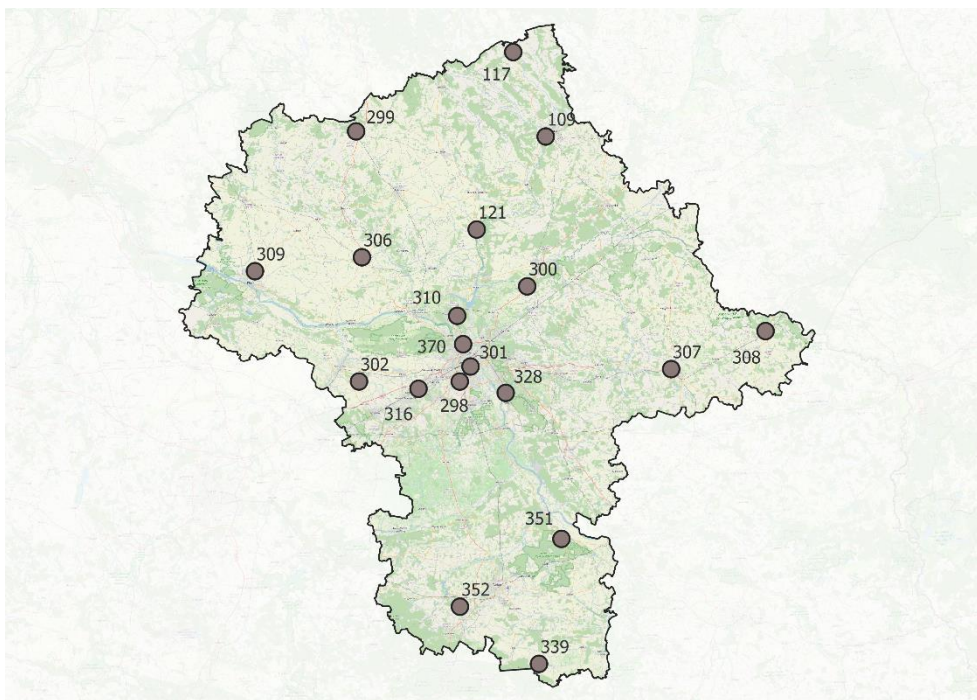


Rys. 4. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa małopolskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Tabela 3. Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie małopolskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).

L.p.	Numer punktu	Miejscowość	Powiat	Gmina	Współrzędne PUWG 1992		Wyso kość n.p.m.
					Długość	Szerokość	[m]
WOJEWÓDZTWO MAŁOPOLSKIE							
1	3	Biecz - Grudna	gorlicki	Biecz	665367.84	210074.69	285
2	7	Inwałd	wadowicki	Andrychów	527921.59	222269.47	300
3	14	Leskowiec	wadowicki	Andrychów	532142.49	214334.83	876
4	18	Maków Podhalański	suski	Maków Podhalański	549575.44	206711.75	360
5	23	Jastrzębia	tarnowski	Ciężkowice	636466.62	214940.49	310
6	24	Wysowa	gorlicki	Uście Gorlickie	657447.44	176783.19	519
7	25	Ptaszkowa	nowosądecki	Grybów	636277.69	194242.64	520
8	31	Krościenko	nowotarski	Krościenko nad Dunajcem	603745.50	176326.68	452
9	34	Krynica	nowosądecki	Krynica Zdrój	642194.48	172992.66	585

10	40	Muszyna	nowosądecki	Muszyna	636952.24	166399.78	445
11	41	Igołomia	krakowski	Igołomia-Wawrzeńczyce	589837.34	248136.84	202
12	42	Libertów	krakowski	Mogilany	564148.57	234291.95	314
13	43	Jabłonka	nowotarski	Jabłonka	550399.20	178529.85	615
14	44	Kraków - Obserwatorium	miasto na prawach powiatu (Kraków)		568579.40	244499.46	206
15	46	Witów	tatrzański	Kościelisko	559935.95	162541.85	835
16	47	Morskie Oko	tatrzański	Bukowina Tatrzańska	578033.44	148725.41	1408
17	49	Kasprowy Wierch	tatrzański	Zakopane	571455.87	152132.17	1991
18	50	Piwniczna	nowosądecki	Piwniczna Zdrój	624914.35	174494.16	379
19	51	Bukowina Tatrzańska	tatrzański	Bukowina Tatrzańska	579758.84	163921.32	868
20	53	Łącko	nowosądecki	Łącko	604076.56	189014.39	357
21	54	Mizerna	nowotarski	Czorsztyn	592866.26	177212.47	600
22	56	Nowy Sącz	miasto na prawach powiatu		621910.95	196894.71	292
23	57	Limanowa	limanowski	Limanowa	602258.16	203886.70	437
24	58	Siercza	wielicki	Wieliczka	575427.48	236127.75	241
25	59	Ratulów	nowotarski	Czarny Dunajec	564134.35	169725.41	680
26	60	Kraków - Wola Justowska	miasto na prawach powiatu (Kraków)		563707.47	244461.37	205
27	63	Borusowa	dąbrowski	Gręboszów	627281.72	269361.87	171
28	64	Tarnów	miasto na prawach powiatu		642047.56	242172.35	209
29	66	Łopuszna	nowotarski	Nowy Targ	581382.96	179116.89	568
30	67	Zakopane	tatrzański	Zakopane	569804.52	158924.04	857
31	69	Hala Ornak	tatrzański	Kościelisko	562550.49	151661.58	1109
32	74	Kraków Balice	miasto na prawach powiatu (Kraków)		556857.73	245908.18	237
33	75	Łazy	bocheński	Rzezawa	607208.02	234166.42	245
34	77	Poronin	tatrzański	Poronin	575204.65	163046.94	773
35	80	Hala Gąsienicowa	tatrzański	Zakopane	573184.26	153427.38	1520
36	83	Obidowa	nowotarski	Nowy Targ	570048.79	186753.33	805
37	84	Dobczyce	myślenicki	Dobczyce	576897.10	223912.97	306
38	86	Zawoja	suski	Zawoja	537458.04	193945.63	697
39	90	Miechów	miechowski	Miechów	573441.54	277798.12	292
40	92	Rabka	nowotarski	Rabka Zdrój	569539.6	194472.09	510
41	99	Luboń Wielki	nowotarski	Rabka Zdrój	571594.89	198916.77	1022
42	179	Olewin	olkuski	Olkusz	543005.05	267919.20	390
43	365	Polana Chochołowska	tatrzański	Kościelisko	557386.82	152447.38	1147

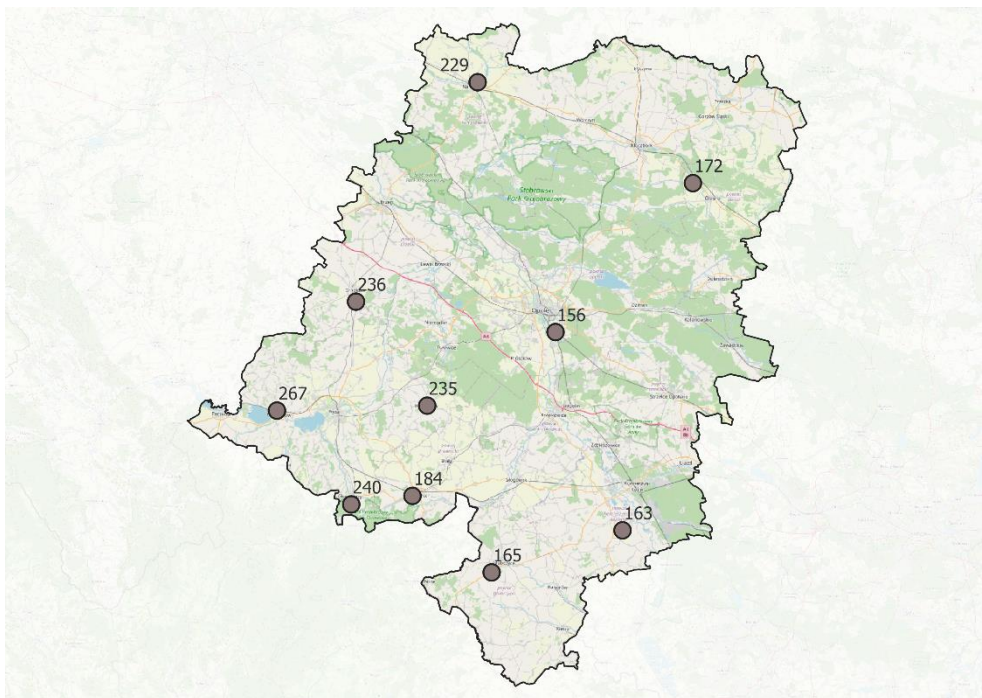


Rys. 5. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa mazowieckiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Tabela 4. Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie mazowieckim (źródło: GIOŚ/PMŚ).

L.p.	Numer punktu	Miejscowość	Powiat	Gmina	Współrzędne PUVG 1992		Wyso kość n.p.m.
					Długość	Szerokość	[m]
WOJEWÓDZTWO MAZOWIECKIE							
1	109	Ostrołęka	miasto na prawach powiatu		669727.43	580822.2	94
2	117	Myszyniec	ostrołęcki	Myszyniec	656262.15	615835.52	120
3	121	Pułtusk	pułtuski	Pułtusk	641100.27	542251.1	95
4	298	Warszawa - Okęcie	miasto na prawach powiatu (Warszawa)		634094.18	479229.3	106
5	299	Mława	mławski	Mława	591094.15	582958.11	147
6	299.1	Mława (25 cm)	mławski	Mława	591094.15	582958.11	147
7	300	Niegów	wyszkowski	Zabrodzie	662050.63	518703.77	90
8	301	Warszawa - Obs. Astr. UW	miasto na prawach powiatu (Warszawa)		638539.35	485462.26	110
9	302	Kawęczyn	sochaczewski	Teresin	592303.17	479252.4	90
10	306	Poświętne	płoński	Płońsk	593530.94	530772.15	101
11	307	Siedlce	miasto na prawach powiatu		721760.19	484395.17	152
12	308	Platerów	łosicki	Platerów	760900.17	500158.06	150
13	309	Płock - Trzepowo	miasto na prawach powiatu (Płock)		549153.16	524986.58	106
14	310	Legionowo	legionowski	Legionowo	633023.04	506466.1	94

15	316	Brwinów	pruszkowski	Brwinów	616972.31	476225.41	96
16	328	Świder	otwocki	Otwock	653148.86	474526.4	94
17	339	Grabowiec	lipski	Rzeczniów	666941.26	362167.23	210
18	351	Kozienice	kozienicki	Kozienice	676243.27	413984.98	123
19	352	Łaziska	szydlowiecki	Orońsko	634153.20	385884.80	180
20	370	Warszawa - CLOR	miasto na prawach powiatu (Warszawa)		635477.68	494715.84	83

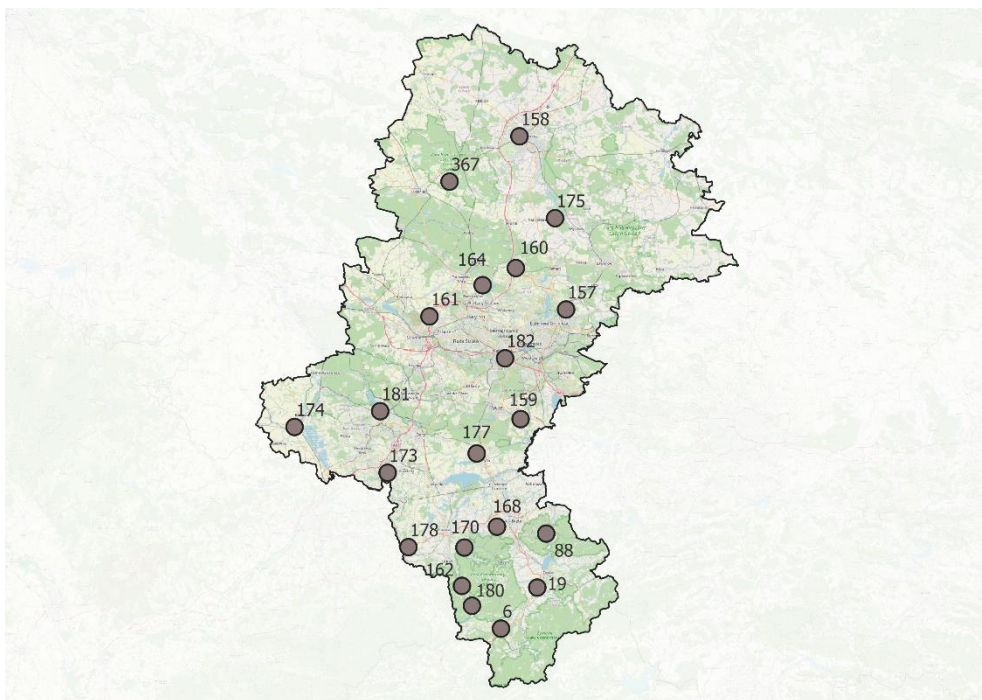


Rys. 6. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa opolskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Tabela 5. Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie opolskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).

L.p.	Numer punktu	Miejscowość	Powiat	Gmina	Współrzędne PUWG 1992		Wyso kość n.p.m.
					Długość	Szerokość	[m]
WOJEWÓDZTWO OPOLSKIE							
1	156	Opole	miasto na prawach powiatu		427091.95	307169.70	176
2	163	Sukowice - Zakrzów	kędzierzyńsko-kozielski	Cisek	440837.22	266505.52	180
3	165	Głubczyce	głubczycki	Głubczyce	413982.46	257878.02	290
4	172	Stare Olesno	oleski	Olesno	455276.12	337713.39	230
5	184	Prudnik	prudnicki	Prudnik	397733.07	273571.04	265
6	229	Namysłów	namysławski	Namysłów	411111.98	358416.2	155

7	235	Korfantów	nyski	Korfantów	400759.21	292073.25	200
8	236	Grodków	brzeski	Grodków	386156.7	313405.59	170
9	240	Głucholazy	nyski	Głucholazy	385174.16	271811.16	350
10	267	Otmuchów	nyski	Otmuchów	369934.53	291061.75	212

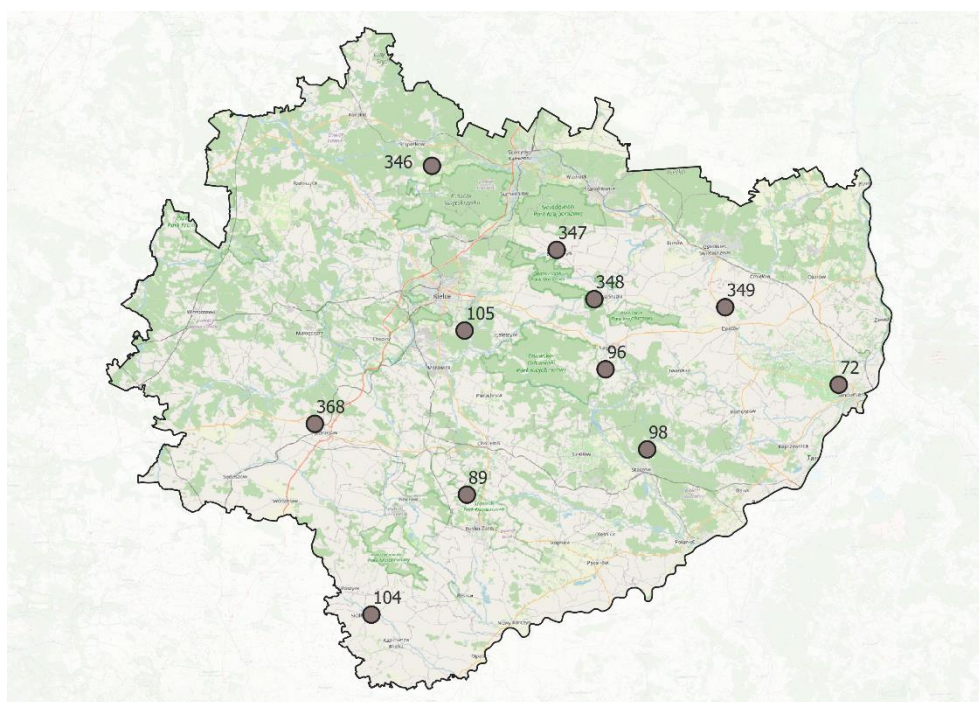


Rys. 7. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa śląskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Tabela 6. Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie śląskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).

L.p.	Numer punktu	Miejscowość	Powiat	Gmina	Współrzędne PUWG 1992		Wyso kość n.p.m.
					Długość	Szerokość	[m]
WOJEWÓDZTWO ŚLĄSKIE							
1	6	Laliki	żywiecki	Milówka	501160.92	186376.75	680
2	19	Nowy Dwór	żywiecki	Radziechowy- Wieprz	511541.5	198122.79	380
3	88	Międzybrodzie Bialskie	żywiecki	Czernichów	514102.84	213572.06	325
4	157	Ząbkowice	Dzielnica Dąbrowy Górniczej - miasta na prawach powiatu		519788.3	277671.26	310
5	158	Częstochowa	miasto na prawach powiatu		506447.51	327215.44	293
6	159	Bieruń Stary	bieruńsko- lędziński	Bieruń	506771.42	246326.56	255
7	160	Katowice Pyrzowice LBM	tarnogórski	Ożarówce	505403.78	289527.73	303

8	161	Czekanów	tarnogórski	Zbrosławice	480705.54	275697.2	245
9	162	Wisła	cieszyński	Wisła	489990.49	198607.30	430
10	164	Świerklaniec	tarnogórski	Świerklaniec	495910.22	284632.79	285
11	168	Bielsko Biała	miasto na prawach powiatu		500020.92	215536.32	398
12	170	Brenna	cieszyński	Brenna	490693.34	209576.59	350
13	173	Jastrzębie	miasto na prawach powiatu (Jastrzębie Zdrój)		468730.86	230961.15	280
14	174	Racibórz	raciborski	Racibórz	442101.94	244067.38	205
15	175	Lgota Górna	myszkowski	Kozie Głowy	516645.50	303790.73	325
16	177	Pszczyna	pszczyński	Pszczyna	494212.95	236483.86	270
17	178	Cieszyn	cieszyński	Cieszyn	474682.07	209698.59	300
18	180	Istebna Kubalonka	cieszyński	Istebna	492855.06	192925.80	780
19	181	Rybnik	miasto na prawach powiatu		466588.67	248582.57	245
20	182	Katowice	miasto na prawach powiatu		502330.62	263713.88	284
21	182.1	Katowice (25 cm)	miasto na prawach powiatu		502330.62	263713.88	284
22	367	Droniowice	lubliniecki	Kochanowice	486436.71	314263.65	256



Rys. 8. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa świętokrzyskiego (źródło: GIOŚ/PMS).

Tabela 7. Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie świętokrzyskim
(źródło: GIOŚ/PMŚ).

L.p.	Numer punktu	Miejscowość	Powiat	Gmina	Współrzędne PUWG 1992		Wyso kość n.p.m.
					Długość	Szerokość	[m]
WOJEWÓDZTWO ŚWIĘTOKRZYSKIE							
1	72	Sandomierz	sandomierski	Sandomierz	691743.50	317921.86	217
2	89	Szaniec	buski	Busko Zdrój	619630.18	296597.79	265
3	96	Sadków	kielecki	Łągów	646523.94	320915.5	360
4	98	Staszów	staszowski	Staszów	654596.23	305375.45	205
5	104	Sielec	kazimierski	Skalbmierz	601103.32	273341.47	200
6	105	Kielce-Suków	miasto na prawach powiatu (Kielce)		619185.55	328424.72	260
7	105.1	Kielce - Suków (25 cm)	miasto na prawach powiatu (Kielce)		619185.55	328424.72	260
8	346	Włochów	konecki	Stąporków	612851.43	360361.21	345
9	347	Bodzentyn	kielecki	Bodzentyn	637045.43	344060.37	270
10	348	Święty Krzyż	kielecki	Nowa Słupia	644334.19	334511.39	575
11	349	Bogusławice	opatowski	Sadowie	669735.51	332950.45	245
12	368	Kliszów	pińczowski	Kije	590135.31	310338.56	256

3. POBIERANIE I PRZYGOTOWANIE PRÓBEK GLEBY ORAZ METODYKA POMIARÓW SPEKTROMETRYCZNYCH

Prowadzone w cyklu dwuletnim badania laboratoryjne, mające na celu oznaczanie stężeń ^{137}Cs oraz radionuklidów naturalnych w powierzchniowej warstwie gleby w naszym kraju, są prowadzone w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMS) na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) w ramach monitoringu promieniowania jonizującego, obejmującego m.in. zadanie pn. „Monitoring stężenia cezu-137 w glebie”. Zadanie jest finansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW).

Celem poboru próbek gleby jest dostarczenie reprezentatywnego materiału do badań stężeń radionuklidów w powierzchniowej warstwie gleby. Próbkę były pobierane w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW-PIB) w sąsiedztwie klatek meteorologicznych. Pobrane próbki gleby zostały następnie dostarczone przez IMGW-PIB do laboratorium CLOR, gdzie zostały odpowiednio

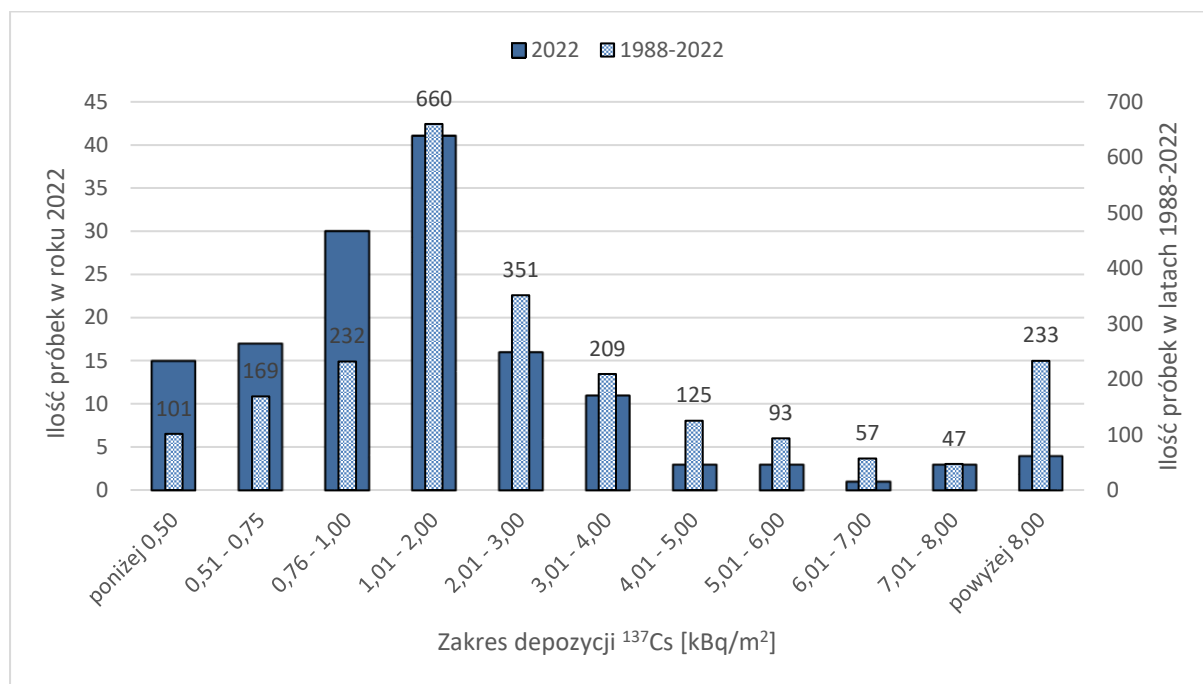
przygotowane do badań laboratoryjnych. Do pomiarów radionuklidów naturalnych oraz pochodzenia sztucznego obecnych w powierzchniowej warstwie gleby Laboratorium stosuje metodę spektrometrii promieniowania gamma.

Szczegółowe informacje dotyczące poboru próbek, metodyki pomiarów oraz wyniki badań wykonanych w ramach tego zadania dostępne są na stronie internetowej Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska pod adresem: <https://www.gov.pl/web/gios/monitoring-cs-137-w-glebie>.

4. ANALIZA OZNACZEŃ DEPOZYCJI CEZU ^{137}Cs DLA PRÓBEK GLEBY POBRANYCH W 2022 ROKU

Rozkład wartości depozycji cezu ^{137}Cs – to jest liczbę próbek pobranych z powierzchniowej warstwy gleby w zależności od wartości depozycji dla próbek pobranych z siedmiu województw jesienią 2022 roku – przedstawia histogram znajdujący się na Rys. 9.

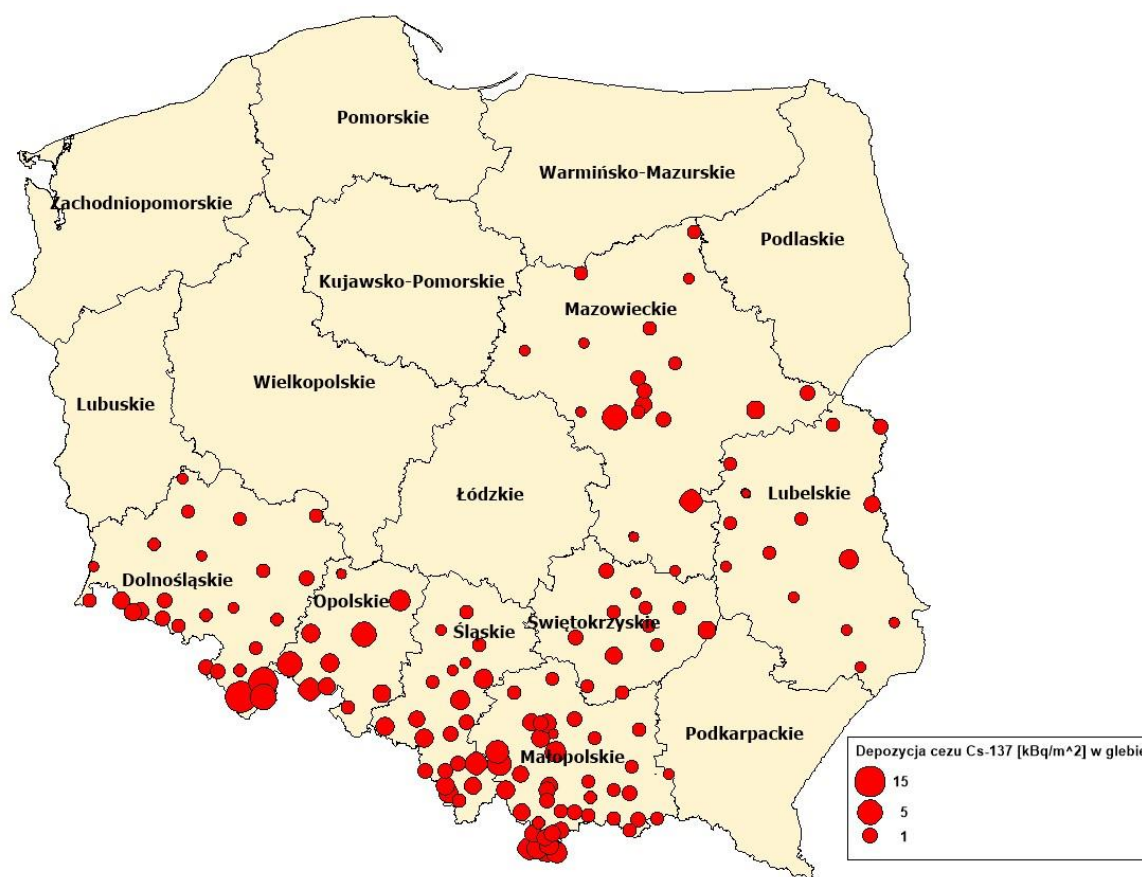
Dodatkowo dla porównania rozkład wartości depozycji cezu ^{137}Cs dla wszystkich próbek pobranych na przestrzeni lat 1988–2022 z terenu siedmiu województw prezentuje wykres liniowy zamieszczony na Rys. 9.



Rys. 9. Histogram rozkładu depozycji ^{137}Cs w pobranych próbkach gleby w roku 2022 oraz w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMS).

Wartości depozycji cezu ^{137}Cs w kBq/m^2 dla próbek gleby pobranych w 2022 roku z warstwy powierzchniowej (0-10 cm) przedstawiono graficznie na Rys. 10.

Mapa radiologiczna obrazująca wartości stężenia powierzchniowego cezu ^{137}Cs w glebie w poszczególnych punktach poboru została wykonana metodą kartodiagramu kołowego, z zastosowaniem różnych powierzchni kół w zależności od wartości depozycji tego radionuklidu w danym punkcie poboru gleby.



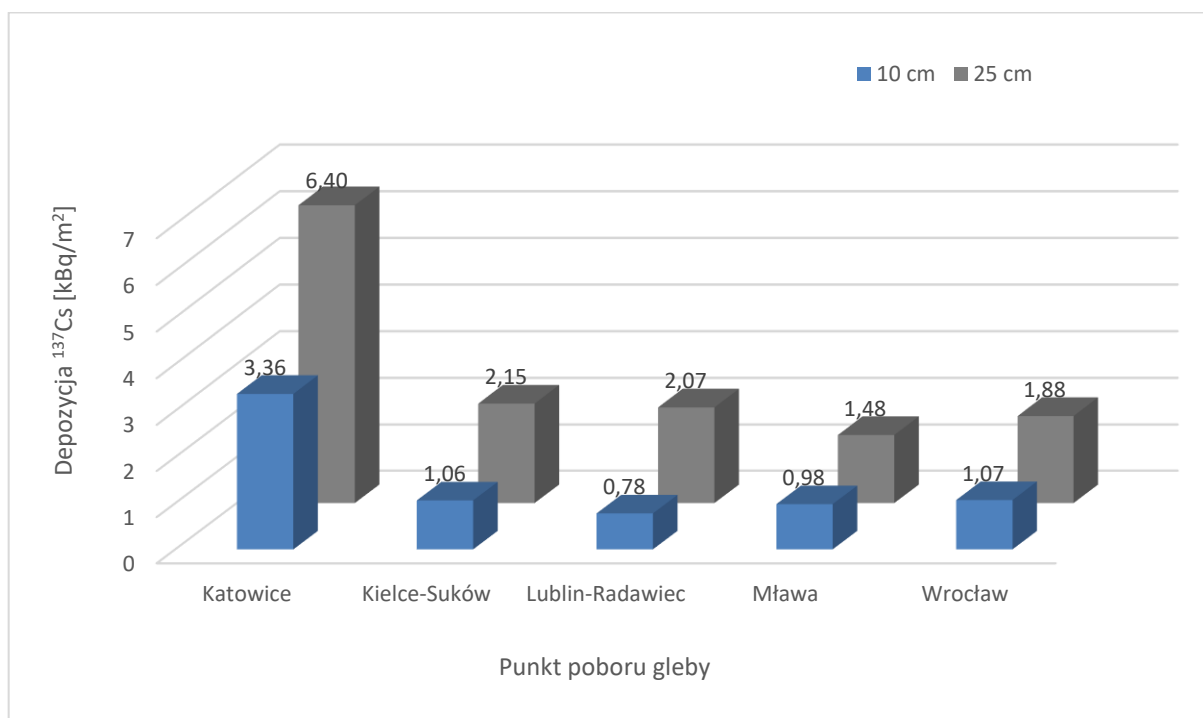
Rys. 10. Depozycja ^{137}Cs w poszczególnych punktach poboru gleby dla próbek pobranych z warstwy powierzchniowej w 2022 roku (źródło: opracowanie pn. „Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2022-2024. Zadanie 3: Monitoring stężenia cezu-137 w glebie” wykonane przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska).

Wartości stężenia powierzchniowego ^{137}Cs w glebie w 2022 r. dla siedmiu województw w Polsce w poszczególnych punktach pomiarowych zawierają się w granicach od $0,20 \text{ kBq/m}^2$ do $16,63 \text{ kBq/m}^2$, przy wartości średniej wynoszącej **$1,96 \text{ kBq/m}^2$** .

Z rozkładu geograficznego stężeń ^{137}Cs w glebie wynika, że skażenia gleby tym radionuklidem są nierównomierne na badanym obszarze naszego kraju.

Badania prowadzone na przestrzeni lat potwierdzają, że charakter rozkładu powierzchniowych stężeń ^{137}Cs nie zmienia się. Nierównomierność skażeń powierzchni ziemi tym radionuklidem wynikała zarówno ze skomplikowanych dróg przenoszenia się mas skażonego na skutek awarii Elektrowni Jądrowej w Czarnobylu powietrza oraz występowania w końcu kwietnia i na początku maja 1986 roku lokalnych opadów deszczu na południu Polski. Awaria w Elektrowni Jądrowej Fukushima Daichii w Japonii w marcu 2011 roku nie spowodowała zmiany rozkładów powierzchniowych stężeń ^{137}Cs w Polsce.

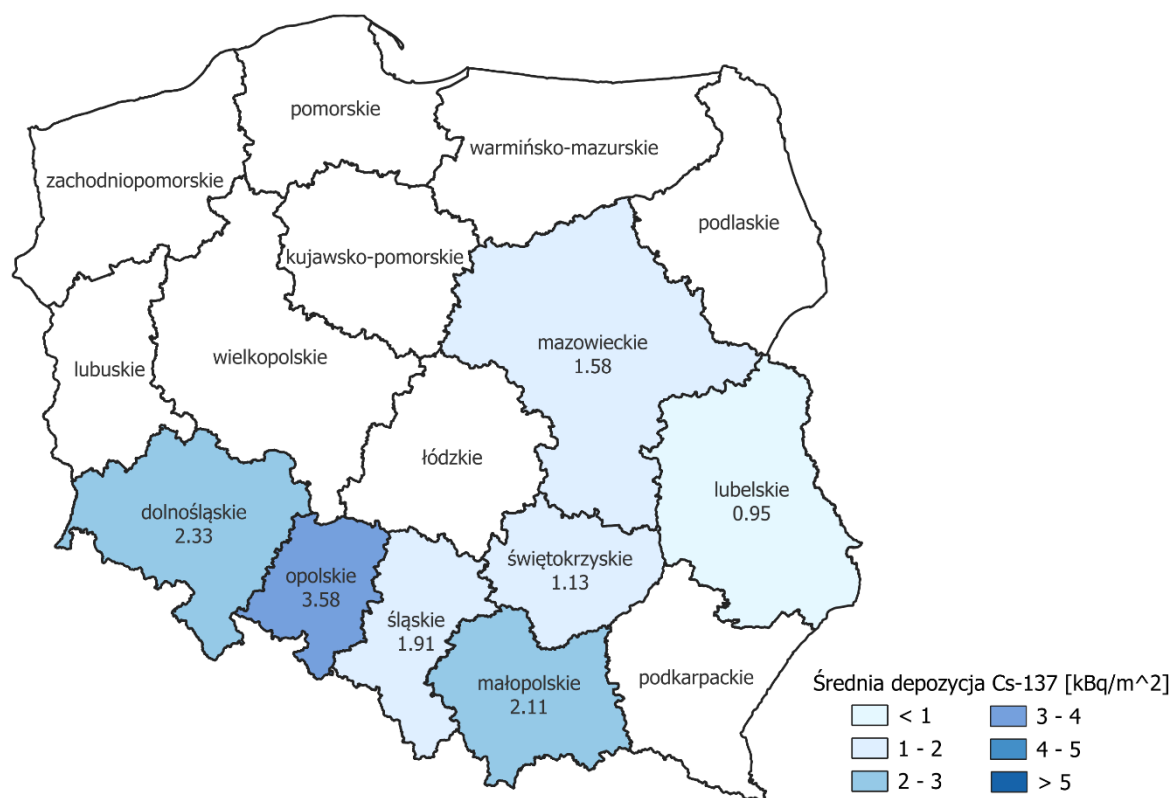
Wyniki analizy depozycji ^{137}Cs w próbkach pobranych w 2022 roku z warstwy gleby o grubości (0-25) cm i porównanie tych wartości z wynikami dla warstwy (0-10) cm dla pięciu punktów przedstawiono graficznie na Rys. 11. Stosunek depozycji cezu odpowiadającej warstwie (0-10) cm do depozycji cezu odpowiadającej warstwie (0-25) cm dla wszystkich punktów, w których pobierano oba rodzaje próbek zawiera się w granicach: 0,38 – 0,66. Wynika stąd, że poczarnobylski ^{137}Cs w wielu punktach w znacznym stopniu wniknął (migrował) w głębsze warstwy gleby.



Rys. 11. Depozycja ^{137}Cs dla warstw gleby (0-10) cm oraz (0-25) cm w roku 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

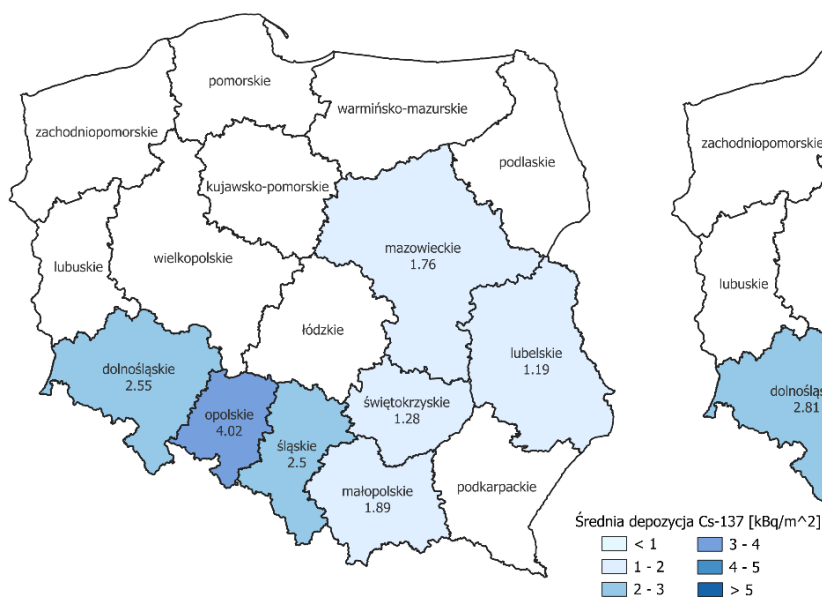
Obliczono wartości średnie depozycji cezu ^{137}Cs wyrażone w kBq/m^2 dla siedmiu województw naszego kraju dla roku 2022. Ponadto w celu przedstawienia zachodzących na przestrzeni lat zmian obliczone zostały również wartości średnie depozycji cezu ^{137}Cs dla lat: 2012, 2004, 1996 i 1988.

Mapy radiologiczne Polski obrazujące rozkłady wojewódzkie depozycji cezu ^{137}Cs w glebie zostały przedstawione na Rys. 12-14. Średnie wojewódzkie zaprezentowano stosując skalę kolorystyczną. Obok nazwy województwa na mapach tych podano również średnie wartości depozycji ^{137}Cs w glebie w danym województwie.

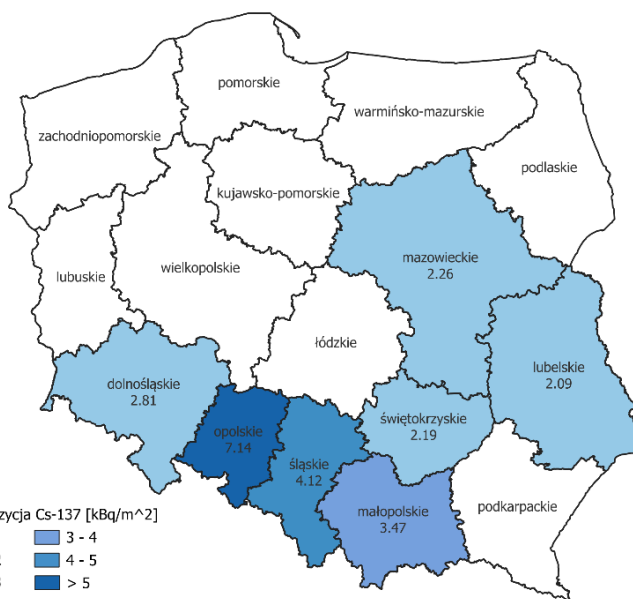


Rys. 12. Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w województwach na obszarze Polski dla próbek gleby pobranych w roku 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w 2012 r.

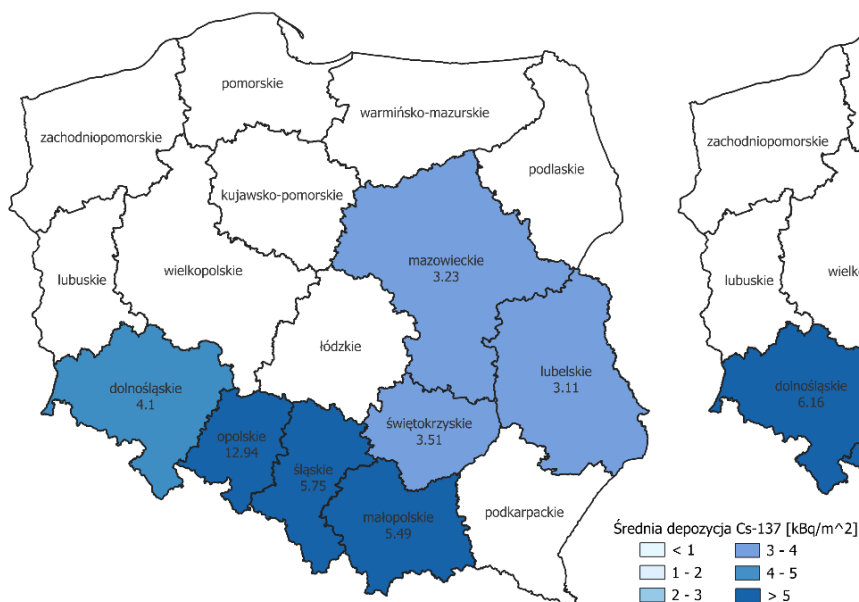


Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w 2004 r.

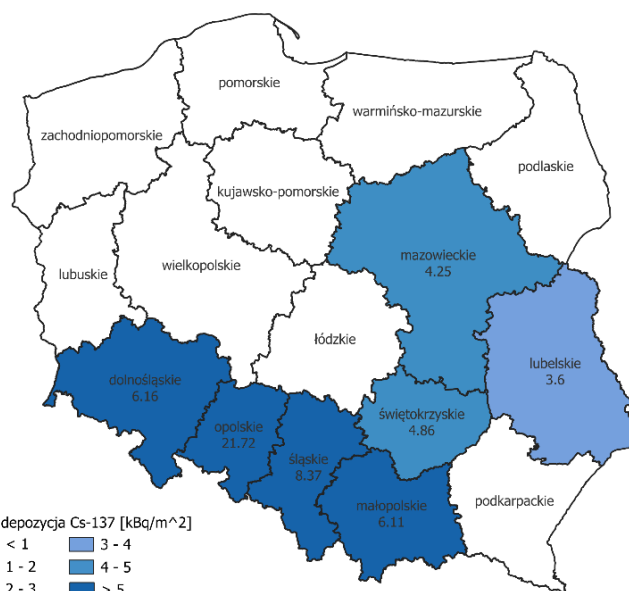


Rys. 13. Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w województwach na obszarze Polski dla próbek gleby pobranych w roku 2012 i 2004 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w 1996 r.



Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w 1988 r.



Rys. 14. Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w województwach na obszarze Polski dla próbek gleby pobranych w roku 1996 i 1988 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Zmiany wartości średnich stężeń powierzchniowych izotopu pochodzenia sztucznego, tj. cezu ^{137}Cs w powierzchniowej warstwie gleby w latach 1988 – 2022 dla siedmiu województw Polski zaprezentowano w Tabeli 8. oraz na Rys. 15.

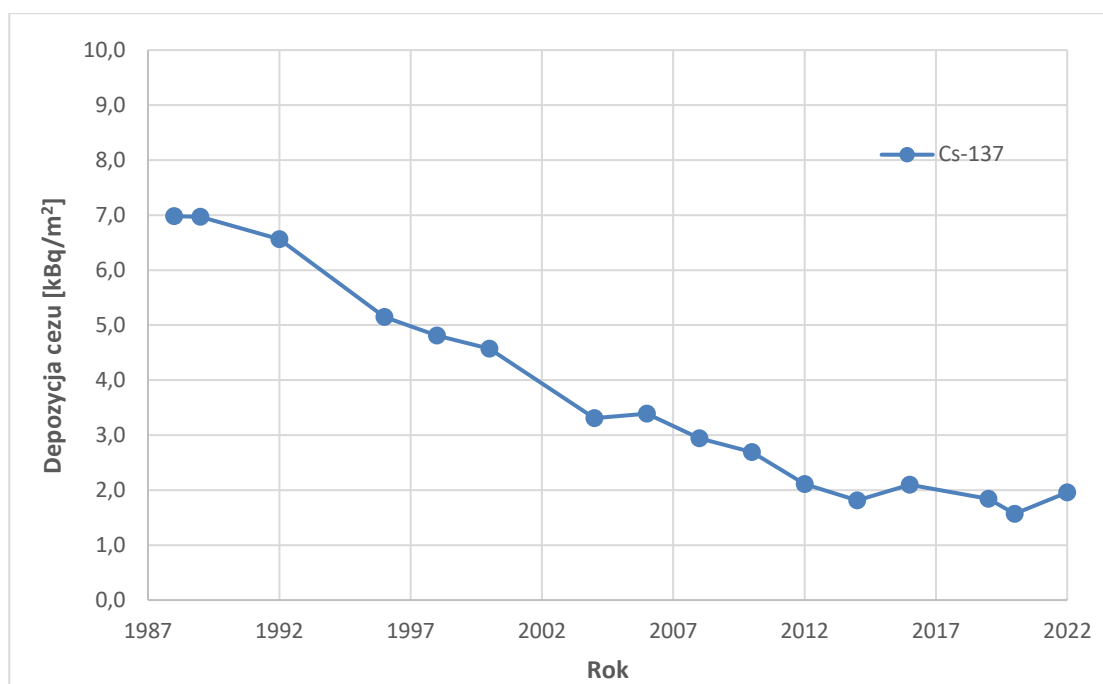
Dodatkowo dla porównania w Tabeli 8. zestawiono obliczone wartości średnie stężeń powierzchniowych cezu ^{137}Cs w latach 1988 – 2022 dla terenu całej Polski.

Z uwagi na to, że wartości średnie cezu ^{137}Cs , jak i (w dalszej części opracowania) radionuklidów naturalnych (radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac i potasu ^{40}K) zostały obliczone na podstawie wyników dla punktów zlokalizowanych na obszarze tylko siedmiu województw, a nie dla całej Polski, wartości te są zawyżone, ponieważ większość próbek pochodziła z rejonów o wyższych niż w pozostałej części kraju wartościach stężeń badanych radionuklidów.

Tabela 8. Zmiany w czasie średnich depozycji ^{137}Cs w powierzchniowej warstwie gleby dla siedmiu województw oraz dla całej Polski w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Średnia depozycja [kBq/m ²]		
Rok	^{137}Cs	^{137}Cs *
1988	6,98	4,64
1989	6,97	4,68
1992	6,56	4,24
1996	5,15	3,65
1998	4,81	3,49
2000	4,57	3,20
2004	3,31	2,54
2006	3,39	2,41
2008	2,94	2,10
2010	2,69	1,93
2012	2,11	1,53
2014	1,81	1,33
2016	2,10	1,52
2019	1,84	1,35
2020	1,57	1,13
2022	1,96	-

* wartości średnie obliczone dla punktów poboru zlokalizowanych na terenie całej Polski



Rys. 15. Zmiany średnich rocznych depozycji cezu ^{137}Cs w powierzchniowej warstwie gleby z terenu siedmiu województw w Polsce w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Analiza danych zawartych w Tabeli 8. pokazuje, że obliczone dla siedmiu województw wartości średnie depozycji ^{137}Cs , wyrażone w $[\text{kBq}/\text{m}^2]$, w okresie prowadzenia monitoringu skażeń promieniotwórczych gleby zmniejszały się od wartości 6,98 w roku 1988 do wartości 1,57 w roku 2020.

Zmiany stężeń ^{137}Cs spowodowane są rozpadem promieniotwórczym tego izotopu ($T_{1/2}$ ok. 30 lat) oraz procesami migracji zachodzącymi w środowisku, głównie wnikaniem cezu w głębsze warstwy gleby. Potwierdza to analiza stężeń ^{137}Cs w próbkach pobranych z warstwy o grubości (0-25) cm.

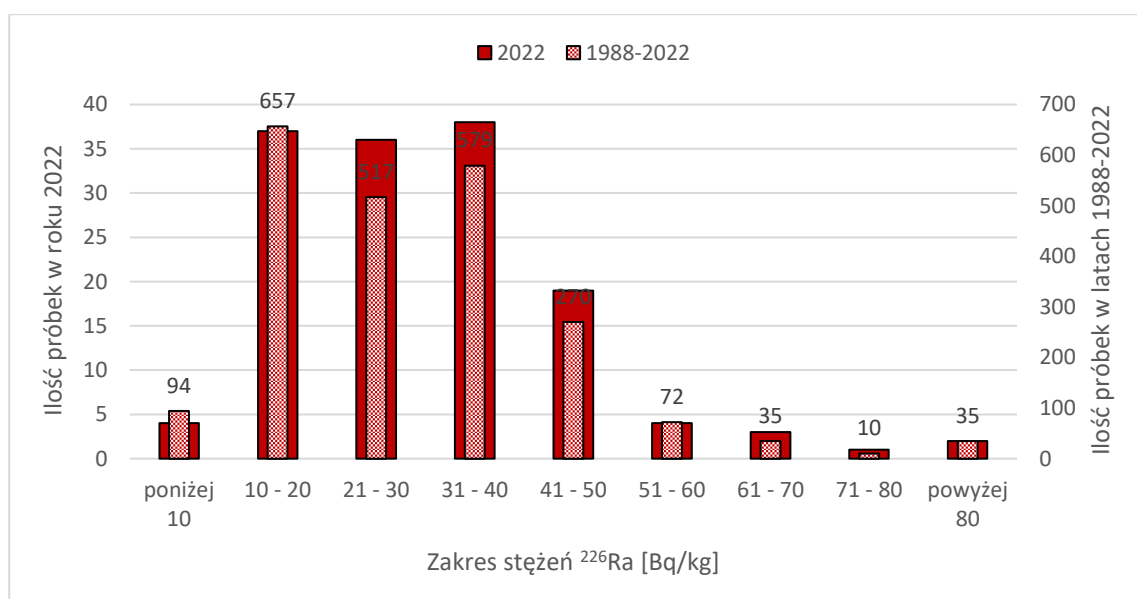
Z zaprezentowanych danych wynika, że we wszystkich tych punktach poboru gleby cez ^{137}Cs najprawdopodobniej przeniknął do głębszych warstw lub rozłożył się równomiernie do głębokości 25 cm. Niewielkie ilości ^{137}Cs w głębszych warstwach gleby mogą ciągle jeszcze pochodzić z wybuchów jądrowych, które miały miejsce szczególnie w latach 60. XX wieku.

5. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW STĘŻEŃ IZOTOPÓW NATURALNYCH ^{226}Ra , ^{228}Ac , ^{40}K W PRÓBKACH GLEBY POBRANYCH W 2022 ROKU

5.1 ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW STĘŻEŃ RADU ^{226}Ra

Rozkład wartości stężeń radu ^{226}Ra (liczbę próbek pobranych z powierzchniowej warstwy gleby w zależności od wartości stężenia) dla siedmiu województw w roku 2022 przedstawia histogram znajdujący się na Rys. 16.

Dodatkowo dla porównania rozkład wartości stężeń radu ^{226}Ra dla wszystkich próbek pobranych na przestrzeni lat 1988–2022 z terenu siedmiu województw prezentuje wykres liniowy zamieszczony na Rys. 16.

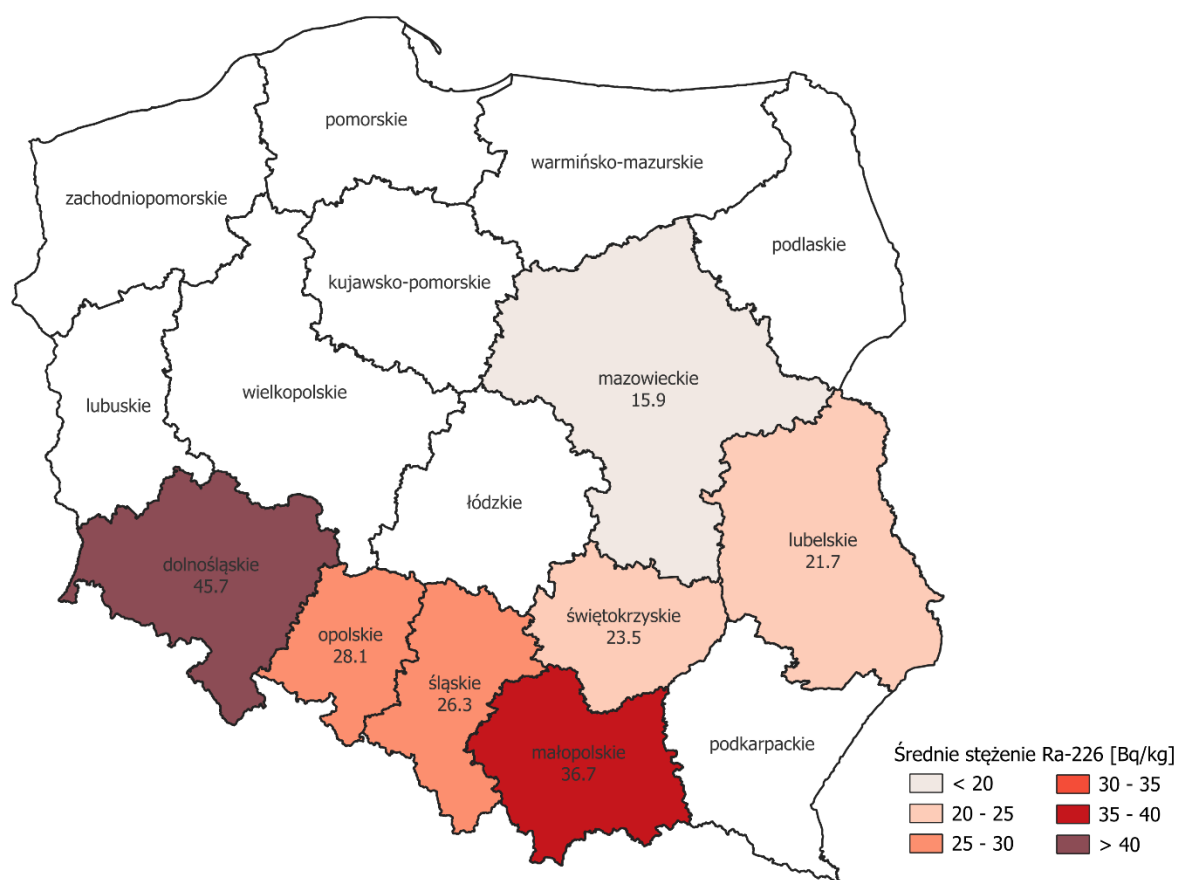


Rys. 16. Histogram rozkładu stężeń ^{226}Ra w próbkach gleby pobranych z warstwy (0-10) cm jesienią 2022 roku oraz w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład stężeń radu ^{226}Ra w powierzchniowej warstwie gleby w Polsce, zgodny z budową geologiczną kraju, potwierdzają wyniki otrzymane dla poszczególnych województw (dla warstwy 0-10 cm).

Średnie stężenie radu ^{226}Ra w glebie, obliczone dla wszystkich zbadanych w 2022 roku próbek gleby pobranych z warstwy powierzchniowej, wynosi **31,0 Bq/kg**.

Mapy obrazujące rozkłady wojewódzkie średnich stężeń radu ^{226}Ra w glebie przedstawiono na Rys. 17-19. Otrzymane z obliczeń wartości średnie wojewódzkie stężeń tego radionuklidu odzwierciedlone są na mapach poprzez zastosowanie skali kolorystycznej.

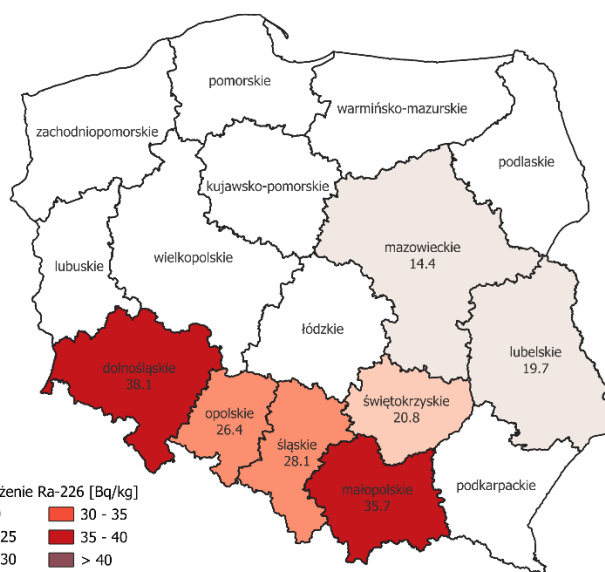


Rys. 17. Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w 2022 roku (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w 2012 r.

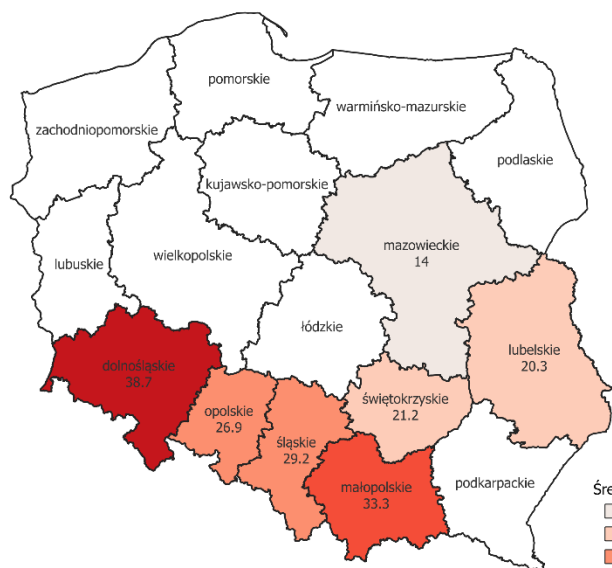


Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w 2004 r.

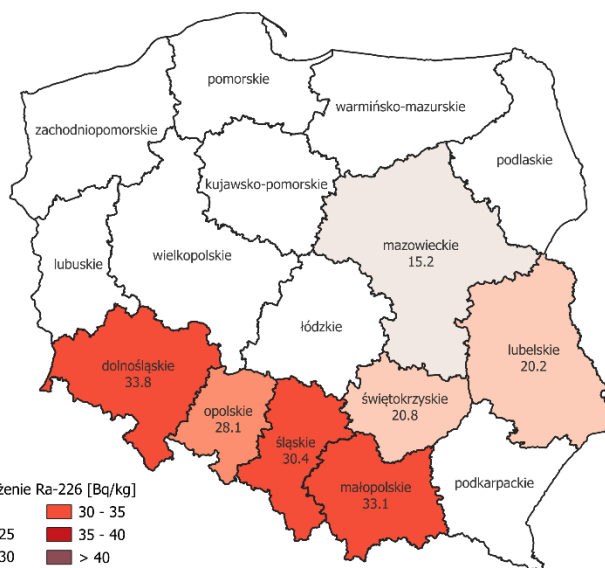


Rys. 18. Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2012 i 2004 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w 1996 r.



Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w 1988 r.



Rys. 19. Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 1996 i 1988 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład stężeń ^{226}Ra , będącego radionuklidem pochodnym ^{238}U , ma związek z budową geologiczną kraju. Największe w Polsce stężenia uranu w warstwie powierzchniowej gleby występują w Sudetach, gdzie wyróżnia się blok karkonosko - izerski, na terenie którego znajdują się wymienione powyżej miejscowości z woj. dolnośląskiego. Wartość koncentracji uranu w glebie, która wynosi średnio dla Polski 1,1 ppm - w poszczególnych punktach bloku karkonosko – izerskiego przekracza nawet 13 ppm.

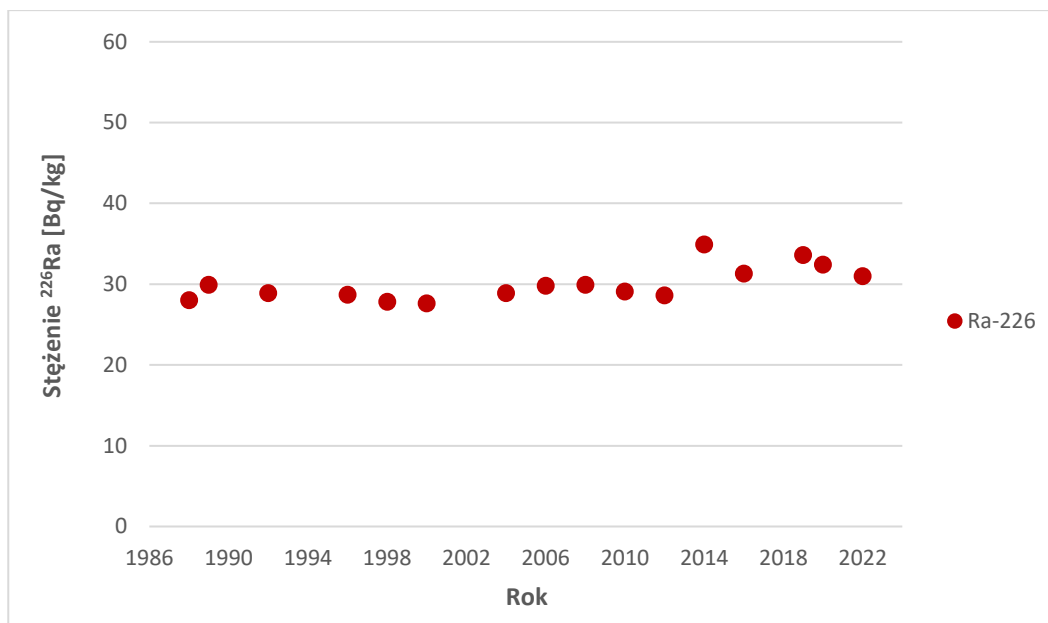
Zmiany wartości średnich stężeń radu ^{226}Ra w powierzchniowej warstwie gleby w latach 1988 – 2022 dla siedmiu województw Polski zaprezentowano w Tabeli 9. oraz na Rys. 20.

Dodatkowo dla porównania w Tabeli 9. zestawiono obliczone wartości średnie stężeń radu ^{226}Ra w latach 1988 – 2022 dla terenu całej Polski.

Tabela 9. Zmiany w czasie średnich stężeń radu ^{226}Ra w powierzchniowej warstwie gleby dla siedmiu województw oraz dla całej Polski w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rok	^{226}Ra	^{226}Ra *
1988	28,0	24,7
1989	29,9	25,8
1992	28,9	24,6
1996	28,7	25,3
1998	27,8	24,1
2000	27,6	24,0
2004	28,9	25,0
2006	29,8	25,8
2008	29,9	25,8
2010	29,1	25,3
2012	28,6	24,8
2014	34,9	31,9
2016	31,3	27,5
2019	33,6	28,8
2020	32,4	27,6
2022	31,0	-

* wartości średnie obliczone dla punktów poboru zlokalizowanych na terenie całej Polski



Rys. 20. Zmiany wartości średnich stężeń radu ^{226}Ra w powierzchniowej warstwie gleby z terenu siedmiu województw w Polsce w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

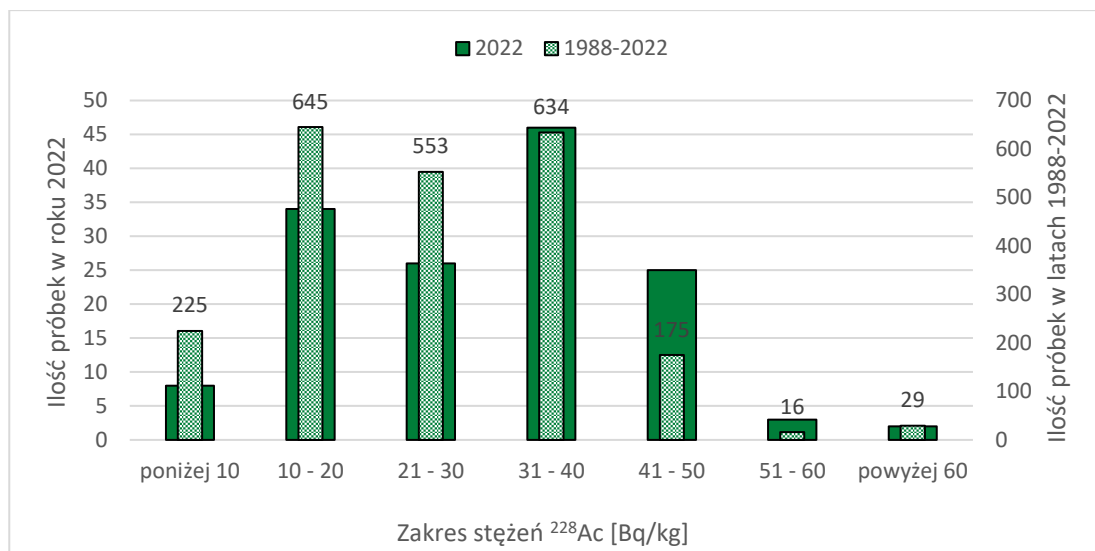
5.2 ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW STĘŻEŃ AKTYNU ^{228}Ac

Rozkład wartości stężeń aktynu ^{228}Ac w glebie (liczbę próbek pobranych z powierzchniowej warstwy gleby w zależności od wartości stężenia) dla siedmiu województw w roku 2022 został przedstawiony za pomocą histogramu, znajdującego się na Rys. 21.

Dodatkowo dla porównania rozkład wartości stężeń aktynu ^{228}Ac dla wszystkich próbek pobranych na przestrzeni lat 1988–2022 z terenu siedmiu województw prezentuje wykres liniowy zamieszczony na Rys. 21.

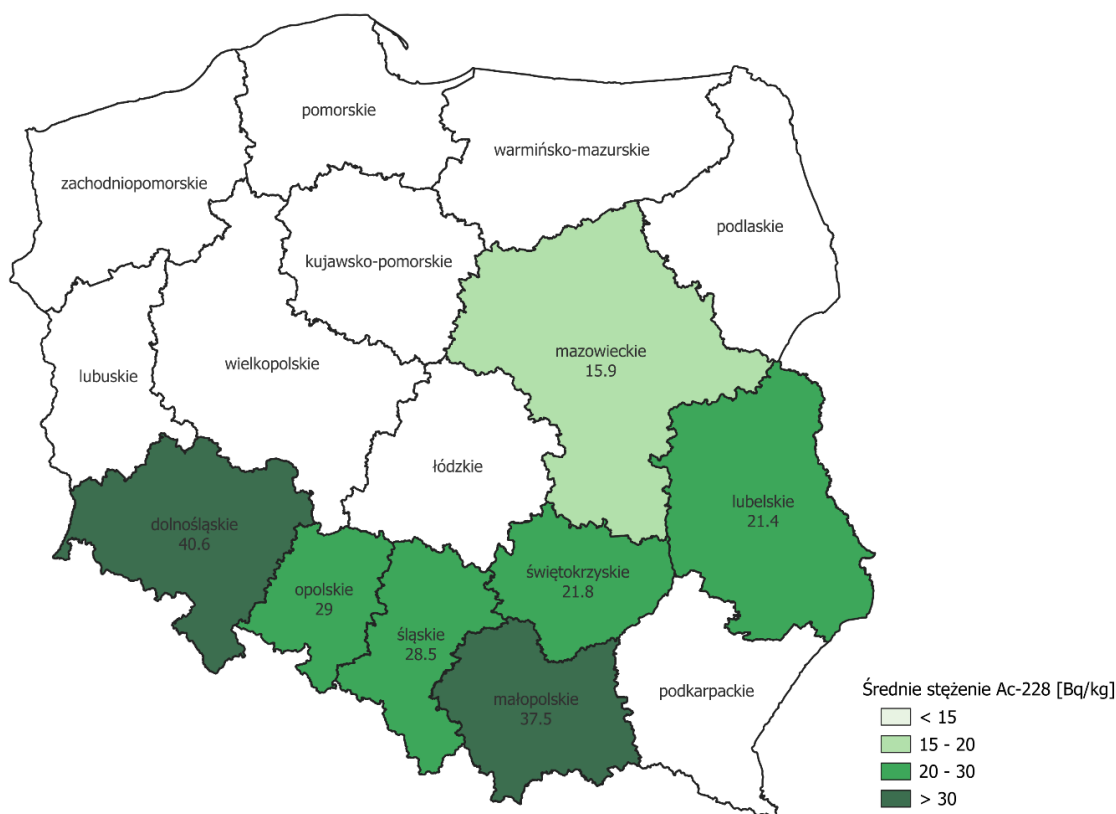
Rozkład stężenia ^{228}Ac w powierzchniowej warstwie gleby w Polsce, zgodny z budową geologiczną kraju, potwierdzają wyniki otrzymane dla poszczególnych województw.

Średnie stężenie aktynu ^{228}Ac w glebie, obliczone dla wszystkich zbadanych w 2022 roku próbek gleby pobranych z warstwy powierzchniowej, wynosi **30,5 Bq/kg**.



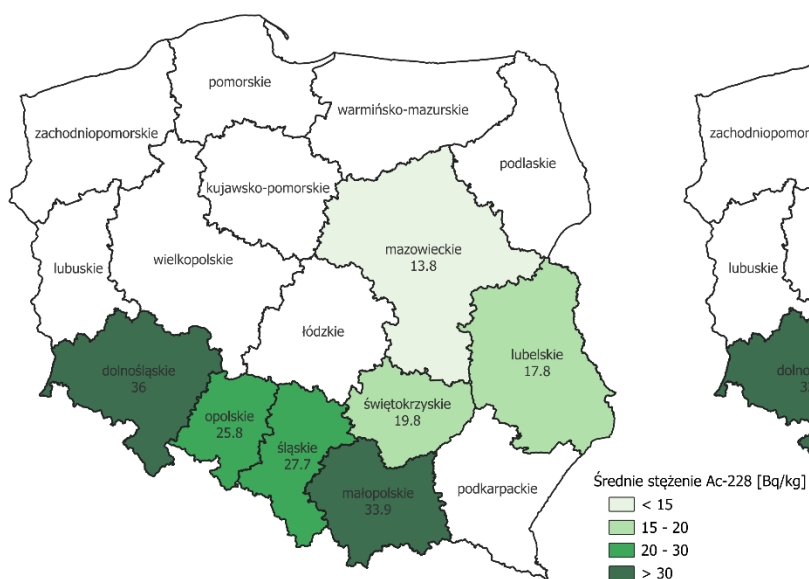
Rys. 21. Histogram rozkładu stężeń ^{228}Ac w próbkach gleby pobranych z warstwy (0-10) cm jesienią 2022 roku oraz w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Na mapach znajdujących się na Rys. 22-24 przedstawiono rozkłady wojewódzkie średnich stężeń aktynu ^{228}Ac w glebie. Otrzymane z obliczeń wartości średnie wojewódzkie stężeń tego radionuklidu odzwierciedlone są na mapach poprzez zastosowanie skali kolorystycznej.

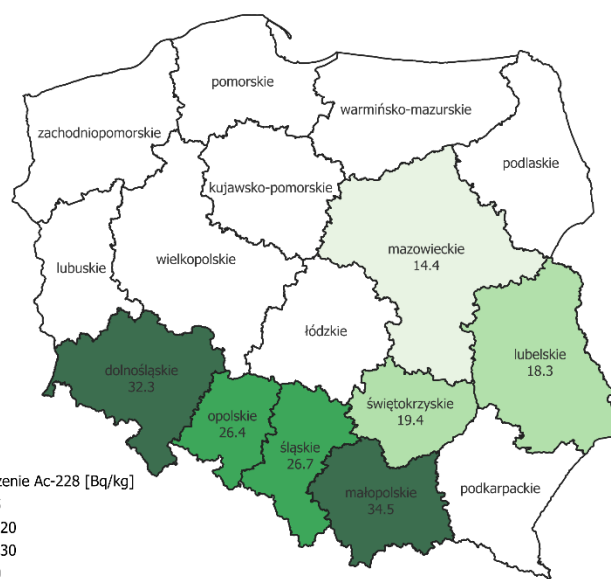


Rys. 22. Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w 2012 r.

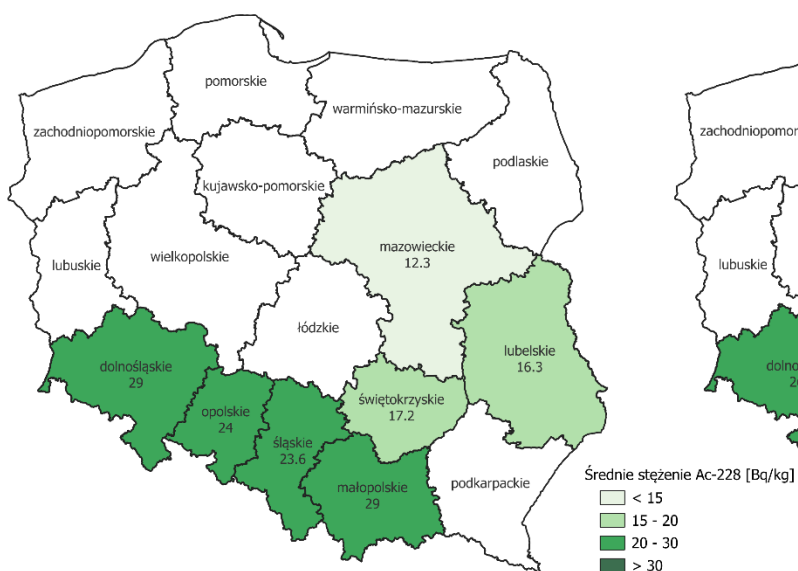


Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w 2004 r.

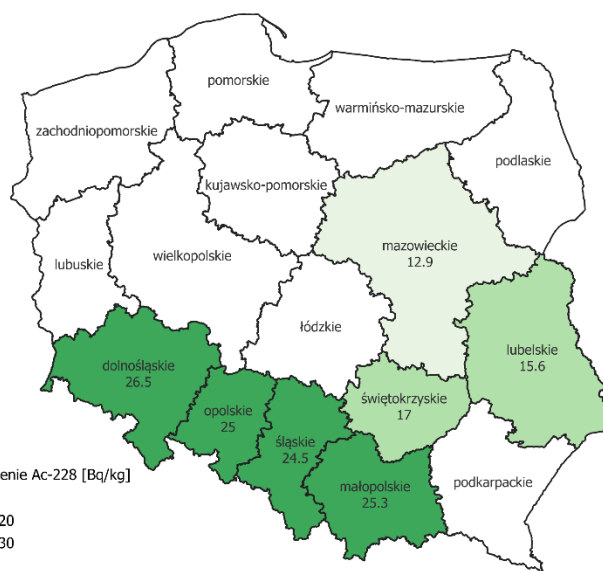


Rys. 23. Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2012 i 2004 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w 1996 r.



Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w 1988 r.



Rys. 24. Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 1996 i 1988 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Z rozkładu stężeń ^{228}Ac , radionuklidu pochodnego ^{232}Th , wynika, że podobnie jak w przypadku ^{226}Ra wyższymi stężeniami charakteryzują się tereny Polski południowej. Średnia koncentracja toru dla obszaru całego kraju wynosi 2,2 ppm, podczas gdy w Karpatach i Sudetach zdarzają się wartości nawet powyżej 10 ppm.

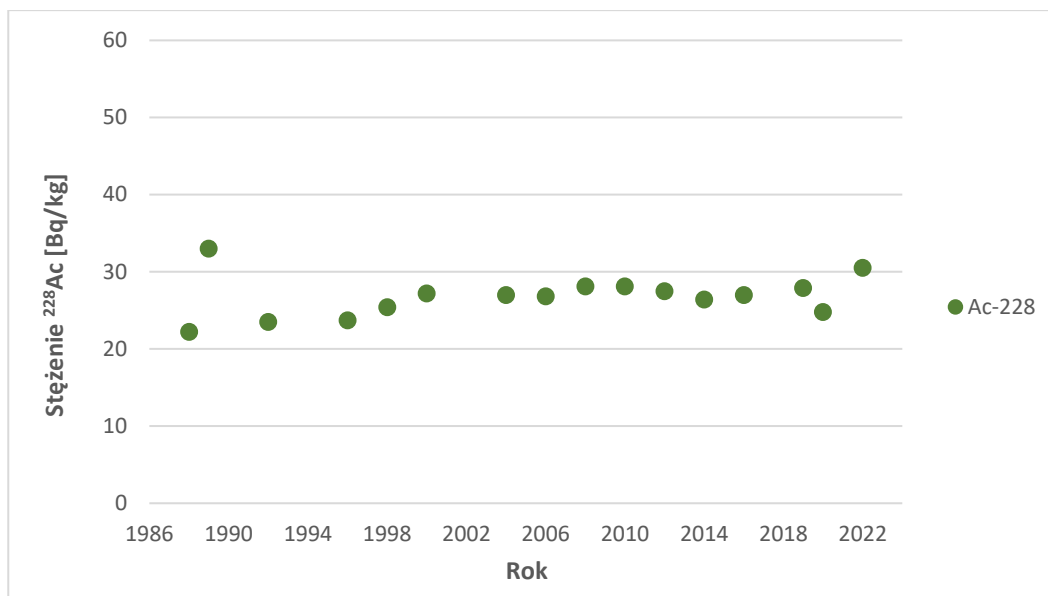
Zmiany wartości średnich stężeń aktywności ^{228}Ac w powierzchniowej warstwie gleby w latach 1988 – 2022 dla siedmiu województw Polski zaprezentowano w Tabeli 10. oraz na Rys. 25.

Dodatkowo dla porównania w Tabeli 10. zestawiono obliczone wartości średnie stężeń aktywności ^{228}Ac w latach 1988 – 2022 dla terenu całej Polski.

Tabela 10. Zmiany w czasie średnich stężeń aktywności ^{228}Ac w powierzchniowej warstwie gleby dla siedmiu województw oraz dla całej Polski w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rok	^{228}Ac	^{228}Ac *
1988	22,2	19,6
1989	33,0	20,7
1992	23,5	20,2
1996	23,7	20,7
1998	25,4	22,0
2000	27,2	23,3
2004	27,0	23,4
2006	26,8	23,2
2008	28,1	24,3
2010	28,1	24,4
2012	27,5	23,8
2014	26,4	22,9
2016	27,0	23,5
2019	27,9	23,9
2020	24,8	21,2
2022	30,5	-

* wartości średnie obliczone dla punktów poboru zlokalizowanych na terenie całej Polski



Rys. 25. Zmiany wartości średnich stężeń aktywności ^{228}Ac w powierzchniowej warstwie gleby z terenu siedmiu województw w Polsce w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

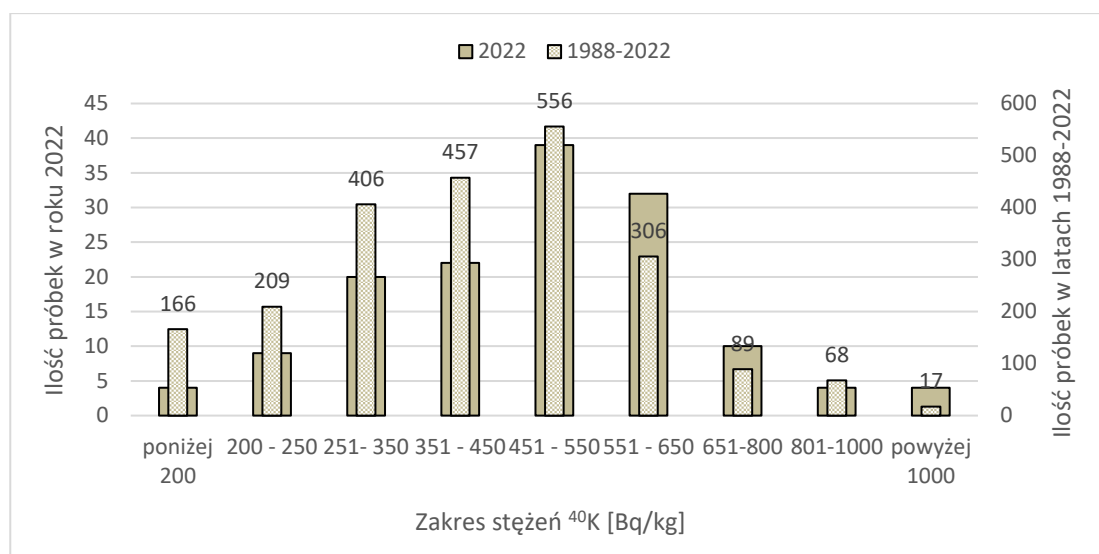
5.3 ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW STĘŻEŃ POTASU ^{40}K

Rozkład wartości stężeń potasu ^{40}K (liczbę próbek pobranych z powierzchniowej warstwy gleby w zależności od wartości stężenia) dla siedmiu województw w roku 2022 przedstawia histogram znajdujący się na Rys. 26.

Dodatkowo dla porównania rozkład wartości stężeń potasu ^{40}K dla wszystkich próbek pobranych na przestrzeni lat 1988–2022 z terenu siedmiu województw prezentuje wykres liniowy zamieszczony na Rys. 26.

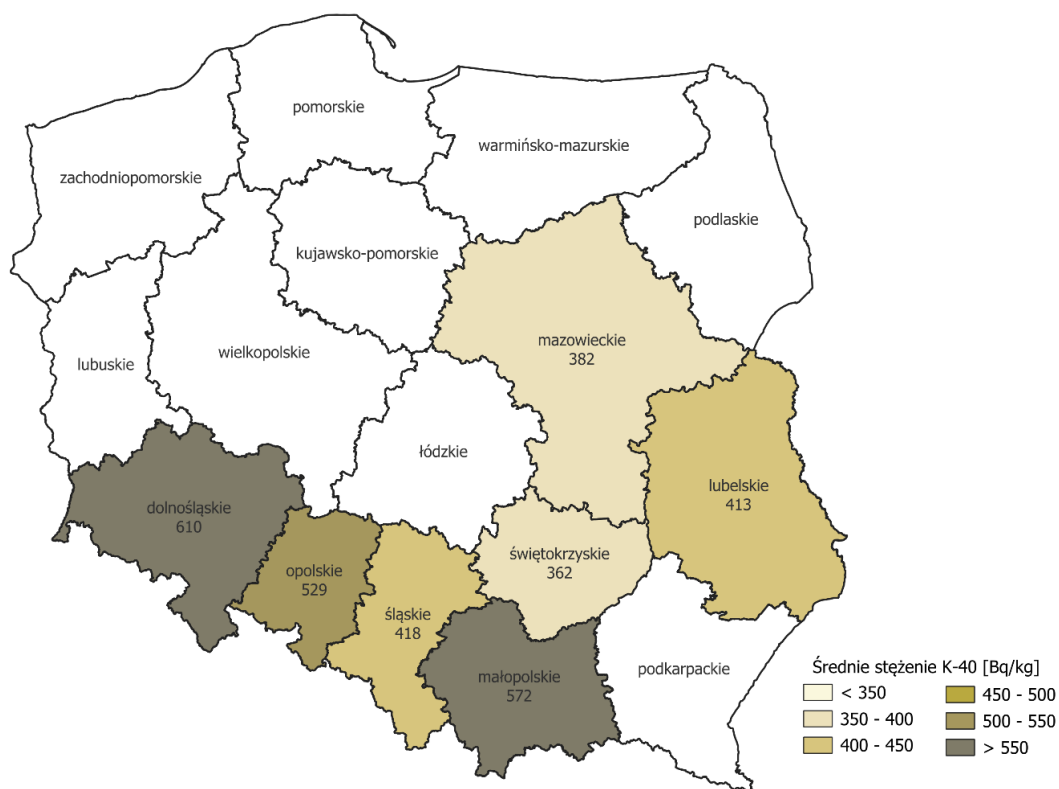
Stężenia potasu ^{40}K charakteryzują się większą jednorodnością rozkładu na terenie Polski, aczkolwiek również w przypadku tego radionuklidu, stanowiącego 0,0119% potasu naturalnego (stały stosunek izotopowy) można zaobserwować pewne prawidłowości, związane z występowaniem w glebach potasu naturalnego. Średnia zawartość potasu naturalnego w glebach na obszarze Polski wynosi 0,68%, wartość maksymalna natomiast 2,8%. Najwyższe zawartości, związane najczęściej z masywami granitowymi oraz pokrywami lessowymi, obserwuje się w Sudetach, Karpatach i Polsce północno-wschodniej.

Średnia wartość stężenia potasu ^{40}K w glebie, obliczona dla wszystkich zbadanych w 2022 roku próbek gleby pobranych z warstwy powierzchniowej, wynosi **497 Bq/kg**.



Rys. 26. Histogram rozkładu stężeń potasu ^{40}K w próbkach gleby pobranych z warstwy (0-10) cm jesienią 2022 roku oraz w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Na mapach radiologicznych Polski przedstawionych na Rys. 27-29 zobrazowane zostały rozkłady wojewódzkie średnich stężeń potasu ^{40}K w glebie. Otrzymane z obliczeń wartości średnie wojewódzkie stężeń tego radionuklidu odzwierciedlone są na mapach poprzez zastosowanie skali kolorystycznej.

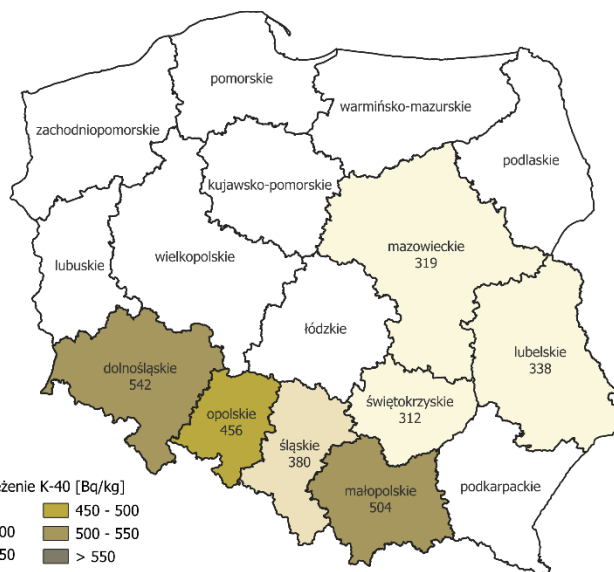


Rys. 27. Rozkład średnich stężeń ^{40}K w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład średnich stężeń ^{40}K w 2012 r.



Rozkład średnich stężeń ^{40}K w 2004 r.



Rys. 28. Rozkład średnich stężeń ^{40}K w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2012 i 2004 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rozkład średnich stężeń ^{40}K w 1996 r.



Rozkład średnich stężeń ^{40}K w 1988 r.



Rys. 29. Rozkład średnich stężeń ^{40}K w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 1996 i 1988 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

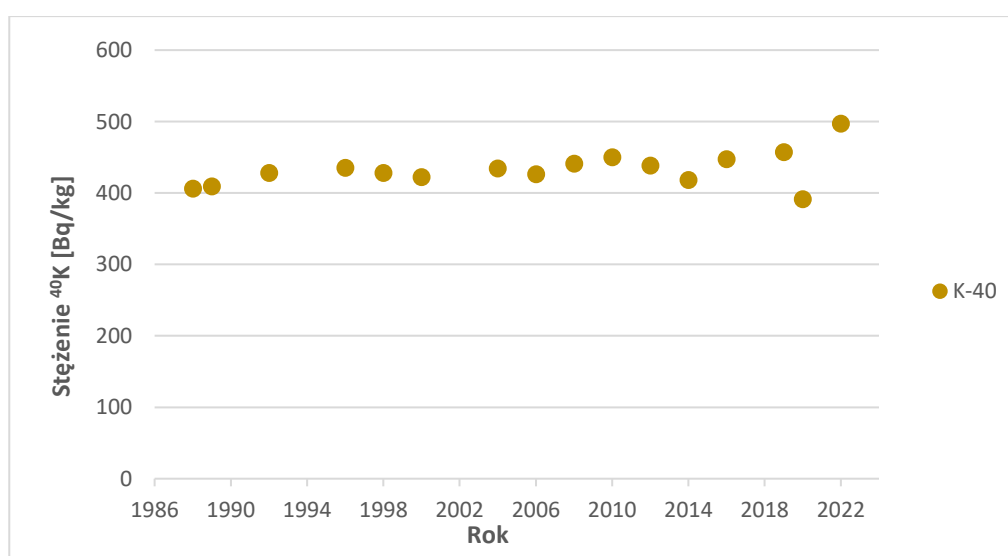
Zmiany wartości średnich stężeń potasu ^{40}K w powierzchniowej warstwie gleby w latach 1988 – 2022 dla siedmiu województw Polski zaprezentowano w Tabeli 11. oraz na Rys. 30.

Dodatkowo dla porównania w Tabeli 11. zestawiono obliczone wartości średnie stężeń potasu ^{40}K w latach 1988 – 2022 dla terenu całej Polski.

Tabela 11. Zmiany w czasie średnich stężeń potasu ^{40}K w powierzchniowej warstwie gleby dla siedmiu województw oraz dla całej Polski w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

Rok	^{40}K	^{40}K *
1988	406	394
1989	409	398
1992	428	402
1996	435	410
1998	428	403
2000	422	399
2004	434	406
2006	426	403
2008	441	416
2010	450	428
2012	438	415
2014	418	390
2016	447	425
2019	457	430
2020	391	369
2022	497	-

* wartości średnie obliczone dla punktów poboru zlokalizowanych na terenie całej Polski



Rys. 30. Zmiany wartości średnich stężeń potasu ^{40}K w powierzchniowej warstwie gleby z terenu siedmiu województw w Polsce w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

6. PODSUMOWANIE

Systematyczne badania stężeń cezu ^{137}Cs oraz radionuklidów naturalnych w powierzchniowej warstwie gleby prowadzone w Polsce od 1988 r. pozwalają na śledzenie charakteru zmian promieniotwórczych zanieczyszczeń środowiska oraz zapewniają znajomość ich aktualnego rozkładu na terenie naszego kraju.

Od pierwszych pomiarów gleby minęło ponad 30 lat, czyli więcej niż jeden półokres rozpadu cezu ^{137}Cs , co oznacza, że około połowy tego radionuklidu uległo naturalnemu rozpadowi promieniotwórczemu. Jednak obliczenie stosunków depozycji cezu w powierzchniowej warstwie gleby dla ostatnich pomiarów, czyli dla roku 2022 i pierwszych pomiarów w roku 1988 pokazuje, że w wielu punktach pomiarowych stosunek ten nie przekracza 25%, a to oznacza, że w tych punktach połowa cezu, która się jeszcze nie rozpadła migrowała w głębsze warstwy gleby (głębiej niż na 10 cm).

Pomiary stężeń cezu ^{137}Cs i naturalnych izotopów promieniotwórczych w glebie są bardzo ważnym elementem Państwowego Monitoringu Środowiska – pozwalają na wychwycenie zmian związanych z pojawieniem się dodatkowych skażeń na terenie naszego kraju.

SPIS TABEL I RYSUNKÓW

- Tabela 1.** Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie dolnośląskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 2.** Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie lubelskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 3.** Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie małopolskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 4.** Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie mazowieckim (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 5.** Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie opolskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 6.** Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie śląskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 7.** Wykaz punktów poboru gleby z listopada 2022 r. w województwie świętokrzyskim (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 8.** Zmiany w czasie średnich depozycji ^{137}Cs w powierzchniowej warstwie gleby dla siedmiu województw oraz dla całej Polski w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 9.** Zmiany w czasie średnich stężeń radu ^{226}Ra w powierzchniowej warstwie gleby dla siedmiu województw oraz dla całej Polski w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 10.** Zmiany w czasie średnich stężeń aktynu ^{228}Ac w powierzchniowej warstwie gleby dla siedmiu województw oraz dla całej Polski w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Tabela 11.** Zmiany w czasie średnich stężeń potasu ^{40}K w powierzchniowej warstwie gleby dla siedmiu województw oraz dla całej Polski w latach 1988 – 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 1.** Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie siedmiu województw (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 2.** Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa dolnośląskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 3.** Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa lubelskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 4.** Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa małopolskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 5.** Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa mazowieckiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).

- Rys. 6.** Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa opolskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 7.** Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa śląskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 8.** Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie województwa świętokrzyskiego (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 9.** Histogram rozkładu depozycji ^{137}Cs w pobranych próbkach gleby w roku 2022 oraz w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 10.** Depozycja ^{137}Cs w poszczególnych punktach poboru gleby dla próbek pobranych z warstwy powierzchniowej w 2022 roku (źródło: opracowanie pn. „Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2022-2024. Zadanie 3: Monitoring stężenia cezu-137 w glebie” wykonane przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska).
- Rys. 11.** Depozycja ^{137}Cs dla warstw gleby (0-10) cm oraz (0-25) cm w roku 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 12.** Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w województwach na obszarze Polski dla próbek gleby pobranych w roku 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 13.** Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w województwach na obszarze Polski dla próbek gleby pobranych w roku 2012 i 2004 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 14.** Rozkład średnich depozycji ^{137}Cs w województwach na obszarze Polski dla próbek gleby pobranych w roku 1996 i 1988 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 15.** Zmiany średnich rocznych depozycji cezu ^{137}Cs w powierzchniowej warstwie gleby z terenu siedmiu województw w Polsce w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 16.** Histogram rozkładu stężeń ^{226}Ra w próbkach gleby pobranych z warstwy (0-10) cm jesienią 2022 roku oraz w latach 1988–2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 17.** Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w 2022 roku (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 18.** Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2012 i 2004 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 19.** Rozkład średnich stężeń ^{226}Ra w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 1996 i 1988 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 20.** Zmiany wartości średnich stężeń radu ^{226}Ra w powierzchniowej warstwie gleby z terenu siedmiu województw w Polsce w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 21.** Histogram rozkładu stężeń ^{228}Ac w próbkach gleby pobranych z warstwy (0-10) cm jesienią 2022 roku oraz w latach 1988–2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).

- Rys. 22.** Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 23.** Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2012 i 2004 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 24.** Rozkład średnich stężeń ^{228}Ac w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 1996 i 1988 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 25.** Zmiany wartości średnich stężeń aktywności ^{228}Ac w powierzchniowej warstwie gleby z terenu siedmiu województw w Polsce w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 26.** Histogram rozkładu stężeń potasu ^{40}K w próbkach gleby pobranych z warstwy (0-10) cm jesienią 2022 roku oraz w latach 1988–2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 27.** Rozkład średnich stężeń ^{40}K w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 28.** Rozkład średnich stężeń ^{40}K w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 2012 i 2004 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 29.** Rozkład średnich stężeń ^{40}K w województwach na obszarze Polski dla gleby pobranej w roku 1996 i 1988 (źródło: GIOŚ/PMŚ).
- Rys. 30.** Zmiany wartości średnich stężeń potasu ^{40}K w powierzchniowej warstwie gleby z terenu siedmiu województw w Polsce w latach 1988-2022 (źródło: GIOŚ/PMŚ).