



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

ATLAS GEOCHEMICZNY AGLOMERACJI SZCZECIŃSKIEJ

Część I

GEOCHEMICAL ATLAS OF SZCZECIN AGGLOMERATION

Part I

1:200 000

Józef Lis, Anna Pasieczna



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ



WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.

WARSZAWA 1998



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

***ATLAS
GEOCHEMICZNY
AGLOMERACJI
SZCZECIŃSKIEJ***

***Część I: gleby, osady wodne,
wody powierzchniowe***

***GEOCHEMICAL
ATLAS
OF SZCZECIN
AGGLOMERATION***

***Part I: soils, water sediments,
surface waters***

1:200 000

Józef Lis, Anna Pasieczna



Sfinansowano ze środków
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ



WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.

WARSZAWA 1998

*Praca wykonana na zamówienie
Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa*

Redaktor: mgr Barbara SŁOWAŃSKA

Akceptował do druku 21.09.1998 r.
Dyrektor Naczelny Państwowego Instytutu Geologicznego
prof. dr hab. Stanisław SPECZIK

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 1998

Recenzent prof. dr hab. inż. Andrzej PAULO

Tłumaczenie mgr Zdzisław SIWEK

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ SA
Zlec. H-10

SUMMARY

INTRODUCTION

The "Geochemical Atlas of the Szczecin agglomeration", at the scale of 1:200 000, is the consecutive publication of the Polish Geological Institute in the field of geochemical mapping of urbanised areas.

Part I of the Atlas presents the chemical conditions of surficial Earth's environments within administrative boundaries of Szczecin, Świnoujście, Gryfino and their agro-forestral surroundings as well as in a littoral zone of the Baltic Sea.

Actual environmental conditions within the Szczecin agglomeration result, on the one hand, from effects of local pollution sources (including maritime economy, industry, influence of Szczecin-Świnoujście urban agglomeration, transport), and on the other hand – from effects of pollutants' load in the Odra River waters, transported from objects situated in areas of the upper and middle Odra courses (i.e. in upper Silesia and Lower Silesia, the Czech Republic and Germany). The Szczecin agglomeration occupies an area of 301 km² and is populated by 405 thousands of inhabitants; its seaport, together with quays and basins covers 17.6 km² (Raport, 1997).

With respect to physical-geographic division, the surveyed map sheet area belongs to the Szczecin Coastline (J. Kondracki, 1998).

A physiographic unit of lower order, the Odrzańsko-Zalewowa Plain situated on both sides of the Szczecin Lagoon, Lake Dąbie and the Odra itself, lies in the central sector of the region; its axis is delimited by all three surface water bodies just mentioned. An interfluvium being a fragment of the lower Odra valley between the

bifurcated Odra West and the Odra East (the Regalica) is of peculiar natural character. The interfluvium area is swampy and covered with peats. In its segment opposite the city of Szczecin, the interfluvium has been reshaped to accommodate the port and industrial-store facilities.

Two islands, Uznam and Wolin, separate the Szczecin Lagoon from the open sea. The two are of diversified morainic landscape, with well preserved cover of mixed forests. As the forests are in good conditions, the Woliński National Park was established.

Within the Poland's boundary, the Szczecin Lagoon covers an area of 479 km² (J. Kondracki, 1998). The Lagoon is shallow (2–6 m) and has to be continuously dredged along the fairway to secure a safe navigation. Because of inflow of sea waters, the Lagoon is a slightly saline reservoir, with the salinity around 1‰.

The area covered by this geochemical survey occupies approx. 2000 km².

A grid of 1×1 km was the sampling pattern applied to sampling of the surficial environments.

FIELD WORK

The field work was carried out by a team of workers from the Polish Geological Institute, in the summer season of 1996.

Topographic maps to the scale of 1:25 000 were used to locate sampling points. Every map sheet of total area equal to 160 km², was divided into 160 squares (1 km² each). Samples of soils, water sediments and surface waters were collected from each square. Field observations were noted in suitable sampling point card (Fig. 1); those observations dealt with the character of land development (Tab. B), land use (Tab. C), type of surface water body, and petrographic character of material sampled. A sketch of sampling point position was also drawn. Sampling points were marked on the map and were given suitable numbers.

An 80-mm hand penetrometer was used as a field tool for collecting 1000-g soil samples from a depth of 0.0–0.2 m.

As refers to water sediment samples, possibly finest material, approximately 1000 g in weight, was collected from different surface water bodies such as rivers and streams, ditches and stagnant ponds of different sizes.

Surface waters were sampled in the very places from which the water sediment samples were collected. The procedure of water sampling followed the methodics of sampling the springs, described by S. Witczak and A. Adamczyk (1994). Still in the field, water samples were filtered through the 0.45 µm MILIPORE filter, and after placing in 20 ml containers – acidified with HCl. The pH and conductivity of water were measured on the location.

PREPARATION AND STORING OF SAMPLES

After preliminary drying in the field, samples of soils and water sediments were transported to the store, where they were exposed to dry at a room temperature. Then, samples were screened through the nylon sieves with 1 mm openings in case of soil samples and 0.2 mm openings in case of water sediment samples. After quartering, samples – about 100 g in weight – were placed in polyethylene containers.

LABORATORY EXAMINATION OF SAMPLES

Chemical analyses were performed at the Central Chemical laboratory of the Polish Geological Institute in Warsaw.

The leaching procedure consisted in application of acid treatment with HCl (1:4) at 90°C for 1 hour. The acid treatment is the method which allows for determining those mobile portion of elements that are taking main part in migration through the surficial Earth's environments. Such form of elements is also most readily absorbed by living organisms. A question of susceptibility of different elements to leaching with acids has been discussed in details in the "Geochemical Atlas of Poland" (J. Lis, A. Pasieczna, 1995b).

Determinations of such elements as Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V and Zn in soils and water sediments were made with the use of Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) method.

Measurements of the Hg in samples of soils and waters sediments was made using the method of Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CV-AAS). Soil acidity was determined in aquatic environment; this determination followed a standard applicable to soil science practise.

The ICP-AES method was applied to measurements of concentrations of Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, SO₄, SiO₂, Sr, Ti, V, Y and Zn in surface waters. To measure of K, Li and Na AAS method was employed.

Analytical methods used in this survey are presented, along with the detectability of elements, in Tabs. I and II.

DATA BASES

A dBase III-plus was applied to create three independent computer data bases that are: a sampling point coordinate base, a field data base, and a laboratory data base.

Coordinates of sampling points were determined from the map of sampling points on the scale of 1:25 000 using a digitizer. Field data were recorded in sampling data form first, then entered in the field data base (when entering the data, particular elements of field data were numerically coded in accordance with the system applicable to sampling data forms). The field data base is helpful in separating sub-sets of data to be used in statistical computations for different environmental criteria (such as: concentrations of elements in farming soils, forest soils or urban soils; concentrations of elements in sediments and waters of particular water reservoirs, etc.). Results of chemical analyses were provided by the laboratory and entered in the laboratory data base. This data base consists of 117 580 element determinations made on 5114 samples.

CONSTRUCTION OF GEOCHEMICAL MAPS

A topographic map at the scale of 1:200 000 was used as a base-map for geochemical mapping.

A STATGRAPHICS software system was employed to calculate statistical parameters for entire sets and sub-sets representing different environments of soils, water sediments and surface waters. Arithmetic and geometric means, median, and maximum and minimum values were calculated. A compilation of data for different environments has been presented in Tabs. III–V. The calculated factors provided a base for the determination of respective parameters when generating the geochemical maps.

The geochemical maps of soils (Plates 2–23) were produced with the use of a SURFER for WINDOWS programme and an inverse distance method. The latter was carefully discussed in the explanatory text to the "Geochemical Atlas of Poland" (J. Lis, A. Pasieczna, 1995b). An isoline method was employed to show the cartographic image. Levels of the element contents were selected with respect to

the percentile division (15, 25, 50, 75, 90, 95, 97 and 99% and more), which reflects the participation of samples of given concentrations of elements. In case of the map showing the pH of soils (Tab. 2), the acidity ranges follow the division being in common use in soil science (highly acidic, acidic, slightly acidic, neutral, and alkaline soils).

In cases of geochemical maps of water sediments (Plates 24–45) and surface waters (Plates 46–66), a method of circular diagram was selected to present the geochemical image. Respective classes of element contents, with the division into percentiles (15, 25, 50, 75, 90, 95, 97, 99 and >99%) were displayed by suitable circle diameters.

OUTLINE OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND MATRICES OF SOILS

A tectonic depression (the Cretaceous Trough), bordering in the north-east upon the elevation of the Pomeranian Swell, is the main tectonic unit of the area. In the Quaternary the depression provided suitable conditions for transgression of the continental ice sheet.

The surface of the presented map sheet area is almost entirely covered with Quaternary sediments, predominantly of Pleistocene age (Tab. A). Their direct substratum is composed of Tertiary sediments, known mostly from boreholes (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). Their only exposures in the area of the Bukowe Hills include sandy-silty-clayey sediments of Neogene age (Miocene). They are folded and glaciectonically disturbed (M. Uniejewska, M. Nosek, 1977).

In other regions, pre-Quaternary formations exposed on the ground surface are represented by detached blocks of originally Cretaceous and Tertiary age (J.E. Mojski, 1976; S. Cieśliński, M. Jaskowiak, 1973).

The detached blocks composed of Oligocene clayey rocks (Septarian Clays) are utilised as building raw materials.

The thickness of Quaternary sediments ranges from 0.0 m to about 180 m (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979; M. Uniejewska, M. Nosek, 1977).

Pleistocene. As the Pleistocene formation is strongly disturbed by glaciectonic processes, it is very difficult to reconstruct the original stratigraphic profile of the Pleistocene.

Sediments of the Middle Polish Glaciation in the surveyed area occur overlain by younger ones. Outcrops of glacial till of this age are exposed only in the cliff on Wolin Island (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). This till is hard, with variable sand content. Its gravelly fraction contains fragments of both crystalline rocks and Palaeozoic limestones as well as Cretaceous limestones and marls.

Formations of the North Polish Glaciation are represented by fluvioglacial and ice-dammed lake sediments, glacial tills and sediments that developed during the stage of ice-sheet wastage. Considerable areas of the surveyed map sheet are covered with glacial till of this age. To the north, this till occurs along the valley of the Dziwna River. In the Wkrzańska Woods, in the Szczecińskie Hills and in the Bukowa Woods it appears in the form of irregular patches while its continuous cover can be met in the area of the Stobno Upland. A considerable share of sandy fraction and the abundance of boulders are characteristic feature of this till. In the north it contains mostly local material from the Mesozoic bedrock (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). To the south of the map sheet, the till becomes more and more enriched with rocks of Scandinavian origin (granites, gneisses, gabbros, diorites).

Glacial sands, gravels and boulders are sediments genetically linked with the accumulation of glacial till; their facial passage into till is frequent (M. Uniejewska, M. Nosek, 1977). Series of variegated sands, silty in places, with gravel and individual boulders occur on the ground surface in regular patches in area along the Grzybnica valley (south of Lake Ostrowo) and in slopes of the Warszawskie Hills and the Bukowe Hills – where their thickness reaches a dozen or so metres. In the south-east sector they occur in area among Chwastnica, Pniew, Steklno and Sosnow.

The western part of Wolin Island is covered with sediments of kames that make characteristic elements of post-glacial plateau. The kame hills are built up of mostly fine- and medium-grained stratified sands with inserts of gravels. In places, they are covered with patches of glacial till. Depressions among ranges and hills are filled with lacustrine sediments (of Pleistocene and Holocene age) and peats. Other belt of kame sediments extends from Police through Pilchów. In the southern sector, the kame hills are made up of muds and muddy sands (M. Uniejewska, M. Nosek, 1977). Also, they occur in the Odra valley north of Widuchowa, and in the Tywa valley as well.

Fluvioglacial sands and gravels overlie the glacial till or they can be its underlying bed. There are frequent cases of stratification in the sandy-gravelly series. These sands and gravels can be met as irregular patches in the northern part of Szczecin, in the northern margin of the Bukowe Hills, in the valleys of the Dziwna and the Grzybnica, and in the escarpment of the Odra valley.

A vast area with ice-dammed lake sediments (that developed as a result of areal deglaciation) extends all around Lake Miedwie (situated beyond the map sheet covered by this survey). These deposits also expose on the land surface in the margin of Lake Weltyńskie as a 3–4 m series of muds and clays and fine-grained sands as well (M. Uniejewska, M. Nosek, 1977).

Fluvial sediments (mostly sands, gravels and muds) are the matrices for soils in the central sector of the map sheet area (the Wkrzańska Woods, and the outskirts of both the Goleniowska and the Bukowa Woods), and in some areas of the Odra valley.

Eolian sands as well as eolian sands within dune fields developed at the close of the Pleistocene and in the Holocene (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). Inland dunes are most common in the Wkrzańska Woods; usually, they are accompanied by eolian sand fields. They are also met in the river valleys, in the region of the Bukowa Woods and in the Warszawskie Hills. Coastal dunes group at the mouth of the Świna River and in coastal zone of Wolin.

Holocene. Sediments of Holocene age developed in different facies. Most widespread are peats in the bottom of the Odra valley, in valleys of the Grzybnica, the Dziwna and smaller rivers and all around Lakes Dąbie, Wicko Wielkie and a number of smaller ones, and in the margin of the Szczecin Lagoon. Holocene peats also fill the bottoms of depressions (of different origin) in the land surface and form the margins of small lakes over entire survey area. They are accompanied by aggradations and gyttjas. The latter are usually covered with peats, sometimes they are interfingering with peats. Their character is diversified; in the northern sector of the map sheet they are clayey at their bottom, calcareous in the middle and fine-detrital or algal in their top part while in the southern sector the gyttja-building material is composed of calcium carbonate (M. Jasnowski, 1993).

Lacustrine sediments occur in depressions of Pleistocene age (depressions without drainage, thaw lakes). Clays, mud, fine-grained sands and lacustrine chalk are met in their composition. On the

ground surface they occur on Wolin Island, in the vicinity of Lake Weltyńskie and in the Krzekna valley. Bog lime exposed all around Lake Miedwie (beyond the survey area) were subjected to extraction for local needs (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979).

Bottoms of river valleys are covered with muds, silts, sands and fluvial gravel.

A part of land surface in the town areas (Szczecin, Świnoujście, Wolin) is covered with made grounds. Their particular type is made up of material from silting up. They belong to bottom sediments extracted in the process of dredging the fairway from Szczecin to Świnoujście and stored on quays of the Odra, the Świna and the Dziwna. Due to organic matter content, this type of made ground is classified as mineral (up to 10%), organic-mineral (10–20%) and organic (>20%). These made grounds are rich in phosphorus, potassium and magnesium (E. Niedźwiecki et al., 1995). The increase in organic matter content is followed by the contents of heavy metals (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni), which is the reason for their inapplicability to agriculture.

Rocks occurring on the ground surface, as described hereto, make the matrix for development of soils differing from each other with respect to their grain-size distribution. Sandy soils dominate over the area of both the Wkrzańska and the Goleniowska Woods and in coastal sector of the map sheet area (Tab. 1). Morainic plateaus are the areas where clayey soils dominate while silty soils occur irregularly along the Odra valley and all around Lake Wicko Wielkie. The greatest areas of peaty soils, about 230 km² (I. Olkowicz-Paprocka et al., 1994) occur in the valley of the lower Odra and all around the Szczecin Lagoon.

SOURCES OF POLLUTION OF ENVIRONMENT

Land fills. In the Szczecin Province the majority of wastes (about 77%) are dumped in the municipal and industrial dumping sites. Only 22% of wastes are economically utilised (Raport, 1997). Dumping of wastes is unequal in the province area. Over 90% of wastes are dumped in commune areas (Police, Szczecin and Gryfino) lying in the area covered by this survey.

The greatest amount of industrial wastes is produced in the “Police” Chemical Plant (phosphogypsum, ferrous sulphate, sediments from chemical sewage treatment plant, ashes from boiler house). A dumping site of waste gypsum products – generated in the process of production of phosphoric acid – occupies an area of 2.88 km². It is situated in the flood terrace of the Odra R., on the lacustrine-swampy soils, and is operational for nearly thirty years (R. Dobracki, L. Kołodziej, 1989). A dumping site of ferrous sulphates in the area of Police occupies an area of 0.12 km².

A dumping site managed by “Wiskord” S.A. in Szczecin covers not large area; however, it exerts a major threat of pollution with heavy metals – since facilities protecting from infiltration of leachates are nonexistent.

There are dumping sites of the Smelter in Szczecin, situated on the Odra R. bank, where slugs and metallurgical sludges (with phenols and cyanites) are dumped.

The “Pomorzany” and “Szczecin” power plants accumulate their ashes and slugs in the dumping sites of their own.

An active paper-mill in Skolwin possesses two dumping sites: one for cortex and the second for products of silting.

The “Dolna Odra” Power Plant Complex produces ashes and slugs – that are dumped at Nowy Czarnów and in Szczecin. A total area of dumping sites covers about 3 km² (Raport, 1997).

Wastes from shipyard, sewage treatment plants, and food-and-vegetable and meat-processing industries get the municipal land fills. No segregation is made prior to dumping. Among others, they contain wastes of varnish, gum, building material, timber, plastics, medicinal waste products, slugs, oil and grease, port wastes, fluorescent lamps, etc.).

Waste waters. As mentioned before, waters and sediments of the Odra and the Szczecin Lagoon are subjected to pollution by sources situated in the middle and upper courses of the Odra (industrial and municipal waste waters from the areas of Upper Silesia, Lower Silesia, the Czech Republic and Germany). Over 2/3 of total load of heavy metals discharged to the Odra originates in the Legnica-Głogów Copper District (Lower Silesia) and in the Karwina-Ostrava Coal Basin (J. Przewłocki et al., 1992).

In the lower Odra course the pollution is getting worse due to municipal sewage and industrial effluents, both produced in the region of the Szczecin agglomeration. Of particular hazard are wastes discharged to the Odra in the Szczecin port. Apart from domestic and sanitary sewage and industrial effluents from quays and ships, the Odra region is supplied with wastes from the area of reloading of phosphates and apatites, and from a filling station, the Varnish and Paint Factory, and a repair shipyard (A. Tadajewski, D. Rutkowski, 1993).

The “Police” Chemical Plant discharges their technological and post-freezing effluents to the Odra. Crude process wastewater is strongly acid (pH 1.7–2.5). Also, it contains a considerable load of some acids (sulphuric, phosphatic and hydrochloric) as well as fluorides, iron, ammonia and suspended matter (T. Mutko et al., 1994; J. Siuta, edit., 1991).

Other type of pollution is observed in the farming areas, which is caused by too intensive fertilization (S. Borowiec, 1993). This contributes to the pollution of waters by compounds of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium.

Pollution of atmospheric air with ashes and gases is caused by industrial activity (power industry, in particular) and transport. Among pollutants, dominant part is played by SO₂ and NO₂; less active is CO.

In the last years a decreasing trend is observed in emission of ashes; such the situation results from installation of dust collectors.

GEOCHEMICAL MAPS

Sets of sampling points with well defined co-ordinates and attributed element concentrations provided the base for the construction of geochemical maps.

For comparison, the description of cartographic representation of particular elements contains their minimum, maximum and average values computed for the entire Poland's territory (J. Lis, A. Pasieczna, 1995b) as well as for those areas of urban agglomerations – for which the geochemical cartographic representations have already been made (J. Lis, 1992; J. Lis, A. Pasieczna, 1995b, 1995c, 1998; H. Tomassi-Morawiec et al., 1998). The background for statistical parameters of soils in Poland was provided by analyses of 10 840 samples. As refers to water sediments and surface waters, respective numbers of analysed samples were 12 778 and 12 955.

In order to offer better orientation in degrees of pollution of investigated environments, the values of permissible concentrations are given in the explanatory text; reference is made here to the

Canadian (Criteres, 1991) and European Community's (Directive, 1986) standards and available relevant literature (A. Kabata-Pendias, H. Pendias, 1993).

With a view of facilitating the assessment of the degree of pollution of farming soils, applicable factors recommended by the Institute of Soil Science and Plant Cultivation (IUNiG) in Pulawy have been cited (A. Kabata-Pendias et al., 1995); they are compiled in Tabs. VI and VII along with threshold limit concentrations of harmful substances – recommended by the Institute of Hygiene in Ruhr (Tab. VIII) (T. Eikmann, A. Kloeke, 1991).

RECAPITULATION

Geochemical background of soils investigated in this study is very distinct and is determined by three lithological groups of rocks in the substratum: glacial tills of the North Polish Glaciation, sandy-gravelly formations of the same glaciation but of different origin, and Holocene peats and alluvial sediments, with the latter group occurring mostly in the Odra River valley and in surroundings of the Szczecin Lagoon. In case of certain elements (such as calcium and strontium), a considerable role is played by limy gytjas that developed in the basin of Lakes Miedwie and Radgoszcz.

Soils that developed on glacial tills within the Stobna Upland, the Welyńska Lowland and in the Dziwna valley contain elevated concentrations of aluminium, calcium, cobalt, chromium, iron, nickel, titanium and vanadium. Most often their reaction is neutral.

Forest soils on sandy-gravelly formations within both the Wkrzańska and Goleniowska Woods, the Woliński National Park, forest on Uznam Island and in the Welyńska Lowland are conspicuous by poor and very poor contents of elements cited above. Their reaction is acid and very acid.

In the geochemical image of the surveyed area the most distinguishable are soils on both peats and alluvia of the Odra valley and in the coastline of the Szczecin Lagoon. In principle, all elements tested occur here in abnormal amounts as compared with the regional geochemical background. Waters of the Odra R. should be considered sources of those abnormal concentrations as they are carrying anthropogenic pollutants collected from the entire catchment area of this river. Suitable environments with high sorption capacity control the element concentrations in those organic soils. As a result, waters in the Interfluvium are distinctly depleted of a number of elements including iron, manganese and zinc. Contrary to organic soils in the Odra valley other soils – those developed on peaty-gyttja bedrock and being abundant in the surveyed area – are characterized by increased contents of iron, manganese, arsenic, phosphorus and sulphur; in case of soils on limy gytjas and chalkstone in the Krzekna valley (in the catchment area of Lake Miedwie) – increased contents deal with calcium and strontium. It is normal that all soils mentioned here contain increased concentrations of elements.

The influence of local sources affecting soils is clearly marked by elevated concentrations of copper, mercury, lead and zinc in urban soils in Szczecin. However, these contents are in agreement with typical limits for urban soils in other regions of Poland. An intensive anomaly seems to be connected with the operation of the Chemical Plant at Police where excessive contents of phosphorus, titanium, vanadium and strontium in soils were detected in a close vicinity of the plant.

Differentiation in element contents in water sediments is similar to that in soils. First of all, distinguishable are sediments of water reservoirs within the extent of the Holocene peats in the Odra valley and in the coastline of the Szczecin Lagoon. In comparison to their geochemical background, these sediments are abnormally enriched in a number of elements such as Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb and Zn. Waters of the Odra R. are the sources of these pollutants. High concentrations of calcium and strontium are met in water sediments in regions of the bog lime in the valley of the Krzekna R.

Among bigger rivers of the region, a distinct increase in element concentrations is noted in alluvia of the Bukowa R. which is a collector of effluents from Szczecin. Ditches in the vicinity of the Chemical Plant at Police contain high concentrations of phosphorus, titanium, sulphur and manganese.

Particularly high concentrations of metals were noted in sediment of a moat situated on the left bank of the Świna R. in the Seaside Quarter of Świnoujście – where maximum content of Zn as high as 8270 ppm was detected in association with Pb – 513 ppm, Cu – 670 ppm, Hg – 1.84 ppm, Mn – 33.617 ppm and Ni – 175 ppm.

It is characteristic that a portion of surface waters in the surveyed area is heavily affected in respect of their chemistry by periodical intrusions of sea waters. Due to such phenomena waters in the Szczecin Lagoon and the Kamieński Lagoon as well as in the catchment areas of the Świna and the Dziwna (in part) become slightly saline. Respectively, an increase in contents of sodium, potassium, boron, lithium, magnesium and phosphates is noted in these waters. Particularly saline are waters in the Świna R. and its catchment area where element concentrations reach a high level: B – up to 328 mg/l, K – up to 333 mg/l, Li – up to 647 mg/l, Na – up to 1286 mg/l and SO₄ – up to 470 mg/l. The influence of sea waters is also noted in water chemistry of surface water bodies, mostly in drainage ditches in the coastline zone of the Szczecin Lagoon.

From the point of view of surface water classification (water purity classes), cases are frequent that given element concentrations exceed the limits applicable to the first purity class of water. In general, such the situation deals with the majority of elements. Most effective pollutant is manganese; its presence is the reason that 45.6% of examined waters belong to purity class I while 9.1% to substandard class. Iron is other pollutant of the same group (80.8% of waters in class I and 9.0% in substandard class). Pollution with these elements are observed in acid waters within the Wkrzańska Plain. Sea water is the main polluting agent which brings sodium (89.7% of waters in class I and 9.0% in substandard class) and potassium (69.5% of waters in class I and 19.0% in substandard category) to the surface water environment. High content of sulphates contributing to pollution of waters over the Stobna Upland (frequent substandard waters) should be connected with the presence of outcrops of the Septarium Clays of Tertiary age, containing gypsum and sulphides.

The influence of industry upon chemistry of waters is strongly marked in the vicinity of the Chemical Plant at Police. Maximum concentrations were traced in one of ditches near a waste dumping site; they deal with manganese (17 396 mg/l), boron (5.03 mg/l), cobalt (394 µg/l) lithium (1800 µg/l), vanadium (198 µg/l) and magnesium (854.2 mg/l). The "Dolna Odra" Power Plant is other industrial plant which has an important bearing on water chemistry in its surroundings; also, it affects waters in the Odra R. by a load of boron, lithium, nickel, sulphates and strontium. Waters in the Bukowa R. occur to be polluted with all elements traced in this survey as it is a main collector of effluents produced in Szczecin.

LITERATURA REFERENCES

1. BERROW M.L., STEIN W.M., URE A. M., 1987 – Lead in Scottish soils. *In*: Lead in home environment. Science Reviews Limited. Northwood.
2. BIRKE M., RAUCH U., 1994 – Geochemical investigation in the urban area of Berlin. Federal Institute of Geosciences and Natural Resources. Berlin.
3. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., SZTYRAK T., 1992 – Metale ciężkie we współczesnych osadach aluwialnych Wisły, Odry, Warty i Bugu. *Prz. Geol.* nr 6.
4. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1997 – Wpływ górnictwa i hutnictwa rud metali na zanieczyszczenie pierwiastkami śladowymi aluwii Odry. *Prz. Geol.* nr 7.
5. BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., KONIECZYŃSKA M., 1998 – Impact of mine water disposal on concentration of barium and strontium in waters and sediments of the Odra river. *Geol. Quart.*, 42 (1).
6. BOROWIEC S., 1993 – Ekologiczne problemy w sąsiedztwie Szczecina spowodowane oddziaływaniem na środowisko emisji zakładów chemicznych „Police” i elektrowni „Dolna Odra” oraz rolnictwa. W: Stan środowiska miasta Szczecina (J. Jasnowska, red.). Szczec. Tow. Nauk. Szczecin.
7. CEDRO B., 1993 – Występowanie mineralizacji siarczanowej w ilach trzeciorzędowych okolic Szczecina, *Wszelświat*, nr 12.
8. CIEŚLIŃSKI S., JASKOWIAK M., 1973 – Kreda. Niecka szczecińska i monoklina przedsudecka. W: Budowa geologiczna Polski T. I. Stratygrafia. Część 2. Mezozoik. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
9. CHUDECKI Z., NIEDŹWIECKI E., 1987 – Akumulacja składników mineralnych w Zalewie Szczecińskim. *Roczn. Glebozn.* 38, nr 1.
10. CRITERES provisoires canadiens de qualité environnementale pour les lieux contaminés, 1991 – Rapport CCME-EPC-CS34. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement. Ottawa.
11. CZARNOWSKA K., 1980 – Akumulacja metali ciężkich w glebach, roślinach i niektórych zwierzętach na terenie Warszawy. *Roczn. Glebozn.* 31, nr 1.
12. CZARNOWSKA K., GWOREK B., 1987 – Metale ciężkie w niektórych glebach środkowej i północnej Polski. *Roczn. Glebozn.* 38, nr 3.
13. DIRECTIVE du conseil du 12 juin 1986 relative à de l'environnement et notamment des sols, lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture (86/278/CEE). Journal officiel des Communautés européennes, No L181/6. Bruxelles.
14. DOBRACKI R., 1979 – Arkusz Dziwnów Mapy geologicznej Polski 1:200 000., wyd. A. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
15. DOBRACKI R., KOŁODZIEJ L., 1989 – Zmiana podłoża gruntowego pod zwalem fosfogipsów Zakładów Chemicznych „Police”. *Prace Nauk. Polit. Szczec.*, nr 402 (32).
16. DOBRACKI R., MOJSKI J.E., 1979 – Objaśnienia do arkusza Dziwnów i Szczecin Mapy geologicznej Polski 1:200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
17. DUDKA S., 1993 – Baseline concentrations of As, Co, Cr, Cu, Ga, Mn, Ni i SE in surface soils, Poland. *Applied Geochemistry*, Suppl. Issue no 2.
18. EIKMANN T., KLOKE A., 1991 – Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad) Stoffe in Böden. Mitt. VDLUFA 1.
19. JASNOWSKI M., 1993 – Torfowiska w rejonie Szczecina. W: Stan środowiska miasta Szczecina (J. Jasnowska, red.). Szczec. Tow. Nauk. Szczecin.
20. JAŚNIEWICZ E., BOŻEK A., SZYJKOWSKA U., 1996 – Metale ciężkie w wodach i aluwiiach Odry. IMGW, Wrocław.
21. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN. Warszawa.
22. KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C., 1995 – Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
23. KONDRACKI J., 1998 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
24. LIS J., 1991 – Atlas geochemiczny Warszawy 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
25. LIS J., 1992 – Atlas geochemiczny Warszawy i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
26. LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1:200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
27. LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
28. LIS J., PASIECZNA A., 1995c – Atlas geochemiczny Krakowa i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
29. LIS J., PASIECZNA A., 1998 – Atlas geochemiczny aglomeracji łódzkiej 1:100 000, cz. I. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
30. LUX W., 1993 – Long-term heavy metal and As pollution of soils, Hamburg, Germany. *Applied Geochemistry*, Suppl. Issue, no 2.
31. MAZUR E., 1993 – Fizjografia rejonu Szczecina. W: Stan środowiska miasta Szczecina (J. Jasnowska, red.). Szczec. Tow. Nauk. Szczecin.
32. MOJSKI J.E., 1977 – Arkusz Szczecin Mapy geologicznej Polski 1:200 000., wyd. A. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
33. MUTKO T., STECHMAN J., LANDSBERG-UCZCIWEK M., GARBACIK-WESOŁOWSKA A., PROTASOWICKI M., NIEDŹWIECKI E., CIERESZKO W., 1994 – Zalew Szczeciński (Wielki Zalew). Zmiany jakościowe w wieloletiu. Biblioteka Monitoringu Środowiska PIOŚ. Warszawa.
34. NIEDŹWIECKI E., CHINH T.V., BOGDA A., CHODAK T., 1995 – Skład chemiczny i mineralogiczny osadów dennych na polach refulacyjnych toru wodnego Świnoujście-Szczecin. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln.* z. 418.
35. NORMA branżowa BN-75/9180-03, 1975 – Agrotechnika. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie wartości pH. W: Dziennik Norm i Miar nr 7/1975, poz. 9. Warszawa.
36. OLKOWICZ-PAPROCKA I., PODSTOLSKI R., TOŁKANOWICZ E., 1994 – Torfowiska w Polsce – występowanie i eksploatacja. *Prz. Geol.* 11.
37. PASIECZNA A., 1983 – Geochemia boru w osadach karbońskich rowu mazowiecko-lubelskiego. *Arch. Miner.* 38, z. 2.
38. PASIECZNA A., SIEMIĄTKOWSKI J., LIS J., 1996 – Atlas geochemiczny Wałbrzycha i okolic 1:50 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
39. PATERSON E., SANKA M., 1994 – Urban soils as pollutant sinks. In: 3rd International Symposium on Environmental Geochemistry. Kraków.
40. PIOTROWSKI S., 1997 – Zawartość metali ciężkich w wybranych elementach ekosystemu jeziora Dąbie (NW Polska). *Prz. Geol.* 6.

41. PRZEWŁOCKI J., BLEZEL H., KOROL R., 1992 – Zanieczyszczenie wód dorzecza Odry metalami ciężkimi oraz możliwości jego zmniejszenia. *Ochr. Środ. i Zasobów Natur.* nr 4.
42. RAPORT o stanie środowiska w województwie szczecińskim w latach 1995–1996 roku (praca zbiorowa), 1997 – Biblioteka Monitoringu Środowiska. Szczecin.
43. REWAJ R., 1995 – Roczny raport o zanieczyszczeniach komunikacyjnych powietrza atmosferycznego w Szczecinie – rejon Bramy Portowej. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Szczecin.
44. ROZPORZĄDZENIE 503 Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. Dziennik Ustaw nr 116. Warszawa.
45. RÓŻKOWSKA A., PTAK B., 1995 – Bar w węglach kamiennych Górnego Śląska. *Prz. Geol.* nr 3.
46. SEVERSON R. C., GOUGH L. P., 1992 – Baseline concentrations in soils and plants, Wattenmeer National Park, North and East Frisian Islands, Federal Republic of Germany. *Water, Air and Soil Pollution* no 61.
47. SIUTA J. (red.). 1991 – Ekologiczne skutki uprzemysłowienia Polic, IOŚ, Warszawa.
48. SZEWCZYK W., 1964 – Charakterystyka petrograficzna skał ilastych okolic Szczecina. *Kwart. Geol.* 8, z. 3.
49. TADAJEWSKI A., RUTKOWSKI D., 1993 – Stan wód jezior Szczecina i okolic oraz kanałów i basenów portu szczecińskiego. *W: Stan środowiska miasta Szczecina* (J. Jasnowska, red.). Szczecin. Tow. Nauk. Szczecin.
50. TOMASSI-MORAWIEC H., LIS J., PASIECZNA A., 1998 – Atlas geochemiczny Wrocławia i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
51. UNIEJEWSKA M., NOSEK M., 1975 – Arkusz Pyrzyce Mapy geologicznej Polski 1:200 000., wyd. A. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
52. UNIEJEWSKA M., NOSEK M., 1977 – Objasnienia do arkusza Pyrzyce Mapy geologicznej Polski 1:200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
53. WAJDA S., ŻUREK J. (red.), 1993 – Klasyfikacja wód. Dyrektywy EWG: 77/440/EEC i 80/778/EEC. Inst. Ochr. Środ. Warszawa.
54. WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1994 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. T.1. PIOŚ Warszawa.

Spis tablic List of Plates

- A. Mapa geologiczna. Geological map
B. Zabudowa. Land development
C. Użytkowanie gleb. Soils use

GLEBY. SOILS

1. Grupy składu mechanicznego gleb. Textural classes of soils
2. pH – Kwasowość. Acidity
3. Al – Glin. Aluminium
4. As – Arsen. Arsenic
5. Ba – Bar. Barium
6. Be – Beryl. Beryllium
7. Ca – Wapń. Calcium
8. Cd – Kadm. Cadmium
9. Co – Kobalt. Cobalt
10. Cr – Chrom. Chromium
11. Cu – Miedź. Copper
12. Fe – Żelazo. Iron
13. Hg – Rtęć. Mercury
14. Mg – Magnez. Magnesium
15. Mn – Mangan. Manganese
16. Ni – Nikiel. Nickel
17. P – Fosfor. Phosphorus
18. Pb – Ołów. Lead
19. S – Siarka. Sulphur
20. Sr – Stront. Strontium
21. Ti – Tytan. Titanium
22. V – Wanad. Vanadium
23. Zn – Cynk. Zinc

OSADY WODNE. WATER SEDIMENTS

24. Ag – Srebro. Silver
25. Al – Glin. Aluminium
26. As – Arsen. Arsenic
27. Ba – Bar. Barium
28. Be – Beryl. Beryllium
29. Ca – Wapń. Calcium
30. Cd – Kadm. Cadmium
31. Co – Kobalt. Cobalt
32. Cr – Chrom. Chromium
33. Cu – Miedź. Copper
34. Fe – Żelazo. Iron
35. Hg – Rtęć. Mercury
36. Mg – Magnez. Magnesium
37. Mn – Mangan. Manganese
38. Ni – Nikiel. Nickel
39. P – Fosfor. Phosphorus
40. Pb – Ołów. Lead
41. S – Siarka. Sulphur
42. Sr – Stront. Strontium
43. Ti – Tytan. Titanium
44. V – Wanad. Vanadium
45. Zn – Cynk. Zinc

WODY POWIERZCHNIOWE. SURFACE WATERS

46. pH – Kwasowość. Acidity
47. Przewodnictwo. Conductivity
48. Al – Glin. Aluminium
49. B – Bor. Boron
50. Ba – Bar. Barium
51. Ca – Wapń. Calcium
52. Co – Kobalt. Cobalt
53. Cu – Miedź. Copper
54. Fe – Żelazo. Iron
55. K – Potas. Potassium
56. Li – Lit. Lithium
57. Mg – Magnez. Magnesium
58. Mn – Mangan. Manganese
59. Na – Sód. Sodium
60. Ni – Nikiel. Nickel
61. SiO₂ – Krzemionka. Silica
62. SO₄ – Siarczany. Sulphates
63. Sr – Stront. Strontium
64. Ti – Tytan. Titanium
65. V – Wanad. Vanadium
66. Zn – Cynk. Zinc

WSTĘP

Na stan środowiska w badanym rejonie mają wpływ lokalne źródła zanieczyszczeń, do których należą zarówno gospodarka morska, przemysł, oddziaływanie aglomeracji miejskiej Szczecin-Świnoujście oraz komunikacja, jak i transport wodami Odry zanieczyszczeń pochodzących z obiektów położonych w jej górnym i środkowym biegu (na Górnym i Dolnym Śląsku, w Republice Czeskiej i w Niemczech). Aglomeracja Szczecina zajmuje obszar 301 km² i jest zamieszkiwana przez 450 tys. mieszkańców, zaś port szczeciński, łącznie z nabrzeżami i basenami, ma powierzchnię 17,6 km² (J. Kondracki, 1998; Raport, 1997).

Część I atlasu prezentuje stan chemizmu powierzchniowych środowisk Ziemi w granicach administracyjnych Szczecina, Świnoujścia, Polic i Gryfina, w ich rolniczo-leśnym otoczeniu oraz w strefie nadmorskiej.

Wyniki tych badań mogą być cennym źródłem informacji dla Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska, geologii, rolnictwa, leśnictwa, planowania przestrzennego, geomedyliny i ochrony zdrowia. Rejon przedstawiany w atlasie jest atrakcyjnym terenem dla turystyki i lecznictwa sanatoryjnego, a zatem informacje o miejscach występowania nieskażonych gleb i czystych wód będą przydatne dla rozwoju miejsc wypoczynku.

W podziale fizyczno-geograficznym prezentowany arkusz należy do Pobrzeża Szczecińskiego (J. Kondracki, 1998).

Centralną część rejonu stanowi jednostka fizjograficzna niższego rzędu – Równina Odrzańsko-Zalewowa rozciągająca się po obu stronach Zalewu Szczecińskiego, jeziora Dąbie i Odry, które są jej osią. Wyodrębniono tu Równinę Goleniowską, Równinę Policką, Równinę Gumieniecką i Międzyodrze (E. Mazur, 1993). W obrębie arkusza położona jest najniższa część Równiny Goleniowskiej – na wschodnich tarasach dolnej Odry i Zalewu Szczecińskiego. Pokryta jest ona w znacznej części torfowiskami. Na tych samych tarasach Odry, po stronie zachodniej, leży Równina Policka porośnięta lasami sosnowymi Puszczy Wkrzańskiej. Na południe od niej rozciąga się bezleśna Wysoczyzna Stobna. Równiny na zachodnim brzegu Odry rozdziela pas Wzgórz Szczecińskich zbudowanych z zaburzonych glacytektonicznie utworów czwartorzędowych. Wzgórz Szczecińskie składają się z dwu kompleksów: Wzgórz Warszawskich w północnej części miasta i wysoczyzny morenowej w dzielnicach południowych i zachodnich.

Międzyodrze jest to część doliny dolnej Odry ograniczona ramionami Odry Zachodniej i Odry Wschodniej (Regalicy), które łączą liczne rozgąłęzienia. Teren ten jest zabagniony i pokryty torfami. W okolicach Szczecina dolina Odry rozszerza się do 10–12 km (J. Kondracki, 1998), tworząc równinę akumulacyjną z rozlewiskiem jeziora Dąbie. Na odcinku śródmiejskim Szczecina Międzyodrze zostało przekształcone w tereny portowe i składowo-przemysłowe.

Południowo-wschodni kraniec arkusza należy do Równiny Wełtyńskiej oddzielonej pasem Wzgórz Bukowych od Równiny Goleniowskiej. Równina Wełtyńska (rejon rolniczy) jest wysoczyzną morenową z licznymi, niewielkimi jeziorami, zaś Wzgórz Bukowe zbudowane są ze spiętrzonych utworów moren czołowych porośniętych lasami Puszczy Bukowej.

Wyspy Uznam i Wolin oddzielają Zalew Szczeciński od otwartego morza. Charakteryzuje je urozmaicony krajobraz morenowy i dobrze zachowane lasy mieszane, co zdecydowało o utworzeniu na Wolinie Parku Narodowego.

Zalew Szczeciński zajmuje w granicach Polski powierzchnię 479 km² (J. Kondracki, 1998). Jest płytki (2–6 m) i musi być stale pogłębiany do 8–9 m wzdłuż toru wodnego zapewniającego żeglugę. Na skutek wlewów wody morskiej jest zbiornikiem słonawym o zasoleniu około 1‰.

Obszar zdjęcia wynosi około 2000 km².

Opróbowanie badanych środowisk powierzchniowych prowadzono w siatce 1×1 km.

Realizację tematu rozpoczęto w 1995 r. na zlecenie Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

W realizacji części I atlasu brali udział:

- J. Lis, A. Pasieczna: geochemia – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac, opracowanie map geochemicznych, interpretacja wyników,
- A. Pasieczna, J. Lis, P. Kaszycki, G. Przeniosło: bazy danych, przetwarzanie danych,
- P. Fuszara, T. Gliwicz, J. Konarski, T. Nowicki, M. Toczyski, Z. Wiśniewski, W. Wolkowicz: opróbowanie,
- P. Pasławski, K. Jakimowicz-Hnatyszak: prace analityczne – kierownictwo i koordynacja,
- A. Jaklewicz, I. Jaroń, D. Karmasz, J. Kucharzyk, B. Kudowska, D. Lech, M. Liszewska, E. Maciolek, I. Matejko: analizy chemiczne,
- B. Budzicka, I. Witowska: chemiczne przygotowanie próbek do analiz,
- M. Cichorski, Z. Dobieszyńska, J. Duszyński, Z. Prasol: mechaniczne przygotowanie próbek do analiz.

PRACE TERENOWE

Prace terenowe zostały wykonane w sezonie letnim 1996 roku przez zespół pracowników Państwowego Instytutu Geologicznego. Grupy terenowe wyposażone były w mapy topograficzne, sprzęt i materiały do opróbowania oraz instrukcje prac terenowych. Przed wyjazdem w teren pracownicy wykonujący opróbowanie zostali odpowiednio przeszkoleni.

Dla lokalizacji punktów poboru próbek używano map topograficznych w układzie państwowym 1965 w skali 1:25 000. Każdy arkusz mapy, odpowiadający 160 km², podzielony był na 160 kwadratów o powierzchni 1 km². Z kwadratów tych pobierano próbki gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych. Obserwacje dotyczące zabudowy terenu (tablica B), sposobu użytkowania terenu (tablica C), rodzaju zbiornika wodnego, charakteru petrograficznego pobieranego materiału oraz lokalizację punktu notowano w odpowiednich kartach opróbowania. Miejsca pobrania próbek zaznaczano na mapach i opisywano odpowiednimi numerami.

Próbki glebowe pobierano za pomocą ręcznej sondy o średnicy około 80 mm z głębokości 0,0–0,2 m. Pobrana gleba o masie około 1000 g umieszczana była w woreczku płóciennym opisanym odpowiednim numerem.

Próbki osadów wodnych, o możliwie najdrobniejszym uziarnieniu i masie około 1000 g, pobierane były z różnego rodzaju zbiorników wodnych – rzek, strumieni, rowów i zbiorników wód stojących różnej wielkości – do woreczków płóciennych.

Próbki wód powierzchniowych pobierano w tych samych miejscach, w których opróbowano osady wodne. Technika poboru próbek była zgodna z metodyką opróbowania źródeł opisaną przez S. Witczaka i A. Adamczyka (1994). Wody były filtrowane w terenie przez

filtry MILIPORE 0,45 μm, a po umieszczeniu w pojemnikach o objętości 20 ml – zakwaszane HCl. W punkcie poboru wykonywano pomiar kwasowości i przewodności elektrycznej wody.

PRZYGOTOWANIE DO BADAŃ I ARCHIWIZACJA PRÓBEK

Próbki gleb i osadów wodnych, po wstępnym wysuszeniu w terenie, przewożone były do magazynu, gdzie suszono je w temperaturze pokojowej. Następnie próbki przesiewano przez nylonowe sита o oczkach 1 mm dla gleb i 0,2 mm dla osadów wodnych. Po skwartowaniu, próbki o masie około 100 g umieszczano w polietylenowych pojemnikach. Próbki zmagazynowano w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie, w odpowiednio przygotowanym pomieszczeniu.

PRACE LABORATORYJNE

Analizy chemiczne wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Roztwarczanie próbek. Do roztwarzania zastosowano metodę ługowania za pomocą kwasu solnego (HCl 1:4), w temperaturze 90°C, w ciągu 1 godziny. Ługowanie kwasami pozwala bowiem na określenie mobilnej części pierwiastków, biorącej główny udział w migracji w powierzchniowych środowiskach Ziemi. Ta forma pierwiastków jest też najłatwiej przyswajana przez organizmy żywe. W procesie ługowania kwasowego ilości pierwiastków uwalnianych do roztworu w stosunku do ich całkowitych zawartości są różne, w zależności od formy występowania i wahają się od kilku do 100%. Najtrudniej poddają się ługowaniu niektóre pierwiastki główne mineralów pierwotnych, takie jak: krzem, glin, potas i sód w skałach; żelazo, magnez, wapń – w amfibolach i piroksenach; cyrkon, tytan, itr, tor – w minerałach ciężkich gleb i osadów wodnych. Najłatwiej przechodzą do roztworu pierwiastki ze struktur mineralów węglanowych lub występujące w formach sorpcyjnych, słabo związanych. Ten ostatni sposób występowania pierwiastków jest najbardziej charakterystyczny dla gleb i osadów wodnych zanieczyszczonych w procesach antropogenicznych. Problem podatności na proces ługowania różnych pierwiastków kwasami został omówiony bardziej szczegółowo w „Atlasie geochemicznym Polski” (J. Lis, A. Pasieczna, 1995b).

Zestawienie stosowanych metod analitycznych i granic oznaczalności pierwiastków przedstawiono w tabelach I i II.

Tabela I
Table

Metody analityczne oraz granice oznaczalności pierwiastków stosowane dla próbek gleb i osadów wodnych
Analytical methods and detection limits of elements used for soil and water sediment samples

Pierwiastek Element	Metoda analityczna Analytical method	Długość fali (w nm) Wave length (in nm)	Jednostka Unit	Granica oznaczalności Detection limit
pH	potencjometria potentiometry			
Ag	ICP-AES	328.068	ppm	1.000
Al		308.215	%	0.01
As		193.695	ppm	5
Ba		455.403	ppm	1
Be		313.042	ppm	0.5
Ca		315.887	%	0.01
Cd		226.502	ppm	0.5
Co		228.616	ppm	1
Cr		267.716	ppm	1
Cu		324.754	ppm	1
Fe		259.940	%	0.01
Hg		253.7	ppm	0.05
Mg		383.829	%	0.01
Mn		257.610	ppm	1
Ni		231.604	ppm	1
P		178.224	%	0.005
Pb		220.353	ppm	3
S		182.000	%	0.005
Sr		407.771	ppm	1
Ti		337.279	ppm	1
V		290.881	ppm	1
Zn		213.856	ppm	1

ICP-AES – atomowa spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem plazmowym
Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry
CV-AAS – atomowa spektrometria absorbcyjna z techniką zimnych par
Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry

Tabela II
Table

Metody analityczne oraz granice oznaczalności pierwiastków stosowane dla próbek wód powierzchniowych
Analytical methods and detection limits of elements used for surface water samples

Pierwiastek Element	Metoda analityczna Analytical method	Długość fali (w nm) Wave length (in nm)	Jednostka Unit	Granica oznaczalności Detection limit
Al	ICP-AES	308.215	ppm	0.05
As		189.042	ppm	0.05
B		208.893	ppm	0.03
Ba		455.403	ppb	1
Ca		315.887	ppm	1
Cd		226.502	ppb	3
Co		228.616	ppb	5
Cr		267.716	ppb	4
Cu		324.754	ppb	5
Fe		259.940	ppm	0.01
K		766.491	ppm	0.5
Li		670.776	ppb	1
Mg		383.829	ppm	0.1
Mn		257.610	ppb	1
Na		589.592	ppm	1
Ni		231.604	ppb	10
SiO ₂	AAS	251.611	ppm	0.1
SO ₄		182.000	ppm	1
Sr		407.771	ppb	1
Ti		337.279	ppb	5
V		290.881	ppb	6
Zn		213.856	ppb	5

ICP-AES – atomowa spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem plazmowym
Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry
AAS – atomowa spektrometria absorbcyjna
Atomic Absorption Spectrometry

Oznaczenia pierwiastków i kwasowości. Oznaczenia Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach oraz osadach wodnych wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES). Do analiz stosowano spektrometry: PV 8060 firmy Philips i JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon.

Oznaczenia Hg w próbkach gleb i osadów wodnych wykonano metodą spektrometrii absorpcji atomowej techniką zimnych par (CV-AAS) z użyciem spektrometru: Perkin-Elmer 4100 ZL z systemem przepływowym FIAS-100.

Kwasowość gleb w środowisku wodnym oznaczono według normy stosowanej w gleboznawstwie (NORMA..., 1975).

Oznaczenia Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, SO₄, SiO₂, Sr, Ti, V, i Zn w wodach powierzchniowych przeprowadzono metodą ICP-AES na spektrometrze PV 8060 firmy Philips, a K, Li i Na – metodą spektrometrii absorpcji atomowej.

BAZY DANYCH

Za pomocą programu dBase III-plus utworzono trzy oddzielne komputerowe bazy: współrzędnych punktów opróbowania, obserwacji polowych i danych laboratoryjnych.

Baza współrzędnych punktów opróbowania. Pomiary współrzędnych punktów wykonano na mapach opróbowania w skali 1:25 000 na stole pomiarowym (dygimetrze). Uzyskane współrzędne w układzie państwowym 1965 przetransformowano na układ państwowy 1942, a następnie przeliczono na współrzędne katowe. Utworzona w ten sposób baza zawiera współrzędne źródłowe (1965) oraz przetransformowane (1942 i geograficzne). Baza ta stanowiła podstawę generacji wszystkich map geochemicznych.

Baza obserwacji polowych. Dane polowe zanotowane na kartach opróbowania zostały wprowadzone do bazy, w której poszczególnym elementom przypisano kody liczbowe zawarte w kartach opróbowania. Baza służy do wydzielania podzbiorów dla obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska (np. stężeń pierwiastków w glebach uprawnych, glebach leśnych, glebach miejskich, osadach i wodach poszczególnych zbiorników wodnych itp.).

Baza danych laboratoryjnych. Wyniki analiz chemicznych przekazywane przez laboratorium były umieszczane w bazie analiz chemicznych. Baza zawiera 117 580 oznaczeń w 5114 próbkach.

KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

Podkład map geochemicznych. Jako podkładu map geochemicznych użyto mapy topograficznej w skali 1:200 000 w układzie państwowym 1942. Odpowiednie matryce zakupiono w Zarządzie Topograficznym Sztabu Generalnego Wojska Polskiego.

Obliczenia statystyczne. Obliczenia parametrów statystycznych dla całych zbiorów i podzbiorów reprezentujących różne środowiska gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych, wykonano za pomocą pakietu STATGRAPHICS. Wyliczono średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te zestawiono dla poszczególnych środowisk w tabelach III–V. Obliczone wskaźniki posłużyły za podstawę dla wyznaczenia odpowiednich parametrów przy generacji map geochemicznych. Posługiwano się głównie średnią geometryczną, gdyż parametr ten, jako mniej obciążony wpływem wartości ekstremalnych, najlepiej charakteryzuje badaną populację. Inne parametry, takie jak wariancja czy odchylenie standardowe, nie były przydatne, gdyż w przypadku omawianych map mamy do czynienia z bliżej nieokreślonymi rozkładami przyrodniczymi.

Opracowanie map geochemicznych. Mapy geochemiczne gleb utworzono z użyciem programu SURFER for WINDOWS stosując metodę odwrotnej odległości. Metoda ta została opisana bardziej szczegółowo w objaśnieniach do „Atlasu geochemicznego Polski” (J. Lis, A. Pasieczna, 1995b). Dla prezentacji obrazu kartograficznego zastosowano metodę izoliniową. Poziomy zawartości dobierano zgodnie z podziałem na percentyle: 15, 25, 50, 75, 90, 95, 97 i 99%, obrazującym udział próbek o danym stężeniu pierwiastka. W przypadku mapy pH gleb przyjęto wartości poziomów zgodnie z podziałem stosowanym w gleboznawstwie (na gleby bardzo kwaśne, kwaśne, lekko kwaśne, obojętne i zasadowe).

Mapy geochemiczne osadów wodnych i wód powierzchniowych utworzono stosując sposób prezentacji w formie kartodiagramów kolorowych. Klasom odpowiadającym zakresom zawartości pierwiastków z podziałem na percentyle: <15, 25, 50, 75, 90, 95, 97, 99 i >99%, przypisano odpowiednie średnice kółek.

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ I SKAŁY MACIERZYSTE GLEB

W podłożu badanego terenu zaznacza się obniżenie tektoniczne (kredowa niecka szczecińska) obrzeżona od północnego wschodu wypiętrzeniem wału pomorskiego. Obniżenie niecki szczecińskiej stwarzało dogodne warunki dla transgresji lodowca w czwartorzędzie.

Powierzchnię prezentowanego arkusza pokrywają prawie w całości osady czwartorzędowe, należące w większości do plejstocenu (Tablica A).

Ich bezpośrednie podłoża stanowią osady trzeciorzędu znane głównie z wierzeń (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). Na powierzchni odsłaniają się tylko piaszczysto-mułkowo-ilaste osady neogenu (mioceń) w obszarze Wzgórz Bukowych. Są one pofałdowane i spiętrzone glacytektonicznie (M. Uniejewska, M. Nosek, 1977).

W innych rejonach spotykane na powierzchni utwory starsze od czwartorzędu występują jako kry lodowcowe osadów kredy i trzeciorzędu (J.E. Mojski, 1977; S. Cieśliński, M. Jaskowiak, 1973). Kry lodowcowe występują w postaci płatów o zróżnicowanej wielkości. Bloki skał kredowych znane są z rejonu Puszczy Bukowej i Wolina. Główna strefa występowania porwaków i kier glacialnych oligocenu występuje w rejonie Pasma Bezrzecze-Siadło i Wzgórz Warszawskich (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). Porwaki zbudowane są ze skał ilastych wykorzystywanych jako surowiec ceramiki budowlanej. Cechą charakterystyczną tych osadów jest występowanie w nich septarii czyli kongregacji węglanowych, stąd też noszą one nazwę ilów septariowych (B. Cedro, 1993). Utwory te są eksploatowane w rejonie Plonia-Śmierdnica (surowiec do produkcji keramzytu) oraz na stokach Wzgórz Warszawskich (cegelnia w Glinikach i Osowie). Iły te budują też zachodnie zbocza doliny Odry między Szczecinem a Policami stwarzając zagrożenie osuwiskowe. Charakterystyka petrograficzna tych osadów (W. Szewczyk, 1964) wykazała, że składają się one głównie z mieszaniny illitu i montmorillonitu z podrzędnym udziałem kwarcu, skaleni, glaukonitu, piryty i gipsu. Obecność montmorillonitu może sugerować, że materiał klastyczny pochodzi z pyłów wulkanicznych.

Mięższść osadów czwartorzędu na badanym arkuszu waha się od 0,0 m w rejonie Puszczy Bukowej do około 180 m na Pomorzach, w południowej dzielnicy Szczecina (R. Dobracki, J.E. Mojski,

1979; M. Uniejewska, M. Nosek, 1977). Należą one do plejstocenu i holocenu.

Plejstocen. Pierwotny profil stratygraficzny utworów plejstocenu (powstałych głównie w okresie zlodowacenia północnopolskiego) jest bardzo trudny do odtworzenia ponieważ jest silnie zaburzony przez procesy glacytektoniczne.

Osady zlodowacenia środkowopolskiego występują powszechnie na terenie arkusza pod przykryciem utworów młodszych. Wschodnie gliny zwałowej tego wieku odsłaniają się tylko w kłifie na Wolinie (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). Gлина ta jest zwięzła, w różnym stopniu piaszczysta. W jej frakcji żwirowej występują zarówno okrucy skał krystalicznych, jak i wapieni paleozoicznych oraz wapieni i margli kredowych.

Utwory zlodowacenia północnopolskiego to osady wodnolodowcowe, zastoiskowe, gliny zwałowe oraz osady powstałe w fazie zaniku lądolodu. Znaczne obszary arkusza pokrywa glina zwałowa tego wieku. Na północy występuje ona na powierzchni wzdłuż doliny Dziwny. W Puszczy Wkrzańskiej, we Wzgórzach Szczecińskich i w Puszczy Bukowej pojawia się w formie nieregularnych płatów, tworzy też zwartą pokrywę na Wysoczyźnie Stobna. W południowo-wschodniej części badanego obszaru glina zwałowa buduje rozległy obszar wysoczyzny polodowcowej. Charakteryzuje się ona znacznym udziałem frakcji piaszczystej i bardzo dużą ilością glazów. Na północy zawiera głównie materiał lokalny podłoża mezozoicznego (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). Ku południowi arkusza w glinie zwałowej pojawia się coraz więcej skał pochodzenia skandynawskiego (granity, gnejsy, gabra, dioryty).

Piaski, żwiry i glazy lodowcowe są osadami związanymi genetycznie z akumulacją gliny zwałowej i często przechodzą facjalnie w gliny (M. Uniejewska, M. Nosek, 1977). Serie piasków różnoziarnistych, miejscami pylastych, ze żwirem i pojedynczymi glazami występują na powierzchni w zwartych płatach w zlewni Grzybnicy (głównie na południe od jeziora Ostrowo) oraz w rejonie Wzgórz Warszawskich i Bukowych, gdzie ich mięższść dochodzi do kilkunastu metrów. W południowo-wschodniej części arkusza występują między Chwarstnicą, Pniewem, Steklnem i Sosnowem.

Środkową część wyspy Wolin pokrywają osady kemów, które są charakterystycznym elementem rzeźby powierzchni wysoczyzny polodowcowej. Wzgórza kemowe zbudowane są głównie z piasków drobno- i średnioziarnistych, warstwowych, z wkładkami żwirów. Miejscami przykrywają je platy gliny zwałowej. Obniżenia między wałami i pagórkami wypełnione są osadami jeziornymi wieku plejstocenijskiego i holocenijskiego oraz torfami. Pas osadów kemowych ciągnie się też od Polic do Pilchowa. W południowej części arkusza wzgórze kemowe zbudowane są głównie z mułków i piasków mułkowych (M. Uniejewska, M. Nosek, 1977). Występują w dolinie Odry na północ od Widuchowej oraz w dolinie Tywy.

Wodnolodowcowe piaski i żwiry leżą na glinie zwałowej lub też ją podścielają, często są warstwowane. Spotykane są w nieregularnych płatach w północnej części Szczecina, na północnym obrzeżeniu Wzgórz Bukowych oraz w dolinach Dziwny, Grzybnicy i w krawędziach doliny Odry.

Rozległy obszar występowania na powierzchni utworów zastoiskowych, powstałych w wyniku deglacjacji arealnej, rozciąga się wokół jeziora Miedwie (poza obszarem badanego arkusza). Osady te pojawiają się na powierzchni również w obramowaniu jeziora Weltyńskiego jako 3–4 metrowe serie mułków i ilów oraz piasków drobnoziarnistych (M. Uniejewska, M. Nosek, 1977).

Osady rzeczne (głównie piaski, żwiry, a także mady i mulki) zajmują rozległy obszar w środkowej części arkusza (Puszcza Wkrzańska, krańce Puszczy Goleniowskiej i Bukowej) oraz w niektórych obszarach doliny Odry.

Piaski eoliczne oraz piaski eoliczne w wydmach powstawały u schyłku plejstocenu i w holocenie (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979). Wydmy śródlądowe występują najliczniej w Puszczy Wkrzańskiej, zwykle towarzyszą im pola piasków eolicznych. Spotykane są też w dolinach rzecznych, w rejonie Puszczy Bukowej i na Wzgórzach Warszawskich. Wydmy nadmorskie występują na wyspie Uznam oraz w nadbrzeżnej części Wolina.

Holocen. Osady holocenu rozwinęły się w różnych facjach. Najbardziej rozpowszechnione są torfy występujące w dnie doliny Odry (torfowisko Międzyodrza), w dolinach Grzybnicy, Dziwny i mniejszych rzek oraz wokół jezior Dąbie, Wicko Wielkie i szeregu jezior mniejszych, a także na obrzeżach Zalewu Szczecińskiego. Torfy holocenijskie wypełniają też dna obniżen terenu o różnej genezie oraz tworzą obrzeżenia małych jezior na obszarze całego arkusza. Towarzyszą im namulki i gytie. Gytie występują zazwyczaj pod torfami, a niekiedy je przewarstwiewają. Mają zróżnicowany charakter; na północy arkusza w spagu są ilaste, wyżej wapienne, a w stropie drobnotrytusowe lub glonowe. W południowej części arkusza materiałem budującym gytie jest węglan wapnia (M. Jasnowski, 1993).

Osady jeziorne występują w obniżeniach wieku plejstocenijskiego (zagłębienia bezodpływowe, jeziora wytopiskowe). W ich składzie spotykane są ily, mulki, piaski drobnoziarniste i kredy jeziorne. Na powierzchni występują na Wolinie, w okolicach jeziora Weltyńskiego i w dolinie Krzekny. Kredy jeziorne, odsłaniające się na powierzchni wokół jeziora Miedwie (poza badanym obszarem), były eksploatowane dla potrzeb lokalnych (R. Dobracki, J.E. Mojski, 1979).

Dna dolin pokrywają mady, mulki, piaski i żwiry rzeczne.

Na obszarach miast (Szczecin, Świnoujście, Wolin) część powierzchni terenu pokrywają nasypy. Szczególnym rodzajem nasypów są refulaty. Są to osady denne wydobywane podczas pogłębiania toru wodnego Szczecin-Świnoujście i składowane na nabrzeżach. Ze względu na zawartość materii organicznej refulaty zaliczane są do mineralnych (do 10%), organiczno-mineralnych (10–20%) i organicznych (>20%). W refulatach organiczno-mineralnych i organicznych stwierdzono wysokie zawartości fosforu, potasu i magnezu (E. Niedźwiecki i in., 1995). Jednak wraz ze wzrostem zawartości materii organicznej zwiększa się w nich zawartość metali ciężkich (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni), co sprawia, że osady te nie mogą być użyteczne rolniczo.

Na opisanych skałach występujących na powierzchni, po ustąpieniu lodowca powstały gleby należące do różnych grup składu mechanicznego. Gleby piaszczyste przeważają na terenie Puszczy Wkrzańskiej i Goleniowskiej oraz w części nadmorskiej arkusza (Tablica 1). Na wysoczyznach morenowych dominują gleby gliniaste, zaś gleby pylaste pojawiają się nieregularnie wzdłuż doliny Odry oraz wokół jeziora Wicko Wielkie. Na holocenijskich pokładach torfów rozwinęły się gleby torfiaste. Największe obszary gleb torfowych zajmujące około 23 tys ha (I. Olkiewicz-Paprocka i in., 1994) występują w dolinie dolnej Odry i nad Zalewem Szczecińskim.

ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZENIA ŚRODOWISKA

Składowiska odpadów. Większość odpadów w województwie szczecińskim (około 77%) trafia na składowiska komunalne i przemysłowe. Tylko 22% odpadów jest wykorzystywane gospodarczo (Raport, 1997). Składowanie odpadów w województwie jest nierów-

Parametry statystyczne pierwiastków chemicznych i kwasowości w glebach aglomeracji szczecińskiej
Statistical parameters of chemical elements and acidity in soils of Szczecin agglomeration

Gleby Soils	Para- metry Para- meters	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Ca %	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Hg ppm	Mg %	Mn ppm	Ni ppm	P %	Pb ppm	S %	Sr ppm	Ti ppm	V ppm	Zn ppm	pH
Gleby aglomeracji szczecińskiej Soils of Szczecin agglomeration n = 2268	a	<1	0.02	<5	2	<0.5	<0.01	<0.5	<1	<1	<1	<0.01	<0.05	<0.01	<1	<1	<0.005	<3	<0.005	<1	3	<1	3	2.6
	b	3	1.50	178	852	1.9	18.88	13.3	30	111	191	10.33	1.40	0.81	9 481	61	2.336	810	1.739	1474	2971	129	1 176	8.9
	c	<1	0.19	<5	37	<0.5	0.48	<0.5	2	4	7	0.57	0.07	0.05	270	4	0.052	19	0.025	18	33	7	49	5.7
	d	<1	0.15	<5	19	<0.5	0.14	<0.5	1	2	3	0.34	<0.05	0.03	98	2	0.032	12	0.011	6	24	5	22	5.5
e	<1	0.16	<5	19	<0.5	0.15	<0.5	<1	2	3	0.35	<0.05	0.05	143	2	0.034	10	0.009	6	24	5	20	5.8	
Gleby terenów bez zabudowy Soils in non-urbanized areas n = 1914	a	<1	0.02	<5	2	<0.5	<0.01	<0.5	<1	<1	<1	<0.01	<0.05	<0.01	<1	<1	<0.005	<3	<0.005	<1	3	<1	3	2.6
	b	3	1.50	178	852	1.9	18.88	13.3	20	111	164	10.33	1.40	0.81	9 481	61	2.218	810	1.739	548	2971	1129	1 027	8.9
	c	<1	0.19	<5	36	<0.5	0.45	<0.5	2	4	6	0.58	0.07	0.05	285	4	0.048	18	0.026	15	31	7	46	5.5
	d	<1	0.15	<5	18	<0.5	0.12	<0.5	1	2	3	0.34	<0.05	0.03	93	2	0.030	11	0.011	6	23	4	20	5.4
e	<1	0.15	<5	18	<0.5	0.13	<0.5	1	2	3	0.35	<0.05	0.03	138	2	0.032	10	0.009	6	22	5	18	5.2	
Gleby terenów o zabudowie wiejskiej Soils in areas of village development n = 171	a	<1	0.03	<5	3	<0.5	<0.01	<0.5	<1	<1	<1	0.05	<0.05	<0.01	4	<1	0.008	<3	<0.005	<1	7	<1	5	3.5
	b	<1	0.71	13	115	0.7	5.01	2.3	9	12	63	1.99	0.84	0.54	924	22	0.213	100	0.092	148	201	56	640	7.7
	c	<1	0.18	<5	27	<0.5	0.34	<0.5	1	3	5	0.40	<0.05	0.05	180	3	0.048	14	0.012	11	33	6	42	6.1
	d	<1	0.16	<5	22	<0.5	0.16	<0.5	1	2	4	0.33	<0.05	0.04	143	2	0.042	11	0.121	7	28	4	27	6.0
e	<1	0.17	<5	22	<0.5	0.16	<0.5	1	3	4	0.34	<0.05	0.04	176	2	0.041	10	0.009	7	29	5	26	6.2	
Gleby terenów miejskich i podmiejskich Soils in urban and suburban areas n = 138	a	<1	0.03	<5	3	<0.5	0.01	<0.5	<1	<1	<1	0.05	<0.05	<0.01	5	<1	<0.005	<3	<0.005	<1	10	<1	6	3.5
	b	1	0.61	30	220	0.9	6.00	1.7	30	20	184	2.78	0.78	0.35	1 189	16	1.188	296	0.479	889	137	61	359	8.0
	c	<1	0.20	3	52	<0.5	0.78	<0.5	2	4	13	0.52	0.09	0.07	160	4	0.058	36	0.020	35	39	7	81	6.8
	d	<1	0.17	3	36	<0.5	0.42	<0.5	1	3	7	0.40	0.06	0.05	119	3	0.040	22	0.011	16	34	5	53	6.7
e	<1	0.18	3	41	<0.5	0.52	<0.5	2	3	9	0.43	0.06	0.06	146	4	0.041	20	0.011	17	36	5	58	7.2	
Gleby terenów o zabudowie miejskiej zwartej Soils in urban areas with compact development n = 46	a	<1	0.04	<5	6	<0.5	0.02	<0.5	<1	<1	1	0.09	<0.05	<0.01	5	<1	0.008	5	<0.005	2	12	<1	12	3.5
	b	<1	0.57	30	220	0.9	4.88	1.7	6	20	80	2.78	0.78	0.20	437	16	1.188	200	0.479	889	118	61	330	7.9
	c	<1	0.22	4	63	<0.5	0.98	<0.5	2	6	17	0.62	0.14	0.08	160	6	0.075	48	0.032	58	46	8	97	6.9
	d	<1	0.19	3	44	<0.5	0.57	<0.5	2	4	10	0.47	0.09	0.07	120	4	0.044	31	0.013	21	40	6	66	6.8
e	<1	0.21	3	46	<0.5	0.71	<0.5	2	5	13	0.52	0.09	0.08	150	5	0.044	27	0.012	19	45	7	65	7.2	
Gleby terenów o zabudowie przemysłowej Soils in industrial areas n = 45	a	<1	0.03	<5	4	<0.5	0.03	<0.5	<1	<1	<1	0.08	<0.05	<0.01	7	<1	0.010	<3	<0.005	2	11	<1	8	3.5
	b	<1	1.19	27	489	1.8	6.60	4.3	11	49	191	3.04	0.95	0.41	2 553	31	2.336	347	0.774	1474	1537	68	1 176	8.3
	c	<1	0.29	5	78	<0.5	1.21	0.7	3	8	18	0.87	0.13	0.10	289	7	0.229	42	0.055	92	120	11	112	6.6
	d	<1	0.20	<5	43	<0.5	0.57	<0.5	2	4	8	0.53	0.07	0.06	136	4	0.063	18	0.018	31	52	7	45	6.5
e	<1	0.19	<5	39	<0.5	0.64	<0.5	1	3	8	0.46	0.05	0.07	143	4	0.050	17	0.013	28	39	6	42	7.1	
Gleby pól uprawnych Cultivated soils n = 631	a	<1	0.02	<5	2	<0.5	<0.01	<0.5	<1	<1	<1	0.04	<0.05	<0.01	2	<1	0.007	<3	<0.005	<1	4	<1	5	3.6
	b	<1	0.79	23	176	0.6	17.32	1.5	11	22	63	1.99	0.52	0.40	2 332	17	0.289	155	0.093	266	147	35	385	8.2
	c	<1	0.23	<5	24	<0.5	0.36	<0.5	2	4	5	0.49	<0.05	0.07	224	4	0.046	11	0.009	10	40	8	28	6.3
	d	<1	0.21	<5	21	<0.5	0.18	<0.5	2	4	4	0.44	<0.05	0.05	191	3	0.042	10	0.009	7	37	7	24	6.2
e	<1	0.22	<5	21	<0.5	0.17	<0.5	2	4	4	0.46	<0.05	0.06	218	3	0.042	9	0.008	7	40	8	23	6.4	
Gleby lasów Forest soils n = 797	a	<1	0.02	<5	2	<0.5	<0.01	<0.5	<1	<1	<1	<0.01	<0.05	<0.01	<1	<1	<0.005	<3	<0.005	<1	3	<1	3	3.1
	b	<1	0.95	55	381	1.0	11.69	3.2	15	29	137	10.33	0.81	0.81	8 558	49	0.248	162	0.395	148	283	29	568	8.1
	c	<1	0.12	<5	16	<0.5	0.16	<0.5	<1	2	3	0.26	<0.05	0.02	106	2	0.021	13	0.012	6	20	3	20	4.5
	d	<1	0.10	<5	9	<0.5	0.04	<0.5	<1	1	1	0.18	<0.05	0.01	29	<1	0.016	10	0.007	2	17	2	12	4.4
e	<1	0.10	<5	8	<0.5	0.03	<0.5	<1	1	1	0.17	<0.05	0.01	27	<1	0.016	9	0.006	2	17	2	10	4.2	
Gleby łąk Meadow soils n = 443	a	<1	0.03	<5	2	<0.5	0.01	<0.5	<1	<1	<1	0.02	<0.05	<0.01	1	<1	<0.005	<3	<0.005	<1	5	<1	3	2.6
	b	1	1.19	178	370	1.9	18.88	5.0	18	50	65	8.50	1.17	0.29	2 761	31	2.218	130	1.310	548	2971	111	1 027	8.0
	c	<1	0.17	<5	37	<0.5	0.72	<0.5	1	3	5	0.70	0.07	0.05	241	3	0.057	15	0.045	23	30	8	39	5.9
	d	<1	0.15	<5	24	<0.5	0.27	<0.5	<1	2	3	0.44	<0.05	0.03	141	2	0.042	11	0.019	11	20	5	22	5.9
e	<1	0.14	<5	23	<0.5	0.28	<0.5	<1	2	3	0.43	<0.05	0.03	150	2	0.041	10	0.016	11	20	5	20	6.0	
Gleby ugorów i nieużytków Fallow soils n = 252	a	<1	0.02	<5	3	<0.5	<0.01	<0.5	<1	<1	<1	0.08	<0.05	<0.01	7	<1	0.006	<3	<0.005	<1	8	<1	5	2.7
	b	3	1.50	129	852	1.8	6.51	13.3	20	111	184	8.64	1.40	0.76	9 481	61	2.336	810	1.739	362	2947	129	942	8.9
	c	<1	0.31	14	120	<0.5	1.01	1.2	4	13	22</													

Parametry statystyczne pierwiastków chemicznych w osadach zbiorników wodnych aglomeracji szczecińskiej
Statistical parameters of chemical elements in the water sediments of Szczecin agglomeration

Osady wodne Water sediments	Para - metry Para - meters	Ag ppm	Al %	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Ca %	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Hg ppm	Mg %	Mn ppm	Ni ppm	P %	Pb ppm	S %	Sr ppm	Ti ppm	V ppm	Zn ppm
Osady wodne aglomera- cji szczecińskiej Water sediments of Szczecin agglomeration n = 1444	a	<1	0.01	<5	2	<0.5	0.01	<0.5	<1	<1	<1	0.01	<0.05	<0.01	2	<1	<0.005	<5	<0.005	<1	3	<1	3
	b	3	1.85	309	850	6.5	28.64	28.0	45	130	1210	23.42	2.70	0.92	33 617	170	4.174	3 933	4.274	1344	605	163	8 270
	c	<1	0.23	6	59	<0.5	1.05	0.6	2	5	12	0.93	0.08	0.08	385	6	0.085	24	0.142	35	32	9	79
	d	<1	0.16	<5	34	<0.5	0.54	<0.5	1	3	4	0.51	<0.05	0.05	143	3	0.046	11	0.046	18	26	6	35
e	<1	0.17	<5	32	<0.5	0.55	<0.5	1	3	4	0.51	<0.05	0.05	135	3	0.044	11	0.040	17	24	6	31	
Małe cieki bez nazwy Small streams (unnamed) n = 858	a	<1	0.01	<5	3	<0.5	0.01	<0.5	<1	<1	<1	0.02	<0.05	<0.01	2	<1	0.006	<5	<0.005	1	3	<1	4
	b	3	1.52	309	850	2.0	28.64	18.1	45	119	1 210	23.42	1.84	0.92	33 617	170	4.174	3 933	4.274	1344	453	140	8 270
	c	<1	0.22	<5	55	<0.5	1.06	0.5	2	4	10	0.92	0.07	0.08	354	5	0.090	22	0.145	36	32	9	68
	d	<1	0.18	<5	34	<0.5	0.53	<0.5	1	3	4	0.54	<0.05	0.05	138	3	0.049	10	0.048	17	26	6	32
e	<1	0.17	<5	34	<0.5	0.51	<0.5	1	3	4	0.54	<0.05	0.05	135	3	0.047	11	0.042	17	25	6	30	
Jeziora Lakes n = 100	a	<1	0.01	<5	2	<0.5	0.02	<0.5	<1	<1	<1	0.01	<0.05	<0.01	4	<1	<0.005	<5	<0.005	<1	4	<1	3
	b	<1	0.78	67	410	2.4	5.45	11.2	13	38	82	7.57	0.89	0.27	3 825	42	0.466	152	2.440	189	135	163	1 009
	c	<1	0.13	6	39	<0.5	0.87	0.7	2	4	8	0.59	0.07	0.06	308	5	0.048	17	0.169	25	25	7	71
	d	<1	0.08	<5	15	<0.5	0.42	<0.5	<1	2	3	0.21	<0.05	0.03	67	2	0.023	7	0.030	11	21	3	25
e	<1	0.07	<5	12	<0.5	0.45	<0.5	<1	2	2	0.16	<0.05	0.03	52	1	0.020	6	0.017	11	21	2	18	
Jezioro Dąbie Dąbie lake n = 17	a	<1	0.03	<5	9	<0.5	0.08	<0.5	<1	<1	<1	0.12	<0.05	0.01	27	1	0.013	<5	<0.005	3	11	1	15
	b	<1	0.78	67	410	1.1	3.43	7.0	13	23	55	7.57	0.89	0.20	3825	42	0.466	152	0.977	165	55	30	1 009
	c	<1	0.23	19	126	<0.5	1.21	1.4	5	8	19	1.78	0.20	0.09	1208	13	0.150	42	0.194	51	28	11	222
	d	<1	0.14	8	62	<0.5	0.76	0.7	2	4	6	0.69	0.09	0.06	442	6	0.068	20	0.068	27	25	6	92
e	<1	0.10	6	47	<0.5	1.16	<0.5	2	2	4	0.52	0.05	0.08	306	3	0.031	15	0.076	33	24	5	59	
Małe jeziora bez nazwy Small lakes (unnamed) n = 64	a	<1	0.03	<5	5	<0.5	0.02	<0.5	<1	<1	<1	0.05	<0.05	<0.01	11	<1	<0.005	<5	<0.005	1	9	<1	6
	b	<1	0.81	16	229	0.7	14.18	2.5	11	27	39	2.36	0.33	0.74	1 156	51	0.477	61	1.008	591	101	27	484
	c	<1	0.23	<5	35	<0.5	1.04	<0.5	2	4	6	0.51	<0.05	0.09	129	5	0.042	14	0.084	35	34	8	48
	d	<1	0.18	<5	24	<0.5	0.41	<0.5	1	3	4	0.33	<0.05	0.06	72	3	0.026	10	0.035	13	29	6	26
e	<1	0.18	<5	21	<0.5	0.39	<0.5	1	3	4	0.29	<0.05	0.06	65	3	0.024	11	0.035	11	28	6	21	
Małe zbiorniki bez naz- wy – sadzawki Small reservoirs – pools (unnamed) n = 58	a	<1	0.03	<5	6	<0.5	0.09	<0.5	<1	<1	<1	0.06	<0.05	0.02	15	<1	0.012	<5	0.006	4	3	<1	6
	b	3	0.98	11	149	0.9	5.54	3.0	8	20	53	1.64	0.67	0.72	802	25	0.929	119	1.118	283	96	35	1 032
	c	<1	0.33	<5	47	<0.5	0.91	<0.5	2	6	12	0.68	0.07	0.12	192	7	0.097	23	0.090	30	43	10	89
	d	<1	0.26	<5	36	<0.5	0.57	<0.5	2	5	7	0.54	0.05	0.09	136	5	0.053	16	0.041	20	36	8	47
e	<1	0.30	<5	38	<0.5	0.56	<0.5	2	5	8	0.63	<0.05	0.10	138	6	0.047	17	0.034	19	39	9	43	
Obszar Międzyodrza Międzyodrże area n = 98	a	<1	0.05	<5	14	<0.5	0.06	<0.5	<1	<1	1	0.16	<0.05	0.01	32	1	0.012	<5	0.005	3	9	<1	10
	b	3	1.48	95	765	1.7	10.28	19.6	20	130	159	10.79	1.77	0.77	9 922	73	0.935	1 079	1.592	232	390	112	1 126
	c	<1	0.47	17	169	0.6	1.29	1.7	6	18	24	2.12	0.21	0.14	1 077	17	0.144	54	0.262	45	30	18	168
	d	<1	0.38	11	120	0.5	0.92	0.7	4	11	15	1.53	0.12	0.11	604	12	0.094	27	0.121	33	24	14	91
e	<1	0.45	12	127	0.6	1.03	0.6	5	12	17	1.66	0.12	0.15	635	15	0.091	26	0.127	38	21	19	81	
Bukowa The Bukowa river n = 6	a	<1	0.15	<5	45	<0.5	0.47	<0.5	2	6	16	0.40	0.10	0.06	73	5	0.058	25	0.062	26	26	4	167
	b	<1	0.73	18	215	0.7	2.51	1.6	8	74	64	2.97	0.63	0.24	641	31	0.551	68	0.582	115	102	33	345
	c	<1	0.35	6	105	<0.5	1.25	0.8	3	35	34	1.18	0.27	0.12	205	15	0.169	48	0.224	53	54	12	238
	d	<1	0.29	<5	86	<0.5	1.11	0.6	3	26	31	0.88	0.21	0.11	149	13	0.116	46	0.171	44	50	9	232
e	<1	0.24	<5	65	<0.5	1.19	0.7	2	37	32	0.63	0.19	0.10	128	13	0.086	47	0.158	32	51	7	237	
Chelszcząca The Chelszcząca river n = 6	a	<1	0.04	<5	59	<0.5	0.21	<0.5	<1	<1	1	0.47	<0.05	0.01	93	<1	0.068	<5	0.013	10	13	2	9
	b	<1	0.25	22	301	<0.5	2.28	0.9	2	7	25	4.13	<0.05	0.10	2 219	5	0.439	74	1.440	44	68	9	221
	c	<1	0.13	10	129	<0.5	0.88	<0.5	1	3	8	1.79	<0.05	0.05	591	3	0.167	22	0.291	23	33	5	85
	d	<1	0.10	8	109	<0.5	0.57	<0.5	<1	2	4	1.43	<0.05	0.04	329	2	0.133	10	0.076	19	28	4	50
e	<1	0.11	8	101	<0.5	0.44	<0.5	<1	3	4	1.66	<0.05	0.05	256	3	0.118	7	0.050	17	29	4	51	
Dziwna The Dziwna river n = 19	a	<1	0.02	<5	3	<0.5	0.06	<0.5	<1	<1	<1	0.03	<0.05	<0.01	9	<1	0.006	<5	0.007	2	6	<1	6
	b	<1	0.42	27	178	0.5	2.40	3.7	11	26	368	1.39	0.37										

Tabela V
TableParametry statystyczne pierwiastków chemicznych, kwasowości i przewodności elektrycznej wód powierzchniowych zbiorników wodnych aglomeracji szczecińskiej
Statistical parameters of chemical elements, acidity and electrical conductivity in surface waters of Szczecin agglomeration

Wody powierzchniowe Surface waters	Para- metry Para- meters	Al ppm	As ppm	B ppm	Ba ppb	Ca ppm	Cd ppb	Co ppb	Cr ppb	Cu ppb	Fe ppm	K ppm	Li ppb	Mg ppm	Mn ppb	Na ppm	Ni ppb	SiO ₂ ppm	SO ₄ ppm	Sr ppb	Ti ppb	V ppb	Zn ppb	pH	Prze- wod- ność Con- duc- tivity mS/cm	
Wody powierzchniowe aglomeracji szczecińskiej Surface waters of Szczecin agglomeration n = 1402	a	<0.05	<0.05	<0.03	2	2	<3	<5	<4	<5	<0.01	0.1	<1	0.5	1	1	<10	<0.1	2.4	8	<5	<6	<5	3.1	0.05	
	b	19.25	0.10	5.03	501	523	15	394	78	52	116.89	672.0	1800	854.2	17 396	2946	1019	104.0	9667	7 323	126	198	1 218	10.0	19.99	
	c	0.12	<0.05	0.09	51	91	<3	<5	<4	<5	1.05	12.0	11	15.1	331	56	<10	8.2	122.0	358	<5	<6	<6	6.6	0.90	
	d	<0.05	<0.05	0.06	44	77	<3	<5	<4	<5	0.16	6.5	6	10.5	109	23	<10	4.6	81.0	274	<5	<6	<6	6.6	0.73	
Małe ciekły bez nazwy Small streams (unnamed) n = 800	e	<0.05	<0.05	0.06	46	78	<3	<5	<4	<5	0.16	6.3	6	11.2	120	18	<10	7.1	91.8	312	<5	<6	<5	6.9	0.72	
	a	<0.05	<0.05	<0.03	2	2	<3	<5	<4	<5	<0.01	0.2	<1	0.6	1	1	<10	<0.1	3.5	9	<5	<6	<5	3.1	0.05	
	b	8.53	0.10	5.03	501	523	15	394	78	52	116.89	539.0	1800	854.2	17 396	2946	1019	104.0	9667	7 323	67	198	1 218	9.3	19.99	
	c	0.14	<0.05	0.09	53	100	<3	<5	<4	<5	1.54	11.8	12	14.7	435	45	<10	10.3	135.6	362	<5	<6	<6	21	6.4	0.84
Małe zbiorniki bez nazwy (sadzawki) Small reservoirs -pools (un- named) n = 55	d	0.05	<0.05	0.05	44	83	<3	<5	<4	<5	0.34	6.0	5	9.7	163	19	<10	7.1	82.7	264	<5	<6	<6	7	6.3	0.68
	e	<0.05	<0.05	0.05	46	91	<3	<5	<4	<5	0.35	6.1	5	10.3	171	15	<10	9.1	90.3	282	<5	<6	<5	6.6	0.71	
	a	<0.05	<0.05	<0.03	4	9	<3	<5	<4	<5	0.01	0.2	<1	1.4	6	2	<10	0.3	2.4	29	<5	<6	<5	3.1	0.10	
	b	6.92	<0.05	0.46	225	236	<3	16	17	39	18.25	672.0	71	108.2	4 318	163	46	60.1	335.1	1 946	126	63	150	9.4	2.30	
Małe jeziora bez nazwy Small lakes (unnamed) n = 66	c	0.24	<0.05	0.08	50	80	<3	<5	<4	<5	1.63	44.4	7	12.3	450	23	<10	9.0	73.4	352	7	<6	20	6.7	0.68	
	d	0.06	<0.05	0.06	38	62	<3	<5	<4	<5	0.38	14.4	4	8.8	170	16	<10	5.2	43.2	233	<5	<6	8	6.6	0.58	
	e	<0.05	<0.05	0.05	45	73	<3	<5	<4	<5	0.34	13.6	4	9.2	141	17	<10	6.1	44.9	243	<5	<6	<5	7.0	0.67	
	a	<0.05	<0.05	<0.03	4	3	<3	<5	<4	<5	<0.01	0.6	<1	0.5	2	2	<10	<0.1	5.2	8	<5	<6	<5	4.3	0.14	
Jeziora Lakes n = 103	b	0.39	<0.05	0.83	155	298	<3	<5	<4	41	12.04	56.9	40	47.1	5 635	95	<10	28.7	440.2	2 187	13	<6	206	10.0	1.77	
	c	<0.05	<0.05	0.07	35	64	<3	<5	<4	<5	0.47	12.0	6	9.6	239	17	<10	4.6	60.9	291	<5	<6	<6	11	6.5	0.63
	d	<0.05	<0.05	0.04	27	47	<3	<5	<4	<5	0.09	7.9	3	6.7	54	11	<10	1.9	37.6	168	<5	<6	<5	6.4	0.56	
	e	<0.05	<0.05	0.04	29	64	<3	<5	<4	<5	0.07	8.2	4	8.4	54	12	<10	2.9	39.4	178	<5	<6	<5	6.5	0.62	
Jezioro Dąbie Dąbie lake n = 22	a	<0.05	<0.05	<0.03	5	2	<3	<5	<4	<5	<0.01	0.1	<1	0.6	1	2	<10	<0.1	4.9	9	<5	<6	<5	3.4	0.17	
	b	0.29	<0.05	0.29	95	168	<3	<5	<4	<5	3.30	25.7	20	73.8	834	557	<10	14.6	227.5	658	<5	<6	<6	47	9.3	3.90
	c	<0.05	<0.05	0.07	44	68	<3	<5	<4	<5	0.12	7.9	8	15.5	78	73	<10	2.9	80.9	278	<5	<6	<5	7.3	1.04	
	d	<0.05	<0.05	0.05	39	59	<3	<5	<4	<5	0.02	6.0	6	10.8	26	29	<10	1.4	62.1	221	<5	<6	<5	7.2	0.82	
Jezioro Dąbie Dąbie lake n = 22	e	<0.05	<0.05	0.05	43	66	<3	<5	<4	<5	0.02	5.9	8	10.7	24	20	<10	1.9	86.1	283	<5	<6	<5	7.4	0.73	
	a	<0.05	<0.05	<0.05	45	62	<3	<5	<4	<5	<0.01	4.2	2	8.5	6	31	<10	<0.1	83.1	29	<5	<6	<5	6.1	0.61	
	b	0.11	<0.05	0.13	88	85	<3	<5	<4	<5	3.30	8.3	16	11.8	672	60	<10	10.6	126.9	353	<5	<6	<6	11	8.8	1.43
	c	<0.05	<0.05	0.07	65	69	<3	<5	<4	<5	0.21	5.7	10	10.2	132	38	<10	3.7	92.2	278	<5	<6	<5	7.5	0.87	
Obszar Międzyodrza Międzyodrza area n = 101	d	<0.05	<0.05	0.06	63	68	<3	<5	<4	<5	0.04	5.7	10	10.2	74	38	<10	2.8	91.9	261	<5	<6	<5	7.4	0.83	
	e	<0.05	<0.05	0.06	56	67	<3	<5	<4	<5	0.03	5.7	10	10.2	89	37	<10	3.7	90.0	284	<5	<6	<5	7.8	0.71	
	a	<0.05	<0.05	0.05	34	60	<3	<5	<4	<5	<0.01	1.2	4	10.1	5	15	<10	<0.1	3.8	275	<5	<6	<5	6.2	0.62	
	b	0.45	<0.05	0.70	501	221	<3	<5	30	<5	1.33	18.9	357	50.5	4 663	375	<10	29.4	878	729	<5	196	28	8.9	2.22	
Bukowa The Bukowa river n = 5	c	<0.05	<0.05	0.09	59	80	<3	<5	<4	<5	0.11	6.4	17	12.6	182	60	<10	3.6	107	347	<5	<6	<5	8.0	0.75	
	d	<0.05	<0.05	0.09	55	78	<3	<5	<4	<5	0.03	6.2	14	12.3	64	53	<10	2.3	94	343	<5	<6	<5	8.0	0.74	
	e	<0.05	<0.05	0.09	52	75	<3	<5	<4	<5	0.02	6.2	13	12.1	65	51	<10	2.3	92	337	<5	<6	<5	8.2	0.72	
	a	<0.05	<0.05	0.14	41	107	<3	<5	<4	<5	0.11	13.7	4	14.2	122	31	<10	9.7	153	602	<5	<6	<5	7.3	0.88	
Chelszcząca The Chelszcząca river n = 6	b	0.19	<0.05	0.33	87	133	<3	<5	<4	<5	0.44	27.4	60	17.2	268	55	<10	12.3	166	670	<5	37	30	9.1	1.07	
	c	0.08	<0.05	0.21	61	121	<3	<5	<4	<5	0.28	17.5	19	16.1	200	42	<10	10.7	161	647	<5	10	19	7.8	0.98	
	d	0.06	<0.05	0.20	59	121	<3	<5	<4	<5	0.25	16.8	12	16.1	192	42	<10	10.7	161	647	<5	<6	<5	7.8	0.98	
	e	<0.05	<0.05	0.17	57	123	<3	<5	<4	<5	0.29	14.8	11	16.4	197	41	<10	10.4	162	657	<5	<6	<5	7.5	0.97	
Dziwna The Dziwna river n = 19	a	<0.05	<0.05	<0.03	34	61	<3	<5	<4	<5	0.11	1.5	2	5.6	137	7	<10	6.4	64	152	<5	<6	<5	5.8	0.54	
	b	<0.05	<0.05	0.05	74	91	<3	<5	<4	<5	0.33	17.5	5	8.7	370	20	<10	11.0	113	269	<5	<6	<5			

Tabela VII
Table

Ocena zawartości metali ciężkich (mg/kg) w powierzchniowej warstwie gleb uprawnych
(wg A. Kabaty-Pendias i in., 1995)
Assessment heavy metals (MC) content (mg/kg) in surficial layer of cultivated soils
(after A. Kabata-Pendias et al., 1995)

Metal	Grupa gleby	Stopień zanieczyszczenia gleb					
		0*	I	II	III	IV	V
Cd, kadm	AG	0.3	1.0	2	3	5	>5
	BG	0.5	1.5	3	5	10	>10
	CG	1.0	3.0	5	10	20	>20
Cu, miedź	AG	10	30	50	80	300	>300
	BG	20	50	80	100	500	>500
	CG	25	70	100	150	750	>750
Cr, chrom	AG	20	40	80	150	300	>300
	BG	30	60	150	300	500	>500
	CG	50	80	200	500	1000	>1000
Ni, nikiel	AG	10	30	50	100	400	>400
	BG	25	50	75	150	600	>600
	CG	50	75	100	300	1000	>1000
Pb, ołów	AG	20	70	100	500	2500	>2500
	BG	40	100	250	1000	5000	>5000
	CG	60	150	300	2000	7000	>7000
Zn, cynk	AG	50	100	200	700	1500	>1500
	BG	70	150	300	1000	3000	>3000
	CG	100	250	500	2000	5000	>5000

- *0 – gleby nie zanieczyszczone o naturalnych zawartościach metali ciężkich (MC), gleby nadają się pod wszystkie uprawy ogrodnicze i rolnicze, a zwłaszcza pod uprawy roślin przeznaczanych dla dzieci i niemowląt; obszary z takimi glebami należy objąć szczególną ochroną przed wprowadzaniem antropogenicznych MC;
- I – gleby o podwyższonej zawartości MC mogą być przeznaczone do pełnego wykorzystania rolniczego, z wyłączeniem upraw roślin do produkcji żywności o szczególnie małej zawartości pierwiastków i substancji szkodliwych;
- II – gleby słabo zanieczyszczone; rośliny uprawiane na takich glebach mogą zawierać nadmierne ilości MC z punktu widzenia toksykologicznego; szczególnie wykluczyć należy uprawę warzyw, jak np. salata, szpinak, kalafior, marchew; dozwolona jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych oraz użytkowanie pastwiskowe;
- III – gleby średnio zanieczyszczone; wszystkie uprawy na takich glebach mogą ulec skażeniu MC; dopuszczalna jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych, pod warunkiem okresowej kontroli poziomu metali w konsumpcyjnych częściach roślin; zalecane są uprawy roślin przemysłowych i traw nasiennych; wody gruntowe mogą być narażone na zanieczyszczenie MC, w tym szczególnie – kadmem, cynkiem i niklem; w przypadku pastwisk należy także kontrolować pobieranie MC przez zwierzęta;
- IV – gleby silnie zanieczyszczone; gleby takie, a zwłaszcza gleby lekkie, powinny być wyłączone z produkcji rolniczej oraz zadarnione lub zadrzewione; na glebach lepszych należy uprawiać rośliny przemysłowe (np. len, konopie, wiklina), w zależności od ich wymagań siedliskowych; także dopuszcza się produkcję materiału siewnego zbóż i traw oraz ziemniaków dla przemysłu spirytusowego (spirytus energetyczny) i rzepaku na olej techniczny; wykorzystanie na pastwiska należy ograniczać; zaleca się zabiegi rekultywacyjne, a przede wszystkim wapnowanie i wprowadzanie substancji organicznej;
- V – gleby bardzo silnie zanieczyszczone; powinny być wyłączone z produkcji rolniczej i użytkowania pastwiskowego; należy liczyć się z potrzebą zabiegów rekultywacyjnych; konieczne jest zadarnienie i zadrzewienie takich gleb, między innymi ze względu na zagrożenie przenoszenia zanieczyszczeń wraz z pyłami glebowymi; na odpowiednich glebach można uprawiać rośliny przemysłowe, podobnie jak na glebach o IV stopniu zanieczyszczenia.

Tabela VIII
Table

Orientacyjne wartości graniczne zawartości substancji szkodliwych w glebach w odniesieniu do sposobu ich użytkowania (ppm = g/t = mg/kg)
(wg T. Eikmann, A. Kloeke, 1991)
Approximate values of permissible concentrations of harmful substances in soils, with respect to land use (ppm = g/t = mg/kg) (after T. Eikmann, A. Kloeke, 1991)

Sposób użytkowania	Klasa	As	Be	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Możliwości wielofunkcyjnego użycia	gw1	20	1	1	50	50	0,5	40	100	150
	gw2	20	1	2	50	50	0,5	40	200	300
Place i miejsca zabaw dzieci	gw3	50	5	10	250	250	10	200	1000	2000
	gw2	40	2	2	100	50	2	80	300	300
Ogródki przydomowe i działkowe	gw3	80	5	5	350	200	20	200	1000	600
	gw2	35	1	2	150	100	0,5	100	200	300
Boiska sportowe i pola gier	gw3	90	2,5	5	350	300	10	250	1000	2000
	gw2	40	5	4	150	200	5	100	500	1000
Parki i tereny rekreacyjne	gw3	80	15	15	600	600	15	250	2000	3000
	gw2	50	5	10	200	300	10	200	1000	1000
Tereny przemysłu ciężkiego i lekkiego (zakłady czynne)	gw3	150	20	20	800	1000	20	500	2000	3000
	gw2	50	10	10	200	500	10	200	1000	1000
Tereny przemysłu lekkiego i ciężkiego (zrekultywowane i porośnięte roślinnością)	gw3	200	20	20	800	2000	50	500	2000	3000
	gw2	40	10	2	200	50	10	100	500	300
Tereny rolnicze i wielkotowarowego ogrodnictwa	gw3	50	20	5	500	200	50	200	1000	600
	gw2	40	10	5	200	50	10	100	1000	300
Tereny ekosystemów nierolniczych	gw3	60	20	10	500	200	50	200	2000	600

gw1 = zawartości podstawowe, tło
gw2 = zawartości tolerowane,
gw3 = zawartości toksyczne.

pH KWASOWOŚĆ

Gleby: tabela 2, tabela III

Wartości graniczne odczynu gleb (pH – H₂O), (35)*:

- gleby bardzo kwaśne ≤5
- gleby kwaśne >5 –≤6
- gleby lekko kwaśne >6 –≤6,7
- gleby obojętne >6,7–≤7,4
- gleby zasadowe >7,4

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

- gleby Szczecina i okolic 2,6–8,9; średnio 5,5**
- gleby miejskie Szczecina 3,5–7,9; średnio 6,8
- gleby Łodzi i okolic 3,1–8,1; średnio 5,5
- gleby miejskie Łodzi 3,7–8,1; średnio 6,3
- gleby miejskie Pabianic 3,4–7,3; średnio 5,2
- gleby miejskie Zgierza 3,8–7,8; średnio 5,7
- gleby Warszawy i okolic 2,5–7,8; średnio 5,8
- gleby miejskie Warszawy 5,0–7,8; średnio 6,6
- gleby Krakowa i okolic 3,2–9,5; średnio 6,5
- gleby miejskie Krakowa 4,9–9,5; średnio 7,2
- gleby Wrocławia i okolic 2,8–8,2; średnio 6,0
- gleby miejskie Wrocławia 5,1–7,9; średnio 6,9
- gleby Polski 2,1–9,7; średnio 5,9

* pozycje literatury cytowane numerami ze spisu literatury.
** wszystkie wartości średnie wyrażone są w postaci średnich geometrycznych.

Zróżnicowanie odczynu gleb w badanym obszarze związane jest w znacznym stopniu ze sposobem ich użytkowania, które z kolei warunkowane jest charakterem litologicznym podłoża geologicznego. Gleby łeśne zajmujące znaczne powierzchnie (ok. 35% badanego obszaru) utworzone na piaszczysto-zwirowych utworach wodnolodowcowych lub rzecznych wykazują odczyn bardzo kwaśny i kwaśny (średnio 4,4). Szczególnie duże, zwarte obszary gleb bardzo kwaśnych występują na terenie Puszczy Wkrzańskiej, Puszczy Bukowej, Puszczy Goleniowskiej oraz Wolińskiego Parku Narodowego. Gleby pól uprawnych (Wysoczyzna Stobna, Równina Weltyńska) mające zwykle w podłożu gliny zwałowe, wykazują odczyn obojętny, rzadziej lekko kwaśny (od 3,6 do 8,2; średnio 6,2). Gleby miejskie Szczecina mają odczyn obojętny, niekiedy alkaliczny. Niewielkie płyty gleb alkalicznych obserwuje się również na terenie elektrowni „Dolna Odra” oraz zakładów chemicznych w Policach. Gleby organiczne Międzyodrza wykazują odczyn lekko kwaśny.

Wody powierzchniowe: tabela 46, tabela V

Dane dla badanego obszaru:
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic 3,1–10,0; średnio 6,6

Odczyn wód powierzchniowych na badanym arkuszu jest zróżnicowany – od silnie kwaśnego (pH <5) do zasadowego (pH >9). W obrazie kartograficznym odczynem słabo zasadowym, niekiedy zasadowym, charakteryzują się wody Odry i kanałów Międzyodrza (od 6,2 do 8,9; średnio 8,0). Wody obojętne (do słabo zasadowych) występują przede wszystkim na obszarze miejskim Szczecina i Polic oraz na terenach rolniczych na zachód od Odry. Wody zasadowe występują również na Wolinie. Na terenach leśnych (Puszcze: Wkrzańska, Goleniowska, Bukowa, lasy na Wyspie Uznam i Wolin) i bagiennych (w zlewni Krępy i Iny) spotykane są wody kwaśne.

PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA

Wody powierzchniowe: tabela 47, tabela V; mS/cm

Dane dla badanego obszaru:
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic 0,05–19,99; średnio 0,49

Pomiar przewodności elektrycznej wód jest wskaźnikiem informującym o stopniu ich mineralizacji (zasolenia). Generalnie wody powierzchniowe badanego obszaru są wodami słodkimi o przewodności <1,5 mS/cm (co odpowiada wartości ogólnej mineralizacji <1 g/l). Wpływ wód morskich okresowo wnikaających do badanych zbiorników wód lądowych manifestuje się podwyższonymi wartościami przewodności w wodach Zalewu Szczecińskiego (do 2,73 mS/cm), zlewni Świny i Starej Świny (do 4,20 mS/cm) oraz Dziwny (do 5,10 mS/cm), czyniąc je wodami słonawymi. W rejonie Zakładów Chemicznych „Police”, w rowie w pobliżu składowiska odpadów, stwierdzono maksymalną wartość przewodności >19,99 mS/cm, (co odpowiada wartości mineralizacji ogólnej >14 g/l). Nieco podwyższone zawartości przewodności elektrycznej w niektórych wodach na Wysoczyźnie Stobna mogą mieć związek z naturą geologiczną drenowanych skał.

Ag SREBRO

Gleby: tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

- gleby Szczecina i okolic <1– 3; średnio <1
- gleby miejskie Szczecina <1; średnio <1
- gleby Łodzi i okolic <1; średnio <1
- gleby miejskie Łodzi <1; średnio <1
- gleby miejskie Pabianic <1; średnio <1
- gleby miejskie Zgierza <1; średnio <1
- gleby Krakowa i okolic <1– 3; średnio <1
- gleby miejskie Krakowa <1– 2; średnio <1
- gleby Wrocławia i okolic <1– 9; średnio <1
- gleby miejskie Wrocławia <1– 9; średnio <1
- gleby Polski <1–41; średnio <1

Z uwagi na fakt, iż zawartość srebra lugowalnego kwasem solnym w badanych glebach nie przekracza 1 ppm (granica oznaczalności w stosowanej metodyce analitycznej) nie sporządzono mapy geochemicznej tego pierwiastka.

Osady wodne: tabela 24, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):

- osady wodne Szczecina i okolic <1–3; średnio <1
- osady wodne Polski <1–117; średnio <1

Przeciętne zawartości srebra rozpuszczalnego w kwasie solnym w osadach wodnych nie przekraczają 1 ppm. W kilkunastu próbkach osadów z kanałów Międzyodrza, między Gryfinem a Szczecinem, oraz w niektórych zbiornikach wodnych w obrębie Szczecina stwierdzono podwyższone zawartości Ag w granicach 1–3 ppm.

Al GLIN

Gleby: tabela 3, tabela III; %

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

- gleby Szczecina i okolic 0,02–1,50; średnio 0,15
- gleby miejskie Szczecina 0,04–0,57; średnio 0,19
- gleby Łodzi i okolic 0,03–0,95; średnio 0,21
- gleby miejskie Łodzi 0,03–0,50; średnio 0,24
- gleby miejskie Pabianic 0,11–0,62; średnio 0,25
- gleby miejskie Zgierza 0,10–0,63; średnio 0,22
- gleby Krakowa i okolic 0,02–1,58; średnio 0,41
- gleby miejskie Krakowa 0,10–1,41; średnio 0,38
- gleby Wrocławia i okolic 0,04–1,63; średnio 0,31
- gleby miejskie Wrocławia 0,14–1,00; średnio 0,35

W obrazie kartograficznym rozmieszczenia glinu wyraźnie podwyższonymi zawartościami tego pierwiastka wyróżniają się gleby doliny Odry (Międzyodrze, wyspy na Jeziorze Dąbie, torfowiska wzdłuż zachodniego brzegu Odry między Szczecinem a Trzebieżą oraz w rejonie ujścia Krępy do Zatoki Odrzańskiej na wschodnim brzegu). Te podwyższone koncentracje glinu związane są prawdopodobnie z obecnością ilastych namulów towarzyszącym torfom. Podwyższonymi zawartościami glinu charakteryzują się również gleby gliniaste Wysoczyzny Stobna utworzone z glin zwałowych. Gleby te zawierają prawie dwukrotnie więcej glinu (od 0,04 do 1,50%; średnio 0,22%) w stosunku do gleb piaszczystych (od 0,02 do 1,19%; średnio 0,12%) rozwiniętych na podłożu utworów piaszczysto-zwirowych.

Osady wodne: tabela 25, tabela IV; %

Dane dla badanego obszaru:
– osady wodne Szczecina i okolic 0,01–1,85; średnio 0,16

Pomimo niskich przeciętnych zawartości glinu rozpuszczalnego w HCl (0,16%) w aluwacjach i innych osadach wodnych badanego rejonu obserwuje się wyraźne zróżnicowanie regionalne zbieżne z rozmieszczeniem tego pierwiastka w glebach. Najniższe zawartości Al (średnio 0,08%) zawierają osady większych jezior. Nieco wyższe stę-

żenia glinu (średnio 0,10–0,13%) występują w aluwialach rzek drenujących obszary zbudowane z utworów piaszczystych (Chelszcząca, Dziwna, Gunica, Mała Gunica, Gowienica, Grzybnica, Plonia). Najwyższe koncentracje glinu występują w osadach kanałów Międzyodrza (średnio 0,38%). Podwyższonymi zawartościami tego pierwiastka charakteryzują się też aluwia cieków w rejonie Wysoczyzny Stobna.

Wody powierzchniowe: tablica 48, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Orientacyjne wartości graniczne (21, 44):

– wody rzeczne	<0,06–0,30; średnio 0,2
– wody rzeczne zanieczyszczone	>2,00
– wody pitne	0,05–0,30

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<0,05–19,25; średnio <0,05
– wody powierzchniowe Polski	<0,1–1,2; średnio 0,1

Zawartości glinu w wodach powierzchniowych Szczecina i okolic są bardzo niskie (przeciętnie <0,05 mg/l). Próbkę wykazującą wyższe zawartości Al obserwuje się głównie na bagiennych terenach w wodach o kwaśnym odczynie. Maksymalną zawartość Al (19,25 mg/l) stwierdzono w wodzie rowu melioracyjnego w zlewni Krepły.

As ARSEN

Gleby: tablica 4, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<5– 178; średnio <5
– gleby miejskie Szczecina	<5– 30; średnio <5
– gleby Łodzi i okolic	<5– 13; średnio <5
– gleby miejskie Łodzi	<5– 9; średnio <5
– gleby miejskie Pabianic	<5– 6; średnio <5
– gleby miejskie Zgierza	<5– 7; średnio <5
– gleby Krakowa i okolic	<5– 29; średnio <5
– gleby miejskie Krakowa	<5– 29; średnio <5
– gleby Wrocławia i okolic	<5– 46; średnio <5
– gleby miejskie Wrocławia	<5– 32; średnio <5
– gleby Polski	<5–3444; średnio 5

Obraz przestrzennego rozmieszczenia arsenu w glebach jest bardzo przejrzysty. Na tle niskich zawartości As (<5 ppm) wyróżniają się gleby organiczne doliny Odry w formie ostro zarysowanej anomalii (>7 ppm) z maksimami przekraczającymi 44 ppm. Gleby organiczne (utwory torfowe i namuły) w obrębie tej anomalii stanowiły dogodne medium dla koncentracji arsenu, którego źródłem są wody Odry niosące zanieczyszczenia z południa kraju. Znacznie rozprzestrzenione, również poza doliną Odry, gleby torfowe zawierają zwykle nieco podwyższone w stosunku do gleb mineralnych zawartości arsenu. Niewielką anomalię tego pierwiastka, związaną z występowaniem torfów stwierdzono koło miejscowości Buk, na północny zachód od Szczecina.

Osady wodne: tablica 26, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	<5– 309; średnio <5
– osady wodne Polski	<5–6215; średnio <5

Osady wodne w badanym obszarze zawierają niskie zawartości arsenu (przeciętnie <5 ppm). Podobnie jak w przypadku gleb, wyraźnie anomalne zawartości As występują w osadach wodnych kanałów Międzyodrza oraz cieków drenujących utwory torfowe doliny Odry na północ od Szczecina. Osady wodne o podwyższonych stężeniach arsenu zawierają również znaczne ilości żelaza (do 10%). Źródłem arsenu w tych osadach są wody Odry. Maksymalną zawartość As (309 ppm) stwierdzono w osadzie rowu melioracyjnego w pobliżu północno-wschodniego brzegu jeziora Dąbie oraz w aluwium rzeki Mała Gunica (208 ppm).

B BOR

Wody powierzchniowe: tablica 49, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):

I–III ≤1

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<0,03– 5,03; średnio 0,06
– wody powierzchniowe Polski	<0,02–12,87; średnio 0,04

Przeciętne zawartości boru w wodach badanego obszaru są wyższe niż dla całej Polski (odpowiednio 0,06 i 0,04 mg/l) i znacznie zróżnicowane. Czynniki powodujące regionalną zmienność boru w wodach mają różną naturę. Głównym powodem różnicującym zawartości tego pierwiastka w badanym rejonie jest wpływ wód morskich, okresowo wnikaćcych do zbiorników wód lądowych. Zjawisko to manifestuje się podwyższonymi zawartościami boru w wodach Zalewu Szczecińskiego (do 0,23 mg/l), w wodach zbiorników zlokalizowanych na jego bagnistych pobrzeżach, w wodach zlewni Świny i Starej Świny (do 3,28 mg/l) oraz w wodach Dziwny i jej zlewni (do 1,14 mg/l). Wpływ działalności przemysłowej i komunalnej na zawartość boru w wodach obserwuje się wyraźnie w rzece Bukowa zbierającej ścieki ze Szczecina (do 0,33 mg/l; średnio 0,20 mg/l), w niewielkich ciekach w rejonie Elektrowni „Dolna Odra” (do 0,71 mg/l), a szczególnie w rejonie Zakładów Chemicznych w Policach, gdzie stwierdzono maksymalną zawartość boru (5,03 mg/l) w rowie w pobliżu składowiska odpadów. Nieco podwyższone zawartości boru w niektórych wodach na Wysoczyźnie Stobna mogą mieć związek z naturą geologiczną drenowanych skał (porwaki ilastych osadów oligocenu, morskiego pochodzenia). W skałach o takiej genezie (obfitujących również w glaukonit i gips) zawartości boru mogą dochodzić do kilkuset ppm (A. Pasieczna, 1983).

Ba BAR

Gleby: tablica 5, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	2– 852; średnio 19
– gleby miejskie Szczecina	6– 220; średnio 44
– gleby Łodzi i okolic	3– 605; średnio 22
– gleby miejskie Łodzi	4– 210; średnio 8
– gleby miejskie Pabianic	4– 232; średnio 46
– gleby miejskie Zgierza	7– 159; średnio 38
– gleby Krakowa i okolic	3– 426; średnio 50
– gleby miejskie Krakowa	10– 426; średnio 57
– gleby Wrocławia i okolic	3–1105; średnio 56
– gleby miejskie Wrocławia	33–1105; średnio 115
– gleby Polski	<1–1777; średnio 32

W kartograficznym obrazie rozmieszczenia baru, na tle stosunkowo zróżnicowanego tła, wyróżnia się wyraźna anomalia (>81 ppm Ba) w glebach organicznych doliny Odry (Międzyodrzu i dolina Odry na północ od Szczecina).

Przeciętne zawartości baru w glebach Szczecina i okolic są niższe od zawartości w glebach Polski (odpowiednio 19 ppm i 32 ppm). Wyraźnie niższymi stężeniami wyróżniają się gleby leśne (przeciętna 9 ppm), natomiast gleby miejskie wykazują podwyższone zawartości

(średnio 44 ppm). Również gleby ogródków działkowych usytuowanych zwykle w obrębie Szczecina zawierają znaczniejsze ilości baru (średnio 64 ppm).

Z literatury znany jest fakt występowania zwiększonych koncentracji baru w obszarach miejskich. Zjawisko to wiąże się z opadaniem pyłów pochodzących ze spalania węgla w zakładach energetycznych. Z badań A. Rózkowskiej i B. Ptak (1995) wynika, że przeciętna koncentracja baru w węglach górnośląskich wynosi 176 ppm, a w ich popiołach osiąga 1274 ppm. Według badań E. Patersona i M. Sanki (1994) na wzbogacenie gleb miejskich w bar w dość znacznym stopniu wpływa ruch kołowy. Autorzy ci zauważyli, że nawet w glebach miejskich słabo uprzemysłowionych miast (Aberdeen w Szkocji i Brno w Republice Czeskiej) bar może osiągać koncentracje dochodzące do 800 ppm w glebach trawników przyulicznych, podczas gdy w glebach ogródków działkowych tych miast maksymalne koncentracje dochodziły do 200 ppm.

Z punktu widzenia składu mechanicznego gleb, gleby piaszczyste są uboższe w bar (średnia 14 ppm) w stosunku do gleb gliniastych (średnia 22 ppm) i organicznych – torfiastych (średnia 47 ppm).

Osady wodne: tablica 27, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	2–850; średnio 42
– osady wodne Polski	<1–1794; średnio 52

Przeciętne zawartości baru w osadach wodnych badanego obszaru są nieco niższe od przeciętnych dla całej Polski. Podobne zawartości baru (średnia 57 ppm) stwierdzono w aluwialach dolnej Odry (I. Bojarska i in. 1998). Wyraźnie anomalne zawartości baru zawierają osady kanałów Międzyodrza (średnia 120 ppm) oraz cieków drenujących utwory torfowe doliny Odry na północ od Szczecina. Bardzo niskie stężenia tego pierwiastka obserwuje się w przybrzeżnych osadach Zalewu Szczecińskiego (średnia 14 ppm).

Wody powierzchniowe: tablica 50, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Orientacyjne wartości graniczne (10):

– wody rzeczne	10– 100
– wody rzeczne zanieczyszczone	≤450
– wody pitne	500–1500

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	2– 501; średnio 44
– wody powierzchniowe Polski	<1–3470; średnio 55

Przeciętne zawartości baru są typowe dla wód powierzchniowych (średnio 44 µg/l). Obserwuje się jednak znaczne zróżnicowanie regionalne oraz obecność punktów, w których stwierdzono wyraźnie anomalne stężenia przekraczające 100 µg/l Ba. Niskimi zawartościami baru charakteryzują się wody w południowo-wschodniej części arkusza, chociaż i tu zanotowano (w małych ciekach zlewni jeziora Będogosz koło miejscowości Babin i Parsów) zawartości baru od 134 do 298 µg/l. Wody Odry i kanałów Międzyodrza charakteryzują się wyrównanymi zawartościami tego pierwiastka (około 55 µg/l). Do antropogenicznego zanieczyszczenia wód barem doszło w wodzie osadnika Elektrowni „Dolna Odra”. Zanotowano tam stężenia – 501 i 494 µg/l baru.

Be BERYL

Gleby: tablica 6, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<0,5– 1,9; średnio <0,5
– gleby miejskie Szczecina	<0,5– 0,9; średnio <0,5
– gleby Łodzi i okolic	<0,5– 8,0; średnio <0,5
– gleby miejskie Łodzi	<0,5– 2,1; średnio <0,5
– gleby miejskie Pabianic	<0,5– 3,8; średnio <0,5
– gleby miejskie Zgierza	<0,5– 1,2; średnio <0,5
– gleby Krakowa i okolic	<0,5–17,0; średnio 0,5
– gleby miejskie Krakowa	<0,5–17,0; średnio 0,5
– gleby Wrocławia i okolic	<0,5– 4,3; średnio <0,5
– gleby miejskie Wrocławia	<0,5– 1,2; średnio <0,5

Zawartości berylu w glebach badanego obszaru są niskie (średnio <0,5 ppm). Wyraźną anomalię (>0,5 ppm) zarejestrowano w glebach organicznych doliny Odry.

Osady wodne: tablica 28, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	<0,5–6,5; średnio <0,5
– osady wodne Polski	<0,5–6,5; średnio <0,5

Zawartości berylu w osadach wodnych badanego rejonu są bardzo niskie (<0,5 ppm). Wyraźnie anomalne punkty (>1 ppm), stanowiące około 3% badanej populacji, zgrupowane są w miejscach położonych w dolinie Odry i na obrzeżach południowej części Zatoki Odrzańskiej.

Ca WAPŃ

Gleby: tablica 7, tabela III; %

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<0,01–18,88; średnio 0,14
– gleby miejskie Szczecina	0,02– 4,88; średnio 0,57
– gleby Łodzi i okolic	<0,01– 8,00; średnio 0,07
– gleby miejskie Łodzi	<0,01– 3,03; średnio 0,18
– gleby miejskie Pabianic	<0,01– 1,48; średnio 0,29
– gleby miejskie Zgierza	<0,01– 1,67; średnio 0,08
– gleby Krakowa i okolic	0,01–11,40; średnio 0,32
– gleby miejskie Krakowa	0,01– 9,85; średnio 0,56
– gleby Wrocławia i okolic	<0,01–14,26; średnio 0,22
– gleby miejskie Wrocławia	0,06– 1,82; średnio 0,48
– gleby Polski	<0,01–25,45; średnio 0,17

Przeciętne zawartości wapnia w badanych glebach są niskie, choć znacznie zróżnicowane, i mieszczą się w granicach <0,01–18,88% (przeciętna 0,14%). Szczególnie niskie zawartości wapnia zawierają gleby leśne (średnia 0,04%). Z czynnikiem antropogenicznym należy wiązać wyższe zawartości tego pierwiastka w glebach miejskich (średnia 0,57%). Wzbogacenie w wapń zaznacza się wyraźnie w glebach trawników (średnia 0,68%) i ogródków działkowych (średnia 0,73%) w stosunku do jego zawartości w glebach pól uprawnych (średnia 0,18%). Prawdopodobną przyczyną wzbogacenia w wapń gleb miejskich jest (podobnie jak w przypadku baru) opad pyłów, głównie pochodzących ze spalania węgla. Z punktu widzenia składu mechanicznego gleb, gleby piaszczyste są uboższe w wapń (średnia 0,08%) w stosunku do gleb gliniastych (średnia 0,20%), pylastych (średnia 0,42%) i organicznych – torfiastych (średnia 0,44%).

W obrazie kartograficznym podwyższonymi zawartościami wapnia >0,48% wyróżniają się gleby doliny Odry, brzegów jeziora Dąbie oraz Wysoczyzny Stobna (te ostatnie utworzone z glin zwalowych). W północno-wschodniej części arkusza płaty gleb o podwyższonych zawartościach wapnia występują na zabagnionych obszarach koło Żarnowa i Rozwarowa oraz na wyspie Wolin nad Dziwną i Zalewem Kamieńskim. Niskimi i bardzo niskimi stężeniami wapnia charakteryzują się gleby Puszczy Wkrzańskiej, Puszczy Goleniowskiej, Wolińskiego

Parku Narodowego i wyspy Uznam. Około 5% badanych próbek wykazuje zawartości anomalne (>1,84%). Są one związane głównie z występowaniem torfowo-gytowych utworów licznie notowanych na badanym terenie (M. Jasnowski, 1993). Anomalie koło Babina i Kartna w zlewni Krzekny, związane są z występowaniem złóż kredy jeziornej (rejon jezior Miedwie i Będgoszcz). Stwierdzono tu maksymalną zawartość Ca (18,88%). Podobne anomalie występują koło Chwarstnicy i nad jeziorem Weltyńskim w południowo-wschodniej części badanego obszaru. Na Nizinie Wkrzańskiej szereg anomalii wapnia obserwuje się w obszarach występowania torfów (koło Dobrej, Stolca, i Grzępnicy). W dolinie Odry anomalie występują w pobliżu Żabnicy oraz w okolicy Zakładów Chemicznych w Policach. Niewielką anomalię wapnia zaobserwowano również nad jeziorem Wicko Wielkie w Wapnicy, w miejscu występowania kry utworów kredowych.

Osady wodne: tablica 29, tabela IV; %

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolice	<0,01–28,64;	średnio 0,54
– osady wodne Polski	<0,01–43,15;	średnio 0,84

Osady wodne badanego obszaru zawierają przeciętnie o połowę mniejsze ilości tego pierwiastka niż osady wodne z obszaru całej Polski (odpowiednio 0,54 i 0,84%). Na tle niskich choć zróżnicowanych stężeń wapnia wyróżniają się punkty o wysokich zawartościach zlokalizowane najczęściej w obszarach, gdzie bogate w wapń są gleby (w dolinie Odry, w basenie jeziora Dąbie). Szczególnie wysokie stężenia wapnia (28,64% i 27,86%) zanotowano w zlewni Krzekny w pobliżu jeziora Radgoszcz.

Wody powierzchniowe: tablica 51, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Orientacyjne wartości graniczne (53):		
– wody powierzchniowe wykorzystywane jako źródło wody pitnej		zalecane 100
Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolice	2– 523;	średnio 77
– wody powierzchniowe Polski	3–6400;	średnio 79

Na omawianym obszarze obserwuje się znaczne zróżnicowanie regionalne zawartości wapnia. Kwaśne wody na terenach leśnych zawierają jego niskie ilości (<78 mg/l). Wyższe koncentracje, często z punktowymi anomaliami, zanotowano na terenach rolniczych na zachód od Szczecina, w rejonie Widuchowej oraz między Kartnem i Bielcami. Te ostatnie mogą być związane z wystąpieniami utworów gytowych. Większe obszary występowania wód o podwyższonych lub anomalnych zawartościach wapnia obserwować można również w rejonie Polic i Stepnicy przy ujściu Odry i nad Zatoką Odrzańską.

Cd KADM

Gleby: tablica 8, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolice	<0,5– 13,3;	średnio <0,5
– gleby miejskie Szczecina	<0,5– 1,7;	średnio <0,5
– gleby Łodzi i okolice	<0,5– 3,0;	średnio <0,5
– gleby miejskie Łodzi	<0,5– 3,0;	średnio <0,5
– gleby miejskie Pabianic	<0,5– 1,2;	średnio <0,5
– gleby miejskie Zgierza	<0,5– 0,9;	średnio <0,5
– gleby Warszawy i okolice	<0,3– 19,1;	średnio <0,3
– gleby miejskie Warszawy	<0,3– 5,0;	średnio <0,3
– gleby Krakowa i okolice	<0,5– 68,4;	średnio 0,7
– gleby miejskie Krakowa	<0,5– 27,3;	średnio 0,6
– gleby Wrocławia i okolice	<0,5– 37,3;	średnio <0,5
– gleby miejskie Wrocławia	<0,5– 33,1;	średnio 0,6
– gleby Polski	<0,5–253,3;	średnio <0,5

Przeciętne zawartości kadmu w glebach badanego rejonu nie przekraczają 0,5 ppm. Gleby organiczne doliny Odry wyróżniają się w formie ostro zarysowanej anomalii (>0,5 ppm, z maksimami przekraczającymi 4 ppm) na tle niskich zawartości kadmu (<0,5 ppm). Gleby organiczne (utwory torfowe i namuły) w obrębie tej anomalii stanowiły dogodny medium dla koncentracji kadmu, którego źródłem są wody Odry niosące zanieczyszczenia z południa kraju. Niewielkie anomalie kadmu stwierdzono na wschód i południe od Świnoujścia.

Osady wodne: tablica 30, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolice	<0,5– 28,0;	średnio <0,5
– osady wodne Polski	<0,5–8736,0;	średnio 0,6

Osady wodne w badanym obszarze zawierają niskie zawartości kadmu (przeciętnie <0,5 ppm). Podobnie jak w przypadku gleb, wyraźnie anomalne zawartości kadmu występują w osadach kanałów Międzyodrza oraz cieków drenujących utwory torfowe doliny Odry na północ od Szczecina. Źródłem kadmu w tych osadach są wody Odry transportujące ten pierwiastek z odległych rejonów. Maksymalne zawartości kadmu (28 ppm) stwierdzono w osadzie Kanału Wodnik uchodzącego do jeziora Dąbie.

Wody powierzchniowe: tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):		
I ≤5		
II >5– ≤30		
III >30–≤100		
Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolice	<3– 15;	średnio <3
– wody powierzchniowe Polski	<3–238;	średnio <3

Zawartość kadmu w wodach powierzchniowych nie przekracza 3 µg/l (granica wykrywalności w stosowanej metodzie analitycznej). Podobnie niskie zawartości kadmu (nie przekraczające granicy I klasy czystości) stwierdzano nieco wcześniej w wodach jeziora Dąbie (S. Piotrowski, 1997).

Co KOBALT

Gleby: tablica 9, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolice	<1–30;	średnio 1
– gleby miejskie Szczecina	<1– 6;	średnio 1,6
– gleby Łodzi i okolice	<1– 6;	średnio 1
– gleby miejskie Łodzi	<1– 5;	średnio 1
– gleby miejskie Pabianic	<1– 6;	średnio 2
– gleby miejskie Zgierza	1– 5;	średnio 1
– gleby Warszawy i okolice	1–10;	średnio 1,6
– gleby miejskie Warszawy	1– 7;	średnio 2
– gleby Krakowa i okolice	<1–36;	średnio 3,4
– gleby miejskie Krakowa	<1–36;	średnio 3,4
– gleby Wrocławia i okolice	1–18;	średnio 3
– gleby miejskie Wrocławia	2–10;	średnio 4
– gleby Polski	<1– 4;	średnio 1,7

Tło geochemiczne kobaltu w glebach badanego rejonu jest bardzo niskie (<5 ppm). Oznaczone zawartości tła są prawie identyczne (4,7 ppm Co) jak we wcześniejszych badaniach K. Czarnowskiej, B. Gworek (1987). Gleby piaszczyste są znacznie uboższe w kobalt

(średnia <1 ppm) w stosunku do gliniastych (2 ppm). Podwyższonymi zawartościami (>5 ppm) wyróżniają się gleby organiczne doliny Odry z maksimami przekraczającymi 13 ppm. Niewielkie obszary gleb o podwyższonych zawartościach kobaltu zanotowano koło Karsiboru i w Międzyzdrojach na północy arkusza mapy.

Osady wodne: tablica 31, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolice	<1– 45;	średnio 1
– osady wodne Polski	<1–357;	średnio 3

Na tle niskich i mało zróżnicowanych zawartości kobaltu w osadach wodnych wyróżniają się osady doliny Odry z podwyższonymi ilościami (>7 ppm). W osadach pobranych z brzegów Zalewu Szczecińskiego zawartości kobaltu kształtują się w granicach <1–17 ppm. W jego głębszych partiach (prawdopodobnie zasobniejszych w materię organiczną i części splawialne) w próbkach osadów pobranych na odcinku toru wodnego zawartość kobaltu osiąga niekiedy 30 ppm (Z. Chudecki, E. Niedźwiecki, 1987).

Wody powierzchniowe: tablica 52, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Orientacyjne wartości graniczne (21):		
– wody rzeczne		0,04–8
– wody pitne		0,01–0,13
Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolice	<5–394;	średnio <5
– wody powierzchniowe Polski	<5–136;	średnio <5

Większość próbek wód (99%) zawierała kobalt w ilościach nie przekraczających granicy wykrywalności w stosowanej metodzie analitycznej (5 µg/l). Maksymalną zawartość (394 µg/l Co) stwierdzono w wodzie rowu obok Zakładów Chemicznych w Policach obok kilku próbek o zawartości w granicach 5–46 µg/l.

Cr CHROM

Gleby: tablica 10, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolice	<1– 111;	średnio 2
– gleby miejskie Szczecina	<1– 20;	średnio 4
– gleby Łodzi i okolice	<1– 93;	średnio 3
– gleby miejskie Łodzi	<1– 93;	średnio 4
– gleby miejskie Pabianic	<1– 8;	średnio 4
– gleby miejskie Zgierza	1– 24;	średnio 3
– gleby Krakowa i okolice	<1– 198;	średnio 7
– gleby miejskie Krakowa	2– 80;	średnio 8
– gleby Wrocławia i okolice	1– 109;	średnio 6
– gleby miejskie Wrocławia	3– 109;	średnio 9
– gleby Polski	<1–1873;	średnio 4

Zawartość chromu (rozpuszczalnego w HCl) w glebach badanego terenu jest niska, (przeciętna 2 ppm). Na przeważającym obszarze arkusza zawartość chromu w glebach nie przekracza 8 ppm. Wyróżniają się gleby organiczne doliny Odry, w których wartości maksymalne przekraczają 41 ppm. Podwyższonymi zawartościami chromu charakteryzują się również gleby gliniaste utworzone z glin zwałowych na Wysoczyźnie Stobna. W południowo-wschodniej części arkusza obecność wyższych zawartości chromu obserwuje się w okolicach Weltynia, Bielicy i Babina. Występujące tu często gleby gliniaste (tablica 1) zawierają więcej chromu (średnio 6 ppm) w stosunku do gleb piaszczystych mających w podłożu utwory piaszczysto-żwirowe (średnio 4 ppm). Zarówno w glebach gliniastych jak i piaszczystych te wartości średnie są znacznie niższe niż obliczone dla gleb gliniastych (37,82 ppm) i piaszczystych (11,51 ppm) z terenu całej Polski przez S. Dudkę (1993), co wiązać należy z inną metodą trawienia próbek (woda królewska) zastosowaną przez tego autora. Najniższymi zawartościami chromu charakteryzują się gleby leśne w Puszczy Wkrzańskiej, Puszczy Goleniowskiej i na wyspie Uznam.

Osady wodne: tablica 32, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolice	<1– 130;	średnio 3
– osady wodne Polski	<1–12 251;	średnio 6

Osady wodne w badanym obszarze zawierają niskie zawartości chromu (przeciętnie 3 ppm). Identycznie jak w przypadku gleb, wyraźnie anomalne zawartości chromu występują w osadach wodnych kanałów Międzyodrza oraz cieków drenujących utwory torfowe doliny Odry na północ od Szczecina. Źródłem chromu w tych osadach są podobnie jak dla gleb – wody Odry. Maksymalne zawartości chromu (130 ppm) stwierdzono w osadzie Kanału Żeglifica (Międzyodrze). Spośród aluwiiów większych rzek wyróżniają się osady dolnego biegu rzeki Bukowa, zawierające podwyższone zawartości chromu (do 74 ppm). Bukowa przyjmuje nie oczyszczane ścieki w obrębie Szczecina i stąd prawdopodobnie pochodzi jej zanieczyszczenie chromem.

Wody powierzchniowe: tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):		
I ≤50		
II >50–≤100		
III >100		
Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolice	<4– 78;	średnio <4
– wody powierzchniowe Polski	<5–4445;	średnio <5

Prawie wszystkie wody omawianego rejonu mieszczą się w granicach pierwszego stopnia czystości dla chromu (przeciętna <4 µg/l). Kilka próbek zawiera go w granicach od 4 do 30 µg/l a jedna, pobrana z rowu w zlewni Starej Świny (obok wysypiska śmieci przy drodze od promu do Międzyzdrojów), zawierała 78 µg/l chromu.

Cu MIEDŹ

Gleby: tablica 11, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolice	<1– 191;	średnio 3
– gleby miejskie Szczecina	1– 80;	średnio 10
– gleby Łodzi i okolice	<1– 185;	średnio 5
– gleby miejskie Łodzi	2– 155;	średnio 9
– gleby miejskie Pabianic	1– 33;	średnio 9
– gleby miejskie Zgierza	2– 185;	średnio 7
– gleby Warszawy i okolice	1– 560;	średnio 6
– gleby miejskie Warszawy	1– 560;	średnio 17
– gleby Krakowa i okolice	1– 403;	średnio 11
– gleby miejskie Krakowa	2– 403;	średnio 14
– gleby Wrocławia i okolice	1– 601;	średnio 10
– gleby miejskie Wrocławia	6– 298;	średnio 27
– gleby Polski	<1–6401;	średnio 5

Zawartości miedzi w glebach mieszczą się w granicach <1–191 ppm; średnio 3 ppm. Gleby o jej najniższych zawartościach występują na obszarach lasów (średnia 1 ppm). Nieco wyższe stężenia wykazują gleby pól uprawnych – średnia 4 ppm. Podwyższone stężenia (>14 ppm Cu) obserwuje się w glebach centrum Szczecina (do 80 ppm). W glebach ogródków działkowych zawartość miedzi wynosi

od 2 do 86 ppm; średnio 14 ppm. W okolicy fabryki tworzyw sztucznych Wiskord SA w Żydowicach zanotowano 184 i 154 ppm Cu. Tym zanieczyszczeniom miedzią gleb miejskich należy przypisać pochodzenie antropogeniczne.

Dla porównania można przytoczyć wyniki badań gleb W. Luxa (1993) dotyczące aglomeracji Hamburga. W powierzchniowej warstwie gleb (0–5 cm) autor ten stwierdzał miedź w ilościach od <2 do 3688 ppm (średnio 103 ppm) przy zastosowaniu podobnego roztworzenia próbek (HCl). W glebach miejskich Warszawy stwierdzono średnio 17 ppm miedzi (J. Lis, 1991, 1992).

Anomalia miedzi występuje w dolinie Odry, obejmuje Międzyodrze i sięga do okolic Jasienicy (na północ od Polic). Przywiązana jest do gleb torfowych i namulów, a jej źródłem są wody Odry niosące zanieczyszczenia przemysłowe i komunalne z terenów Górnego i Dolnego Śląska, Republiki Czeskiej i Niemiec. Punktowe anomalie miedzi zanotowano również koło Gardna i Chrostnicy oraz na wyspie Uznam i zachodniej części wyspy Wolin.

Osady wodne: tablica 33, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	<1– 1 210; średnio 4
– osady wodne Polski	<1–15 460; średnio 8

Przeciętne zawartości miedzi w osadach wodnych badanego obszaru są niskie (średnio 4 ppm). Podobnie jak w przypadku gleb, wyraźnie anomalne zawartości miedzi zawierają osady wodne kanałów Międzyodrza oraz cieków drenujących utwory torfowe doliny Odry. Źródłem miedzi w tych osadach są, podobnie jak dla gleb, wody Odry. Maksymalne zawartości (1210 ppm Cu) stwierdzono w osadzie rowu melioracyjnego na Sadlińskich Łęgach w zlewni jeziora Dąbie. Spośród aluwiiów większych rzek wyróżniają się osady dolnego biegu Bukowej (w obrębie Szczecina) zawierające podwyższone zawartości miedzi (do 64 ppm). Podobnie jak w przypadku chromu źródła miedzi można upatrywać w ściekach komunalnych odprowadzanych do tej rzeki.

Zwracają uwagę wyraźnie podwyższone zawartości miedzi w aluwiiach na wyspie Uznam oraz w zachodniej części wyspy Wolin. W osadzie fosi usytuowanej na lewym brzegu Świny (w Dzielnicy Nadmorskiej w Świnoujściu) stwierdzono 670 ppm Cu oraz 1,84 ppm Hg, 33 617 ppm Mn, 170 ppm Ni i 513 ppm Pb.

Osady badanych jezior wykazały bardzo niskie zawartości miedzi (średnio 3 ppm), podobnie jak aluwia Gowienicy, Grzybnicy i osady Zalewu Szczecińskiego (średnio 1–2 ppm Cu).

Wody powierzchniowe: tablica 53, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):

I–III ≤50

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<5– 52; średnio <5
– wody powierzchniowe Polski	<5–32 975; średnio <5

Prawie wszystkie wody omawianego rejonu mieszczą się w granicach pierwszego stopnia czystości dla miedzi (przeciętna <5 µg/l). Tylko w jednej próbce z małego cieku (w lesie przy drodze z Polic do Nowej Jasienicy) stwierdzono 52 µg/l miedzi oraz 16,3 mg/l żelaza.

Fe ŻELAZO

Gleby: tablica 12, tabela III; %

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<0,01–10,33; średnio 0,34
– gleby miejskie Szczecina	0,09– 2,78; średnio 0,47
– gleby Łodzi i okolic	0,03– 2,29; średnio 0,30
– gleby miejskie Łodzi	0,04– 1,28; średnio 0,40
– gleby miejskie Pabianic	0,13– 1,53; średnio 0,42
– gleby miejskie Zgierza	0,13– 0,91; średnio 0,33
– gleby Warszawy i okolic	0,01–13,80; średnio 0,42
– gleby miejskie Warszawy	0,10– 2,00; średnio 0,61
– gleby Krakowa i okolic	0,02– 9,13; średnio 0,77
– gleby miejskie Krakowa	0,18– 3,48; średnio 0,74
– gleby Wrocławia i okolic	0,01– 6,23; średnio 0,62
– gleby miejskie Wrocławia	0,42– 2,58; średnio 0,80
– gleby Polski	<0,01– 9,57; średnio 0,50

Zawartości żelaza, rozpuszczalnego w HCl, w glebach wynoszą <0,01–10,33%; średnio 0,34%. W obrazie kartograficznym wysokimi zawartościami (>1,1% Fe) dominują gleby organiczne w dolinie Odry i w basenie Zatoki Odrzańskiej. Punktowe anomalie żelaza na Nizinie Wkrzańskiej obserwuje się w obszarach występowania torfów (koło Dobrej, Stolca i Grzępicy). Podwyższonymi zawartościami charakteryzują się również gleby utworzone z glin zwałowych na Wysoczyźnie Stobna oraz w południowo-wschodniej części arkusza (rejon Bielice–Babin–Dobropole Gryfińskie). Szczególnie niskie zawartości żelaza (<0,18%) wykazują gleby leśne.

Osady wodne: tablica 34, tabela IV; %

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	0,01–23,42; średnio 0,51
– osady wodne Polski	<0,01–31,14; średnio 0,75

Przeciętne zawartości żelaza są niskie i wynoszą 0,51%. Wyższe koncentracje wykazują aluwia w dolinie Odry i w basenie Zatoki Odrzańskiej. Najwyższe przeciętne zawartości stwierdzono w osadach kanałów Międzyodrza (1,53% Fe). Do szczególnie wysokich koncentracji żelaza (do 18,84%) doszło w osadach rowów melioracyjnych w rejonie Stepnicy na wschodnim brzegu Zatoki Odrzańskiej.

Wody powierzchniowe: tablica 54, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):

I ≤1,0
II >1,0–≤1,5
III >1,5–≤2,0

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<0,01– 116,89; średnio 0,16
– wody powierzchniowe Polski	<0,02–438,72; średnio 0,52

Z punktu widzenia stopnia zanieczyszczenia wód powierzchniowych żelazem 80,8% przebadanych próbek zaliczono do klasy I, 7,0% – do klasy II, 3,2% – do klasy III a do wód pozaklasowych – 9,0%. Najniższe zawartości zanotowano w wodach jezior (średnio 0,02 mg/l Fe) i Zalewu Szczecińskiego (średnio 0,01 mg/l Fe). W wodach większych rzek wyższe koncentracje stwierdzono w Bukowej (średnio 0,25 mg/l), Chelszczącej (0,18 mg/l), Gunicy (0,20 mg/l), Krępie (średnio 0,42 mg/l) i Szczuczynie (0,98 mg/l). Jedynie w tej ostatniej zawartości żelaza osiągają wartości przekraczające granicę I klasy czystości (maksimum 12,93 mg/l). Przeciętne zawartości żelaza w wodach małych cieków (głównie rowów melioracyjnych) i niewielkich zbiorników wód stojących są podwyższone (odpowiednie średnie 0,34 i 0,38 mg/l) i silnie zróżnicowane, co znajduje swój wyraz w przestrzennym rozmieszczeniu. Wody żelazowane, często pozaklasowe, występują głównie na Nizinie Wkrzańskiej (do 116,89 mg/l) oraz na bagnistych pobrzeżach Zatoki Odrzańskiej i Zalewu Szczecińskiego. Zanotowano je też na wyspie Uznam i w zlewni Dziwny a po-jedyncze punkty również w południowej części arkusza.

Hg RTEĆ

Gleby: tablica 13, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<0,05– 1,40; średnio <0,05
– gleby miejskie Szczecina	<0,05– 0,78; średnio <0,09
– gleby Łodzi i okolic	<0,05– 5,82; średnio <0,05
– gleby miejskie Łodzi	<0,05– 5,82; średnio 0,05
– gleby miejskie Pabianic	<0,05– 0,16; średnio <0,05
– gleby miejskie Zgierza	<0,05– 0,25; średnio <0,05
– gleby Warszawy i okolic	0,01–10,78; średnio <0,07
– gleby miejskie Warszawy	0,01–10,78; średnio 0,22
– gleby Krakowa i okolic	<0,05– 3,13; średnio 0,05
– gleby miejskie Krakowa	<0,05– 1,38; średnio 0,06
– gleby Wrocławia i okolic	<0,05– 6,60; średnio 0,07
– gleby miejskie Wrocławia	<0,05– 3,62; średnio 0,18
– gleby Polski	<0,05– 7,55; średnio <0,05

Zawartości rtęci w glebach mieszczą się w granicach <0,05–1,40 ppm; średnio <0,05 ppm. Podwyższone stężenia rtęci obserwuje się w glebach miejskich Szczecina (do 0,78 ppm). W glebach ogródków działkowych stwierdzono od <0,05 do 0,83 ppm rtęci; średnio 0,11 ppm. Tym zanieczyszczeniom rtęcią gleb miejskich należy przypisać pochodzenie antropogeniczne. Rteć w glebach ogródków działkowych może pochodzić ze zbyt dużych ilości stosowanych fungicydów (środków ochrony roślin). Anomalie rtęci pochodzenia antropogenicznego znane są z innych aglomeracji. Dla porównania można przytoczyć dane zawartości rtęci z terenu Warszawy, gdzie występuje anomalia o zawartości >2 ppm, a w niektórych punktach stwierdzono nawet do 10,78 ppm rtęci (J. Lis, 1992). Anomalie rtęci (>0,11 ppm z maksimum 5,82 ppm) występują również na terenach miejskich Łodzi, Pabianic, Zgierza i Konstantynowa Łódzkiego. W glebach przemysłowych i parkach Berlina stwierdzono średnio 0,17 ppm rtęci, zaś w rolniczym otoczeniu tego miasta – średnio 0,06 ppm (M. Birke, U. Rauch, 1994). Podobnie na terenie badanego arkusza zawartości rtęci w glebach uprawnych i leśnych rzadko przekraczają 0,06 ppm i można je uznać za wolne od zanieczyszczeń tym pierwiastkiem. Prawie identyczne zawartości rtęci w glebach, jak na terenie badanego arkusza, (średnio 0,068 ppm) występują na obszarze niemieckich Wysp Fryzjskich na Morzu Północnym (R.C. Severson, L.P. Gouh, 1992). Przeprowadzone tam badania miały na celu wyznaczenie zawartości tła geochemicznego w rejonie nieuprzedmiotowionym i prawie wolnym od zanieczyszczeń komunikacyjnych.

Ostro zaznaczająca się w obrazie kartograficznym anomalia rtęci występuje w dolinie Odry obejmując Międzyodrze i sięgając po okolicę Polic. Anomalia ta przywiązana jest do gleb torfowych i namulów, a jej źródłem są wody Odry niosące zanieczyszczenia z południa. Punktowe anomalie zanotowano koło Gardna, w Nowym Warpnie i na południu wyspy Uznam nad Kanalem Piastowskim.

Osady wodne: tablica 35, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	<0,05–2,70; średnio <0,05
– osady wodne Polski	<0,05–11,00; średnio <0,05

W osadach wodnych badanego obszaru zawartości rtęci wynoszą przeciętnie <0,05 ppm. Wyraźnie anomalne zawartości rtęci zawierają osady wodne kanałów Międzyodrza oraz cieków drenujących utwory torfowe doliny Odry. Maksymalne zawartości tego pierwiastka (2,70 ppm) stwierdzono w aluwium pobranym na lewym brzegu Odry koło stacji kolejowej Szczecin Główny. Podwyższone zawartości (przeciętnie 0,21 ppm, maksymalnie 0,63 ppm Hg) stwierdzono w aluwiiach Bukowej będącej kolektorem znacznych ilości ścieków Szczecina.

Zwracają uwagę wyraźnie podwyższone stężenia rtęci w aluwiiach na wyspie Uznam oraz w rejonie Karsiboru, nad Zalewem Kamieńskim i jeziorem Koprowo na Wolinie. W osadzie fosi usytuowanej na lewym brzegu Świny (w Dzielnicy Nadmorskiej w Świnoujściu) stwierdzono 1,84 ppm Hg oraz 670 ppm Cu, 33 617 ppm Mn, 170 ppm Ni i 513 ppm Pb.

K POTAS

Wody powierzchniowe: tablica 55, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):

I ≤10
II >10–≤12
III >12–≤15

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<0,1–672; średnio 6,5
– wody powierzchniowe Polski	<1–473; średnio 5

Przeciętne zawartości potasu w wodach badanego obszaru są nieco wyższe niż dla całej Polski (odpowiednio 5 i 6,5 mg/l) i znacznie zróżnicowane. Głównym czynnikiem różnicującym jego zawartości jest wpływ wód morskich, okresowo wnikających do zbiorników wód lądowych. Efektem tego zjawiska są podwyższone zawartości potasu w wodach Zalewu Szczecińskiego (do 28,7 mg/l; średnio 11,3 mg/l), w wodach zlewni Świny (do 333,0 mg/l) i Dziwny (do 166,0 mg/l). Ścieki komunalne i przemysłowe powodują podwyższenie zawartości potasu w wodach Bukowej (do 27,4 mg/l; średnio 16,8 mg/l) i Ploni (do 35,7 mg/l, średnio 12,9 mg/l). Z budową geologiczną należy wiązać wyższe zawartości potasu na Wysoczyźnie Stobna i w południowo-wschodniej części arkusza, gdzie występują gliny zwałowe. Najniższe zawartości potasu zanotowano na obszarze Puszczy Wkrzańskiej. Z punktu widzenia klas czystości, ze względu na potas, 69,5% wód należy do klasy I, 5,2% – do klasy II, 6,3% – do klasy III i 19,0% jest wodami pozaklasowymi.

Li LIT

Wody powierzchniowe: tablica 56, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Orientacyjne wartości graniczne (10, 21):

– wody wykorzystywane do nawadniania	≤2500
– wody rzeczne	<20
– wody podziemne	2–40

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<1–1800; średnio 6
– wody powierzchniowe Polski	<20–2780; średnio <20

Przeciętne zawartości litu w wodach badanego obszaru wynoszą 6 µg/l. Na podwyższenie koncentracji tego pierwiastka w niektórych badanych wodach wpływają dwa czynniki. Czynnikiem naturalnym jest okresowa inwazja wód morskich do wód śródlądowych, prowadząca do wzrostu jego zawartości w wodach Zalewu Szczecińskiego (do 16; średnio 12 µg/l), w wodach zlewni Świny (do 647 µg/l) i Dziwny (do 27; średnio 14 µg/l). Działalność przemysłowa prowadzi do zanieczyszczeń litem wód w okolicach Polic, do maksymalnej zawartości 1 800 µg/l w wodzie z rowu w pobliżu składowiska odpadów. Wysokie koncentracje litu stwierdzono w wodach osadnika Elektrowni „Dolna Odra” (w dwóch próbkach 355 i 357 µg/l). Prawdopodobnie wody odprowadzane z elektrowni do Odry powodują podwyższenia w niej (średnia 12 µg/l) i kanałach Międzyodrza (średnia

14 µg/l) zawartości litu. Innym źródłem zanieczyszczenia wód litem jest przypuszczalnie produkcja materiałów budowlanych. W wodach strumienia Leszczyniec drenującego teren fabryki domów w Płoni stwierdzono do 189 µg/l litu.

Mg MAGNEZ

Gleby: tablica 14, tabela III; %

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolic	<0,01–0,81;	średnio 0,03
– gleby miejskie Szczecina	<0,01–0,20;	średnio 0,07
– gleby Łodzi i okolic	<0,01–0,66;	średnio 0,03
– gleby miejskie Łodzi	<0,01–0,37;	średnio 0,05
– gleby miejskie Pabianic	<0,01–0,22;	średnio 0,05
– gleby miejskie Zgierza	<0,01–0,40;	średnio 0,03
– gleby Krakowa i okolic	0,01–1,45;	średnio 0,10
– gleby miejskie Krakowa	0,02–1,45;	średnio 0,11
– gleby Wrocławia i okolic	<0,01–1,66;	średnio 0,07
– gleby miejskie Wrocławia	0,03–0,32;	średnio 0,09
– gleby Polski	<0,01–4,90;	średnio <0,06

Magnez w badanych glebach występuje w ilościach od <0,01 do 0,81% (średnio 0,03%). W obrazie kartograficznym obserwuje się znaczne zróżnicowanie jego rozmieszczenia. Najniższe stężenia (<0,04%) występują w glebach utworzonych na piaszczysto-żwirowym podłożu (w leśnych glebach Puszczy Wkrzańskiej, Goleniowskiej i Bukowej, Wolińskiego Parku Narodowego oraz lasów na północny-wschód od Gryfina). Podobnie niskie zawartości magnezu zanotowano również w większości gleb wyspy Uznam. Gleby doliny Odry (Międzyodrza, wyspy na jeziorze Dąbie, torfowiska wzdłuż zachodniego brzegu Odry między Szczecinem a Jasienicą oraz przy ujściu Krępy do Zatoki Odrzańskiej) wykazują wyraźnie wyższe zawartości tego pierwiastka. Te podwyższone koncentracje prawdopodobnie związane są z obecnością ilastych namulów towarzyszących torfom. Podobnie zasobne w magnez są gleby na wyspach na południowo-wschód od miejscowości Przytór na Wolinie. Gleby te w czasie prac polowych zakwalifikowano jako mulki (gleby pylaste). Podwyższone zawartości magnezu charakteryzują również gleby gliniaste utworzone z glin zwałowych na Wysoczyźnie Stobna. W południowo-wschodniej części arkusza obecność wyższych zawartości magnezu obserwuje się w okolicach Welnia, Bielicy, Babina i innych. W części mogą one być związane z występującymi w podłożu glinami lub gytiami. Gleby te zawierają trzykrotnie więcej magnezu (średnio 0,06%) w stosunku do gleb piaszczystych mających w podłożu utwory piaszczysto-żwirowe (średnio 0,02%).

Osady wodne: tablica 36, tabela IV; %

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolic	<0,01– 0,92;	średnio 0,05
– osady wodne Polski	<0,01–10,62;	średnio 0,11

Rozkład zawartości magnezu w osadach wodnych jest podobny do jego rozkładu w glebach, co wskazuje, że głównym źródłem tego pierwiastka jest spływ powierzchniowy. Podwyższone zawartości magnezu występują w osadach cieków i jezior na Wysoczyźnie Stobna oraz wzdłuż doliny Odry.

Wody powierzchniowe: tablica 57, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Orientacyjne wartości graniczne (53):		
– wody powierzchniowe wykorzystywane jako źródło wody pitnej	zalecane 30; dopuszczalne 50	
Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	0,5– 854,2;	średnio 10,5
– wody powierzchniowe Polski	0,2–833,8;	średnio 11,5

Regionalne zróżnicowanie zawartości magnezu w wodach powierzchniowych rejonu jest znaczne. Najniższe stężenia (<6,2 mg/l) mają wody na obszarach Puszczy Wkrzańskiej, Goleniowskiej oraz we wschodniej części wyspy Wolin. Wpływ wód morskich zaznacza się wyraźnymi podwyższeniami jego zawartości w wodach Zalewu Szczecińskiego (do 54,3 mg/l; średnio 23,7 mg/l) i jego pobrażu, w wodach Świny (do 45,5 mg/l) i jej zlewni (do 166 mg/l) oraz w wodach Dziwny (do 136,2 mg/l). Do zanieczyszczeń przemysłowych należy odnieść wysoką zawartość magnezu w wodach rejonu Polic (do 854,2 mg/l).

Mn MANGAN

Gleby: tablica 15, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolic	<1– 9 481;	średnio 98
– gleby miejskie Szczecina	5– 437;	średnio 120
– gleby Łodzi i okolic	<1– 785;	średnio 122
– gleby miejskie Łodzi	4– 755;	średnio 143
– gleby miejskie Pabianic	8– 374;	średnio 116
– gleby miejskie Zgierza	4– 755;	średnio 144
– gleby Warszawy i okolic	1– 2 172;	średnio 119
– gleby miejskie Warszawy	9– 852;	średnio 185
– gleby Krakowa i okolic	1– 6 440;	średnio 257
– gleby miejskie Krakowa	46– 3 156;	średnio 300
– gleby Wrocławia i okolic	1– 2 249;	średnio 240
– gleby miejskie Wrocławia	103– 817;	średnio 278
– gleby Polski	<1–24 270;	średnio 173

Przestrzenny rozkład zawartości manganu w glebach jest bardzo podobny do rozkładu żelaza. W obrazie kartograficznym wysokimi zawartościami manganu (>260 ppm) dominują gleby organiczne w dolinie Odry i w basenie Zatoki Odrzańskiej. Punktowe anomalie manganu (i żelaza) w zachodniej części arkusza obserwuje się w obszarze występowania dużych złóż torfów koło Dobrej, Stolca i Grzępnicy. Podwyższonymi zawartościami charakteryzuje się również część gleb utworzonych z glin zwałowych na Wysoczyźnie Stobna, w rejonie Gardno–Kartno–Babin oraz w zachodniej części wyspy Wolin. Szczególnie niskie zawartości manganu (<41 ppm) mają gleby leśne w Puszczy Wkrzańskiej, Puszczy Goleniowskiej i na wyspie Uznam.

Osady wodne: tablica 37, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolic	2–33 617;	średnio 143
– osady wodne Polski	<1–63 719;	średnio 255

Zawartości manganu w osadach wodnych na badanym obszarze są niższe niż przeciętne dla całej Polski. Podwyższenie koncentracji manganu wykazują aluwia w dolinie Odry i w basenie Zatoki Odrzańskiej. Najwyższe przeciętne zawartości manganu stwierdzono w osadach kanałów Międzyodrza (604 ppm). Do szczególnie wysokich koncentracji tego pierwiastka doszło w osadzie fasy usytuowanej na lewym brzegu Świny w Dzielnicy Nadmorskiej w Świnoujściu (33 617 ppm).

Wody powierzchniowe: tablica 58, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):		
I	≤100	
II	>100–≤300	
III	>300–≤800	
Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	1–17 396;	średnio 109
– wody powierzchniowe Polski	<1–34 500;	średnio 107

Zróżnicowanie zawartości manganu w wodach badanego regionu jest znaczne. Z punktu widzenia stopnia zanieczyszczenia wód powierzchniowych tylko 45,6% przebadanych próbek zaliczono do klasy I, 29,7% do klasy II, 15,6% do klasy III, a do wód pozaklasowych – 9,1%. Najniższe zawartości manganu zanotowano w wodach jezior (średnio 26 µg/l) i Zalewu Szczecińskiego (średnio 30 µg/l). W wodach większych rzek wyższe koncentracje stwierdzono w Bukowej (średnio 192 µg/l), Chelszczącej (średnio 252 µg/l), Gowienicy (średnio 154 µg/l), Gunicy (średnio 350 µg/l), Krępie (średnio 137 µg/l) i Szczuczynie (średnio 256 µg/l). Przeciętne zawartości manganu w wodach małych cieków (głównie rowów melioracyjnych) i małych zbiorników wód stojących są podwyższone (odpowiednie średnie – 163 i 170 µg/l) i silnie zróżnicowane, co znajduje swój wyraz w przestrzennym rozmieszczeniu. Wody wysoko manganowe, często pozaklasowe, występują głównie na Nizinie Wkrzańskiej, na bagnistych pobrażach przy ujściu Odry (do 15 802 µg/l) i nad Zatoką Odrzańską (do 10 507 µg/l) oraz na południowo-wschodnim brzegu Zalewu Szczecińskiego. Zanotowano pojedyncze punkty o wysokich stężeniach manganu również w południowej części arkusza. Maksymalne stężenie Mn (17 396 µg/l) stwierdzono w wodzie rowu w pobliżu składowiska odpadów Zakładów Chemicznych „Police”.

Na SÓD

Wody powierzchniowe: tablica 59, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):		
I	≤100	
II	>100–≤120	
III	>120–≤150	
Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	1–2946;	średnio 23
– wody powierzchniowe Polski	<1–5723;	średnio 16

Przeciętne zawartości sodu w wodach badanego obszaru są nieco wyższe niż dla całej Polski (odpowiednio 16 i 23 mg/l) i znacznie zróżnicowane. Zróżnicowanie jego zawartości powoduje wpływ wód morskich okresowo wpływających do badanych zbiorników wód lądowych. Zjawisko to objawia się podwyższeniem ilości sodu w wodach Zalewu Szczecińskiego (do 394 mg/l; średnio 132 mg/l), w wodach zlewni Świny (do 1286 mg/l) oraz Dziwny i jej zlewni (do 988 mg/l). Wody Odry i kanałów Międzyodrza zawierają sód w podwyższonych ilościach (lecz w granicach I stopnia czystości). Ilość sodu w wodach wyraźnie wzrasta poniżej elektrowni Dolna Odra. Z czynnikiem geologicznym należy wiązać nieco podwyższone zawartości potasu w wodach na Wysoczyźnie Stobna. Z punktu widzenia klas czystości, ze względu na sód, 89,7% wód należy do klasy I, 1,0% do klasy II, 1,2% do klasy III i 8,1% jest wodami pozaklasowymi.

Ni NIKIEL

Gleby: tablica 16, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolic	<1– 61;	średnio 2
– gleby miejskie Szczecina	<1– 16;	średnio 2
– gleby Łodzi i okolic	<1– 38;	średnio 4
– gleby miejskie Łodzi	<1– 38;	średnio 4
– gleby miejskie Pabianic	<1– 16;	średnio 4
– gleby miejskie Zgierza	<1– 12;	średnio 3
– gleby Warszawy i okolic	1– 31;	średnio 4
– gleby miejskie Warszawy	2– 26;	średnio 7
– gleby Krakowa i okolic	<1– 59;	średnio 8
– gleby miejskie Krakowa	<1– 30;	średnio 8
– gleby Wrocławia i okolic	1– 52;	średnio 6
– gleby miejskie Wrocławia	3– 52;	średnio 10
– gleby Polski	<1–146;	średnio 4

Zawartość niklu, rozpuszczalnego w HCl, w glebach badanego terenu jest niska (przeciętna 2 ppm). W glebach północnej części arkusza zawartości niklu rzadko przekraczają 9 ppm. Gleby organiczne doliny Odry oraz gleby (namuły) w południowo-zachodniej części wyspy Wolin charakteryzują się anomalnymi zawartościami niklu (z maksimami przekraczającymi 36 ppm). Podwyższone stężenia niklu obserwuje się również w glebach gliniastych na Wysoczyźnie Stobna i w południowo-wschodniej części arkusza w okolicach Welnia, Bielicy, Babina oraz między Widuchową a Babinkiem. Gleby te zawierają więcej niklu (średnio 4 ppm) w stosunku do gleb piaszczystych (średnio 1 ppm) mających w podłożu utwory piaszczysto-żwirowe. Te najniższe zawartości obejmują gleby leśne w Puszczech: Wkrzańskiej, Goleniowskiej, Bukowej i w lasach rozciągających się na południowy wschód od Gryfina i na wyspie Uznam.

Osady wodne: tablica 38, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolic	<1– 170;	średnio 3
– osady wodne Polski	<1–1298;	średnio 6

Tło geochemiczne niklu w badanym obszarze jest niskie (97% próbek zawiera nikiel w ilości nie przekraczającej 20 ppm), choć podobnie jak dla gleb – zróżnicowane. Nieco więcej niklu w stosunku innych zawierają osady wodne na obszarze Wysoczyzny Stobna. Wyraźnie anomalne stężenia wykazują osady wodne doliny Odry (do 73 ppm). Maksymalną zawartość niklu (170 ppm) stwierdzono w osadzie fasy na lewym brzegu Świny w Dzielnicy Nadmorskiej w Świnoujściu. Jest to osad bogaty również w rtęć (1,84 ppm), miedź (670 ppm) i mangan (33 617 ppm).

Wody powierzchniowe: tablica 60, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):		
I–III	≤1000	
Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<10–1019;	średnio <10
– wody powierzchniowe Polski	<8–1326;	średnio <8

Ze względu na zbyt wysoką granicę oznaczalności (10 µg/l) nie jest możliwe określenie jego tła geochemicznego w badanych wodach. W wodach czystych rzek stężenie niklu wynosi 1–5 µg/l, lecz w wodach wielu rzek Europy zachodniej dochodzi do 75 µg/l (A. Kabata-Pendias, H. Pendias, 1993).

W pojedynczych próbkach stwierdzono zawartości Ni >10 µg/l. Wyraźnie anomalne zanieczyszczenia antropogeniczne niklem stwierdzono w wodzie rowów w pobliżu składowiska odpadów Zakładów Chemicznych w Policach (1019 i 1100 µg/l). W niewielkim strumieniu w zlewni Płoni, na osiedlu Płonia w Szczecinie, zanotowano 125 i 190 µg/l.

P FOSFOR

Gleby: tablica 17, tabela III; %

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<0,005–2,336;	średnio 0,032
– gleby miejskie Szczecina	0,008–1,188;	średnio 0,044
– gleby Łodzi i okolic	<0,005–0,127;	średnio 0,031
– gleby miejskie Łodzi	0,005–0,119;	średnio 0,032
– gleby miejskie Pabianic	0,015–0,0102;	średnio 0,040
– gleby miejskie Zgierza	0,010–0,050;	średnio 0,027
– gleby Krakowa i okolic	0,005–0,410;	średnio 0,036
– gleby miejskie Krakowa	0,008–0,183;	średnio 0,036
– gleby Wrocławia i okolic	<0,005–0,410;	średnio 0,044
– gleby miejskie Wrocławia	0,014–0,174;	średnio 0,057
– gleby Polski	<0,005–1,616;	średnio 0,033

Zawartości fosforu w glebach wahają się od <0,005 do 2,336% (średnio 0,032%). W obrazie kartograficznym dominują wysokimi zawartościami (>0,09%) gleby organiczne w dolinie Odry i w basenie Zatoki Odrzańskiej. Niewątpliwie pochodzenia przemysłowego jest anomalia położona na terenie składowiska odpadów Zakładów Chemicznych „Police”. W pięciu punktach stwierdzono tu zawartości fosforu w granicach 1,834–2,336%. Punktowe anomalie fosforu na Nizinie Wkrzańskiej obserwuje się w obszarze występowania torfów koło Dobrej, Stolca i Grzępnicy. Podwyższonymi zawartościami charakteryzują się również gleby utworzone z glin zwalowych na Wyso-
czyźnie Stobna.

Osady wodne: tablica 39, tabela IV; %

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	<0,005–4,174;	średnio 0,046
– osady wodne Polski	<0,005–5,866;	średnio 0,064

Tło geochemiczne fosforu w osadach wodnych mieści się w grani-
cach <0,005–0,380% (97% badanych próbek). Na tym, dość znacznie
zróżnicowanym, tle wyróżniają się próbki o anomalnych stężeniach z do-
liny Odry i Zatoki Odrzańskiej. Szczególnie wysokie zawartości fosforu
(do 4,174%) zanotowano w osadach wodnych w pobliżu składowisk od-
padów z Zakładów Chemicznych w Policach. Aluwia niektórych rzek
zawierają znacznie większe ilości fosforu. Należą do nich: Bukowa (średnio
0,116%), Chelszcząca (średnio 0,133%) oraz Ina (średnio 0,294%).

Pb OLÓW

Gleby: tablica 18, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<3– 810;	średnio 12
– gleby miejskie Szczecina	5– 200;	średnio 31
– gleby Łodzi i okolic	<3– 361;	średnio 12
– gleby miejskie Łodzi	4– 361;	średnio 19
– gleby miejskie Pabianic	6– 40;	średnio 19
– gleby miejskie Zgierza	4– 143;	średnio 14
– gleby Warszawy i okolic	1– 401;	średnio 14
– gleby miejskie Warszawy	5– 275;	średnio 33
– gleby Krakowa i okolic	<3– 705;	średnio 23
– gleby miejskie Krakowa	<3– 705;	średnio 29
– gleby Wrocławia i okolic	<3– 514;	średnio 20
– gleby miejskie Wrocławia	9– 227;	średnio 52
– gleby Polski	<3–16 972;	średnio 16

Tło geochemiczne ołowiu w glebach jest stosunkowo mało zróżni-
cowane. Podwyższone stężenia (>37 ppm Pb) obserwuje się w glebach
Szczecina, maksymalnie w glebach terenów miejskich stwierdzono tu
296 ppm ołowiu. W glebach ogródków działkowych zawartość ołowiu
wynosi od 4 do 200 ppm; średnio 36 ppm. Gleby ogródków działko-
wych innych miast wykazują również podwyższone zawartości ołowiu
w stosunku do tła geochemicznego. W Warszawie stwierdzano w gle-
bach ogródków ołów w ilościach 4–98 ppm (J. Lis, 1992), w Łodzi
od 8 do 60 ppm (J. Lis, A. Pasieczna, 1998), we Wrocławiu od 13 do
251 ppm (H. Tomassi-Morawiec i in., 1998), w Wałbrzychu od 8 do
260 ppm (A. Pasieczna in., 1996).

W okolicy fabryki tworzyw sztucznych w Żydowicach zanotowano
810 ppm ołowiu. Te zanieczyszczenia ołowiem gleb miejskich mają
pochodzenie antropogeniczne. W glebach pól uprawnych i lasów
średnie zawartości ołowiu wynoszą 10 ppm.

W obrazie kartograficznym silnie zaznacza się anomalia ołowiu
w dolinie Odry obejmując Międzyodrzie i sięgająca do Polic. Anoma-
lia ta przywiązana jest do gleb torfowych i namulów. Ołów pochodzi
przypuszczalnie z oddalonych źródeł na południu zlewni i został
przetransponowany wodami Odry. Zjawisko koncentracji ołowiu
w glebach torfiastych znane jest również z innych rejonów Europy.
Badania gleb Szkocji wykazały anomalne koncentracje tego pier-
wiastka (do 129 ppm Pb) w glebach torfiastych rozwiniętych na
zróżnicowanym podłożu geologicznym (Berrow i in, 1987), choć
w tym przypadku autorzy dopatrują się źródeł Pb w depozycjach at-
mosferycznych.

Punktowe anomalie ołowiu zanotowano na wyspie Uznam i w za-
chodniej części wyspy Wolin.

Osady wodne: tablica 40, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	<5– 3 933; średnio 11
– osady wodne Polski	<5–43 878; średnio 15

Wyraźnie anomalne zawartości ołowiu zawierają osady wodne ka-
nałów Międzyodrza oraz cieków drenujących twory torfowe doliny
Odry. Aluwia Odry zawierają ołów w granicach <5 do 1079; średnia
25 ppm. Podobne wyniki zawartości Pb (średnia 21 ppm) uzyskano
dla aluwii dolnej Odry (I. Bojakowska, G. Sokołowska, 1997).
Źródłem ołowiu w tych osadach są, podobnie jak dla gleb, wody Odry.
Maksymalne zawartości (3933 ppm Pb) stwierdzono w osadzie rowu
melioracyjnego w pobliżu Miłowa, na wschód od Zalewu Szczeciń-
skiego.

Zwracając uwagę wyraźnie podwyższone zawartości ołowiu w alu-
wiach na wyspie Uznam oraz w zachodniej części wyspy Wolin.
W osadzie fosi usytuowanej na lewym brzegu Świny w Dzielnicy
Nadmorskiej w Świnoujściu stwierdzono 513 ppm Pb.

Najniższymi zawartościami ołowiu charakteryzują się osady jezior
(średnio 7 ppm). Również aluwia takich rzek jak Dziwna (średnio
8 ppm), Grzybnica (średnio <5 ppm), Gunica (średnio 7 ppm), Tywa
(średnio <5 ppm) zawierają niskie zawartości ołowiu, w granicach tła
geochemicznego. Podwyższone antropogeniczne koncentracje wystę-
pują w aluwii Odry (średnio 25 ppm), Bukowej (średnio 46 ppm),
Iny (średnio 29 ppm), Ploni i Świny (średnio 13 ppm).

S SIARKA

Gleby: tablica 19, tabela III; %

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<0,005–1,739;	średnio 0,011
– gleby miejskie Szczecina	<0,005–0,479;	średnio 0,013

– gleby Łodzi i okolic	<0,005–0,223;	średnio 0,008
– gleby miejskie Łodzi	<0,005–0,223;	średnio 0,008
– gleby miejskie Pabianic	<0,005–0,029;	średnio 0,011
– gleby miejskie Zgierza	<0,005–0,029;	średnio 0,007
– gleby Krakowa i okolic	<0,005–1,030;	średnio 0,013
– gleby miejskie Krakowa	<0,005–1,030;	średnio 0,013
– gleby Wrocławia i okolic	<0,005–0,198;	średnio 0,013
– gleby miejskie Wrocławia	0,007–0,045;	średnio 0,015
– gleby Polski	<0,005–3,263;	średnio 0,012

Rozkład zawartości siarki w glebach jest podobny do rozkładu że-
laza i wanadu. W obrazie kartograficznym dominują wysokimi zawar-
tościami siarki (>0,051%) gleby w dolinie Odry i w basenie Zatoki
Odrzańskiej. Szczególnie wysokie stężenia siarki zanotowano w gle-
bach najbliższego otoczenia Zakładów Chemicznych w Policach (do
1,639%). Anomalie siarki nad Starą Świną na Wolinie oraz w dolinie
Szczuczyny i Grzybnicy związane są z glebami bagiennymi. Podwyż-
szone zawartości siarki z punktowymi anomaliami obecne są w połu-
dniowej części Niziny Puszczy Wkrzańskiej, gdzie występują znaczne
ilości gleb torfiastych.

Osady wodne: tablica 41, tabela IV; %

Porównanie regionalne (27):

– osady wodne Szczecina i okolic	<0,005–4,274;	średnio 0,046
– osady wodne Polski	<0,005–8,610;	średnio 0,047

Rozkład zawartości siarki w osadach wodnych badanego rejonu
jest znacznie zróżnicowany i podobny do rozkładu tego pierwiastka
w glebach. Na przeważającym obszarze arkusza występują niskie za-
wartości siarki (<0,109%). Podwyższonymi, często wyraźnie anomal-
nymi stężeniami, wyróżniają się osady wodne cieków i innych zbiór-
ników wodnych zlokalizowanych na terenach bagiennych w Między-
odrzu, na Nizinie Puszczy Wkrzańskiej, w basenach jeziora Dąbie
i Zatoki Odrzańskiej oraz na wyspach Uznam i Wolin. Bardzo wyso-
kie zawartości siarki zanotowano w osadach wodnych w pobliżu Za-
kładów Chemicznych w Policach (do 4,274%) oraz w okolicy Stepni-
cy nad Zalewem Szczecińskim (do 2,963%).

Osady pobrane z brzegów Zalewu Szczecińskiego zawierają siar-
kę w ilościach <0,005–0,548%, podczas gdy w osadach dennych z to-
ru wodnego ilości siarki są wyższe i kształtują się w granicach
0,033–1,275% (Z. Chudecki, E. Niedźwiecki, 1987).

SO₄ SIARCZANY

Wody powierzchniowe: tablica 62, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):

I	≤150
II	>150–≤200
III	>200–≤250

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<2,4–9667;	średnio 81
– wody powierzchniowe Polski	2 –7085;	średnio 58

Przeciętne zawartości siarczanów w badanych wodach są prawie
dwukrotnie wyższe (81 mg/l) niż w innych rejonach Polski. Kwalifi-
kują się one w 80,7% do I klasy czystości, w 9,6% do II klasy, w 3,3%
do III klasy i 6,3% do wód pozaklasowych. Wysokimi zawartościami
siarczanów w wodach, często przekraczającymi kryteria dla III klasy
czystości, wyróżnia się obszar Wysoczyzny Stobna. Wysokie zawarto-
ści siarczanów (do 1802,1 mg/l) w tych wodach prawdopodobnie
związane są z licznymi występującymi w tym obszarze krami utworów
trzeciorzędowych (iły septariowe), zawierających w swym składzie
gips i pirit (B. Cedro, 1993). Do wysokich koncentracji siarczanów
doszło również w wodach rowów melioracyjnych na bagnistych, wscho-
dnych pobrzeżach Zalewu Szczecińskiego (do 1129,7 mg/l), w zlewni
Świny (470 mg/l), w rejonie Nowego Warpna (do 492,1 mg/l)
i w wodach Dziwny (do 300,3 mg/l). Koncentracje te prawdopodobnie
można wiązać z wpływem morskich wód Bałtyku chociaż prze-
ciętne zawartości siarczanów w wodach zalewu Szczecińskiego nie
są szczególnie wysokie (do 189 mg/l; średnio 129 mg/l). Z lokalnymi
źródłami należy wiązać bardzo wysokie zawartości siarczanów (do
9667,0 mg/l) w wodach rowów w rejonie składowiska odpadów Za-
kładów Chemicznych w Policach. Do tej kategorii zanieczyszczeń od-
nosi się również jedna próbka wody z Odry (Regalicy) obok fabryki
włókn sztucznych Wiskord SA o zawartości 878,4 mg/l.

Przeciętne zawartości siarczanów w wodach Odry (98 mg/l) są bli-
skie średnim wieloletnim pomiarom (89–99 mg/l) IMGW (E. Jaśnie-
wicz i in., 1996).

SiO₂ KRZEMIONKA

Wody powierzchniowe: tablica 61, tabela V; ppm = mg/dm³ = mg/l

Porównanie regionalne (27):

– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<0,1–104,0;	średnio 4,6
– wody powierzchniowe Polski	<0,3– 83,1;	średnio 10,2

Przeciętne zawartości krzemionki są niskie (średnio 4,6 mg/l) lecz
znacznie zróżnicowane (od <0,1 do 104,0 mg/l). Podwyższone zawar-
tości krzemionki (>11,7 mg/l) stwierdzone w 10% badanych próbek
związane są, być może, z obecnością substancji organicznych chro-
niących koloidalne związki krzemu przed wytrąceniem z roztworu.

Sr STRONT

Gleby: tablica 20, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):

– gleby Szczecina i okolic	<1–1474;	średnio 6
– gleby miejskie Szczecina	2– 889;	średnio 21
– gleby Łodzi i okolic	<1– 188;	średnio 4
– gleby miejskie Łodzi	<1– 81;	średnio 9
– gleby miejskie Pabianic	<1– 84;	średnio 14
– gleby miejskie Zgierza	<1– 73;	średnio 5
– gleby Krakowa i okolic	<1–2712;	średnio 13
– gleby miejskie Krakowa	1–2712;	średnio 20
– gleby Wrocławia i okolic	<1– 233;	średnio 10
– gleby miejskie Wrocławia	6– 97;	średnio 23
– gleby Polski	<1–1298;	średnio 8

Zbliżone własności chemiczne wapnia i strontu powodują, że za-
chowanie obu pierwiastków w warunkach hipergenicznych jest po-
dobne. W obrazie kartograficznym (podobnie jak dla wapnia) pod-
wyższonymi zawartościami strontu (>16 ppm) wyróżniają się gleby
doliny Odry, gleby na brzegach jeziora Dąbie oraz znaczna część gleb
na Wysoczyźnie Stobna. Dalej na północ płaty gleb o podwyższonych
zawartościach strontu występują na zabagnionych obszarach koło
Stopnicy i Żarnowa oraz na wyspie Wolin, nad Starą Świną, Dziwną
i Zalewem Kamieńskim. Niskimi i bardzo niskimi stężeniami strontu
charakteryzują się gleby Puszczy Wkrzańskiej, Puszczy Goleniow-
skiej, lasów na Wolinie, okolic Gryfina i wyspy Uznam. Na tak zary-
sowanym tle geochemicznym zaznaczają się anomalie geochemiczne
(>69 ppm), stanowiące około 5% badanych próbek. Są one związane
głównie z występowaniem torfowo-gytiowych utworów w dolinie Od-
ry, koło Babina i Kartna w zlewni Krzekny, koło Chwarstnicy i nad
jeziorem Weltyńskim. Na Nizinie Puszczy Wkrzańskiej szereg ano-
malii strontu obserwuje się w obszarze występowania torfów koło Do-

brej, Stolca i Grzeczny. Intensywną anomalię (z maksymalną zawartością 1474 ppm Sr) związaną z działalnością Zakładów Chemicznych „Police” zanotowano w ich okolicy. Wpływ warunków miejskich na zawartość strontu w glebach wyrażony jest jego podwyższonymi koncentracjami w glebach trawników przyulicznych (średnia 25 ppm) i ogródków działkowych (średnia 28 ppm).

Osady wodne: tabela 42, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolic	<1–1344;	średnio 18
– osady wodne Polski	<1–7628;	średnio 21

Na tle zróżnicowanych stężeń w granicach tła geochemicznego strontu wyróżniają się punkty o wysokich zawartościach zlokalizowane najczęściej w obszarach występowania gleb obfitujących w ten pierwiastek (w dolinie Odry, w basenie jeziora Dąbie). W osadach Odry (78 próbek) zawartości strontu zmieniają się w szerokim zakresie (od 2 do 402 ppm; średnia 23 ppm). We wcześniejszych badaniach monitoringowych (I. Bojakowska i in., 1992, I. Bojakowska i in. 1998) osady dolnej Odry wykazały zawartości 4–66 ppm Sr. Szczególnie wysokie stężenia strontu zanotowano w aluwialnych żwirach Krzekny w pobliżu jeziora Radgoszcz.

Wody powierzchniowe: tabela 63, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	8– 7 323;	średnio 274
– wody powierzchniowe Polski	4–26 078;	średnio 263

Rozkład przestrzenny strontu w wodach podobny jest generalnie do rozkładu wapnia. Obserwuje się jednak dość znaczące różnice. Mało strontu (<180 µg/l) zawierają najczęściej wody na terenach leśnych. Podwyższone koncentracje, często z anomalią (>1000 µg/l), zanotowano na terenach rolniczych na zachód od Szczecina (do 2105 µg/l) oraz w żwirach Plon, gdzie w próbce z wyrobiska po eksploatacji ilów trzyczęściowych stwierdzono obecność 2187 µg/l strontu. Obszary z wodami o podwyższonych lub anomalnych zawartościach zanotowano również w rejonie Stepnicy przy ujściu Odry i nad Zatoką Odrzańską oraz w żwirach Świny na wyspie Wolin. Te, niekiedy wysokie, koncentracje strontu można wiązać z wpływem wód morskich. Niewątpliwie działalność Zakładów Chemicznych w Policach doprowadziła do maksymalnego zanieczyszczenia strontem wód w pobliżu składowiska odpadów (do 7323 µg/l). Dla porównania – w wodach osadnika koło zakładów chemicznych „Boruta” SA w Zgierzu stwierdzono 1208 µg/l (J. Lis, A. Pasieczna 1998).

Ti TYTAN

Gleby: tabela 21, III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolic	3–2971;	średnio 24
– gleby miejskie Szczecina	12– 118;	średnio 40
– gleby Łodzi i okolic	5– 174;	średnio 30
– gleby miejskie Łodzi	8– 120;	średnio 41
– gleby miejskie Pabianic	14– 174;	średnio 42
– gleby miejskie Zgierza	17– 174;	średnio 39
– gleby Krakowa i okolic	2– 382;	średnio 25
– gleby miejskie Krakowa	8– 382;	średnio 32
– gleby Wrocławia i okolic	2–5247;	średnio 25
– gleby miejskie Wrocławia	14– 70;	średnio 34
– gleby Polski	<1– 154;	średnio 26

Zawartości tytanu (ługowalnego kwasem solnym) w glebach występują w ilościach podobnych (średnio 24 ppm) jak w innych rejonach Polski. W obrazie kartograficznym rozmieszczenia tytanu zwracają uwagę, w przeciwieństwie do innych pierwiastków, niskie koncentracje w obrębie Międzyodrza. Znacznie wyższe zawartości występują w glebach gliniastych (średnia 39 ppm) w stosunku do gleb piaszczystych (średnia 21 ppm). Gleby gliniaste o dość wysokich zawartościach tytanu występują na Wysoczyźnie Stobna. Obszary o podobnie podwyższonych stężeniach tytanu w glebach obserwuje się w południowo-wschodniej części arkusza (na wschód od Widuchowej) oraz w szerokim pasie od Bielicy po okolice Chlebowia. Na północy występują również po obu brzegach Dziwny. Ten typ zróżnicowania geochemicznego tytanu w badanych glebach związany jest z budową geologiczną podłoża. Innej, bo antropogenicznej natury są anomalie geochemiczne na terenie miasta Szczecina oraz u ujścia Odry do Zatok Odrzańskich. Ta ostatnia anomalia położona po obu stronach Odry wywołana jest prawdopodobnie działalnością Zakładów Chemicznych w Policach produkujących biel tytanową (J. Siuta, red. 1991).

Osady wodne: tabela 43, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolic	3– 605;	średnio 26
– osady wodne Polski	<1–5345;	średnio 31

Zróżnicowanie zawartości tytanu w osadach wodnych ma podobny charakter jak w glebach. Punkty o anomalnych zawartościach (>84 ppm Ti) zanotowano na terenie Szczecina, na wyspie Uznam i w okolicach Zakładów Chemicznych „Police”. Tytan dostaje się do wód Odry wraz ze ściekami z tych zakładów (Siuta J. red., 1991) i prawdopodobnie ulega szybkiej sorpcji w osadach. Podwyższonymi zawartościami tytanu zaznaczają się też osady zbiorników i cieków na Wysoczyźnie Stobna.

Wody powierzchniowe: tabela 64, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<5–126;	średnio <5
– wody powierzchniowe Polski	<5– 89;	średnio <5

Zawartość tytanu stwierdzana w badanych wodach była najczęściej poniżej granicy wykrywalności tego pierwiastka (<5 µg/l). W kilku nastu próbkach wykryto tytan w granicach od 5 do 67 µg/l. Maksymalną zawartość (126 µg/l Ti) stwierdzono w wodzie bardzo małej sadzawki koło miejscowości Kolbaskowo.

V WANAD

Gleby: tabela 22, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolic	<1–129;	średnio 5
– gleby miejskie Szczecina	<1– 61;	średnio 6
– gleby Łodzi i okolic	<1– 30;	średnio 4
– gleby miejskie Łodzi	<1– 16;	średnio 6
– gleby miejskie Pabianic	1– 21;	średnio 6
– gleby miejskie Zgierza	1– 30;	średnio 5
– gleby Krakowa i okolic	<1– 85;	średnio 10
– gleby miejskie Krakowa	1– 85;	średnio 10
– gleby Wrocławia i okolic	1– 41;	średnio 10
– gleby miejskie Wrocławia	14– 70;	średnio 34
– gleby Polski	<1–266;	średnio 6

Rozkład zawartości wanadu w glebach jest podobny do rozkładu żelaza i siarki. W obrazie kartograficznym wysokimi zawartościami (>14 ppm V) wyróżniają się gleby w dolinie Odry i na zachodnim brzegu Zatok Odrzańskich. Szczególnie wysokie stężenia wanadu za-

notowano w glebach najbliższego otoczenia Zakładów Chemicznych „Police” (do 129 ppm). Anomalie wanadu na Nizinie Wkrzańskiej (okolice Warnołęki, Myśliborza, rejon Buk–Tarnowo) związane są z glebami bagiennymi (torfiastymi). Zwarty obszar gleb z podwyższonymi zawartościami wanadu (w granicach 9–14 ppm) obserwuje się na Wysoczyźnie Stobna.

Osady wodne: tabela 44, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolic	<1–163;	średnio 6
– osady wodne Polski	<1–427;	średnio 7

Przeciętna zawartość wanadu w osadach wodnych wynosi 6 ppm. Jego podwyższone zawartości obserwuje się w osadach kanałów Międzyodrza, co znajduje swój wyraz w wyższej średniej dla tego obszaru (14 ppm). Punkty o wyższych zawartościach wanadu obserwuje się również w rejonie Polic oraz nad Jeziorem Myśliborskim.

Wody powierzchniowe: tabela 65, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):
I–III ≤1000

Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<6–198;	średnio <6
– wody powierzchniowe Polski	<8–243;	średnio <8

Większość próbek wód zawierała wanad poniżej granicy wykrywalności w stosowanej metodzie analitycznej (6 µg/l). Jedynie pojedyncze próbki przekraczały tę wartość. Maksymalne stężenie wanadu (198 i 196 µg/l) stwierdzono w wodach rowów koło osadnika Elektrowni Dolna Odra.

Zn CYNK

Gleby: tabela 23, tabela III; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (25, 27, 28, 29, 50):		
– gleby Szczecina i okolic	3– 1 176;	średnio 22
– gleby miejskie Szczecina	12– 330;	średnio 66
– gleby Łodzi i okolic	5– 965;	średnio 25
– gleby miejskie Łodzi	7– 339;	średnio 46
– gleby miejskie Pabianic	10– 224;	średnio 59
– gleby miejskie Zgierza	10– 965;	średnio 37
– gleby Warszawy i okolic	1– 1 432;	średnio 36
– gleby miejskie Warszawy	10– 1 300;	średnio 102
– gleby Krakowa i okolic	6– 3 664;	średnio 73
– gleby miejskie Krakowa	15– 3 664;	średnio 107
– gleby Wrocławia i okolic	6– 1 968;	średnio 42
– gleby miejskie Wrocławia	22– 1 968;	średnio 132
– gleby Polski	<1–91 110;	średnio 40

Kartograficzny obraz geochemiczny cynku w glebach jest zbliżony do obrazów geochemicznych miedzi i ołowiu. Zawartości cynku w glebach mieszczą się w granicach 3–1 176 ppm; średnio 22 ppm. Gleby o najniższych zawartościach cynku występują na obszarach lasów (średnia 12 ppm). Podwyższone stężenia (>94 ppm Zn) obserwuje się w glebach centrum Szczecina (do 1176 ppm). Podobne zawartości cynku (1024–1300 ppm) obserwowano w zanieczyszczonych antropogenicznie glebach zieleńców i trawników Warszawy (K. Czarnowska, 1980, J. Lis, 1992). W glebach ogródków działkowych zawartość Zn wynosi od 20 do 959 ppm; średnio 14 ppm. Tym zanieczyszczeniom cynkiem gleb miejskich należy przypisać pochodzenie antropogeniczne. Wśród gleb uprawnych podwyższonymi zawartościami Zn (34–94 ppm) wyróżniają się gleby gliniaste Wysoczyzny Stobna.

W obrazie kartograficznym silnie zaznaczająca się anomalia cynku obejmuje Międzyodrza i dalej ku północy sięga miejscowości Czarnocin na prawym brzegu Zalewu Szczecińskiego. Anomalia ta przywiązana jest do gleb torfowych i namulów a jej źródłem są wody Odry niosące zanieczyszczenia z południa. Punktowe anomalie Zn zanotowano na wyspie Uznam i zachodniej części wyspy Wolin oraz nad Zalewem Kamieńskim.

Osady wodne: tabela 45, tabela IV; ppm = mg/kg = g/t

Porównanie regionalne (27):		
– osady wodne Szczecina i okolic	3– 8 270;	średnio 64
– osady wodne Polski	<1–407 500;	średnio 73

Podobnie jak w przypadku gleb wyraźnie wyższe zawartości cynku zawierają osady wodne kanałów Międzyodrza (szczególnie poniżej Gryfina). Dalej ku północy anomalne stężenia cynku obserwuje się w dolinie Odry i nad Zatoką Odrzańską (w rejonie Stepnicy). W aluwialnych rzekach Bukowej zbierającej ścieki ze Szczecina zanotowano znaczne ilości cynku (od 167 do 345 ppm; średnio 232 ppm).

Wyraźnie podwyższone zawartości cynku występują też w aluwialnych na wyspie Uznam oraz w zachodniej części wyspy Wolin. W osadzie fosy w Dzielnicy Nadmorskiej w Świnoujściu stwierdzono maksymalną zawartość Zn – 8270 ppm obok 513 ppm Pb, 670 ppm Cu, 1,84 ppm Hg, 33 617 ppm Mn i 170 ppm Ni.

Wody powierzchniowe: tabela 66, tabela V; ppb = µg/dm³ = µg/l

Klasy czystości wód powierzchniowych (44):
I–III ≤200

Porównanie regionalne (27):		
– wody powierzchniowe Szczecina i okolic	<5– 1 218;	średnio 6
– wody powierzchniowe Polski	<5–16 414;	średnio 36

Zawartości cynku w wodach powierzchniowych badanego obszaru są znacznie zróżnicowane. Na tle niskich zawartości (średnia 6 µg/l) około 5% próbek zawiera ten pierwiastek w ilościach >28 µg/l. Wody o podwyższonych, niekiedy o wysokich zawartościach Zn (>100 µg/l), pochodzą wyłącznie z drobnych cieków głównie z rowów melioracyjnych rzadziej z drobnych zbiorników wód stojących. Wody te charakteryzują się odczynem <5. Maksymalne zawartości Zn stwierdzono w rowie obok składowiska odpadów Zakładów Chemicznych w Policach (1218 µg/l) i w niewielkich ciekach w żwirach Plon na osiedlu Plonia w Szczecinie (1183 i 661 µg/l). Z punktu widzenia czystości wód jedynie 0,9% można zaliczyć do wód pozaklasowych (>200 µg/l).

PODSUMOWANIE

Tło geochemiczne badanych gleb jest bardzo wyraziste. Zostało zdefiniowane przez trzy podstawowe grupy litologiczne skał podłoża: gliny zwałowe zlodowacenia północnopolskiego, utwory piaszczysto-żwirowe tegoż zlodowacenia o różnej genezie oraz torfy i namuły holoceny, głównie w dolinie Odry i w otoczeniu Zalewu Szczecińskiego. W przypadku niektórych pierwiastków (wapń i stront) znaczącą rolę odgrywają również gytie wapienne rozwinięte w basenie jeziora Miedwie i jeziora Radgoszcz.

Gleby rozwinięte na glinach zwałowych na Wysoczyźnie Stobna, na Nizinie Weltyńskiej i w dolinie Dziwny zawierają podwyższone zawartości glinu, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, niklu, tytanu i wanadu. Mają najczęściej odczyn obojętny.

Niskimi i bardzo niskimi zawartościami wymienionych pierwiastków wyróżniają się gleby leśne rozwinięte na utworach piaszczysto-żwirowych Puszczy Wkrzańskiej, Puszczy Goleniowskiej, Wolińskiego Parku Narodowego, lasów na wyspie Uznam i na Nizinie Weltyńskiej. Gleby te mają odczyn bardzo kwaśny i kwaśny.

Gleby na torfach i namulach doliny Odry i na pobrzeżach Zalewu Szczecińskiego wyróżniają się najbardziej w obrazie geochemicznym badanego regionu. Zawartości wszystkich badanych pierwiastków występują tu w ilościach anomalnych w stosunku do regionalnego tła geochemicznego. Źródła tych anomalnych koncentracji należy upatrywać w wodach Odry niosących zanieczyszczenia pochodzenia antrpogenicznego zebrane z całego jej dorzecza. Dogodne środowisko utworów o wysokiej pojemności sorpcyjnej (torfy i namuły) decyduje o koncentracji pierwiastków w tych organicznych glebach. W rezultacie tego procesu wody Międzyodrza są wyraźnie zubożone w szereg pierwiastków, do których należą: żelazo, mangan i cynk. W odróżnieniu od gleb organicznych doliny Odry inne gleby rozwinięte na torfowo-gytiowym podłożu, licznie występujące na badanym terenie, charakteryzują się normalnymi dla tego typu gleb (podwyższonymi) zawartościami żelaza, manganu, arsenu, fosforu i siarki a w przypadku gleb na gytiach wapiennych i kredzie jeziornej w dolinie Krzekny (w zlewni jeziora Miedwie) – głównie wapnia i strontu.

Wpływ lokalnych źródeł zanieczyszczeń gleb zaznacza się wyraźnie podwyższonymi koncentracjami miedzi, rtęci, ołowiu i cynku w glebach miejskich Szczecina. Zawartości te jednak nie wykraczają poza granice typowe dla gleb miejskich innych rejonów Polski. Z działalnością Zakładów Chemicznych w Policach należy wiązać intensywną anomalię fosforu, tytanu, wanadu i strontu w glebach najbliższego otoczenia tych zakładów.

Zróźnicowanie zawartości badanych pierwiastków w osadach wodnych jest podobne do ich zróźnicowania w glebach. Wyróżniają się przede wszystkim osady zbiorników wodnych w obrębie występowania holocenijskich torfów w dolinie Odry i na pobrzeżu Zalewu Szczecińskiego. Osady te zawierają wyraźnie anomalne w stosunku do tła geochemicznego zawartości w szeregu pierwiastków (Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn), których źródłem są wody Odry. W rejonie występowania kredy jeziornej (w dolinie Krzekny) osady wodne zawierają wysokie koncentracje wapnia i strontu.

Spośród większych rzek rejonu wyraźnie podwyższonymi koncentracjami pierwiastków charakteryzują się aluwia rzeki Bukowa, do której zrzucają się ścieki ze Szczecina.

W rowach w pobliżu Zakładów Chemicznych w Policach osady zawierają wysokie zawartości fosforu, tytanu, siarki i manganu.

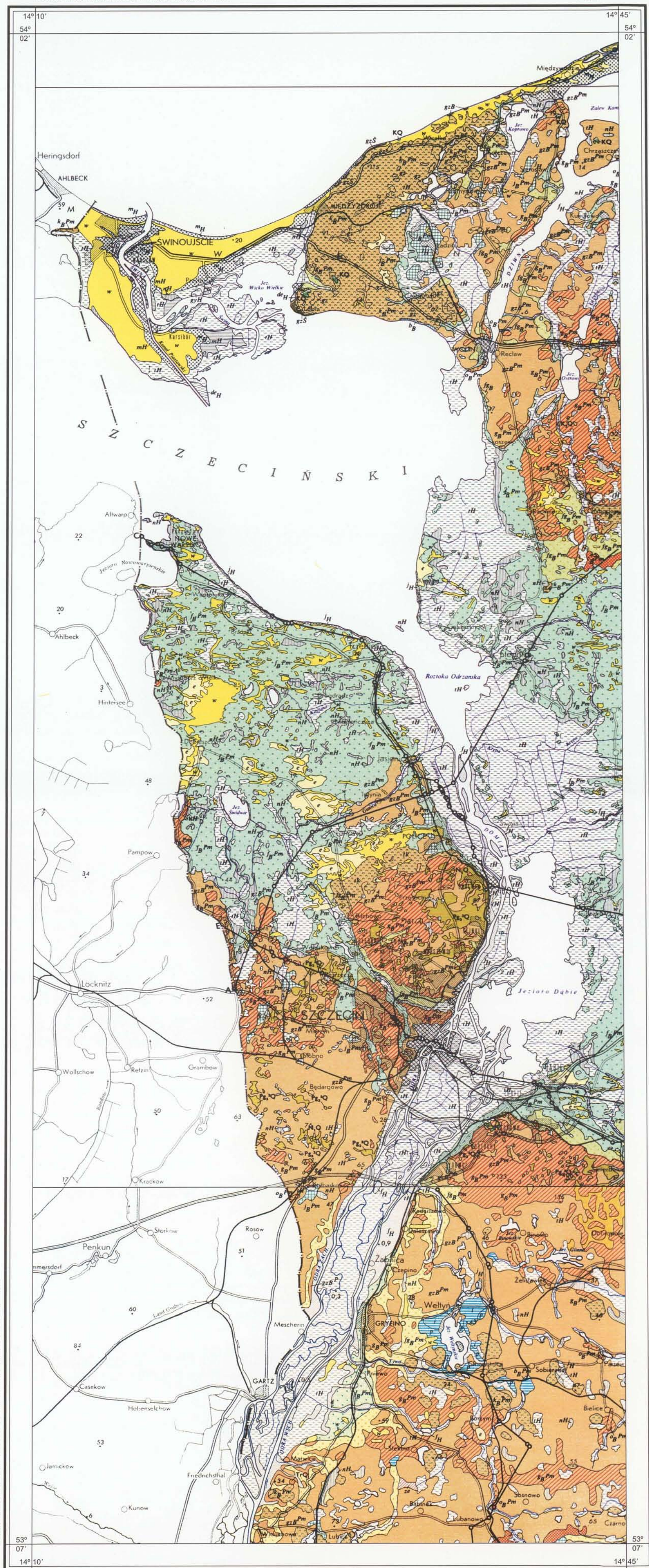
Do szczególnie wysokich koncentracji szeregu metali doszło w osadzie fosy usytuowanej na lewym brzegu Świny w Dzielnicy Nadmorskiej w Świnoujściu gdzie stwierdzono maksymalną zawartość Zn – 8270 ppm obok 513 ppm Pb, 670 ppm Cu, 1.84 ppm Hg, 33 617 ppm Mn i 170 ppm Ni.

Główną cechą charakterystyczną dla części wód powierzchniowych w badanym obszarze jest silny wpływ na ich chemizm okresowych inwazji wód morskich powodujących, że wody Zalewu Szczecińskiego i Zalewu Kamieńskiego oraz wody zlewni Świny i częściowo Dziwny są wodami słonawymi. Powoduje to wzrost w nich zawartości sodu, potasu, boru, litu, magnezu i siarczanów. Do szczególnie zasolonych należą wody Świny i jej zlewni gdzie zawartości tych pierwiastków osiągają znaczne stężenia: B – do 328 mg/l, K – do 333 mg/l, Li – do 647 µg/l, Na – do 1286 mg/l i SO₄ – do 470 mg/l. Wpływ wód morskich zaznacza się również w chemizmie wód zbiorników wodnych (głównie rowów melioracyjnych) bagnistego pobrzeża Zalewu Szczecińskiego.

Z punktu widzenia klasyfikacji według stopni czystości wód powierzchniowych generalnie dla większości pierwiastków rzadko przekraczone są kryteria dla pierwszego stopnia. Pierwiastkiem najsilniej zanieczyszczającym wody jest mangan powodując, że tylko 45,6% badanych wód należy do I klasy czystości a 9,1% – do wód pozaklasowych. Do tej samej grupy pierwiastków zanieczyszczających wody należy żelazo (80,8% wód I klasy i 9,0% wód pozaklasowych). Zanieczyszczenia tymi pierwiastkami obserwuje się głównie w kwaśnych wodach na Nizinie Wkrzańskiej. Woda morska jest głównym czynnikiem powodującym zanieczyszczenie wód sodem (89,7% wód klasy I i 8,1 wód pozaklasowych) i potasem (69,5% wód klasy I i 19,0% wód zaklasowych). Wysokie zawartości siarczanów zanieczyszczających wody na Wysoczyźnie Stobna (często wody pozaklasowe) należy wiązać z obecnością wychodni trzeciorzędowych ilów septariowych z gipsem i siarczkami.

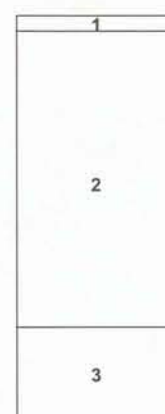
Wpływ przemysłu na chemizm wód zaznacza się najsilniej w pobliżu Zakładów Chemicznych w Policach. W jednym z rowów obok składowiska odpadów stwierdzono maksymalne zawartości manganu (17 396 µg/l), boru (5,03 mg/l), kobaltu (394 µg/l), litu (1800 µg/l), wanadu (198 µg/l) i magnezu (854,2 mg/l). Innym zakładem przemysłowym o wyraźnym wpływie na chemizm wód w swoim otoczeniu, ale również wpływającym na wody Odry, jest Elektrownia „Dolna Odra”. Zanieczyszcza ona wody borem, litem, niklem, siarczanami i strontem. Wody rzeki Bukowa zanieczyszczane są wszystkimi badanymi pierwiastkami w wyniku przyjmowania ścieków odprowadzanych do tej rzeki ze Szczecina.

MAPA GEOLOGICZNA
GEOLOGICAL MAP



- HOLOCEN**
- Torfy
 - Gytie
 - Namuły
 - Iły, mułki, piaski i kredy jeziorne
 - Piaski delt rzecznych
 - Mady rzeczne
 - Mułki, piaski i żwiry rzeczne
 - Iły, piaski i żwiry morskie
 - Eluwia glin zwalowych
 - Piaski eoliczne
 - Piaski eoliczne w wydmach
- CZWARTORZĘD**
- Iły, mułki i piaski jeziorne
 - Mady, mułki, piaski i żwiry rzeczne
 - Iły, mułki i piaski zastoiskowe
 - Piaski i żwiry wodnolodowcowe (dolne i górne)
 - Iły, mułki, piaski i żwiry kemów, miejscami tarasów kemowych (tk) lub gliny zwalowe kemów (gz)
 - Piaski i żwiry ozów
 - Piaski, żwiry i glazy moren czołowych
 - Piaski, żwiry i glazy lodowcowe
 - Głina zwalowa (również dla faz starszych)
 - Głina zwalowa
 - Iły, mułki i piaski zastoiskowe
 - Piaski i żwiry wodnolodowcowe
 - Głina zwalowa
- PLEJSTOCEN**
- TRZECIORZĘD**
- NEOGEN**
- Kry utworów starszych od czwartorzędu (Tr - trzeciorzęd, N - miocen, Pg - oligocen środkowy, K - kreda, K - kreda górna)
 - Piaski kwarcowe, węgliste z wkładkami mułków pylistych, z ksyliem i detrytusem roślinnym, z przewarstwieniami mułków i ilów z węglem brunatnym
 - Nasypy

Skorowidz
wykorzystanych materiałów



1. Mapa Geologiczna Polski 1 : 200 000, wydanie A, ark. Dziwnów – R. Dobracki, 1977.
2. Mapa Geologiczna Polski 1 : 200 000, wydanie A, ark. Szczecin – J.E. Mojski, 1976.
3. Mapa Geologiczna Polski 1 : 200 000, wydanie A, ark. Pyrzyce – Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie (zespół w składzie: M. Uniejewska, M. Nosek), 1974.

