PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

ATLAS GEOCHEMICZNY AGLOMERACJI SZCZECIŃSKIEJ

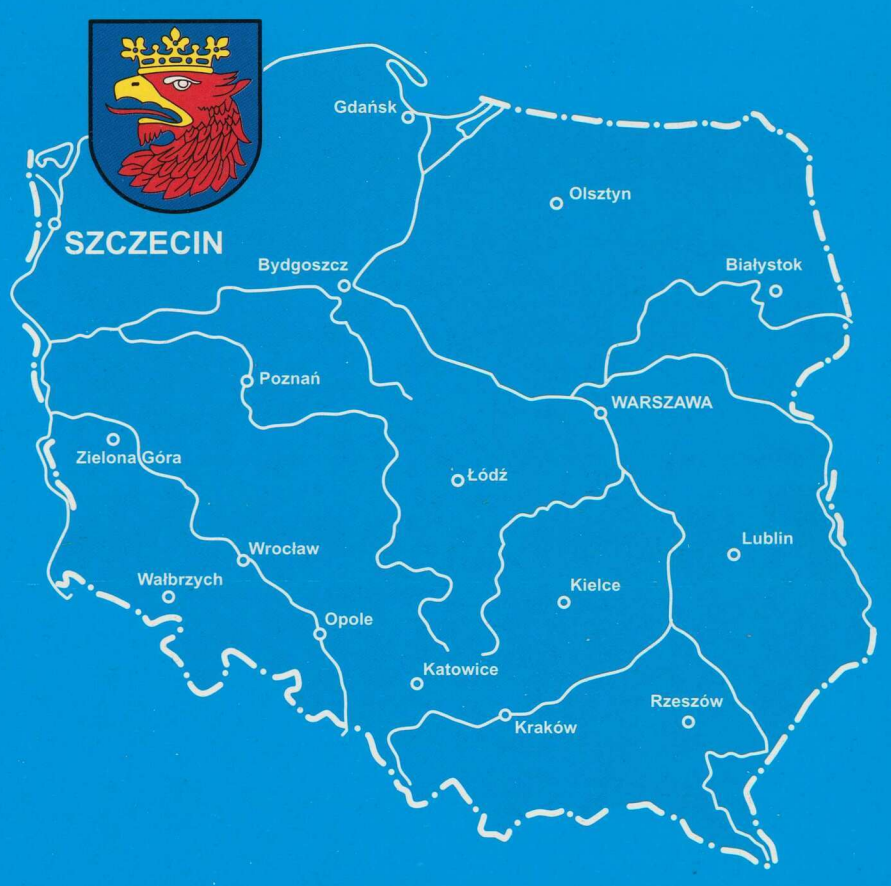
Część II

GEOCHEMICAL ATLAS OF SZCZECIN AGGLOMERATION

Part II

1:200 000

Tomasz Nałęcz



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 II: wody podziemne

GEOCHEMICAL ATLAS OF SZCZECIN AGGLOMERATION

Part II: groundwaters

1:200 000

Tomasz Nałęcz

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 Janina MAŁECKA

Akceptował do druku 15.09.1998 r.
Dyrektor Naczelny Państwowego Instytutu Geologicznego
prof. dr hab. Stanisław SPECZIK

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1998

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Aleksandra MACIOSZCZYK
dr hab. Andrzej SADURSKI

Tłumaczenie mgr Zdzisław SIWEK

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE
POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ SA
Zlec. H-10

SUMMARY

The "Geochemical atlas of Szczecin agglomeration, 1:200 000" is a consecutive elaboration of the Polish Geological Institute in the field of geochemical mapping of urbanised areas. Part II contains a discussion of issues dealing with conditions and quality of groundwaters in areas situated along the lower course of the Odra River and around the Szczecin Lagoon as well.

A task aimed at observing and analysing the overlapping factors creating a general image of the environment requires that special methods were applied to the study of the urban-industrial agglomeration areas. Natural groundwater conditions within this agglomeration are frequently disturbed by anthropogenic factors. The methods presented in the Atlas, including the selection of sampling points, sampling procedure, indicative physico-chemical determinations, and the scope and methods of laboratory determinations were aimed at investigating a specific character of water chemistry in the area of this study. A combination of field and laboratory works along with the characterization of the study area in respect of groundwater conditions and history of development of the agglomeration with its pollution sources allowed to present the hydrogeochemical conditions in the analysed area.

The Atlas contains maps showing the chemistry of groundwaters, and explanatory text as well. The maps show spatial distribution of several hydrogeochemical properties. Hydrogeochemical characteristics, chemical and geochemical relationships and similar anthropogenic origin were the criteria implemented to select proper parameters to be shown on the maps. Overall parameters such as specific electrical conductance, total hardness or pH reflect interaction among chemical constituents as well as interaction in the environs; their interpretation was based on the kriging method and their plot was made with isolines. The same method was used to show the concentrations of inorganic nitrogen and phosphorus as the background for the occurrence of particular forms of inorganic nitrogen and total phosphorus as well.

A great variation is observed in spatial distribution of particular parameters describing the chemistry of waters in first aquifers within the Szczecin agglomeration. No reason for such the situation was found when analysing natural factors. The differentiation in water chemistry testifies that it is the economical activity of humans, which contributes the changes in the environment. A zone with high contents of a number of constituents can be distinguished within the agglomeration under this study. This zone is situated along the Odra River valley. Waters occurring here are of high Total Dissolved Solids and total hardness in addition to high concentrations of sulphates, boron, fluorine, iron and manganese. Deterioration of groundwater quality in this region is connected with the influence of anthropogenic factors. The most polluted groundwaters were documented in densely populated and industrialised areas (Szczecin–Police). Numerous pollution sources are located here, and the effect of the Odra River appears due to its load of pollutants carried down by the surface water from its upper course. Quality of groundwaters in the land belt along the Odra R. improves with the increasing distance northwards and southwards from the centre of the urban-industrial sector.

An area along the Polish-German state border from Kołbaskowo to Dobra makes other zone of degraded waters. However, in this case the conditions of groundwater can be partly explained by natural factors, namely by the occurrence in the bedrock of a formation enriched with $CaCO_3$. The presence of calcium carbonate affects groundwaters so that elevated concentrations of strontium and barium are noted in groundwaters of the border area.

In remaining areas the point-like character of pollution is noted; the pollution is due to elevated concentrations of particular constituents. This testifies that water supply and sewage disposal are beyond control, also, that dumping of wastes is maintained in an improper way. Great hazard can arise from the existance of unauthorised land fills. Hazard is more serious as in many cases it is impossible to identify the reasons of groundwater deterioration.

Other issue is connected with the pollution of agricultural origin; it is reflected by high concentrations of nitrogen compounds in groundwaters. Such areas are situated in the southern and northern sectors of the study area and in places westwards from the Odra R.

In many cases the deterioration of groundwaters covers areas where water-bearing formations are sealed from the surface with sediments of low permeability. High-quality waters, despite the lack of suitable sealing layer, occurs in the area of Wkszańska Forest.

The Szczecin agglomeration is different from other agglomerations in Poland because is situated in the river-mouth, in contact with salty waters of the Baltic Sea. Such conditions are the reason that some constituents of near surface groundwaters occur in increasing concentrations.

Considerations on groundwater chemistry leads to the conclusion that restriction should be imposed on the use of shallow groundwaters in the Szczecin agglomeration. This restriction should be extended, in particular, on industrial-residential area around Szczecin. Increased concentrations of particular constituents in the first-water-bearing layer constitute a warning signal – as the pollutants can migrate to deeper aquifers. The economic activity in the Szczecin area is such that the deterioration of groundwater quality may follow. Attention should be directed to several fundamental factors that may positively improve the current state. The essential threat to groundwaters is exerted by old sewage system in Szczecin and by numerous industrial waste dumping sites. Taking under control the waste and sewage disposal, combined with the process of purification of the Odra R. (being another broad issue) is the prerequisite for lowering the threat to natural environment (including groundwaters).

LITERATURA
REFERENCES

BŁASZCZAK T., 1995 – Raport o stanie środowiska w województwie szczecińskim w 1994 r. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.

BOJAKOWSKA I., 1997 – Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi wód i aluwiów Odry. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

DOBRACKA E., 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, arkusz Tanowo. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

DZIEDZIULA B. (red.), 1975 – Port szczeciński – dzieje i rozwój do 1970 roku. PWN, Warszawa–Poznań.

JAKIMOWICZ-HNATYSZAK K., PASŁAWSKI P., 1996 – Metody analizy wód naturalnych stosowane przez Centralne Laboratorium Chemiczne w badaniach monitoringowych. *Prz. Geol.*, 44, nr 3.

JARZĄBEK H., 1990a – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000, arkusz Pyrzyce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

JARZĄBEK H., 1990b – Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000, arkusz Pyrzyce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

JASNOWSKA J. red., 1993 – Stan środowiska miasta i rejonu Szczecina – zagrożenia i ochrona, Szczec. Tow. Nauk. Szczecin.
KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
KLASYFIKACJA zwykłych wód podziemnych dla potrzeb monitoringu środowiska., 1993, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
KONDRACKI J., 1988 – Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
KOŚCIELNIAK S., ADAMSKI A., BIL J., HAC B., SOBCZYK W., ULMAN-BORTNOWSKA M., 1995 – Wskazówki metodyczne do oceny stopnia zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych produktami ropopochodnymi i innymi substancjami chemicznymi w procesach rekultywacji, PIOŚ, Warszawa.
KOWAL A. L., 1984 – Antropogeniczne zanieczyszczenie wód. W: Pollo I., Ohme J. (red.): Chemiczne zagrożenie środowiska w Polsce. Politech. Lub. Lublin.
LABUDA G. (red.), 1973 – Dzieje Szczecina cztery tomy. PWN, Warszawa–Poznań.
LENARTOWICZ L., 1994 – Atlas geochemiczny Kielc 1:100 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
LIS J., 1991 – Atlas geochemiczny Warszawy 1:100 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
LIS J., 1992 – Atlas geochemiczny Warszawy i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Krakowa i okolic 1:100 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
LIS J., PASIECZNA A., 1995c – Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1:200 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
MATKOWSKA Z., 1988 – Zasoby wód podziemnych niziny szczecińskiej na zachód od Odry. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
MATKOWSKA Z., 1990a – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000, arkusz Dziwnów–Szczecin. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
MATKOWSKA Z., 1990b – Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000, arkusz Dziwnów–Szczecin. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
MATKOWSKA Z., 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, arkusze Międzyzdroje, Nowe Warpno, Police, Racimierz, Szczecin, Świnujście, Wolin. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
MACIOSZCZYK A., 1987 – Hydrogeochemia. Wyd. Geol., Warszawa.
PACZYŃSKI B. (red.), 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski, 1:500 000. Część II. Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
PASIECZNA A., SIEMIĄTKOWSKI J., LIS J., 1996 – Atlas geochemiczny Wałbrzycha i okolic 1:50 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
PIOTROWSKI M., WIĘCEK K., 1978 – Wpływ wieloletniego nawożenia fosforowego na zawartość niektórych mikroelementów w glebach i roślinach. *Roczn. Nauk. Roln.* 103 ser. A.
RAPORT o stanie środowiska w województwie szczecińskim w latach 1995–1996, Biblioteka Monitoringu Środowiska 1997. Warszawa.
ROMAN J., 1978 – Pierwiastki śladowe w badaniach zanieczyszczeń wód podziemnych. *Techn. Posz. Geol.* nr 6.
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. Dz.U. nr 116., Warszawa.
ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 31 maja 1977 r. w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze., Dz.U. nr 18 z 1977 r., poz. 72. Warszawa.
ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 4 maja 1990 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze., Dz.U. nr 35 z 1990 r., poz. 205. Warszawa.
WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1995 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania, t. II, PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

Spis tablic
List of Plates

1. Punkty opróbowania
Sampling points
2. Przewodność elektryczna właściwa/Zawartość makroskładników
Electrical conductivity/Macrocomponents
3. $N–NO_2$, $N–NH_4$, $N–NO_3$/Całkowity azot mineralny
Nitrite Nitrogen, Ammonia Nitrogen, Nitrate Nitrogen/
/Total Inorganic Nitrogen
4. P, B, F/HPO_4
Phosphorus, Boron, Fluorine/Phosphate
5. Cu, Zn/pH
Copper, Zinc/pH
6. Mn, Fe/pH
Manganese, Iron/pH
7. Al/SiO_2
Aluminium, Silica
8. Sr, Ba/Twardość ogólna
Strontium, Barium/Total Hardness

WSTĘP

„Atlas geochemiczny aglomeracji szczecińskiej" w skali 1:200 000 jest kolejnym opracowaniem Państwowego Instytutu Geologicznego z zakresu kartografii geochemicznej obszarów zurbanizowanych. W części II przedstawione zostały zagadnienia dotyczące stanu i jakości wód podziemnych terenów położonych wzdłuż dolnego biegu Odry oraz wokół Zalewu Szczecińskiego.

Dotychczas opublikowane: „Atlas geochemiczny Warszawy 1:100 000" (Lis, 1991), „Atlas geochemiczny Warszawy i okolic 1:100 000" (Lis, 1992), „Atlas geochemiczny Kielc 1:100 000" (Lenartowicz, 1994), „Atlas geochemiczny Krakowa i okolic 1:100 000" (Lis, Pasieczna, 1995a), „Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1:200 000 (Lis, Pasieczna 1995c) i „Atlas geochemiczny Wałbrzycha i okolic 1:50 000 (Pasieczna, Siemiątkowski, Lis, 1996) dotyczyły tylko środowisk powierzchniowych – gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych. Wydawane równocześnie atlasy aglomeracji łódzkiej i szczecińskiej zostały uzupełnione o opracowania dotyczące pierwszego poziomu wodonośnego.

Położenie Szczecina w ujściowej strefie Odry zasiedlonej od wieków, a także bezpośrednie sąsiedztwo Bałtyku, stwarzają specyficzne warunki mogące prowadzić do koncentracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych. Znajomość ich stopnia i zasięgu na obszarze miasta i na terenach przyległych umożliwi zlokalizowanie potencjalnych ognisk zanieczyszczeń oraz ukierunkowanie działań w celu zminimalizowania zanieczyszczeń i ochrony wód. Bardzo ważne jest kontrolowanie chemizmu pierwszego poziomu wodonośnego, ponieważ często traktowany jest on jako podstawowe (lub awaryjne) źródło wody do zaspokojenia potrzeb gospodarczych oraz przemysłowych (głównie dla niewielkich zakładów rzemieślniczych i przemysłowych).

Opróbowanie wód podziemnych przeprowadzono w sezonie letnim 1997 r. Badaniami terenowymi objęto obszar ok. 2000 km^2.

W realizacji części II atlasu brali udział:

- **M. Konieczyńska**[1]**:** udział przy opracowaniu koncepcji i projektu badań;
- **T. Nałęcz**[1]**:** opróbowanie, interpretacja wyników, hydrogeochemia – opracowanie map hydrogeochemicznych i części tekstowej, bazy danych, przetwarzanie danych;
- **M. Toczyski**[1]**:** współpraca przy opróbowaniu;
- **A. Piotrowski**[1]**:** opracowanie historycznego rozwoju Szczecina oraz rozmieszczenia ognisk zanieczyszczeń;
- **Małgorzata Dreger**[1]**, Ewa Grabiec-Raczak**[1]**, Krystyna Hnatyszak**[1]**, Marta Janasz**[1]**, Irena Jaroń**[1]**, Dorota Karmasz**[1]**, Barbara Kudowska**[1]**, Anna Maksymowicz**[1]**, Aleksandra Sztuczyńska**[1]**, Ewa Maciołek**[1] – badania laboratoryjne chemizmu wód;
- **Andrzej Sadurski**[1]**, Aleksandra Macioszczyk**[2]**, Jadwiga Szczepańska**[3]**, Stanisław Witczak**[3] – konsultacja naukowa.

METODYKA

Projekt opracowania II części atlasu, obejmujący zasady opróbowania, zakres oznaczeń laboratoryjnych oraz zasady statystycznego i kartograficznego przedstawienia wyników, przygotowany został przez Państwowy Instytut Geologiczny. Prace laboratoryjne wykonane zostały w całości przez Centralne Laboratorium Chemiczne Państwowego Instytutu Geologicznego. Sondy hydrogeologiczne do poboru próbek wód na terenach, gdzie nie istniały żadne otwory archiwalne wykonała firma SEGI PBG z Warszawy, przy użyciu urządzenia Geoprobe.

Prace terenowe, obejmujące pobranie próbek do badań laboratoryjnych oraz wykonanie analiz wskaźnikowych, przeprowadzone zostały w okresie lipiec–sierpień 1997. Opróbowanie rozpoczęto w części południowej rejonu badań i sukcesywnie postępowano na północ. Wszystkie próbki wody z obszarów przyległych do rzeki Odry zostały pobrane przed przejściem fali powodziowej w 1997 r. Oznaczenia laboratoryjne prowadzone były równolegle z pracami terenowymi, w miarę dostarczania próbek do laboratorium. Wyniki opracowano w I i II kwartale 1998 roku.

ZASADY OPRÓBOWANIA

Opróbowanie wód podziemnych zaprojektowane zostało ze średnią gęstością 1 próbki na 4 km^2. Badaniom podlegał pierwszy (od powierzchni) poziom wodonośny, którego wydajność pozwalała na pobranie próbki, a głębokość występowania zwierciadła wody nie przekraczała 20 m w przypadku istniejących otworów (studnie kopane, wiercone i piezometry) oraz 8–10 m tam, gdzie próbki pobierane były z sond hydrogeologicznych. Obszary, w obrębie których pierwsze zwierciadło wód podziemnych, według danych archiwalnych, położone było niżej niż tak określona strefa rozpoznania, zostały wyłączone z opróbowania.

Informacje dotyczące punktów poboru próbek, ich lokalizacji, głębokości do zwierciadła wody i do dna otworu, głębokości poboru próbki oraz wyniki pomiarów terenowych wpisywano do kart opróbowania pod odpowiednim numerem punktu.

Do lokalizacji punktów poboru próbek w terenie używano map topograficznych w układzie państwowym *1942* w skali 1:50 000 oraz map układzie państwowym *1965* w skali 1:25 000.

Wszystkie istniejące otwory przed pobraniem próbek zostały przepompowane. Ze studni wierconych i piezometrów usuwano co najmniej trzy objętości słupa wody z otworu. Studnie kopane, ze względu na przeważnie słaby dopływ wody, pompowano do usunięcia 1–2 m słupa wody od powierzchni i próbkę pobierano ze strefy nad dnem studni. Do pompowania otworów używano pomp zamontowanych w otworach, a w przypadku ich braku stosowano zestaw MP-1 produkcji amerykańskiej firmy Grundfos lub zestaw pompek Gigant-Whale dostarczony przez holenderską firmę Eijkelkamp.

Przy wyborze studni i piezometrów, jako punktów opróbowania, zastosowano następujące kryteria:
– głębokość występowania zwierciadła wody,
– ujmowany pierwszy (od powierzchni terenu) poziom wodonośny,
– położenie w siatce opróbowania,
– eksploatacja otworu,
– możliwość pobrania próbki wody przed hydroforem (w przypadku istnienia instalacji wodnych),
– zabezpieczenie otworu przed bezpośrednim dopływem zanieczyszczeń z powierzchni terenu,
– możliwość przepompowania otworu (istnienie pompy w studni, możliwość podłączenia pompy do instalacji elektrycznej).

Sondy Geoprobe stawiane były w terenie, w przypadku gdy nie udało się znaleźć odpowiednich otworów. Sonda zakończona filtrem wbijana była aż do znalezienia wody. Następnie otwór pompowano pompką podciśnieniową do czasu, gdy wypływająca woda oczyściła się z zawiesiny (na ogół 10–20 minut). Jeżeli do głębokości 8–10 m nie udało się natrafić na warstwę wodonośną, o dopływie umożliwiającym przeprowadzenie pompowania oczyszczającego i pobór próbki, otwór uznawano za negatywny ze względu na brak możliwości podciągnięcia wody z większej głębokości przy zastosowaniu pompki podciśnieniowej.

Lokalizację sond Geoprobe przeprowadzano według następujących kryteriów:
– położenie w siatce opróbowania,
– możliwie najmniejsza spodziewana głębokość do zwierciadła wody,
– możliwość dojazdu ciężkim sprzętem.

Po przepompowaniu otworu i wykonaniu w terenie pomiarów (patrz podrozdz. Oznaczenia terenowe) pobierano próbki do badań laboratoryjnych. Próbki pobierane były do jednorazowych naczyń polietylenowych i odpowiednio numerowane. W pierwszej kolejności pobierano próbki do oznaczenia stężeń składników anionowych (do butelek o pojemności 125 ml). Do takich samych butelek pobierano wodę do oznaczeń wskaźnikowych. Wodę przeznaczoną do oznaczenia stężeń kationów filtrowano przez filtry Milipore ∅ 0,45 μm do naczyń o pojemności 30 ml i zakwaszano HCl. Podobnie do oddzielnych butelek pobierano próbki do oznaczenia stężeń rtęci. Wszystkie próbki przesyłane były w chłodzonych pojemnikach do laboratorium, w ciągu maksymalnie 5 dni od chwili ich pobrania. Próbki do oznaczeń $N–NH_4$, $N–NO_3$ i Hg trafiały do laboratorium najpóźniej po 20 godzinach od momentu ich pobrania; transportowane były w temperaturze nie przekraczającej 4°C. Aby uniknąć niebezpieczeństwa kontaminacji próbek anionowych chlorkami, butelki z kwasem solnym transportowano w oddzielnych torebkach foliowych.

Do badań wykorzystano próbki wód pobrane ze studni wierconych, których głębokość przekraczała 20 m. Próbki te posłużyły do porównania chemizmu głębszych horyzontów wodonośnych z pierwszym poziomem wód podziemnych. Porównanie takie pozwaliło na szacunkową ocenę wpływu zanieczyszczeń powierzchniowych na głębsze poziomy wodonośne, poprzez kontakt hydrauliczny z pierwszym poziomem.

BADANIA ANALITYCZNE

Badania chemizmu wód podziemnych aglomeracji szczecińskiej prowadzono w trzech etapach:
– pomiary wskaźnikowe parametrów fizykochemicznych wody w otworze,
– terenowe oznaczenia fotometryczne składników nietrwałych (badanie przeprowadzono w laboratorium terenowym w ciągu 12 godzin od chwili poboru próbki),
– laboratoryjne oznaczenia anionów i kationów (przeprowadzono w ciągu 48 godzin od poboru próbki).

Oznaczenia terenowe

Badania w otworze. Po przepompowaniu otworu, do wylotu pompy podłączano komorę przepływową z umieszczonymi czterema czujnikami, umożliwiającymi pomiar temperatury, przewodności elektrycznej właściwej (konduktywności), potencjału utleniająco-redukcyjnego (redoks) oraz stężenia rozpuszczonego tlenu w przepływającej (bez kontaktu z powietrzem) wodzie. Konduktywność mierzono przy pomocy konduktometru CC-317 z automatyczną kompensacją temperatury do 25°C firmy Elmetron lub konduktometru CM-204 z ręczną kompensacją temperatury do 25°C firmy Slandi. Do pomiaru potencjału redox użyto pehametru z możliwością pomiaru potencjału CP-315 firmy Elmetron. Stężenie rozpuszczonego w wodzie tlenu oznaczano miernikiem CX-315 (pehametr/tlenomierz) firmy Elmetron z automatyczną kompensacją temperatury. Ponadto, mierzono również wartości pH pompowanej wody przy użyciu wspomnianego miernika CX-315 z automatyczną kompensacją temperatury do 25°C.

Badania bezpośrednio po pobraniu próbki. Oznaczenia mało trwałych parametrów fizykochemicznych w wodach podziemnych aglomeracji szczecińskiej przeniesiono do laboratorium terenowego. Oznaczenia barwy, zasadowości (w celu wyliczenia na jej podstawie stężenia wodorowęglanów), stężeń azotynów w wybranych próbkach, a także w części próbek – jonu amonowego i azotanów, prowadzono na fotometrze LF 205 firmy Slandi, przy użyciu odczynników Palintest, Riedel-de Haën i WTW. Badania prowadzono najpóźniej po 6–10 godzinach od momentu poboru próbek, które do czasu oznaczania przechowywane były w schłodzonych pojemnikach (tab. I).

Tabela I
Table

Terenowe oznaczenia fotometryczne
Field photometric determinations

Oznaczana cecha lub substancja	Długość fali (nm)	Odczynnik	Dolna granica wykrywalności
Barwa	480	–	9,4 mg Pt/dm^3
Zasadowość	585	Palintest	–
Azotyny	480	Riedel-de Haën	0,02 mg NO_2^-/dm^3
	565	WTW	0,02 mg NO_2^-/dm^3
Fenole	480	Riedel-de Haën	0,1 mg/dm^3
Jon amonowy	635	Riedel-de Haën	0,1 mg NH_4^+/dm^3
Azotany	480	Riedel-de Haën	0,5 mg NO_3^-/dm^3

Analizy laboratoryjne

Laboratoryjne analizy chemiczne obejmowały oznaczenia stężeń:
- składników anionowych: Cl^-, SO_4^{2-}, HPO_4^-, NO_3^-, F^-, Br^- – metodą chromatografii jonowej aparatem HPLC firmy Waters (USA),
- metali: Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn, fosforu całkowitego i krzemionki – metodą atomowej spektrometrii emisyjnej, ze wzbudzeniem w plaźmie indukcyjnie sprzężonej, na spektrometrze ICP Geoplasma 70 Jobin-Yvon (Francja),
- azotu amonowego – metodą spektrofotometryczną (indofenolową) aparatem Cary-1e, z kuwetą przepływową firmy Varian (Australia),
- Hg – automatycznym analizatorem rtęci AMA 254 firmy Altec (Czechy).

Dolne granice wykrywalności dla poszczególnych parametrów, jakie pozwoliły uzyskać zastosowane metody laboratoryjne, przedstawia tabela II.

Oznaczenia stężeń składników anionowych i NH_4^+ przeprowadzano bezpośrednio po otrzymaniu próbek z terenu. Analizy zawartości rtęci wykonywano również zaraz po dostarczeniu próbek, a w przypadku, gdy było to niemożliwe, próbki dodatkowo utrwalano zgodnie z procedurą stosowaną w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG.

Kontrola jakości prac analitycznych w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG przeprowadzana jest w sposób ciągły. Systematycznie stosuje są międzynarodowe materiały referencyjne oraz stałą kontrolę poprzez równoległe wykonywanie poszczególnych oznaczeń różnymi metodami (Jakimowicz-Hnatyszak, Pasławski, 1996).

[1] Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa
[2] Uniwersytet Warszawski, Warszawa
[3] Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Tabela II
Table

Dolna granica wykrywalności uzyskiwana w oznaczeniach laboratoryjnych
Lower detectability limit as obtained in laboratory determinations

Składnik chemiczny	Dolna granica wykrywalności [mg/dm^3]
Metoda chromatografii jonowej	
Cl^-	1
SO_4^{2-}	1
HPO_4^-	1
NO_3^-	0,01
F^-	0,1
Br^-	0,1
Metoda ICP-AES	
Al	0,05
As	0,05
B	0,05
Ba	0,005
Ca	0,1
Cd	0,005
Co	0,005
Cr	0,02
Cu	0,005
Fe	0,01
K	1
Li	0,03
Mg	0,1
Mn	0,002
Mo	0,01
Na	0,2
Ni	0,01
P.	0,2
Pb	0,05
Sr	0,002
SiO_2	0,1
Ti	0,005
V	0,01
Zn	0,01
Metoda spektrofotometryczna	
NH_4^+	0,05
Analizator AMA 254	
Hg	0,001

DOKUMENTACJA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Wyniki badań terenowych zostały zgromadzone na kartach informacyjnych dla poszczególnych punktów opróbowania. Lokalizacja punktów znajduje się na mapach terenowych w skali 1:50 000. Wykorzystując karty informacyjne utworzono bazę danych zawierającą: numer otworu, współrzędne x, y (układ *1942*), numer arkusza, dane właściciela studni, jego adres, głębokość do zwierciadła wody, głębokość do dna, głębokość poboru próbki, rzędną terenu, rzędną zwierciadła wody. Odrębna baza danych powstała dla wyników analiz terenowych i laboratoryjnych. Została ona podzielona na trzy części: aniony, kationy oraz wyniki badań terenowych.

Dane terenowe, zanotowane na kartach opróbowania wprowadzono do bazy, w której poszczególnym elementom przypisano kody liczbowe, zawarte w kartach opróbowania. Baza posłuży do wydzielenia podzbiorów dla obliczeń statystycznych według różnych kryteriów (np. stężenia składników w wodach na terenach miejskich, leśnych itp.).

Bazy danych zapisane zostały w formacie programu dBase III-plus.

METODA PREZENTACJI KARTOGRAFICZNEJ

Pomiary współrzędnych punktów opróbowania w skali 1:50 000 wykonano na stole pomiarowym (dygimetrze) firmy Calcomp przy wykorzystaniu pakietu Arc/Info. Uzyskane w ten sposób współrzędne punktów zostały dopisane do odpowiednich danych tabelarycznych w bazie danych.

Do konstrukcji map użyto komputera klasy PC Pentium 200 MHz, 64 MB RAM. Wykorzystano oprogramowania Surfer 6.01 for Windows. Jedynie mapa zawartości makroskładników, w postaci wykresów kołowych, wykonana została w programie MapInfo 4.0.

Przy opracowywaniu map tematycznych, prezentację wyników oznaczeń dla więcej niż jednego składnika, przedstawiono w postaci koncentrycznych, współśrodkowych okręgów, gdzie natężenie barwy oznacza stężenie składnika. Jednocześnie, stężenia niektórych składników przedstawione są na mapach w postaci izoliniowej. Sposób ten pozwala na równoczesną obserwację i analizę kilku parametrów wód podziemnych. Przy opracowywaniu map izoliniowych wybrano metodę krigingu.

Ze względu na niemożność pobrania próbek z obszaru Międzyodrza (brak dostępu dla ciężkiego sprzętu) zdecydowano się interpolować wyniki na podstawie sąsiednich punktów. Przedstawiony w atlasie obraz tego terenu wymaga dokładniejszych badań w celu sprawdzenia wiarygodności interpolacji.

Prezentowane na mapach przedziały zawartości poszczególnych składników dobierano kierując się wartościami przepisów sanitarnych i zaleceń dla wód podziemnych oraz wyliczonymi wartościami percentyli.

Obliczenia parametrów statystycznych zarówno dla całych zbiorów, jak i podzbiorów, reprezentujących różne rodzaje punktów opróbowania wód podziemnych, wykonano za pomocą programu Microsoft Excel oraz pakietu Statgraphics. Wyliczano średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Inne parametry, takie jak wariancja czy odchylenie standardowe, nie były obliczane, gdyż w przypadku większości omawianych wyników mamy do czynienia z bliżej nieokreślonymi rozkładami przyrodniczymi. Parametry statystyczne zestawiono w tabeli IV.

Przedstawiane na mapach składniki zostały podzielone na siedem grup:

- makroskładniki: aniony (Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_4^-), kationy (K^+, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}) przedstawione w formie wykresów kołowych oraz prezentowana izoliniowo przewodność elektryczna (Tablica 2),
- formy azotu mineralnego: ($N–NO_3$, $N–NH_4$, $N–NO_2$) podano punktowo oraz zawartość całkowitego azotu mineralnego izoliniowo (Tablica 3),
- P, F, B podano punktowo oraz HPO_4 izoliniowo (Tablica 4),
- Zn, Cu podano punktowo oraz pH izoliniowo (Tablica 5),
- Fe, Mn podano punktowo oraz pH izoliniowo (Tablica 6),
- Al podano punktowo oraz SiO_2 izoliniowo (Tablica 7),
- Sr, Ba podano punktowo oraz twardość ogólną izoliniowo (Tablica 8).

CHARAKTERYSTYKA AGLOMERACJI SZCZECIŃSKIEJ

HISTORIA ROZWOJU

Znaleziska archeologiczne sugerują istnienie kilku rozrzuconych osad w okolicy Szczecina już w czasach prehistorycznych. Jako początek istnienia miasta można uznać osadę z połowy VIII wieku położoną na Wzgórzu Zamkowym (Labuda, 1983). Pierwsze pisane wzmianki o mieście pochodzą z roku 992 z regestu papieża Jana XV „Dagome index". W IX–X wieku istniała tu osada rybacka. W następnych wiekach osada rozwijała się, u podnóża Wzgórza Zamkowego powstał port rybacki.

Istotnym momentem w historycznym rozwoju miasta było ustanowienie jego lokalizacji na prawie magdeburskim w 1244 roku. Obszar zwartej zabudowy w obrębie murów utrzymał się jeszcze w następnych wiekach. Kolejny etap rozprzestrzeniania się miasta miał miejsce do roku 1721.

Szczecin otoczony murami i głęboką fosą istniał do 1857 roku. XIX wiek – oznaczał rozwój Szczecina jako ośrodka handlu, żeglugi, przemysłu. Wzrosło wtedy znaczenie portu handlowego. Potrzeby rozwoju gospodarczego miasta, m.in. doprowadzenie kolei, przyczyniły się do rozbiórki murów i zasypania głębokich fos. Nastąpił szybki rozwój Szczecina, zagospodarowane zostały tereny wzdłuż lewego brzegu Odry.

Na przełomie wieków XIX i XX oraz w okresie przed drugą wojną światową zasięg dzielnic mieszkalnych oraz przemysłowych i portowych stał się zbliżony do stanu obecnego (Dziedziula, red., 1975).

W 1939 roku do Szczecina została przyłączona prawobrzeżna dzielnica Dąbie. Lata powojenne to dalszy rozwój Szczecina jako ośrodka przemysłowego. Powstają nowe inwestycje, rozwija się przemysł portowy.

WSPÓŁCZESNE ZAGOSPODAROWANIE TERENU

W skład badanego obszaru wchodzi cała aglomeracja Szczecina wraz z Policami oraz cztery większe miasta: Świnoujście, Międzyzdroje, Wolin i na południu Gryfino. Pozostałe tereny są użytkowane rolniczo lub prowadzona jest na nich gospodarka leśna. Można wyróżnić tu trzy duże kompleksy leśne: Puszcza Bukowa, Puszcza Wkrzańska oraz teren Wolińskiego Parku Narodowego. Występują także mniejsze obszary leśne. W dolinie Odry, na lewym brzegu jeziora Dąbie, znajdują się duże podmokłe nieużytki.

W rejonie miasta Szczecina należy wyróżnić dwie części: przemysłową i mieszkalną. Część przemysłowa już historycznie rozwijała się na nadbrzeżu i Międzyodrzu. Lewy brzeg Odry wykorzystywany jest przez zakłady remontowo-stoczniowe. Znajdują się tu też tereny przemysłowo-składowe, ciągnące się od dzielnicy Pomorzany aż po Police. W północnej części tego obszaru zlokalizowana jest huta żelaza „Szczecin" i cementownia.

Na obszarze Międzyodrza, wzdłuż drogi łączącej lewo- i prawobrzeżną część miasta, zlokalizowane są liczne zakłady przemysłowe i bazy budowlane, m.in. zakłady stoczniowe, zakłady przetwórstwa ryb, bazy paliwowe i inne.

Lewobrzeżna część miasta, poza pasem przybrzeżnym, ma charakter mieszkalny. Można wyróżnić tu centrum z wysoką zabudową i obszary przyległe z zabudową willową.

OGNISKA ZANIECZYSZCZEŃ ZAGRAŻAJĄCE JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH

Jak wspomniano w poprzednich rozdziałach, działalność człowieka na badanym obszarze koncentrowała się od wieków, głównie w obrębie dzisiejszych granic miasta Szczecina. Na tym terenie występuje największe nagromadzenie zakładów przemysłowych, m.in. Huta Szczecin, stocznie „Odra" i „Parnica", Zakład Włókien Chemicznych – „Chemitex–Wiskord", cukrownie: „Kulczewo", „Szczecin" i „Gryfice", fabryka kabli „Załom", fabryka kontenerów „UNIKON", Fabryka Maszyn Budowlanych „BUDOMAR-HYDROMA", Fabryka Maszyn Budowlanych „ZREMB-FAMOBUD", Fabryka Narzędzi „VIS", Fabryka Urządzeń Dźwigowych, zakłady metalowe, Zakłady Papiernicze „Skolwin", Zakłady Chemiczne „Polifarb", Zakłady Przemysłu Cukrowniczego „GRYF", mleczarnia, zakłady mięsne. Wzdłuż lewego brzegu Odry i na Międzyodrzu zlokalizowane są zakłady remontowe i przeładunkowe Stoczni Szczecińskiej.

Należy także zwrócić uwagę na zły stan techniczny kanalizacji Szczecina, która w dużej części wymaga wymiany (Jasnowska, 1993). Sieć kanalizacji ogólnospławnej w Szczecinie powstała w pierwszej i drugiej dekadzie bieżącego stulecia. Po wojnie została rozbudowana w systemie rozdzielczym. Układ hydrograficzny ujściowego odcinka Odry wymusił budowę odrębnych sieci dla Szczecina lewobrzeżnego, Międzyodrza i części prawobrzeżnej. Wszystkie sieci kanalizacyjne Szczecina mają łączną długość 680 km. Ścieki komunalne z aglomeracji szczecińskiej odprowadzane są bezpośrednio od Odry w stanie surowym z niskoefektywnych oczyszczalni (Bojakowska, 1997).

Na północ od Szczecina w Policach, w dolinie Odry, usytuowane jest składowisko fosfogipsów, pochodzących z produkcji pobliskich Zakładów Przemysłu Chemicznego „Police", produkujących kwas fosforowy i nawozy fosforowe. Hałda fosfogipsów ma miąższość około 40 m, w tym 8 m zalega poniżej powierzchni terenu i poziomu wód gruntowych. Składowanie odbywa się na zatorfionym tarasie Odry. W pobliżu zakładów chemicznych zlokalizowane jest także wysypisko odpadów przemysłowych zawierających siarczan żelazowy oraz osady podekarbonizacyjne i podekogulacyjne, pochodzące z zakładów chemicznych. Składowisko składa się z czterech stawów o powierzchni 20 ha. Zlokalizowane zostało na lekko podmokłym terenie, w pobliżu wału ochronnego Odry. Ogólny spływ wód odbywa się do Odry. W okolicach dzisiejszego wysypiska, przed wojną zlokalizowana była fabryka benzyny syntetycznej, po której pozostały tylko ruiny.

Największe zagrożenie dla środowiska stanowią stawy osadowe zakładów chemicznych „Chemitex–Wiskord" zlokalizowane na tarasie zalewowym Odry Wschodniej (Regalicy). Są to zbiorniki ziemne wykonane bez zabezpieczeń przed infiltracją odcieków. Gromadzone są w nich osady ściekowe z oczyszczalni, zawierające znaczne ilości metali ciężkich (głównie cynku). W niektórych zbiornikach znajdują się osady poneutralizacyjne (Błaszczak i in., 1995).

W dolinie Odry zlokalizowano także kilka składowisk odpadów: komunalnych w Szczecinie–Pomorzany i przemysłowych z Huty Szczecin (szlam wielkopiecowy i żużel posodowy). Lokalizacje te są tym bardziej niebezpieczne, że odcieki i inne zanieczyszczenia mogą dostawać się bezpośrednio do Odry.

Należy podkreślić, że jakość wód niesionych przez Odrę jest bardzo zła już w miejscu wpływania jej na omawiany teren. Rzeka ta sama w sobie stanowi zagrożenie dla środowiska, a spowodowane jest to zrzutem różnego rodzaju ścieków w górnym jej biegu. Świadczą o tym badania osadów wodnych, wód powierzchniowych i gruntów (Lis, Pasieczna, 1995b; Bojakowska, 1997).

W dolinie Odry poniżej Gryfina zlokalizowana jest Elektrownia Dolna Odra, na której terenie umieszczone są hałdy popiołów i składowisko odpadów przemysłowych. Elektrownia odprowadza do Odry wody pochłodnicze o temperaturze 60°C w miejscu zrzutu.

Dużym zagrożeniem, szczególnie dla płytko występujących wód podziemnych, są składowiska odpadów komunalnych. Negatywny wpływ na środowisko naturalne mogą mieć także zlokalizowane na zachód od Trzebierzy duże magazyny paliw.

Analizując rozmieszczenie ognisk zanieczyszczeń mogących wpływać na stan środowiska naturalnego, w tym wód podziemnych, należy wspomnieć, że badania prowadzone były w terenie przygra-

nicznym. Niektóre zanieczyszczenia mogą więc pochodzić z obiektów zlokalizowanych na terenie Niemiec (np. z Zakładów Petrochemicznych w Schwedt).

Zaburzenie stanu środowiska wodno-gruntowego mogą powodować refulaty (osady z pogłębiania torów wodnych w Zatoce Pomorskiej, Zalewie Szczecińskim i w korycie Odry) składane w starorzeczach Odry. Osady te mają charakter mułków zawierających domieszkę NaCl; zawarte w nich minerały mogą sorbować inne zanieczyszczenia (np. metale ciężkie).

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA REGIONALNA

Obszar badań pod względem morfologicznym jest częścią niziny Pobrzeża Szczecińskiego (Kondracki, 1988). Jako jednostki niższego rzędu należy uznać wyspy Wolin i Uznam, Równinę Odrzańsko-Zalewową, Wzgórza Szczecińskie i Góry Bukowe.

Badany obszar położony jest na terenie hydrogeologicznego makroregionu zachodniego Niżu Polskiego. Dominująca część terenu badań należy do regionu szczecińskiego. Tylko północno-wschodnia część wyspy Wolin należy do regionu kołobrzesko-pomorskiego. Granica pomiędzy regionami wyznaczona jest zgodnie z zasięgiem występowania osadów kredy i jury pod powierzchnią czwartorzędową. W obrębie regionu szczecińskiego wyróżniono dwa podregiony: woliński oraz doliny dolnej Odry (Paczyński red., 1995). Podregion woliński obejmuje obszary występowania skał kredy górnej bezpośrednio pod pokrywą czwartorzędową.

W podregionie wolińskim w kierunku południowo-wschodnim pojawia się wodonośny poziom kredowy (Przybiernów). Poziom kredowy stanowi równorzędne dla czwartorzędowego źródło zaopatrzenia w wodę w okolicy Nowego Warpna. W utworach kredowych, występujących na wyspach Uznam i Wolin, spotykamy wody mineralne. Są to wody chlorkowo-sodowe, jodkowe i bromkowe. Wydajność ujęć wód podziemnych zależna jest od stopnia spękania skał. Mineralizacja wód w Świnoujściu wynosi od 34 do 50 g/dm^3, a na wyspie Wolin ok. 1 g/dm^3. Wody mineralne wykorzystywane są w celach leczniczych przez uzdrowisko w Świnoujściu.

W okolicach Kołbaskowa użytkowany jest poziom trzeciorzędowy (Matkowska, 1990). Poziom tego samego wieku występuje także we wschodniej części terenu badań, gdzie nie jest jednak wykorzystywany. Wody w utworach trzeciorzędu znane są także z południowej części terenu badań – z rejonu Gryfino–Żelisławiec–Banie (Jarząbek, 1990a, b). Jednakże głównym poziomem użytkowym jest tam poziom czwartorzędowy składający się z dwóch warstw wodonośnych. Częściej ujmowana jest warstwa występująca głębiej.

Główny poziom wodonośny w regionie szczecińskim związany jest z utworami czwartorzędowymi. Czwartorzędowy poziom wodonośny występuje powszechnie nie tworząc ciągłego systemu. Stanowi on podstawowy użytkowy poziom wodonośny. Na przeważającym obszarze głębokość występowania warstw wodonośnych waha się od kilku do 40 m. W rejonie Wzgórz Warszewskich i Gór Bukowych głębokość występowania zwierciadła wód podziemnych dochodzi nawet do 100 m. Utwory czwartorzędowe mają miąższość od kilkudziesięciu do 100 m. Zwierciadło poziomu czwartorzędowego ma charakter swobodny, miejscami występują wody pod ciśnieniem.

W regionie kołobrzesko-pomorskim główny użytkowy poziom wodonośny występuje w utworach plejstocenu. Są to głównie wody o zwierciadle swobodnym, na głębokości od kilku do kilkunastu metrów.

SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Istotnym czynnikiem wpływającym na warunki hydrogeologiczne czwartorzędowego systemu wodonośnego na badanym terenie jest dolina Odry. Rozdziela ona obszar na dwie części – wschodnią i zachodnią. Stanowi także podstawę drenażu dla wód podziemnych obszarów wschodniego i zachodniego.

Czwartorzędowy system wodonośny obszarów na zachód od Odry charakteryzuje się dużą zmiennością form i struktur. W rejonie tym Matkowska (1988) wydzieliła sześć jednostek hydrogeologicznych:

I. Równina rzeczno-rozlewiskowa
II. Zlewnia Gunicy
III. Wzgórza warszewskie
IV. Kopalna struktura dolinna Pilichowa
V. Wysoczyzna Kołbaskowa
VI. Dolina Odry.

W obrębie wydzielonych jednostek mamy do czynienia z wyraźnym zróżnicowaniem warunków hydrogeologicznych w płytko występujących warstwach. Poniżej scharakteryzowane zostały poszczególne jednostki:

I. **Równina rzeczno-rozlewiskowa** – w granicach tej jednostki występują cztery poziomy wodonośne związane z utworami czwartorzędu (od zlodowacenia południowopolskiego do północnopolskiego). Pierwszy poziom napotkano w serii piaszczystej zlodowacenia północnopolskiego. Charakteryzuje się on zwierciadłem swobodnym występującym na głębokości od 2 do 5 m. Wody podziemne zasilane są bezpośrednio przez infiltrujące wody opadowe. Brak izolacji czyni ten poziom bardzo podatnym na zanieczyszczenia powierzchniowe. Spływ wód podziemnych odbywa się w kierunku cieków powierzchniowych (rzeka Karpina), a podstawową bazą drenażu jest Zalew Szczeciński i Odra. Drugi poziom wodonośny, występujący poniżej, nie tworzy jednolitej warstwy, lecz kontynuuje się w obrębie jednostki dolin kopalnych Pilichowa.

II. **Zlewnia Gunicy** – warstwa przypowierzchniowa stanowi tu kontynuację pierwszego poziomu z obszaru równiny rzeczno-rozlewiskowej. Częściowo odkryta jest miejscem bezpośredniego zasilania infiltracyjnego, ale też przenikania zanieczyszczeń.

III. **Wzgórza warszewskie** – ta wyróżniająca się w krajobrazie jednostka, stanowi platformę zaburzoną glacitektonicznie w okresie stadiału północnomazowieckiego a następnie przemodelowaną i nadbudowaną w okresie stadiału głównego najmłodszego zlodowacenia. Wzgórza zbudowane są z utworów słaboprzepuszczalnych (gliny, iły), stanowiących izolację dla występujących poniżej trzech poziomów wodonośnych w utworach piaszczystych. Poszczególne poziomy znajdują się we wzajemnym kontakcie hydraulicznym, mają także połączenie z systemem dolin występujących od zachodu oraz z doliną Odry od południa. Szeroko wcięte dolinki postglacjalne nadają wzgórzom warszewskim krajobraz młodoglacjalny. Dolinki, wykorzystywane przez źródła obficie wypływające z ich zboczy, stanowią bazę drenażu dla wód podziemnych.

IV. **Kopalna struktura dolinna Pilichowa** – struktura ta składa się z szeregu dolin i rynien kopalnych. Najlepiej zbadana jest rynna Pilichowa, która stanowi zasobną strukturę hydrogeologiczną, drenującą wody z otaczających utworów wodonośnych. Ta głęboko wcięta rynna subglacjalna wypełniona jest utworami o dużej zmienności frakcyjnej od piasków drobnoziarnistych do żwirów. Można wyróżnić tu dwa kompleksy wodonośne będące kontynuacją poziomów z jednostki I. Spływ wód podziemnych odbywa się w kierunku doliny Odry.

V. **Wysoczyzna Kołbaskowa** – jednostka ta ograniczona jest od północy kopalną strukturą dolinną Pilichowa, a od wschodu doliną Odry. Granica zachodnia została ustalona sztucznie, wraz z przebiegiem granicy państwa. W utworach czwartorzędowych występują tu piętrowo cztery poziomy wodonośne, z czego tylko pierwszy występuje na prawie całym obszarze. Głębokość pierwszego poziomu wód uzależniona jest od wysokości powierzchni terenu, gdyż zwierciadło oscyluje wokół poziomu morza. Wody występują pod ciśnieniem, wywołanym praktycznie nieprzepuszczalnymi glinami zwałowymi w nadkładzie. Badania izotopów stabilnych i trytu potwierdzają, że gliny te stanowią dobrą izolację. Brak trytu świadczy o braku współczesnego zasilania. Poziom ma połączenie z serią aluwialną doliny Odry.

VI. **Dolina Odry** – jednostka ta ma kluczowe znaczenie dla krążenia wód w systemie hydrogeologicznym badanego obszaru. Stanowi ona bazę drenażu dla szeregu rozciętych przez nią i bardzo rozległych struktur sąsiednich, a jednocześnie – ze względu na swą znaczną pojemność wodną i wielkość przepływów – spełnia ona rolę struktury zasilającej (Matkowska, 1988). Na powierzchni występują słaboprzepuszczalne utwory organiczne (mułki i torfy). Swobodne zwierciadło wód podziemnych występuje płytko pod powierzchnią w utworach drobno- i średnioziarnistych, frakcjonowanych piasków, przechodzących głębiej w utwory piaszczysto-żwirowe. Miąższość utworów wodonośnych dochodzi do 40 m.

Poziom czwartorzędowy w obszarze na wschód od doliny Odry jest słabiej rozpoznany hydrogeologicznie.

W południowej części badanego terenu, w rejonie Gryfino–Żelisławiec–Banie, przebiega dział wód podziemnych. Zachodnia część tego rejonu drenowana jest przez Odrę, a w części wschodniej odpływ wód podziemnych odbywa się do jeziora Miedwie znajdującego się na wschód od badanego obszaru. Czwartorzędowy poziom wodonośny w tym rejonie występuje na różnej głębokości. Miejscami stwierdzono brak warstwy wodonośnej do 120–160 m. Utwory wodonośne są w przeważającej części izolowane od powierzchni terenu warstwą glin zwałowych.

W rejonie Puszczy Bukowej poziom czwartorzędowy jest nieciągły i bardzo słabo rozpoznany. Występuje na dużych głębokościach. Spływ wód podziemnych odbywa się, podobnie jak na terenach przyległych, w kierunku Jeziora Miedwie, tylko obszary zachodnie drenowane są przez dolinę Odry.

Poziom przypowierzchniowy występujący po wschodniej stronie Zalewu Szczecińskiego charakteryzuje się podobnymi warunkami hydrogeologicznymi jak równina rzeczno-rozlewiskowa po stronie zachodniej. Są to obszary tarasów zalewowego i nadzalewowego. Swobodne zwierciadło występuje na głębokości od kilku do kilkunastu metrów. Na powierzchni, podobnie jak w dolinie Odry, występują słaboprzepuszczalne utwory organiczne, mułki i torfy o miąższości od 2 do 6 m, stanowiące izolację dla zanieczyszczeń. Wschodnia część rejonu nie jest izolowana od powierzchni. Tereny te stanowią obszary zasilania. Zwierciadło wód podziemnych jest łagodnie nachylone w kierunku Zalewu Szczecińskiego stanowiącego bazę drenażu.

Północna część badanego terenu obejmuje wyspy Wolin i Uznam. Stanowią one unikatowe w skali kraju jednostki hydrogeologiczne, ze względu na izolację i położenie w ujściu Odry oraz płytkie zasolenie wód podziemnych (Matkowska, 1990a, b). Podwyższona zawartość chlorków w wodach podziemnych spowodowana jest sąsiedztwem Bałtyku. Geneza zasolenia może być dwojaka: ingresja lub ascenzja wód słonych.

Główny poziom użytkowy na obszarze wysp tworzą dwie bądź trzy warstwy wodonośne.

*
* *

Pełny obraz stanu środowiska wód podziemnych można uzyskać dopiero po łącznym zinterpretowaniu warunków naturalnych i wpływu czynników antropogenicznych.

Główną rolę kształtującą stosunki wodne na badanym terenie odgrywa dolina Odry. Z tego powodu jest to obszar, który powinien podlegać szczególnej ochronie. Niestety wody Odry niosą różnego rodzaju zanieczyszczenia wprowadzane w górnym biegu rzeki. W rejonie badań, w strefie doliny lub bezpośrednio na jej obszarze, zlokalizowana jest duża część potencjalnych ognisk zanieczyszczeń położonych głównie na terenie miasta Szczecina. Z tych względów dolinę Odry należy zaliczyć do obszaru o dużym stopniu zagrożenia wód podziemnych.

Wody podziemne w południowej części obszaru, na zachód od Odry, występują w warstwach izolowanych od powierzchni glinami zwałowymi. Warstwa izolująca zmniejsza możliwość degradacji wód zanieczyszczeniami rolniczymi z pól uprawnych, które stanowią główny rodzaj zagospodarowania terenu. W kierunku północnym wykorzystanie terenu zmienia się; przewagę stanowią tu obszary leśne. Pomimo braku warstwy izolacyjnej w północnej części obszarów, na zachód od Odry, niebezpieczeństwo zanieczyszczenia wód jest zatem niewielkie.

Zagrożenie dla płytko występujących wód podziemnych, na obszarach na wschód od Odry, stanowią zanieczyszczenia rolnicze wywołane nieumiejętną gospodarką nawozami sztucznymi i środkami ochrony roślin. Szczególnie narażone są tereny, na których brak jest warstwy izolującej zwierciadło wód od powierzchni terenu. Utwory piaszczyste występują na powierzchni w okolicach Racimierza i na zachód od tej wsi.

CHARAKTERYSTYKA CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH

Chemizm badanych wód charakteryzuje się dużą zmiennością, nie będącą wynikiem zróżnicowania naturalnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Na podstawie stężeń makroskładników udokumentowano występowanie 70 klas wód, z których przykładowe przedstawia tabela III. Taka ilość potwierdza nienaturalne relacje między makroskładnikami. Najczęściej są to wody trójjonowe, wapniowo-wodorowęglanowo-siarczanowe oraz dwujonowe wodorowęglanowo-wapniowe i wapniowo-wodorowęglanowe.

Poniżej scharakteryzowane zostały poszczególne parametry hydrogeochemiczne wód podziemnych badanego terenu. Podano rozkłady częstości występowania oraz zakres i średnią wartość, tak wód podziemnych całego obszaru, jak i dla poszczególnych rodzajów punktów opróbowania, których lokalizacja, konstrukcja i sposób eksploatacji (w przypadku istniejących otworów) może mieć wpływ na lokalne zmiany fizyczno-chemiczne w wodach podziemnych. Jako wartość średnia podana jest na ogół średnia geometryczna, gdyż parametr ten, mniej obarczony wpływem wartości ekstremalnych od średniej arytmetycznej, lepiej charakteryzuje badaną populację. Wszystkie parametry statystyczne zestawiono w tabeli IV.

Tabela III
Table

Klasy hydrochemiczne wód podziemnych w aglomeracji szczecińskiej (według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego, zmodyfikowanej*)
Hydrochemical classes of groundwaters in the Szczecin agglomeration (according to Szczukariev-Prikłoński, modified)

Klasa	Liczba oznaczeń
Wody dwujonowe	77
HCO_3–Ca	54
Ca–HCO_3	19
SO_4–Ca	4
Najczęściej występujące wody trójjonowe	194
Ca–HCO_3–SO_4	120
HCO_3–Ca–K	18
Ca–SO_4–HCO_3	11
HCO_3–Ca–SO_4	11
HCO_3–Ca–Na	11
HCO_3–Ca–Mg	6
HCO_3–Na–Ca	4
HCO_3–K–Ca	3
Najczęściej występujące czterojonowe	83
HCO_3–Ca–SO_4–K	9
HCO_3–Ca–K–SO_4	9
HCO_3–Ca–Na–Cl	8
Ca–HCO_3–SO_4–Cl	7
Ca–HCO_3–Cl–SO_4	6
HCO_3–Ca–Na–SO_4	5
Ca–HCO_3–SO_4–Na	4
HCO_3–K–Ca–SO_4	3
HCO_3–Ca–K–Na	3
Ca–SO_4–HCO_3–Cl	3
Wody pięciojonowe	29
HCO_3–Ca–K–SO_4–Na	2
Ca–HCO_3–Na–Cl–SO_4	2
HCO_3–Ca–K–SO_4–Cl	2
HCO_3–Ca–Na–Cl–SO_4	2
Ca–HCO_3–Cl–SO_4–Na	2
Ca–HCO_3–SO_4–Na–Cl	2
Ca–HCO_3–SO_4–Cl–Na	2
Wody sześciojonowe	2
HCO_3–Ca–SO_4–Na–Cl–K	1
HCO_3–K–Cl–Ca–Na–SO_4	1

* Uwzględniono aniony występujące w ilości powyżej 20% miliwali anionów i kationy w ilości powyżej 20% miliwali kationów. Kolejność według malejącej zawartości składników.

Dla porównania przytoczono zakresy typowych wartości poszczególnych parametrów hydrogeochemicznych w czystych wodach podziemnych Polski (tło hydrogeochemiczne) według katalogu Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Witczak, Adamczyk, 1995) oraz zakresy według przepisów sanitarnych dotyczących wód pitnych i na potrzeby gospodarcze (Rozporządzenie MZiOS..., 1977, Rozporządzenie MZiOS..., 1990). Sporadycznie przytoczono wartości charakterystyczne z innych źródel.

PARAMETRY OGÓLNE

BARWA

Tabela IV, figura 1

Wartości dla wód podziemnych (mg Pt/dm^3):

– ze wszystkich punktów opróbowania	<9,4–383;	średnio 11,9
– ze studni kopanych	<9,4–383;	średnio 12,9
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<9,4–168;	średnio 10,4
– ze studni wierconych (>20 m)	<9,4–200;	średnio 11,1
– z sond hydrogeologicznych	<9,4–383;	średnio 11,8
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		5–20 mg Pt/dm^3
Dopuszczalna zawartość*		20 mg Pt/dm^3

* Najwyższa dopuszczalna zawartość substancji rozpuszczonych według przepisów sanitarnych dla wód pitnych.

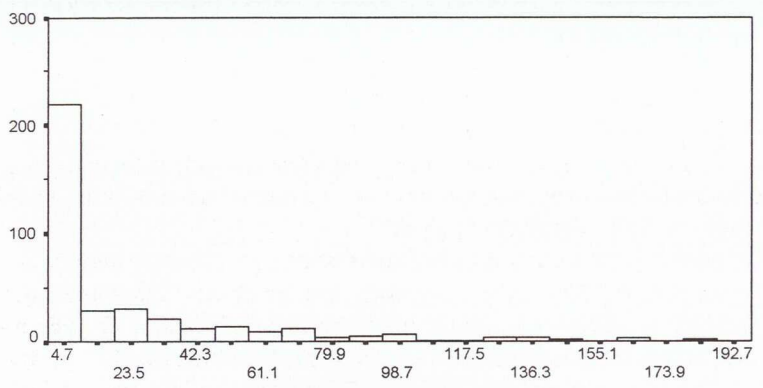


Fig. 1.
Rozkład częstości barwy
Frequency distribution of colour

Obowiązujące przepisy sanitarne dopuszczają do używania do celów pitnych i gospodarczych wody o barwie nie przekraczającej 20 mg Pt/dm^3. Wartości poniżej tej granicy wykazuje 65,5% badanych wód. Zabarwienie wód podziemnych może być spowodowane zwiększoną zawartością substancji organicznej, soli mineralnych lub ściekami.

ODCZYN WODY pH

Tablica 5 i 6, tabela IV, figura 2

Wartości dla wód podziemnych:

– ze wszystkich punktów opróbowania	4,58–10,36;	średnio 6,89
– ze studni kopanych	5,73–10,36;	średnio 6,99
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	5,92– 8,5;	średnio 7,18
– ze studni wierconych (>20 m)	6,39– 7,82;	średnio 7,18
– z sond hydrogeologicznych	4,58– 7,79;	średnio 6,49
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		6,5–8,5
Dopuszczalna wartość		6,5–8,5

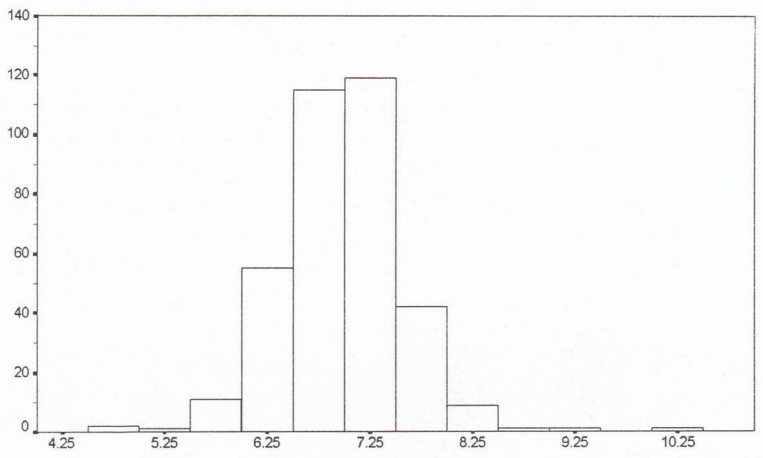


Fig. 2.
Rozkład częstości pH
Frequency distribution of pH

Na badanym obszarze ujemny logarytm jonów wodorowych pH waha się w przedziale 4,58–10,36. Większość wód wykazuje odczyn zbliżony do obojętnego pH = 7 (podział wg Pazdro, Kozerski, 1990). Średnia wartość pH dla wód podziemnych aglomeracji szczecińskiej wynosi 6,89. Wody słabo zasadowe (pH w przedziale 7–9) występują na zachód od Tanowa oraz w okolicach Gryfina. Na terenie Puszczy Wkszańskiej przeważają wody słabo kwaśne (pH w przedziale 5–7), przechodzące w kwaśne (pH<5) na niewielkim obszarze. Wody słabo kwaśne występują także na północ od Polic, na tarasie zalewowym na południe od Stępnicy oraz w okolicy Świnoujścia. Występowanie wód o odczynie kwaśnym może być spowodowane, szczególnie na obszarach tarasów doliny Odry, zawartością substancji organicznej w profilu glebowym. Źródla niskich zawartości pH na terenie Puszczy Wkszańskiej należy szukać w zanieczyszczeniach antropogenicznych, gdyż na tym samym obszarze stwierdzono podwyższone stężenia litu i niklu.

MINERALIZACJA OGÓLNA

Tablica 2, tabela IV, figura 3

Wartości dla wód podziemnych (mg/dm^3):

– ze wszystkich punktów opróbowania	95,7–3591,7;	średnio 639,8
– ze studni kopanych	159,1–2577,8;	średnio 758
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	168,5–1667,4;	średnio 515,4
– ze studni wierconych (>20 m)	154,9– 905;	średnio 491,8
– z sond hydrogeologicznych	95,7–3591,7;	średnio 524
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		200–500 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość		800 mg/dm^3

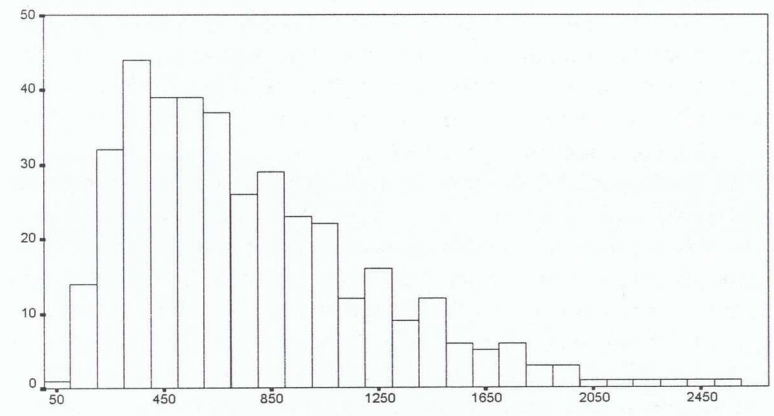


Fig. 3.
Rozkład częstości mineralizacji ogólnej
Frequency distribution of Total Dissolved Solids

Mineralizację ogólną wód podziemnych obliczono sumując stężenia wszystkich oznaczonych składników. Wody słodkie (wg klasyfikacji Pazdro, Kozerski, 1990) występują na obszarze Puszczy Wkszańskiej, na przeważającej części terenów na wschód od jeziora Dąbie i Zalewu Szczecińskiego oraz na wyspach Wolin i Uznam. Na pozostałych obszarach notowane są wysokie wartości, powyżej 800 mg/dm^3. Występują one w południowej części obszaru wzdłuż granicy od Kołbaskowa do Dobrej oraz w strefie wzdłuż Odry. Strefa wzdłuż Odry obejmuje tereny zurbanizowane Szczecina i Polic oraz kontynuuje się na północ wzdłuż wschodniego brzegu jeziora Dąbie i Zalewu Szczecińskiego dochodząc także do obszaru wokół Dźwiny.

Wartości mineralizacji ogólnej powyżej 1000 mg/dm^3 związane są z występowaniem w wodach podziemnych na tych obszarach wysokich zawartości siarczanów i węglanów. Wartość maksymalną (3592 mg/dm^3) stwierdzono w próbce wody pobranej na Wyspie Puckiej.

PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA WŁAŚCIWA

Tablica 2, tabela IV, figura 4

Wartości dla wód podziemnych (mS/cm):

– ze wszystkich punktów opróbowania	0,17–3,65;	średnio 0,95
– ze studni kopanych	0,19–3,65;	średnio 1,12
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	0,22–2,66;	średnio 0,80
– ze studni wierconych (>20 m)	0,31–1,53;	średnio 0,80
– z sond hydrogeologicznych	0,17–3,56;	średnio 0,68
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0,20–0,70 mS/cm

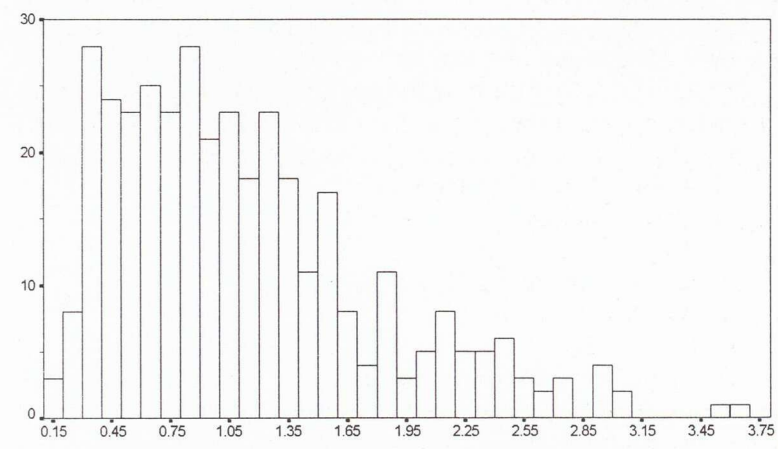


Fig. 4.
Rozkład częstości przewodności elektrycznej właściwej
Frequency distribution of specific electrolitical conductance

Przewodność elektryczna właściwa określa zdolność wody do przewodzenia prądu elektrycznego. Jej wartość zależy od ilości rozpuszczonych soli. Pomiary przewodności pozwalają z dużym przybliżeniem określić wartość mineralizacji wody (Pazdro, Kozerski 1990). Zróżnicowanie występowania tego parametru związane jest głównie z wpływem czynników antropogenicznych. Najwyższe wartości występują na obszarach intensywnie wykorzystywanych przez człowieka. Badania w obszarze aglomeracji szczecińskiej potwierdziły ogólnie znaną zależność wysokiej korelacji przewodności właściwej i mineralizacji ogólnej wód podziemnych.

Wysokie wartości przewodności, powyżej średniej 0,95 mS/cm, występują na obszarach południowej części badanego terenu. Należy wyróżnić także pas wysokich wartości wzdłuż Odry i jeziora Dąbie (w którego skład wchodzi Szczecin), kontynuujący się na północ wzdłuż lewego brzegu Zalewu Szczecińskiego i wokół Dźwiny. Najniższe wartości przewodności występują na terenie Puszczy Wkszańskiej, gdzie średnia dla terenów leśnych jest o połowę niższa niż stężenia na pozostałym obszarze oraz w okolicy Świnoujścia.

TWARDOŚĆ OGÓLNA

Tablica 8, tabela IV, figura 5

Wartości dla wód podziemnych (mg $CaCO_3$/dm^3):

– ze wszystkich punktów opróbowania	0–1144;	średnio 261,2
– ze studni kopanych	0–1070;	średnio 278,8
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	0– 678;	średnio 239,2
– ze studni wierconych (>20 m)	83– 498;	średnio 217,3
– z sond hydrogeologicznych	66–1144;	średnio 249,7
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		100–400 mg $CaCO_3$/dm^3
Dopuszczalna zawartość		500 mg $CaCO_3$/dm^3

Najniższe wartości twardości ogólnej występują na terenie Puszczy Wkszańskiej i w okolicach Nowego Warpna. Średnia wartość dla obszarów leśnych, 166,9 mg $CaCO_3$/dm^3, jest znacznie niższa od średniej całej populacji, która wynosi 261,2 mg $CaCO_3$/dm^3. Na przeważającej części badanego obszaru występują wody o twardości ogólnej

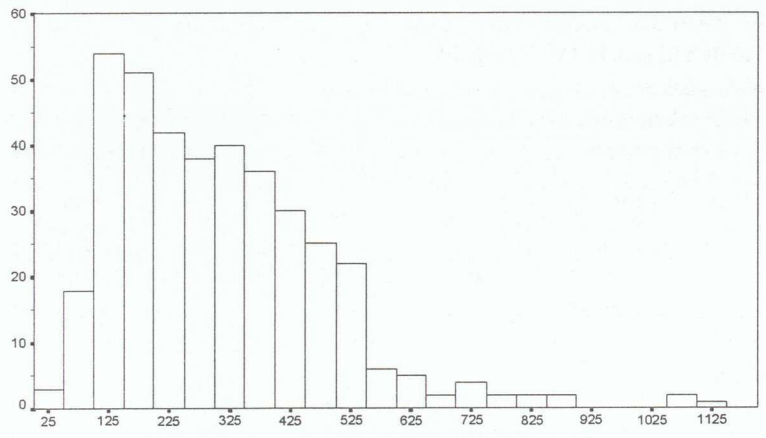


Fig. 5.
Rozkład częstości twardości ogólnej
Frequency distribution of total hardness

z przedziału 100–500 mg $CaCO_3/dm^3$, zaliczane do wód średnio twardych i twardych (podział wg Pazdro, Kozerski, 1990). Wysokie wartości stwierdzono w wodach na Wyspie Puckiej, w okolicach Polic oraz w rejonach na południowy zachód od Szczecina. Maksymalną wartość twardości ogólnej stwierdzono w próbce wody z Polic.

Rozkład przestrzenny twardości ogólnej pokrywa się z występowaniem wapnia, co potwierdza ogólnie znana zasadę, że sole tego pierwiastka wraz z solami magnezu mają podstawowe znaczenie dla twardości wody.

Eh POTENCJAŁ UTLENIAJĄCO-REDUKCYJNY

Tabela IV, figura 6

Wartości dla wód podziemnych (mV):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	–274 — +242; średnio 25*
– ze studni kopanych	–274 — +242; średnio 79*
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	–200 — +169; średnio –29*
– ze studni wierconych (>20 m)	–139 — +91; średnio –64*
– z sond hydrogeologicznych	–262 — +162; średnio –70*
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	–50 — +400 mV

* Podano średnią arytmetyczną.

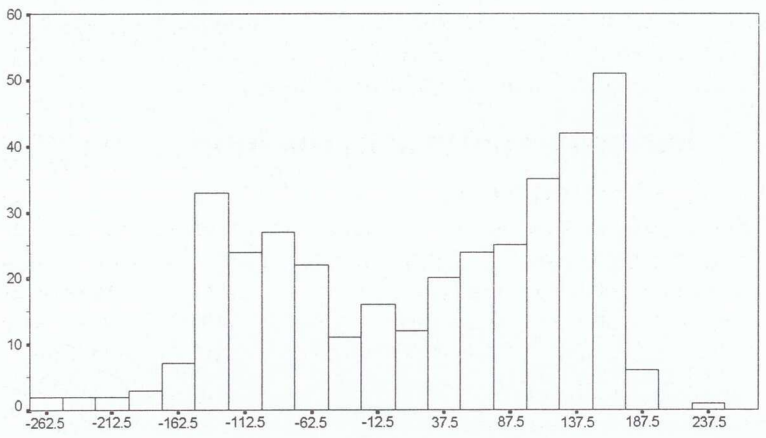


Fig. 6.
Rozkład częstości potencjału utleniająco-redukcyjnego
Frequency distribution of oxidation and reduction potential

Dla określenia rzeczywistego potencjału utleniająco-redukcyjnego panującego w wodach podziemnych badanego terenu wyselekcjonowano punkty oceny tego parametru, w których wody nie mają bezpośredniego kontaktu z powietrzem. Kontakt taki, z powodu silnie potencjałotwórczego działania tlenu występującego w powietrzu, całkowicie zmienia warunki panujące w samej warstwie wodonośnej, stąd mimo pompowania, bardzo wysokie potencjały mierzono w studniach kopanych.

Warunki redukcyjne wód podziemnych stwierdzono w pasie od Szczecina do Polic, w okolicy Tanowa, w okolicy Świnoujścia oraz na wschód od jeziora Dąbie i Zalewu Szczecińskiego. Na wspomnianych obszarach próbki pobierane były z sond lub studni wierconych. Jednoznaczne określenie potencjału Eh na pozostałych terenach jest niemożliwe, ze względu na kontakt lustra wody w studniach z powietrzem. Występowanie warunków utleniających związane jest z terenami, gdzie warstwa wodonośna nie jest izolowana od powierzchni warstwami słaboprzepuszczalnymi.

TLEN ROZPUSZCZONY

Tabela IV, figura 7

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	0–20,4; średnio 1,46
– ze studni kopanych	0–20,4; średnio 1,69
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	0–11,6; średnio 1,31
– ze studni wierconych (>20 m)	0–5,42; średnio 0,28
– z sond hydrogeologicznych	0–9,6; średnio 1,08
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–5 mg/dm³

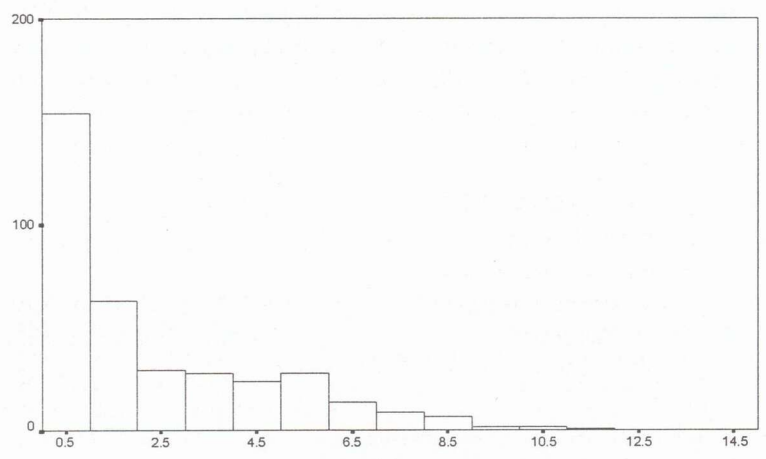


Fig. 7.
Rozkład częstości tlenu rozpuszczonego
Frequency distribution of dissolved oxygen concentrations

Wysokie wartości tlenu rozpuszczonego obserwowane są w studniach kopanych, gdzie woda ma bezpośredni kontakt z powietrzem. Średnie wartości tlenu rozpuszczonego zmniejszają się w sondach i studniach wierconych, gdzie odpowiednio wynoszą 1,08 i 1,31 mg/dm³.

MAKROSKŁADNIKI

Cl^- CHLORKI

Tablica 2, tabela IV, figura 8

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	2,68–701; średnio 33,29
– ze studni kopanych	2,77–333; średnio 39,62
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	6,47–701; średnio 30,77
– ze studni wierconych (>20 m)	10,6 – 76,9; średnio 31,04
– z sond hydrogeologicznych	2,68–288; średnio 23,03
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	2–60 mg/dm³
Dopuszczalna zawartość	300 mg/dm³

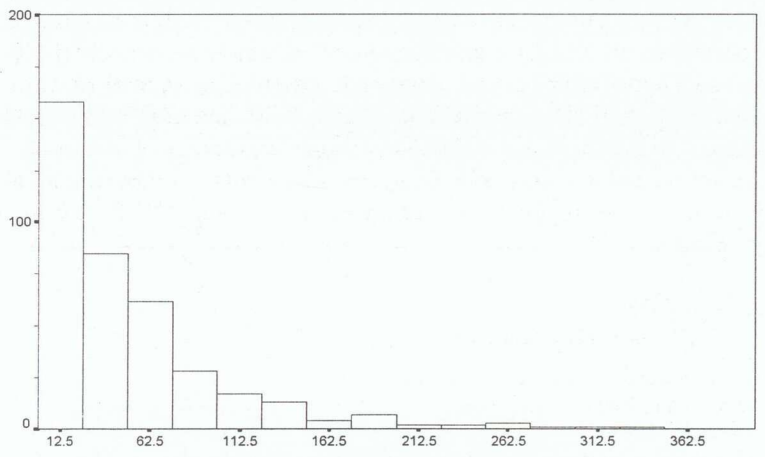


Fig. 8.
Rozkład częstości stężeń chlorków
Frequency distribution of sulphate concentrations

Skala opracowania nie pozwoliła na uchwycenie wpływu wód morskich na chemizm wód pierwszego poziomu wodonośnego w północnej części badanego obszaru. Pomimo, że prawie wszystkie chlorki są łatwo rozpuszczalne w wodzie, przeciętne zawartości jonu Cl^- w próbkach z okolic Szczecina są niskie – do 60 mg/dm³, charakterystyczne dla wody o najwyższej jakości. Wody o stężeniach do 200 mg/dm³ występują w pasie nadbrzeżnym Zalewu Szczecińskiego oraz po obu stronach Świny i Dźwiny. Podwyższenie zawartości można wiązać z bezpośrednim kontaktem wód podziemnych z wodami słonymi wlewającymi się do stref ujściowych rzek w okresach sztormowych. W południowej części obszaru obserwuje się nieznaczny wzrost stężeń chlorków – do 200 mg/dm³, co może być częściowo związane z ascenzją wód słonych z podłoża.

Wysokie stężenia chloru, przekraczające 300 mg/dm³, występują na terenach podmokłych Zalewu Szczecińskiego, na wyspie Wolin na lewym brzegu Dźwiny skąd pobrano jedną próbkę. Maksymalną zawartość chlorków stwierdzono w próbce wody z PGR Bolesławice (701 mg/dm³).

Podwyższone stężenia chlorków mogą pochodzić z kontaktu wód podziemnych z zanieczyszczeniami niesionymi przez Odrę. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zasolenia wód tej rzeki (Kowal, 1984). Chlorki w wielu przypadkach mogą mieć pochodzenie antropogeniczne, gdyż we wszystkich ściekach przemysłowych i gospodarczych występują wysokie ich stężenia.

SO_4^{2-} SIARCZANY

Tablica 2, tabela IV, figura 9

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<1–1616; średnio 71,87
– ze studni kopanych	<1– 623; średnio 92,19
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<1– 480; średnio 43,26
– ze studni wierconych (>20 m)	<1– 267; średnio 34,47
– z sond hydrogeologicznych	<1–1616; średnio 70,7
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	5–60 mg/dm³
Dopuszczalna zawartość	200 mg/dm³

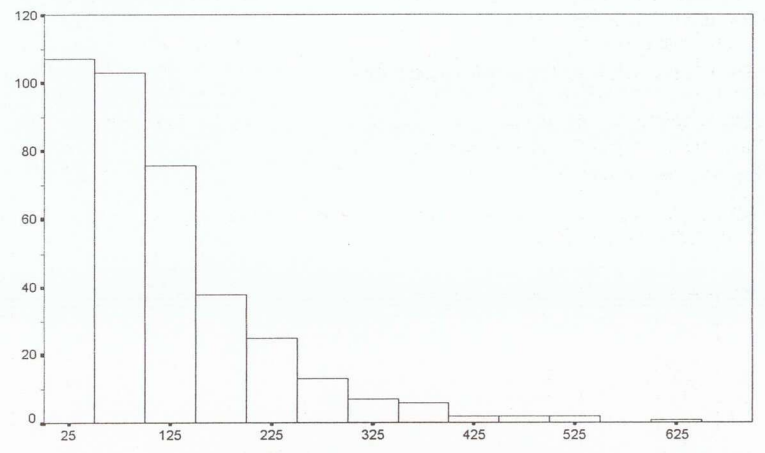


Fig. 9.
Rozkład częstości stężeń siarczanów
Frequency distribution of bicarbonate concentrations

W obrazie kartograficznym widoczne jest zróżnicowanie zawartości siarczanów w wodach podziemnych. Najwyższe zawartości występują w pasie przybrzeżnym wzdłuż Odry i na prawym brzegu Zalewu Szczecińskiego. Wody o wysokich stężeniach SO_4 występują wzdłuż granicy polsko-niemieckiej od Kołbaskowa do Dobrej. Na pozostałych terenach zawartości tego składnika zazwyczaj nie przekraczają 250 mg/dm³.

Taki rozkład przestrzenny siarczanów nie jest przypadkowy, gdyż wysokie stężenia związane są z terenami przemysłowymi. Niebagatelny wpływ mają także zanieczyszczenia pochodzące z Odry. Wzrost zawartości siarczanów wywołany jest zanieczyszczeniem wód podziemnych ściekami przemysłowymi, emanacjami kominowymi, a także zanieczyszczeniami bytowymi, szczególnie na terenach wiejskich.

Najwyższe zawartości SO_4 występują w próbce wody z Wyspy Puckiej, gdzie stwierdzono 1616 mg/dm³. Stężenie powyżej 600 mg/dm³ stwierdzono w okolicach wysypiska siarczanu żelazawego w pobliżu Zakładów Chemicznych w Policach oraz w próbce z okolic Racimierza.

HCO_3^- WODOROWĘGLANY

Tablica 2, tabela IV, figura 10

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm³):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	0 –1112,64; średnio 248,93
– ze studni kopanych	0 –1112,64; średnio 286,53
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	59,78– 588,04; średnio 229,35
– ze studni wierconych (>20 m)	2,49– 464,82; średnio 205,63
– z sond hydrogeologicznych	4,27– 902,8; średnio 191,8
Dopuszczalna zawartość	200 mg/dm³

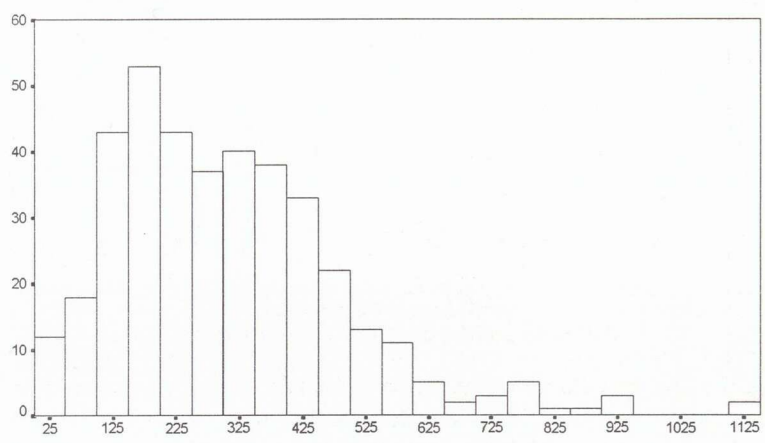


Fig. 10.
Rozkład częstości stężeń wodorowęglanów
Frequency distribution of calcium concentrations

Przeciętne zawartości wodorowęglanów w badanych wodach wynoszą 248,93 mg/dm³. Wykazują one wysoką korelację z zawartością siarczanów. Wysokie stężenia HCO_3^- występują w pasie wzdłuż doliny

Odry, na prawym brzegu Zalewu Szczecińskiego, wzdłuż granicy od Kołbaskowa do Dobrej oraz na obszarze południowo-wschodniej części badanego terenu. Na tych obszarach stwierdzono stężenia przekraczające 350 mg/dm^3, a w wielu przypadkach 400 mg/dm^3. Tak wysoki poziom występowania siarczanów w wodzie świadczy o antropogenicznej degradacji wód podziemnych. Na pozostałych obszarach zawartości wodorowęglanów kształtują się poniżej średniej dla badanego obszaru.

Ca^{2+} WAPŃ

Tablica 2, tabela IV, figura 11

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	8,6–694,3;	średnio 102,7
– ze studni kopanych	16,8–408,4;	średnio 105
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	25,9–247;	średnio 85,4
– ze studni wierconych (>20 m)	36,3–173,5;	średnio 84,8
– z sond hydrogeologicznych	8,6–694,3;	średnio 84,9
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		2–200 mg/dm^3

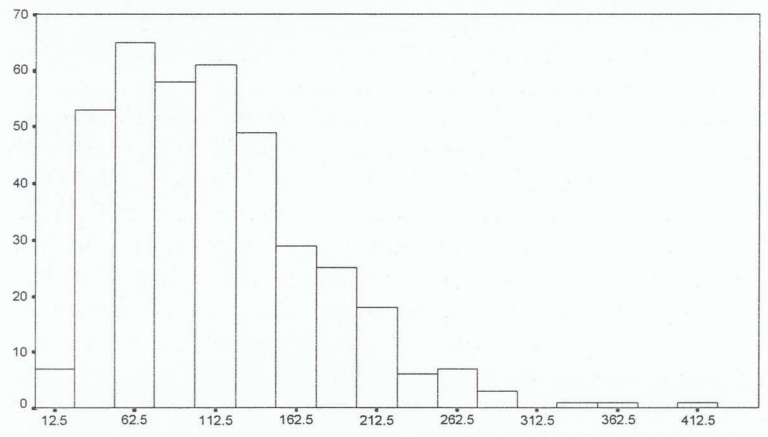


Fig. 11.
Rozkład częstości stężeń wapnia
Frequency distribution of calcium concentrations

Wapń jest dominującym kationem w wodach podziemnych Szczecina i okolic. Zawartości tego pierwiastka są wysokie (ponad 200 mg/dm^3), szczególnie w wodach południowej części obszaru i wokół Szczecina. Najwyższe zawartości stwierdzono w próbkach wody we wsi Będargowo (408,4 mg/dm^3) oraz na Wyspie Puckiej (694,3 mg/dm^3). Najniższe zawartości wapnia oznaczono w punktach zlokalizowanych na terenach leśnych (średnia 63,71), na pozostałych obszarach średnia jest dwukrotnie wyższa. Badania aglomeracji szczecińskiej potwierdziły powszechnie przyjętą zależność, że zawartości wapnia wpływają na twardość wody, gdyż rozkład przestrzenny tych dwóch składników pokrywa się.

Mg^{2+} MAGNEZ

Tablica 2, tabela IV, figura 12

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	0,7–88;	średnio 11
– ze studni kopanych	1,8–61,7;	średnio 12,9
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	1,8–36,3;	średnio 9
– ze studni wierconych (>20 m)	2,1–25,9;	średnio 9,5
– z sond hydrogeologicznych	0,7–88;	średnio 8,9
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0,5–50 mg/dm^3

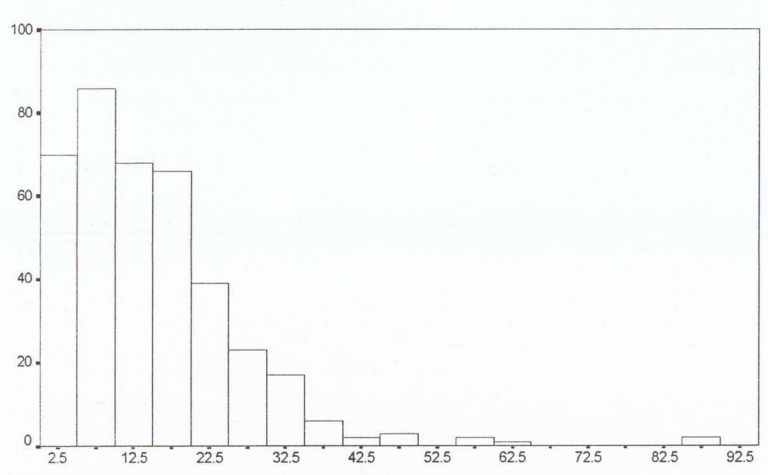


Fig. 12.
Rozkład częstości stężeń magnezu
Frequency distribution of magnesium concentrations

Wody podziemne Szczecina i okolic są ubogie w magnez. Na przeważającej części badanego terenu stężenia magnezu kształtują się poniżej 30 mg/dm^3. Wyższe zawartości stwierdzono w kilkunastu próbkach w południowej części mapy. Stężenia przekraczające dopuszczalną zawartość dla wód pierwszej klasy czystości, według stosowanej obecnie klasyfikacji dla potrzeb monitoringu, stwierdzono jedynie w pięciu punktach.

Na^+ SÓD

Tablica 2, tabela IV, figura 13

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	2,7–357,4;	średnio 21,8
– ze studni kopanych	2,9–197,3;	średnio 26,2
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	4,6–357,4;	średnio 19
– ze studni wierconych (>20 m)	6,2– 67,2;	średnio 21,1
– z sond hydrogeologicznych	2,7–150,8;	średnio 15,3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		1–60 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość		200 mg/dm^3

Fig. 13.
Rozkład częstości stężeń sodu
Frequency distribution of sodium concentrations

Zawartość sodu na badanym obszarze tylko w jednej próbce przekracza 200 mg/dm^3. Stężenie sodu w próbce wody w studni PGR Bolesławice wynosi 357,4 mg/dm^3. Świadczy to o miejscowym zanieczyszczeniu, gdyż zawartość ta znacznie odbiega od tła dla badanego obszaru.

Średnia zawartość sodu na obszarach leśnych jest znacznie mniejsza niż na pozostałych i osiąga zaledwie 10,8 mg/dm^3. Na wzrost stężeń sodu w płytko występujących wodach podziemnych wyraźny wpływ mają czynniki antropogeniczne.

K^+ POTAS

Tablica 2, tabela IV, figura 14

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<1–378;	średnio 11,3
– ze studni kopanych	<1–378;	średnio 28,7
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<1–287;	średnio 3,8
– ze studni wierconych (>20 m)	1– 17;	średnio 3,8
– z sond hydrogeologicznych	<1– 52;	średnio 3,4
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0,5–10 mg/dm^3

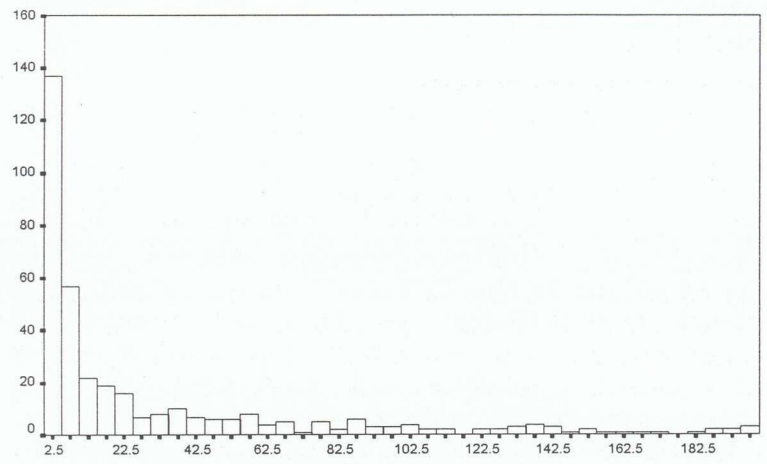


Fig. 14.
Rozkład częstości stężeń potasu
Frequency distribution of potassium concentrations

W rozkładzie przestrzennym zawartości potasu w płytko występujących wodach podziemnych dominują obszary o stosunkowo wysokich stężeniach tego jonu. Tereny te pokrywają się z obszarami rolniczymi. Potwierdza to także wartość średnia, która dla terenów rolniczych wynosi 51,1 mg/dm^3, a dla obszarów miejskich i leśnych odpowiednio 18,8 i 5,5 mg/dm^3. Także średnia zawartość tego pierwiastka w wodach ze studni kopanych (28,7 mg/dm^3) znacznie odbiega od wartości w pozostałych otworach. Najniższe stężenia potasu, poniżej 5 mg/dm^3, obserwowane są na terenach leśnych (Puszcza Wkszańska).

Potas jest powszechnym składnikiem wielu nawozów mineralnych. Nadmierne stosowanie tych środków powoduje kumulację potasu w glebie, a następnie wymywanie przez infiltrujące wody opadowe. Źródłem potasu mogą być także zanieczyszczenia bytowe, co niewątpliwie występuje w aglomeracji szczecińskiej.

SKŁADNIKI PODRZĘDNE I MIKROSKŁADNIKI

$N–NH_4^+$ AZOT AMONOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 15

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,08–6,3;	średnio 0,12
– ze studni kopanych	<0,08–5,13;	średnio 0,11
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,08–4,9;	średnio 0,19
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,08–6,3;	średnio 0,36
– z sond hydrogeologicznych	<0,08–3,2;	średnio 0,09
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0–0,8 mg/dm^3

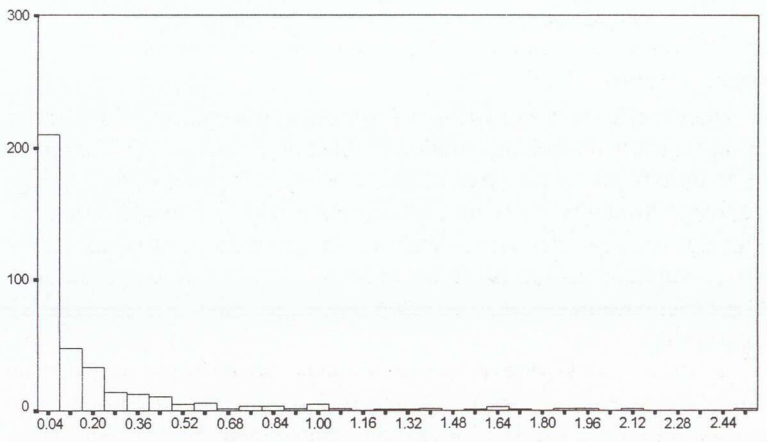


Fig. 15.
Rozkład częstości stężeń azotu amonowego
Frequency distribution of ammonia nitrogen concentrations

Zawartość azotu amonowego w większości próbek kształtuje się poniżej wartości zalecanej dla wód pitnych. Na obrazie kartograficznym obok siebie występują obszary o bardzo zróżnicowanej zawartości tego składnika w wodach. Należy wyróżnić obszar wschodniego brzegu Zalewu Szczecińskiego, od Kopic do Rozwarowa, charakteryzujący się wysokimi stężeniami azotu amonowego. Na pozostałym terenie wysokie zawartości tego składnika nie tworzą skupisk, lecz występują punktowo. Duże zagrożenie stwarzają wysokie ilości $N–NH_4$ wykryte w próbkach wód pochodzących z głębszych poziomów wodonośnych w okolicach Świnoujścia.

Zawartość azotu amonowego należy analizować łącznie z pozostałymi formami. Azot amonowy jest pierwszym etapem w łańcuchu przemian związków azotu. Zmiana warunków środowiska na bardziej utleniające powoduje przejście w formę NO_2, a następnie w $N–NO_3$. Obecność jonów amonowych przy jednoczesnym braku azotynów i azotanów, świadczy o niezbyt odległym w czasie zanieczyszczeniu oraz o jego lokalnym charakterze, gdyż jony NH_4^+ ulegają łatwo procesom sorpcyjnym.

$N–NO_2$ AZOT AZOTYNOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 16

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–0,86;	średnio 0,01
– ze studni kopanych	<0,01–0,62;	średnio 0,01
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,01–0,86;	średnio <0,01
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,01–0,03;	średnio <0,01
– z sond hydrogeologicznych	<0,01–0,30;	średnio 0,01
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0–0,01 mg/dm^3

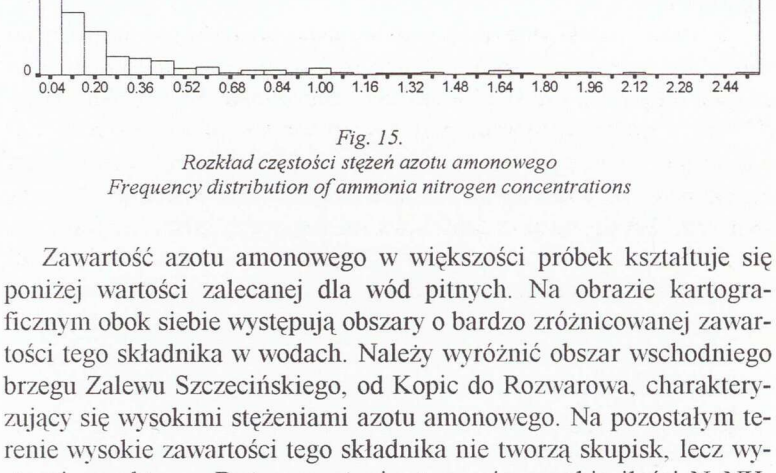


Fig. 16.
Rozkład częstości stężeń azotu azotynowego
Frequency distribution of nitrate nitrogen concentrations

Na obrazie kartograficznym rozkład przestrzenny zawartości azotu azotynowego nie jest tak jednoznaczny jak azotu azotanowego. Można wyróżnić dwa obszary o bardzo wysokich zawartościach $N–NO_2$ (powyżej 0,1 mg/dm^3): południowo-wschodnią część terenu arkusza oraz okolice Nowego Warpna. Generalnie można zaobserwować trend współwystępowania wysokich zawartości azotu azotynowego i azotanowego. Najwyższe zawartości stwierdzono w próbkach pobranych z terenów na północny zachód od Szczecina.

$N–NO_3$ AZOT AZOTANOWY

Tablica 3, tabela IV, figura 17

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,11–162,581;	średnio 2,152
– ze studni kopanych	<0,11–162,581;	średnio 8,342
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,11– 60,968;	średnio 0,395
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,11– 15,806;	średnio 0,192
– z sond hydrogeologicznych	<0,11– 69,232;	średnio 0,511
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0–1 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość		10 mg/dm^3

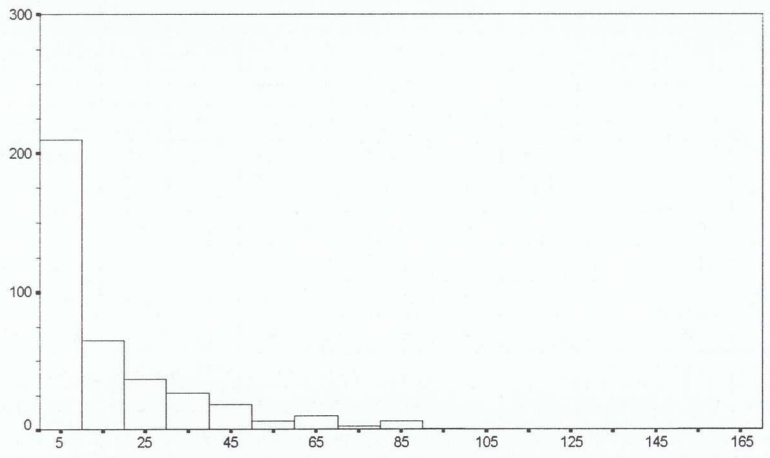


Fig. 17.
Rozkład częstości stężeń azotu azotanowego
Frequency distribution of nitrite nitrogen concentrations

Zawartości azotu azotanowego w środowisku wód podziemnych aglomeracji szczecińskiej są wysokie. Wysokie stężenia występują głównie w próbkach pobranych na terenach rolniczych. Można wyróżnić cztery podstawowe strefy wód zdegradowanych: poludniową część obszaru arkusza, tereny wzdłuż granicy na północ od Kolbaskowa, pas przybrzeżny od Polic do Trzebierzy oraz tereny na północ od Racimierza. Wysokie zawartości azotanów stwierdzono także w kilku próbkach z okolic Nowego Warpna.

Azotany stanowią końcowy etap przemian związków azotu. Wysokie zawartości azotanów mogą mieć swe źródło w zanieczyszczeniach bytowych, bądź hodowlanych. W wielu przypadkach ognisko zanieczyszczeń może być lokalne (gnojowica), jednakże należy zwrócić uwagę na pewien trend pokrywania się wysokich zawartości NO_3 z obszarami rolniczymi. Może to świadczyć o niewłaściwej gospodarce nawozami i środkami ochrony roślin.

Wszystkie formy mineralne azotu należy analizować wspólnie. Tylko w ten sposób można otrzymać pełny obraz stanu środowiska.

Al GLIN

Tablica 7, tabela IV, figura 18

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,05–2,62;	średnio 0,04
– ze studni kopanych	<0,05–0,27;	średnio <0,05
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,05–0,11;	średnio <0,05
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,05	
– z sond hydrogeologicznych	<0,05–2,62;	średnio 0,08
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0,005–0,5 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość		0,3 mg/dm^3

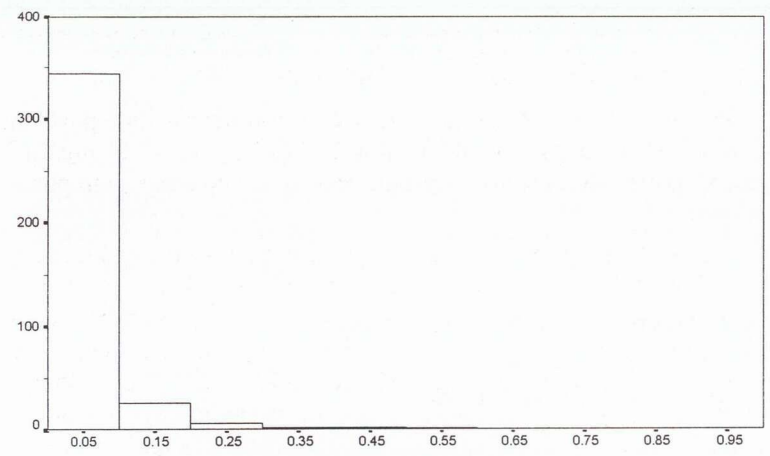


Fig. 18.
Rozkład częstości stężeń glinu
Frequency distribution of aluminium concentrations

Większość próbek wód z okolic Szczecina wykazuje stężenie glinu poniżej wartości 0,3 mg/dm^3, przyjętej jako dopuszczalnej dla wód pitnych przez polskie przepisy sanitarne. Zawartości wyższe stwierdzono w próbkach z terenów Puszczy Wkrzańskiej oraz w okolicy przeprawy promowej na wyspie Uznam. Maksymalna zawartość Al wynosi 2,62 mg/dm^3. Wysokie stężenia glinu pokrywają się z występowaniem wód kwaśnych (pH<7).

As ARSEN

Tabela 4

Stężenia w wodach podziemnych:	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,05 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	<0,05 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	0,05 mg/dm^3

We wszystkich próbkach wód stwierdzono zawartości arsenu poniżej granicy wykrywalności (0,05 mg/dm^3).

B BOR

Tablica 4, tabela IV, figura 19

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,05–1,55;	średnio 0,09
– ze studni kopanych	<0,05–1,55;	średnio 0,12
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,05–1,0;	średnio 0,06
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,05–0,14;	średnio 0,06
– z sond hydrogeologicznych	<0,05–0,44;	średnio 0,05
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0.01–0,1 mg/dm^3

Przeciętne zawartości boru w wodach rejonu Szczecina i okolic wahają się od <0,05 do 0,4 mg/dm^3. Tylko w trzynastu próbkach stężenia boru przekraczają granicę 0,5 mg/dm^3. W przestrzennym rozkładzie tego pierwiastka można wyróżnić cztery strefy wysokich wartości: NE część obszaru arkusza, obszary od Kolbaskowa do Dobrej, lewy brzeg Zalewu Szczecińskiego oraz SE część obszaru arkusza.

Znamienne jest, że większość próbek, w których określono wysokie stężenia boru pobrano w pobliżu Odry. Wysokie zawartości boru mogą być związane z zanieczyszczeniami niesionymi przez wody powierzchniowe, gdyż pierwiastek ten powszechnie występuje w ściekach, jako składnik wielu detergentów i środków piorących.

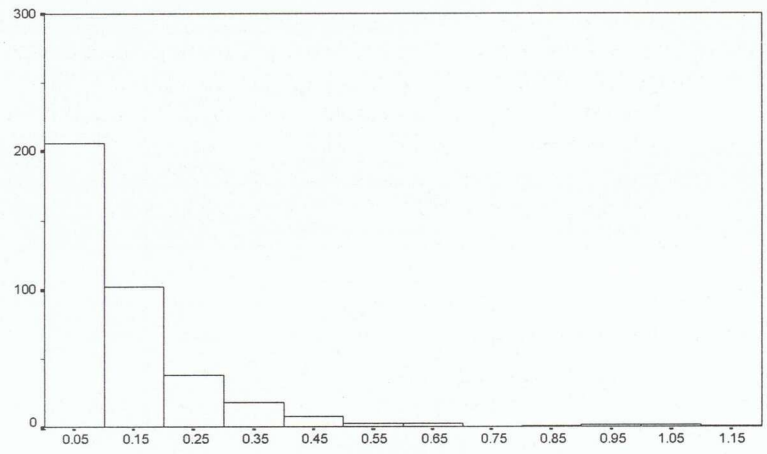


Fig. 19.
Rozkład częstości stężeń boru
Frequency distribution of boron concentrations

Ba BAR

Tablica 8, tabela IV, figura 20

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,005–0,445;	średnio 0,042
– ze studni kopanych	<0,005–0,445;	średnio 0,034
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	0,006–0,177;	średnio 0,04
– ze studni wierconych (>20 m)	0,008–0,145;	średnio 0,046
– z sond hydrogeologicznych	0,017–0,226;	średnio 0,077
Wartości najczęściej spotykane w wodach podziemnych strefy utleniającej		0,002–0,01 mg/dm^3

* Wg Szwarcewa *w*: Macioszczyk, 1987.

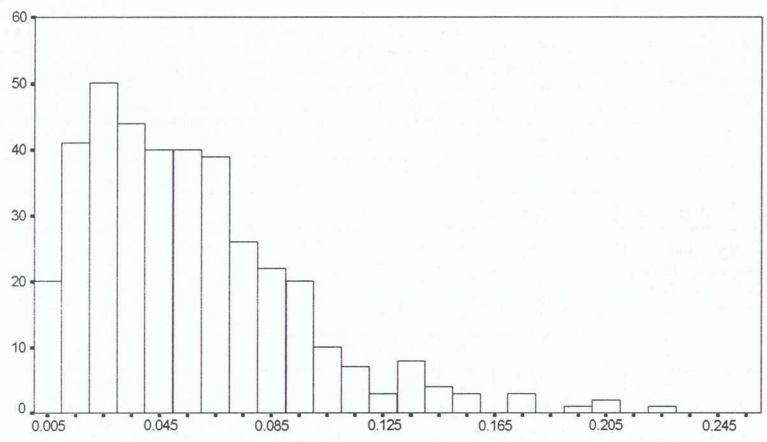


Fig. 20.
Rozkład częstości stężeń baru
Frequency distribution of barium concentrations

Zawartości baru w wodach Szczecina i okolic nie przekraczają 1 mg/dm^3 tj. wartości granicznej dla II klasy czystości według obecnie stosowanej klasyfikacji dla monitoringu. 50% populacji próbek wykazuje stężenia poniżej 0,1 mg/dm^3. Wysokie zawartości baru obserwowane są w próbkach zlokalizowanych wzdłuż Odry i na jej tarasach zalewowych. W poludniowej części terenu, w kilku próbkach stwierdzono zawartości badanego jonu powyżej 0,1 mg/dm^3. Średnia zawartość baru w próbkach pobieranych z sond jest prawie dwukrotnie wyższa niż odpowiednie średnie dla innych otworów.

Br BROM

Tabela IV, figura 21

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,1–0,69;	średnio <0,1
– ze studni kopanych	<0,1	
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,1–0,52;	średnio <0,1
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,1–0,15;	średnio <0,1
– z sond hydrogeologicznych	<0,1–0,69;	średnio <0,1
Wartości typowe dla czystych wód podziemnych*		0,002–0,01 mg/dm^3

* Wg Szwarcewa *w*: Macioszczyk, 1987.

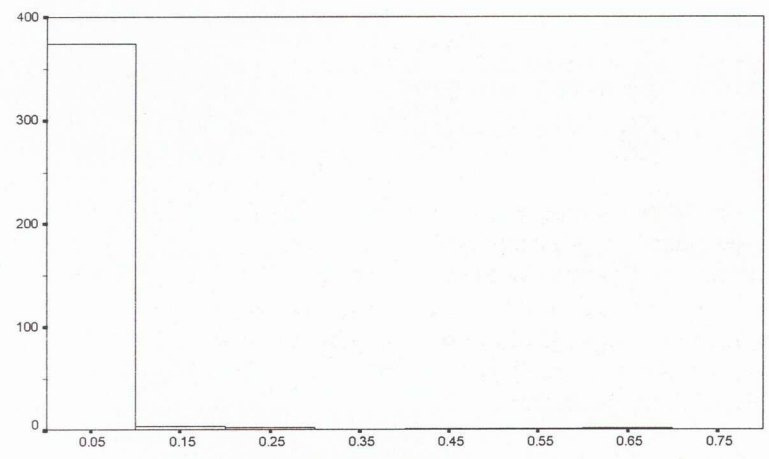


Fig. 21.
Rozkład częstości stężeń bromu
Frequency distribution of bromine concentrations

Stężenia bromu na przeważającej części badanego obszaru nie przekraczają granicy wykrywalności, tj. 0,1 mg/dm^3. Podwyższone zawartości występują w kilku próbkach z okolic ujścia Świny i Dźwiny oraz Zalewu Szczecińskiego. Przyczyny wzrostu stężeń należy upatrywać w kontakcie wód podziemnych z wodami morskimi.

Cd KADM

Tabela IV, figura 22, 23

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):		
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,005–0,029;	średnio <0,005
– ze studni kopanych	<0,005–0,009;	średnio <0,005
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,005–0,029;	średnio <0,005
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,005	
– z sond hydrogeologicznych	<0,005	
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski		0,0001–0,0005 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość		0,005 mg/dm^3

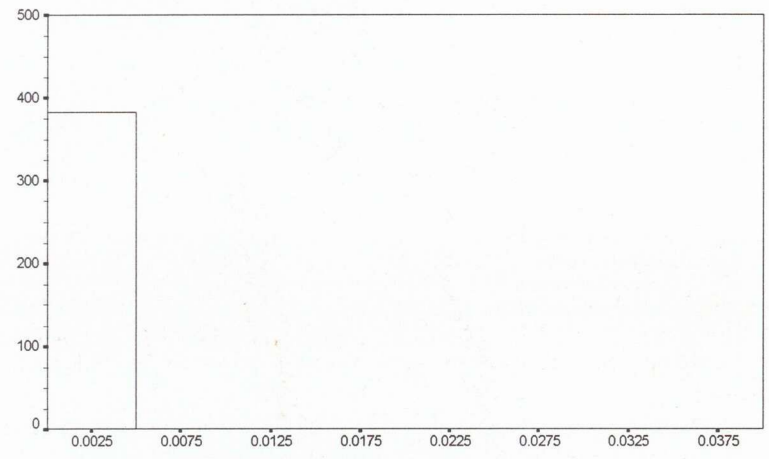


Fig. 22.
Rozkład częstości stężeń kadmu
Frequency dostribution of cadmium concentrations

Parametry statystyczne oznaczeń fizyko-chemicznych w wodach podziemnych aglomeracji szczecińskiej
Statistical parameters of physico-chemical, determinations of groundwaters in the Szczecin agglomeration

Wody podziemne Groundwaters	Parametry Parameters	Barwa Colour mg Pt/dm^3	pH	Mineralizacja ogólna Total mineralization mg/dm^3	Przewodność elektryczna właściwa Electrical conductivity mS/cm	Twardość ogólna Total hardness mg $CaCO_3/dm^3$	Potencjał redox Redox potential mV	Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen mg O_2/dm^3	Cl^- mg/dm^3	SO_4^{2-} mg/dm^3	HCO_3^- mg/dm^3	Ca^{2+} mg/dm^3	Mg^{2+} mg/dm^3	Na^+ mg/dm^3	K^+ mg/dm^3	$N–NH_4$ mg/dm^3	$N–NO_2$ mg/dm^3	$N–NO_3$ mg/dm^3	Al mg/dm^3	As mg/dm^3
Wszystkie próbki All samples	a	<9.4	4.58	95.73	0.17	0.0	–274	0.00	2.68	<1	0.00	8.6	0.7	2.7	<1	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	b	383.0	10.36	3591.67	3.65	1144.0	242	20.40	701.00	1616.00	1112.64	694.3	88.0	357.4	378.0	6.30	0.864	162.58	2.62	<0.05
	c	27.5	6.97	772.16	1.13	306.8	25	2.35	53.36	121.77	307.06	114.0	14.7	32.4	40.9	0.34	0.037	15.09	0.06	<0.05
	d	11.9	6.89	639.80	0.95	261.2	–	1.46	33.29	71.87	248.93	95.5	11.0	21.8	11.3	0.13	0.010	2.15	<0.05	<0.05
	e	<9.4	6.97	652.39	1.00	278.0	50	1.43	34.20	93.70	279.38	102.7	12.2	20.1	9.0	0.08	<0.01	5.65	<0.05	<0.05
	f	385	358	385	364	385	365	363	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385
	g	–	–	–	–	–	–	–	0	3.9	–	0	0	0	6.7	37.9	47.5	29.3	82.6	100
	h	33.5	19	60.5	–	12.5	–	–	0.8	15.8	–	–	–	0.3	–	–	–	43.9	1.8	–
Próbki wód z obszarów leśnych Water samples from forest areas	a	<9.4	4.58	95.73	0.17	0.0	–274	0.00	2.77	<1	4.27	8.6	0.7	4.7	<1	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	b	200.0	8.29	1201.22	1.32	516.0	162	9.60	97.30	218.00	722.24	221.8	18.6	45.1	82.0	4.90	0.219	24.39	2.62	<0.05
	c	36.9	6.94	387.26	0.55	184.7	–52	1.94	20.20	62.56	192.22	63.7	6.2	13.0	5.5	0.31	0.015	1.90	0.16	<0.05
	d	15.3	6.88	342.44	0.50	166.9	–	1.48	14.87	35.11	137.58	54.4	4.9	10.8	2.4	0.10	<0.01	0.22	0.06	<0.05
	e	<9.4	7.11	344.53	0.49	153.0	–75	1.50	13.60	58.50	165.92	54.3	4.9	9.3	2.0	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	f	51	47	51	47	51	47	46	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Próbki wód z obszarów miejskich Water samples from urban areas	a	<9.4	5.69	141.77	0.18	74.0	–205	0.00	2.68	<1	71.98	23.0	1.6	2.7	1.0	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	b	128.0	8.13	2303.43	2.42	1144.0	181	8.65	272.00	885.00	1107.76	373.7	88.0	113.6	136.0	6.30	0.864	88.52	0.29	<0.05
	c	24.7	7.02	844.14	1.20	352.1	–10	1.63	61.46	142.19	361.93	137.2	18.0	36.5	18.8	0.56	0.047	8.78	<0.05	<0.05
	d	11.6	7.00	745.84	1.09	312.9	–	1.09	44.40	82.56	321.42	123.4	15.1	28.3	10.3	0.18	0.010	1.10	<0.05	<0.05
	e	<9.4	7.13	774.89	1.14	317.5	–20	0.54	50.40	116.00	319.64	129.9	17.5	32.8	8.0	0.16	<0.01	1.54	<0.05	<0.05
	f	50	49	48	49	50	47	47	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Próbki wód z obszarów rolniczych Water samples from farmland	a	<9.4	4.58	154.89	0.20	0.0	–240	0.00	3.29	<1	0.00	15.4	1.8	2.9	<1	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	b	1935.0	10.36	3591.67	3.65	1094.0	242	20.40	701.00	1616.00	1112.64	694.3	85.6	357.4	378.0	5.13	0.621	162.58	1.12	<0.05
	c	33.0	6.94	827.17	1.22	320.8	44	2.53	57.89	128.81	318.02	119.0	15.7	35.2	51.1	0.30	0.039	18.57	0.05	<0.05
	d	11.6	6.87	693.94	1.03	273.9	–	1.5.73	36.57	79.76	264.77	101.0	12.0	23.6	15.1	0.12	0.012	3.65	<0.05	<0.05
	e	<9.4	6.93	718.76	1.06	297.0	92	1.64	37.15	96.40	297.68	106.2	13.3	22.6	17.0	0.08	<0.01	11.06	<0.05	<0.05
	f	284	262	278	268	284	269	268	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
Próbki wód pobrane w studniach kopanych Water samples from dug wells	a	<9.4	4.58	159.09	0.19	0.0	–274	0.00	2.77	<1	0.00	16.8	1.8	2.9	<1	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	b	1935.0	10.36	2577.84	3.65	1070.0	242	20.40	333.00	623.00	1112.64	408.4	61.7	197.3	378.0	5.13	0.621	162.58	0.27	<0.05
	c	36.6	6.97	888.48	1.30	322.3	79	2.69	59.61	129.86	337.94	120.7	16.6	37.0	67.0	0.29	0.044	23.08	<0.05	<0.05
	d	12.9	6.89	757.97	1.12	278.8	–	1.69	39.62	92.19	286.53	105.0	12.9	26.2	28.7	0.11	0.014	8.34	<0.05	<0.05
	e	<9.4	6.94	760.36	1.18	307.0	107	1.88	41.00	105.00	320.86	111.1	14.8	28.2	36.5	0.08	0.015	15.38	<0.05	<0.05
	f	211	207	215	212	212	212	211	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212
Próbki wód pobrane w sondach hydrogeologicznych Water samples collected when sounding with Geoprobe	a	<9.4	4.58	95.73	0.17	66.0	–262	0.00	2.68	<1	4.27	8.6	0.7	2.7	<1	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	b	383.0	7.79	3591.67	3.56	1144.0	162	9.60	288.00	1616.00	902.80	694.3	88.0	150.8	52.0	3.27	0.298	69.23	2.62	<0.05
	c	33.3	6.53	671.80	0.86	318.5	–70	1.43	42.17	140.11	283.12	116.2	13.5	24.1	6.2	0.28	0.031	5.84	0.16	<0.05
	d	11.8	6.49	524.02	0.68	249.7	–	1.08	23.03	70.70	191.80	84.9	8.9	15.3	3.4	0.09	0.010	0.51	0.08	<0.05
	e	<9.4	6.56	525.79	0.59	233.0	–83	0.43	19.10	83.50	252.54	86.0	8.1	12.3	3.0	0.04	<0.01	0.20	0.06	<0.05
	f	81	62	81	62	81	63	63	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
Próbki wód pobrane w studniach wierconych lub piezometrach Water samples from drilled water wells and from piezometers	a	<9.4	5.92	168.48	0.22	0.0	–200	0.00	6.47	<1	59.78	25.9	1.8	4.6	<1	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	b	168.0	8.50	1667.38	2.66	678.0	169	11.60	701.00	480.00	588.04	247.0	36.3	357.4	287.0	4.90	0.864	60.97	0.11	<0.05
	c	20.3	7.20	597.41	0.92	267.4	–29	2.46	51.83	89.89	255.99	97.8	11.2	30.4	13.1	0.40	0.034	5.76	<0.05	<0.05
	d	10.4	7.18	515.40	0.80	239.2	–	1.31	30.77	43.26	229.35	85.4	9.0	19.0	3.8	0.19	<0.01	0.40	<0.05	<0.05
	e	<9.4	7.15	504.54	0.85	248.0	–59	1.77	28.60	79.30	230.58	91.9	10.1	17.5	4.0	0.23	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	f	71	69	67	70	71	70	69	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Próbki wód pobrane w studniach wierconych o głębokości ponad 20 m Water samples from drilled waters wells of total depth >20 m	a	<9.4	6.39	154.89	0.31	83.0	–139	0.00	10.60	<1	2.49	36.3	2.1	6.2	1.0	<0.08	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	b	200.0	7.82	905.04	1.53	498.0	91	5.42	76.90	267.00	464.82	173.5	25.9	67.2	17.0	6.30	0.027	15.81	<0.05	<0.05
	c	28.4	7.19	537.08	0.87	238.4	–64	1.19	38.61	77.22	260.27	92.6	11.7	25.3	5.0	0.79	<0.01	1.69	<0.05	<0.05
	d	11.1	7.18	491.79	0.80	217.3	–	0.28	31.04	34.47	205.63	84.8	9.5	21.1	3.8	0.36	<0.01	0.19	<0.05	<0.05
	e	<9.4	7.27	504.35	0.77	209.0	–78	0.37	33.00	38.40	267.18	81.2	10.3	24.0	5.0	0.39	<0.01	<0.11	<0.05	<0.05
	f	21	20	21	20	21	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

a – minimum; minimum
b – maksimum; maximum
c – średnia arytmetyczna; arithmetic mean
d – średnia geometryczna; geometric mean
e – mediana; median
f – liczba próbek; number of samples
g – % próbek o stężeniach poniżej granicy wykrywalności; percentage of samples with constituent concentration below detection limits
h – % próbek o stężeniach ponadnormatywnych; percentage of samples with excessive constituent concentrations

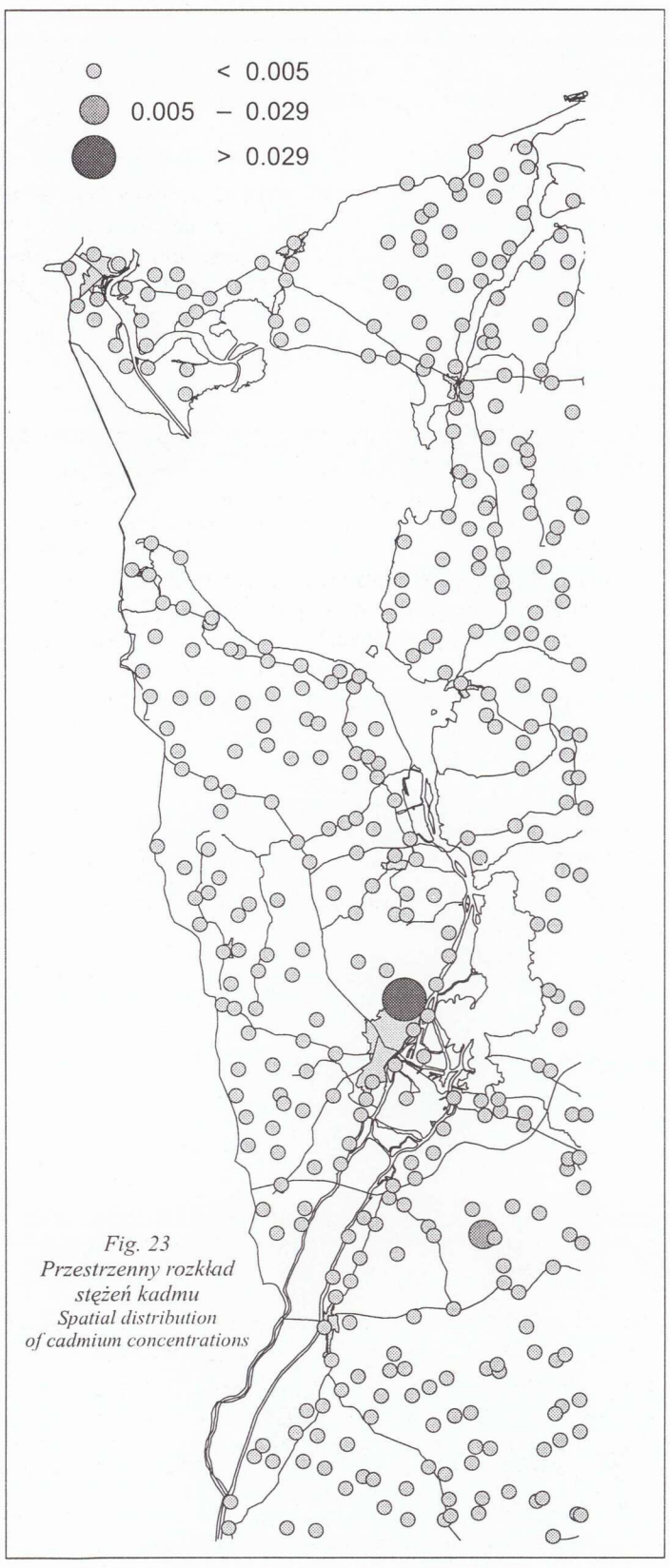


Fig. 23
Przestrzenny rozkład stężeń kadmu
Spatial distribution of cadmium concentrations

Tylko w jednej próbce wód stwierdzono zawartość kadmu powyżej granicy wykrywalności (0,005 mg/dm^3). Wynosi ona 0,029 mg/dm^3 i niewątpliwie stężenie to wywołane zostało czynnikami antropogenicznymi.

Co KOBALT

Tabela IV, figura 24, 25

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):
– ze wszystkich punktów opróbowania <0,005–0,028; średnio <0,005
– ze studni kopanych <0,005
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów <0,005
– ze studni wierconych (>20 m) <0,005
– z sond hydrogeologicznych <0,005–0,028; średnio <0,005
Wartości najczęściej spotykane w wodach podziemnych strefy utlenionej* 0,0005–0,003 mg/dm^3

* Wg Szwarcewa *w*: Macioszczyk, 1987.

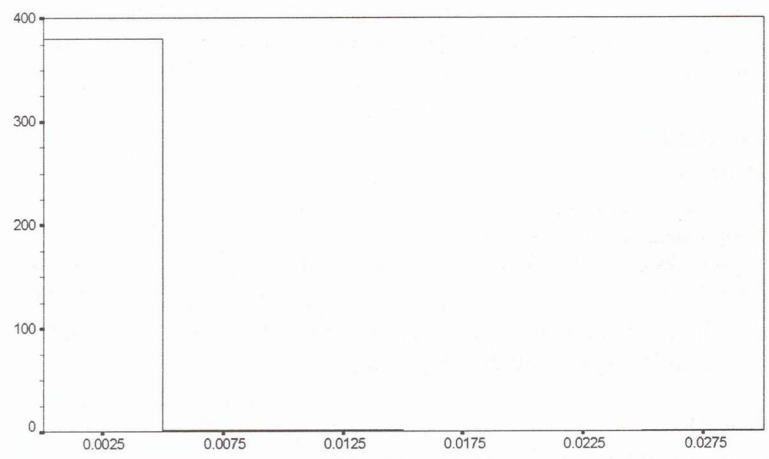


Fig. 24.
Rozkład częstości stężeń kobaltu
Frequency distribution of cobalt concentrations

Zawartości kobaltu w 98,7% próbek wód podziemnych z obszaru aglomeracji szczecińskiej są niższe od granicy wykrywalności 0,005 mg/dm^3. Jedynie w pięciu próbkach stwierdzono wyższe stężenia. Trzy z nich zlokalizowane są na terenie Puszczy Wkszańskiej. Na wysoką zawartość kobaltu w próbce z okolic Nowego Warpna mogą mieć wpływ zanieczyszczenia pochodzące ze znajdującego się w pobliżu wysypiska odpadów komunalnych. Przyczyny podwyższonego stężenia Co w pozostałych próbkach są trudne do wyjaśnienia.

Tabela IV
Table

B mg/dm^3	Ba mg/dm^3	Br mg/dm^3	Cd mg/dm^3	Co mg/dm^3	Cr mg/dm^3	Cu mg/dm^3	F mg/dm^3	Fe mg/dm^3	Hg mg/dm^3	Li mg/dm^3	Mo mg/dm^3	Mn mg/dm^3	Ni mg/dm^3	P mg/dm^3	HPO_4^- mg/dm^3	Pb mg/dm^3	SiO_2 mg/dm^3	Sr mg/dm^3	Ti mg/dm^3	V mg/dm^3	Zn mg/dm^3
<0.05	<0.005	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	<0.01	<0.001	<0.02	<0.01	<0.002	<0.01	<0.2	<1	<0.05	1.9	0.036	<0.005	<0.01	<0.01
1.55	0.445	0.69	0.029	0.028	<0.02	0.051	2.47	52.17	<0.001	0.07	0.030	5.794	0.050	7.8	23.7	<0.05	52.4	2.748	0.044	0.010	15.23
0.14	0.056	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.15	1.29	<0.001	<0.02	<0.01	0.194	<0.01	0.6	<1	0.03	16.3	0.355	<0.005	<0.01	0.25
0.09	0.042	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.14	<0.001	<0.02	<0.01	0.056	<0.01	0.2	<1	<0.05	15.0	0.263	<0.005	<0.01	0.06
0.08	0.049	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.10	<0.001	<0.02	<0.01	0.088	<0.01	<0.2	<1	<0.05	15.5	0.260	<0.005	<0.01	0.05
385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385
32.2	1.3	97.1	99.5	98.7	100	80.8	70.1	14	100	95.8	94.5	28.3	94.8	58.4	94.5	100	0	0	95.8	97.4	10.1
–	–	–	0.3	–	–	0.3	1.1	31.2	–	–	–	47.8	0.5	–	–	–	–	–	–	–	0.8
<0.05	0.009	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	<0.01	<0.001	<0.02	<0.01	0.010	<0.01	<0.2	<1	<0.05	2.0	0.036	<0.005	<0.01	<0.01
0.37	0.208	0.26	<0.005	0.028	<0.02	0.009	2.43	23.45	<0.001	<0.02	0.030	1.273	0.040	1.8	4.5	<0.05	28.2	1.192	0.017	<0.01	1.28
0.05	0.059	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.24	1.96	<0.001	<0.02	<0.01	0.188	<0.01	0.2	<1	<0.05	13.8	0.193	<0.005	<0.01	0.13
<0.05	0.047	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.12	0.51	<0.001	<0.02	<0.01	0.111	<0.01	<0.2	<1	<0.05	12.4	0.153	<0.005	<0.01	0.05
<0.05	0.058	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.56	<0.001	<0.02	<0.01	0.105	<0.01	<0.2	<1	<0.05	12.9	0.155	<0.005	<0.01	0.04
51	51	51	51	51	51	51	51	51	–	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
<0.05	<0.005	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	<0.01	<0.001	<0.02	<0.01	<0.002	<0.01	<0.2	<1	<0.05	5.8	0.075	<0.005	<0.01	<0.01
0.36	0.445	<0.1	0.029	<0.005	<0.02	0.013	0.96	52.17	<0.001	0.04	0.010	2.524	0.050	5.9	<1	<0.05	52.4	1.424	0.006	0.010	15.23
0.13	0.075	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.20	2.87	<0.001	<0.02	<0.011	0.337	<0.01	0.5	<1	<0.05	17.5	0.485	<0.005	<0.01	0.57
0.11	0.055	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.12	0.39	<0.001	<0.02	<0.01	0.120	<0.01	0.2	<1	<0.05	15.9	0.407	<0.005	<0.01	0.04
0.12	0.068	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.42	<0.001	<0.02	<0.01	0.226	<0.01	<0.2	<1	<0.05	16.1	0.477	<0.005	<0.01	0.03
50	50	50	50	50	50	50	50	50	–	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
<0.05	<0.005	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	<0.01	<0.001	<0.02	<0.01	<0.002	<0.01	<0.2	<1	<0.05	1.9	0.046	<0.005	<0.01	<0.01
1.55	0.226	0.69	0.009	0.014	<0.02	0.051	2.47	25.30	<0.001	0.07	0.020	5.794	0.020	7.8	23.7	<0.05	42.5	2.748	0.044	0.010	10.28
0.15	0.053	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.13	0.89	<0.001	<0.02	<0.01	0.170	<0.01	0.7	1.1	<0.05	16.5	0.361	<0.005	<0.01	0.22
0.10	0.040	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.09	<0.001	<0.02	<0.01	0.043	<0.01	0.3	<1	<0.05	15.3	0.268	<0.005	<0.01	0.07
0.10	0.046	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.06	<0.001	<0.02	<0.01	0.067	<0.01	<0.2	<1	<0.05	15.6	0.260	<0.005	<0.01	0.06
284	284	284	284	284	284	284	284	284	–	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
<0.05	<0.005	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	<0.01	<0.001	<0.02	<0.01	<0.002	<0.01	<0.2	<1	<0.05	1.9	0.052	<0.005	<0.01	<0.01
1.55	0.445	<0.1	0.009	<0.005	<0.02	0.051	1.58	52.17	<0.001	0.05	0.020	5.794	0.020	7.8	23.7	<0.05	52.4	2.748	0.006	0.010	10.28
0.18	0.046	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	0.005	0.13	0.53	<0.001	<0.02	<0.01	0.145	<0.01	1.0	1.3	<0.05	17.0	0.352	<0.005	<0.01	0.24
0.12	0.034	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.04	<0.001	<0.021	<0.01	0.026	<0.01	0.4	<1	<0.05	15.7	0.272	<0.005	<0.01	0.08
0.13	0.039	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.04	<0.001	<0.02	<0.01	0.027	<0.01	0.3	<1	<0.05	15.8	0.261	<0.005	<0.01	0.08
212	212212	212	212	212	212	212	212	212	–	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212
<0.05	0.017	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	<0.01	<0.001	<0.02	<0.01	0.010	<0.01	<0.2	<1	<0.05	2.5	0.036	<0.005	<0.01	<0.01
0.44	0.226	0.69	<0.005	0.028	<0.02	0.009	2.47	25.30	<0.001	0.07	0.030	2.524	0.040	1.9	<1	<0.05	38.1	2.362	0.044	0.010	0.18
0.07	0.087	0.08	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.22	2.91	<0.001	<0.02	<0.01	0.298	<0.01	0.2	<1	<0.05	14.9	0.362	<0.005	<0.01	0.04
0.05	0.077	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.11	0.82	<0.001	<0.02	<0.01	0.154	<0.01	<0.2	<1	<0.05	13.5	0.234	<0.005	<0.01	0.03
<0.05	0.077	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	1.22	<0.001	<0.02	<0.01	0.161	<0.01	<0.2	<1	<0.05	14.5	0.210	<0.005	<0.01	0.03
81	81	81	81	81	81	81	81	81	–	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
<0.05	0.006	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	<0.01	<0.001	<0.02	<0.01	0.002	<0.01	<0.2	<1	<0.05	6.0	0.046	<0.005	<0.01	<0.01
1.00	0.177	0.52	0.029	<0.005	<0.02	0.009	0.99	23.45	<0.001	<0.02	<0.01	1.273	0.010	4.5	12.8	<0.05	27.8	1.922	<0.005	<0.01	15.23
0.10	0.052	<0.01	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.15	1.48	<0.001	<0.02	<0.01	0.205	<0.01	0.2	<1	<0.05	15.1	0.344	<0.005	<0.01	0.59
0.06	0.040	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.33	<0.001	<0.02	<0.01	0.118	<0.01	<0.2	<1	<0.05	14.0	0.250	<0.005	<0.01	0.10
0.05	0.044	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.38	<0.001	<0.02	<0.01	0.135	<0.01	<0.2	<1	<0.05	14.2	0.271	<0.005	<0.01	0.11
71	71	71	71	71	71	71	71	71	–	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
<0.05	0.008	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	<0.01	<0.001	<0.02	<0.01	0.026	<0.01	<0.2	<1	<0.05	5.8	0.064	<0.005	<0.01	<0.01
0.14	0.145	0.15	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.39	10.01	<0.001	<0.02	<0.01	0.671	0.050	1.1	<1	<0.05	30.9	0.779	0.005	<0.01	1.13
0.07	0.060	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	0.12	2.11	<0.001	<0.02	<0.01	0.242	<0.01	<0.2	<1	<0.05	18.4	0.388	<0.005	<0.01	0.15
0.06	0.046	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	0.70	<0.001	<0.02	<0.01	0.182	<0.01	<0.2	<1	<0.05	16.9	0.338	<0.005	<0.01	0.04
0.07	0.049	<0.1	<0.005	<0.005	<0.02	<0.005	<0.1	1.94	<0.001	<0.02	<0.01	0.197	<0.01	<0.2	<1	<0.05	17.9	0.410	<0.005	<0.01	0.04
21	21	21	21	21	21	21	21	21	–	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

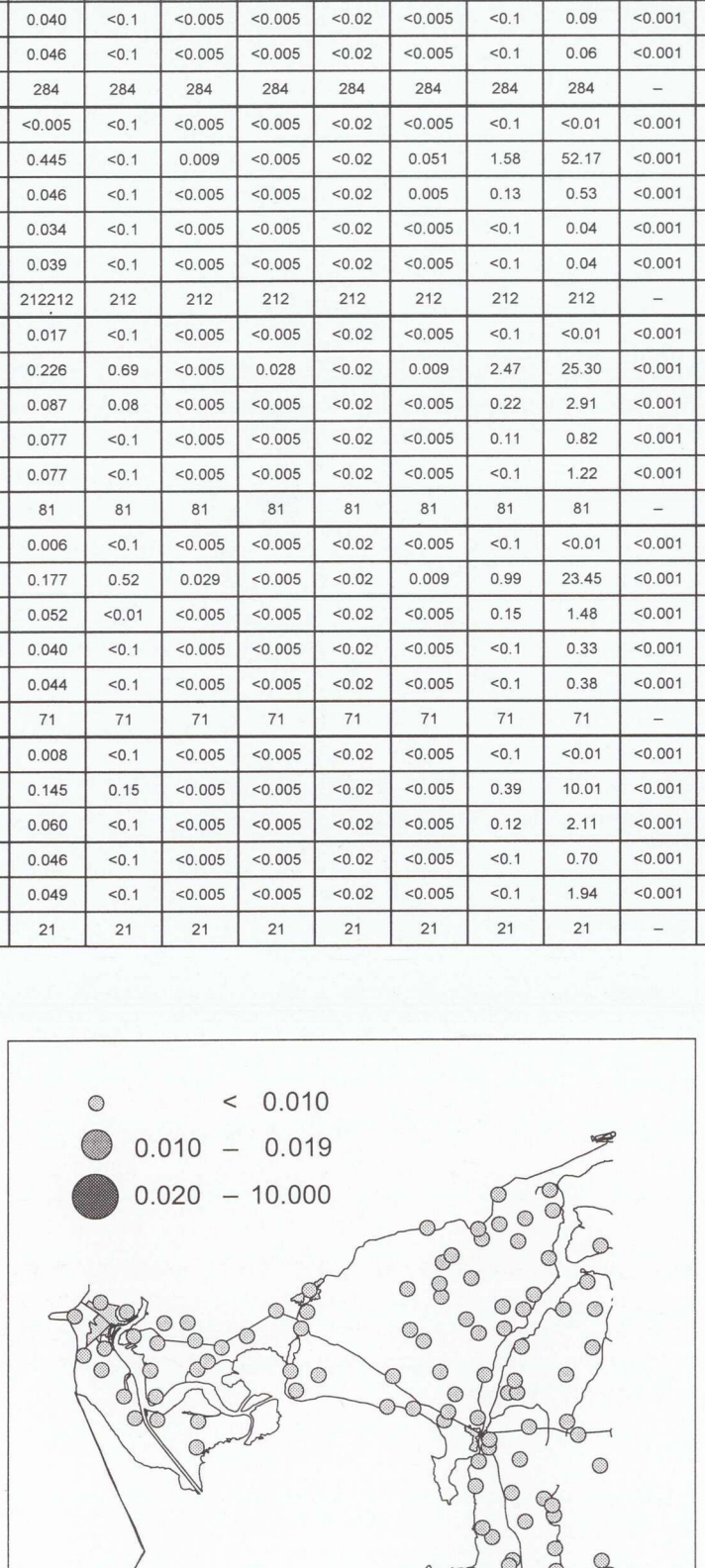


Fig. 25
Przestrzenny rozkład stężeń kobaltu
Spatial distribution of cobalt concetrations

Cr CHROM
Tabela 4

Stężenia w wodach podziemnych:	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,02 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,0001–0,02 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	0,01 mg Cr^{6+}/dm^3

We wszystkich próbkach wód stwierdzono stężenia chromu poniżej granicy wykrywalności (0,02 mg/dm^3), co nie oznacza, że na obszarze aglomeracji szczecińskiej nie ma ognisk zanieczyszczenia tym pierwiastkiem. Chrom ze względu na słabe właściwości migracyjne może powodować zanieczyszczenia o charakterze lokalnym.

Cu MIEDŹ
Tablica 5, tabela IV, figura 26

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,005–0,051; średnio <0,005
– ze studni kopanych	<0,005–0,051; średnio <0,005
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,005–0,009; średnio <0,005
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,005
– z sond hydrogeologicznych	<0,005–0,009; średnio <0,005
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,001–0,02 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	0,05 mg/dm^3

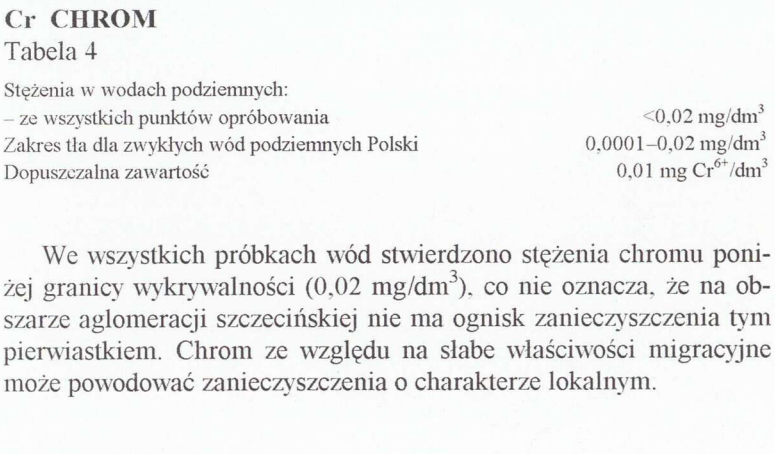


Fig. 26.
Rozkład częstości stężeń miedzi
Frequency distribution of copper concentrations

Praktycznie we wszystkich próbkach wody stężenia miedzi są niższe od dopuszczalnej zawartości według polskich przepisów sanitarnych dla wód pitnych, tj. 0,05 mg/dm^3. Tylko w jednej próbce stwierdzono zawartość nieznacznie przekraczającą dopuszczalną zawartość miedzi (0,051 mg/dm^3). Stan taki jest zaskakujący, ponieważ miedź jest jednym z dość często występujących zanieczyszczeń wód na terenie aglomeracji miejskich.

F FLUOR

Tablica 4, tabela IV, figura 27

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,1–2,47; średnio <0,1
– ze studni kopanych	<0,1–1,58; średnio <0,1
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,1–0,99; średnio <0,1
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,1–0,39; średnio <0,1
– z sond hydrogeologicznych	<0,1–2,47; średnio 0,11
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,05–0,5 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	1,5 mg/dm^3

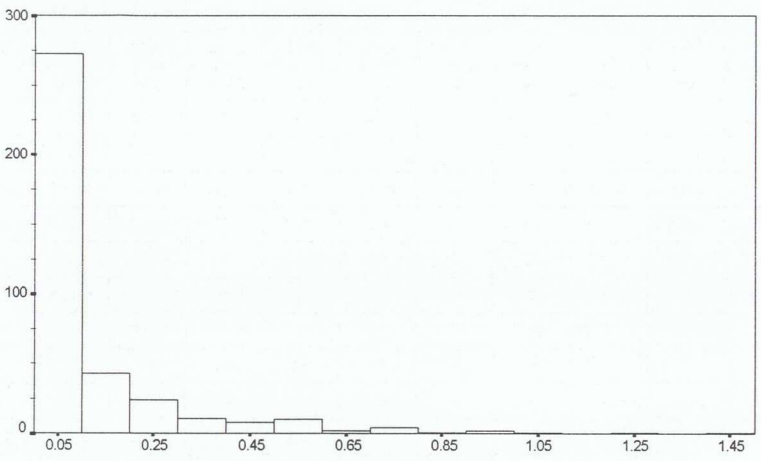


Fig. 27.
Rozkład częstości stężeń fluoru
Frequency distribution of fluorine concentrations

Średnia zawartość fluoru w płytkich wodach podziemnych na badanym obszarze jest niska i wynosi poniżej 0,1 mg/dm^3. W wodach wielu studni obserwuje się wręcz niedobór tego pierwiastka, w stosunku do dolnej granicy stężeń zalecanej w obowiązujących przepisach sanitarnych.

Na terenie Szczecina i okolic można wyznaczyć cztery obszary o podwyższonej zawartości fluoru. Największy obejmuje miasto Szczecin i tereny położone na południowy wschód. Zawartości w trzech próbkach przekraczają 1,5 mg/dm^3. Pozostałe obszary występują na północny zachód od Polic, w okolicach wsi Dobra i wzdłuż Świny na północy.

Degradację wód Szczecina i Polic można wiązać z zanieczyszczeniami gazowymi i pyłowymi, które poprzez opady atmosferyczne dostają się do wód podziemnych. Najpoważniejsze zanieczyszczenia fluorem wiążą się z hutnictwem aluminium i fabrykami nawozów fosforowych. Jednakże w okolicach Polic, gdzie zlokalizowane są zakłady nawozów fosforowych, dominują zachodnie kierunki wiatrów. Podwyższone stężenia fluoru mogą więc pochodzić z lokalnego źródła zanieczyszczeń.

Tereny wokół wsi Dobra mają charakter rolniczy. Źródeł podwyższonych zawartości fluoru można dopatrywać się w intensywnym nawożeniu nawozami fosforowymi (Piotrowski, Więcek, 1978).

Fe ŻELAZO

Tablica 6, tabela IV, figura 28

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–52,17; średnio 0,14
– ze studni kopanych	<0,01–52,17; średnio 0,04
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,01–23,45; średnio 0,33
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,01–10,01; średnio 0,7
– z sond hydrogeologicznych	<0,01–25,3; średnio 0,82
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,02–5,0 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	0,5 mg/dm^3

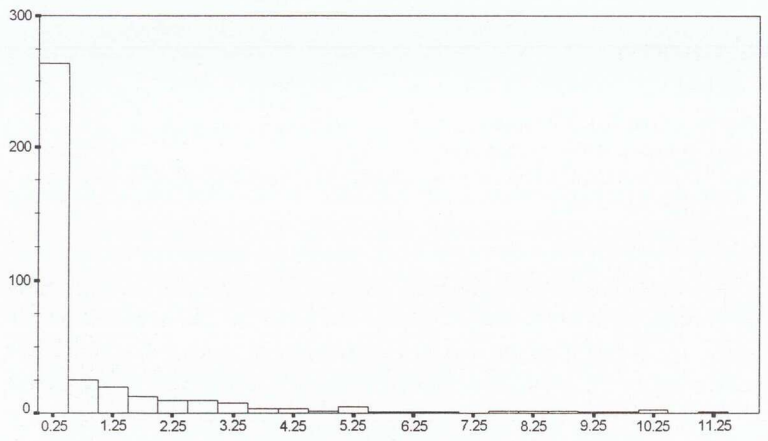


Fig. 28.
Rozkład częstości stężeń żelaza
Frequency distribution of iron concentrations

Zawartość żelaza w wodach podziemnych badanego obszaru jest wyraźnie zróżnicowana. Ponad połowa (58,6%) próbek wody spełnia wymogi przepisów sanitarnych dla wód pitnych. Obszary o niskich zawartościach Fe w wodach występują na południu oraz na północy wzdłuż Dźwiny. Na pozostałych terenach dominują wyższe zawartości. Próbki wody o zawartości powyżej 5 mg/dm^3, stanowiące 11,2% całej populacji, występują na terenach na zachód od Odry oraz wzdłuż wschodniego brzegu Zalewu Szczecińskiego.

Źródeł pochodzenia tego pierwiastka należy upatrywać w procesach naturalnych. Pewne ilości żelaza mogą pochodzić także z rur konstrukcyjnych w studniach.

Hg RTĘĆ

Tabela 4

Stężenia w wodach podziemnych:	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,001 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,0005–0,003 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	0,001 mg/dm^3

We wszystkich próbkach wód stwierdzono zawartości rtęci poniżej granicy wykrywalności (0,001 mg/dm^3).

Li LIT

Tabela IV, figura 29, 30

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,02–0,07; średnio <0,02
– ze studni kopanych	<0,02–0,05; średnio <0,02
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,02
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,02
– z sond hydrogeologicznych	<0,02–0,07; średnio <0,02
Wartości średnie dla płytko występujących wód podziemnych*	0,002–0,04 mg/dm^3

* Wg Szwarcewa *w*: Macioszczyk, 1987.

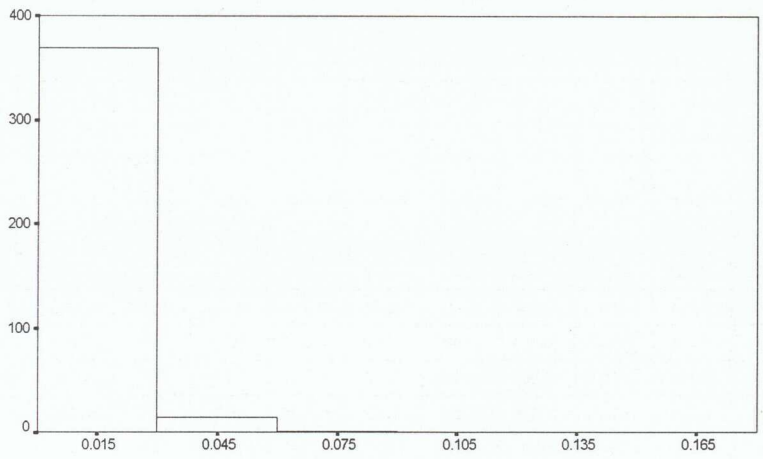


Fig. 29.
Rozkład częstości stężeń litu
Frequency distribution of lithium concentrations

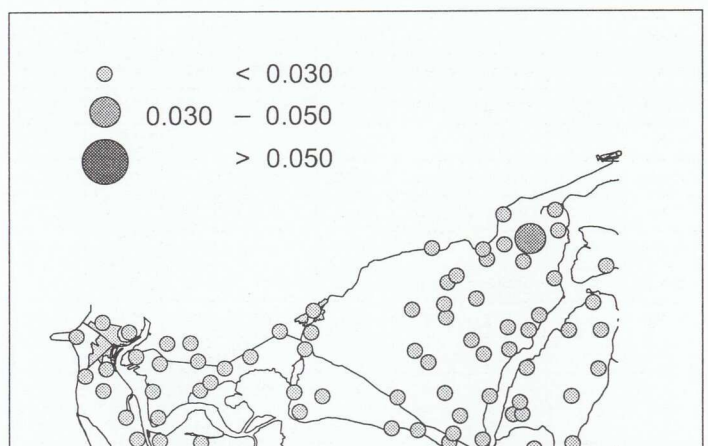


Fig. 30
Przestrzenny rozkład stężeń litu
Spatial distribution of lithium concetrations

Przeciętne zawartości litu w wodach podziemnych na badanym obszarze kształtują się na poziomie poniżej 0,03 mg/dm^3. Podwyższone stężenia stwierdzono w rejonie północnej części Szczecina oraz wsi Karwiłów przy granicy państwa. Maksymalna zawartość litu w wodach wynosi 0,07 mg/dm^3.

Mo MOLIBDEN

Tabela IV, figura 31, 32

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–0,03; średnio 0,032
– ze studni kopanych	<0,01–0,02; średnio <0,01
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,01
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,01
– z sond hydrogeologicznych	<0,01–0,03; średnio <0,01
Wartość w czystych wodach podziemnych klimatu umiarkowanego*	0,001 mg/dm^3

* Wg Szwarcewa *w*: Macioszczyk, 1987.

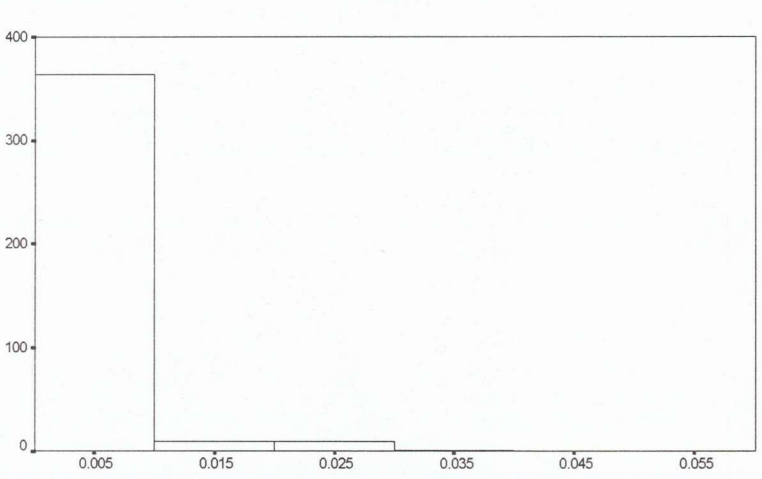


Fig. 31.
Rozkład częstości stężeń molibdenu
Frequency distribution of molybdenum concentrations

Stężenia molibdenu na badanym obszarze w 94,5% próbek są niższe od granicy wykrywalności (0,01 mg/dm^3). Stwierdzone w 21 próbkach wody zawartości powyżej tej granicy (fig. 32) mają najprawdopodobniej charakter antropogeniczny, gdyż pierwiastek ten występuje w ściekach komunalnych i przemysłowych. Najwyższe stężenie Mo w badanych wodach obserwowano w okolicy Trzebnicy, gdzie wynosi ono 0,032 mg/dm^3.

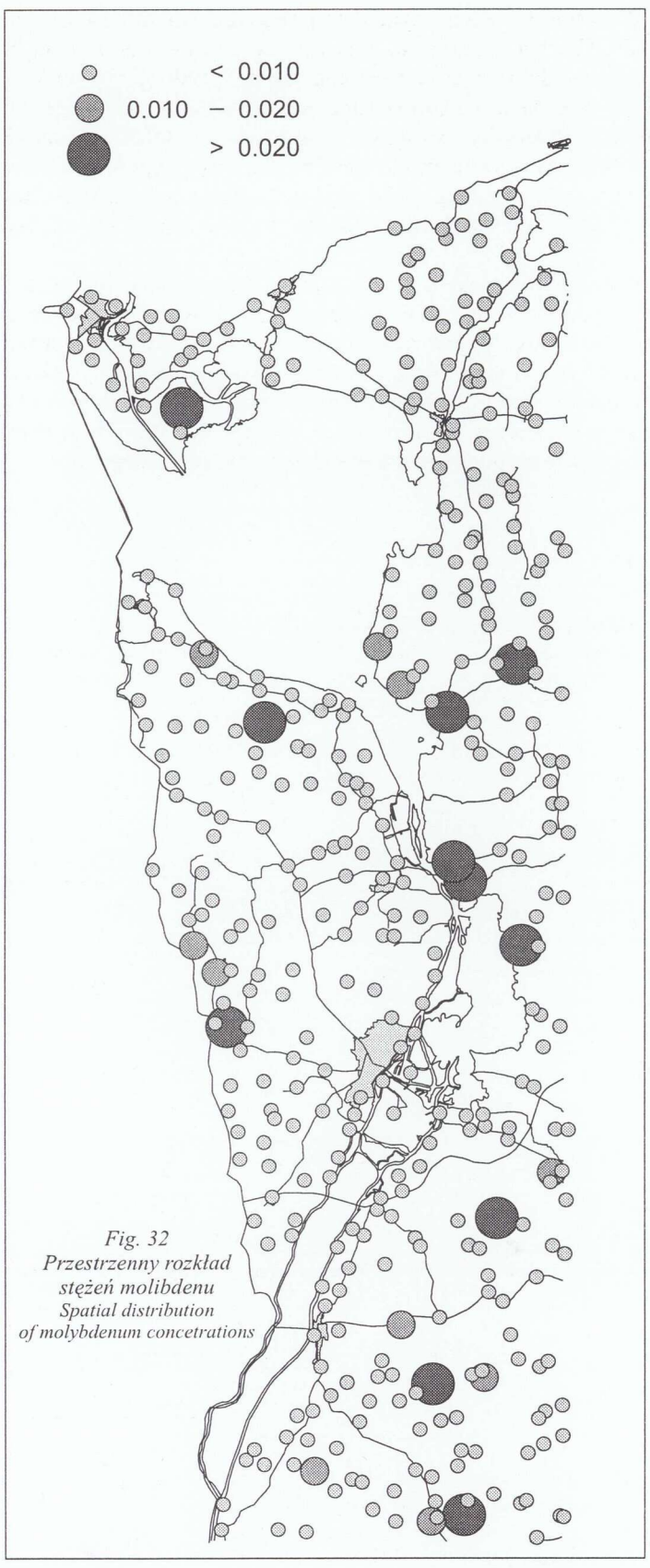


Fig. 32
Przestrzenny rozkład stężeń molibdenu
Spatial distribution of molybdenum concetrations

Mn MANGAN

Tablica 6, tabela IV, figura 33

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,002–5,794; średnio 0,056
– ze studni kopanych	<0,002–5,794; średnio 0,026
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	0,002–1,273; średnio 0,118
– ze studni wierconych (>20 m)	0,026–0,671; średnio 0,182
– z sond hydrogeologicznych	0,01 –2,524; średnio 0,154
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,01–0,4 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	0,1 mg/dm^3

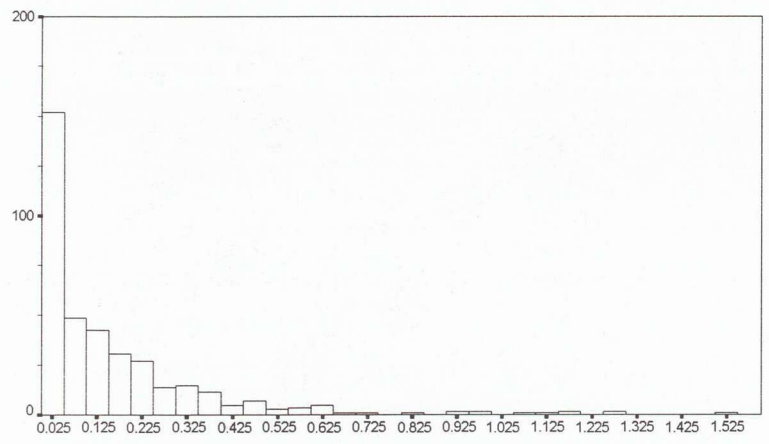


Fig. 33.
Rozkład częstości stężeń manganu
Frequency distribution of manganese concentrations

Średnia zawartość manganu w wodach podziemnych aglomeracji szczecińskiej wynosi 0,056 mg/dm^3. Najniższe zawartości, w stosunku do pozostałych otworów (śr. powyżej 0,1 mg/dm^3), obserwowane są w studniach kopanych (śr. 0,026 mg/dm^3). W rozkładzie przestrzennym można wyróżnić dwa rejony o wysokich zawartościach Mn, tj. powyżej 0,4 mg/dm^3 – obszar miasta Szczecina oraz obszary wokół Świnoujścia. Na pozostałych terenach rozkład zawartości ma charakter mozaikowy. Przyczyn takiego stanu można upatrywać w zmianie warunków utleniająco-redukcyjnych (wyższe stężenia manganu zwykle związane są ze środowiskiem glejowym). Jednakże niepełne rozpoznanie warunków redox nie pozwala na jednoznaczną ocenę.

Blisko 50% próbek wykazuje przekroczenie dopuszczalnej zawartości Mn w wodach pitnych, przyjętej w przepisach sanitarnych, która wynosi 0,1 mg/dm^3. Obserwowane w zbadanych wodach ponadnormatywne stężenia manganu nie zagrażają zdrowiu ludzi.

Ni NIKIEL

Tablica 4, tabela IV, figura 34, 35

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–0,05; średnio <0,01
– ze studni kopanych	<0,01–0,02; średnio <0,01
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,01–0,01; średnio <0,01
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,01–0,05; średnio <0,01
– z sond hydrogeologicznych	<0,01–0,04; średnio <0,01
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,001–0,005 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	0,03 mg/dm^3

Polskie przepisy sanitarne ustalają zawartość 0,03 mg/dm^3 niklu jako wartość dopuszczalną dla wód pitnych. W 99,5% badanych próbek wody zawartości niklu kształtują się poniżej tego poziomu. Podwyższone stężenia stwierdzono w dwóch próbkach. W próbce pobranej z sondy w Puszczy Wkszańskiej, podwyższonej zawartości Ni towarzyszy odbiegająca od tła zawartość kobaltu. Wartość 0,05 mg/dm^3 niklu w próbce pobranej ze studni głębinowej browaru szczecińskiego, ujmującej głębszy od badanego poziom wodonośny, może świadczyć o przeniknięciu zanieczyszczenia z powierzchni terenu.

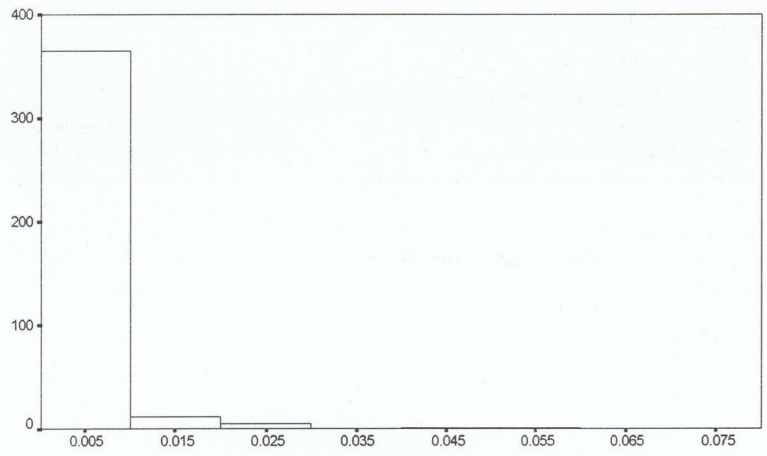


Fig. 34.
Rozkład częstości stężeń niklu
Frequency distribution of nickel concentrations

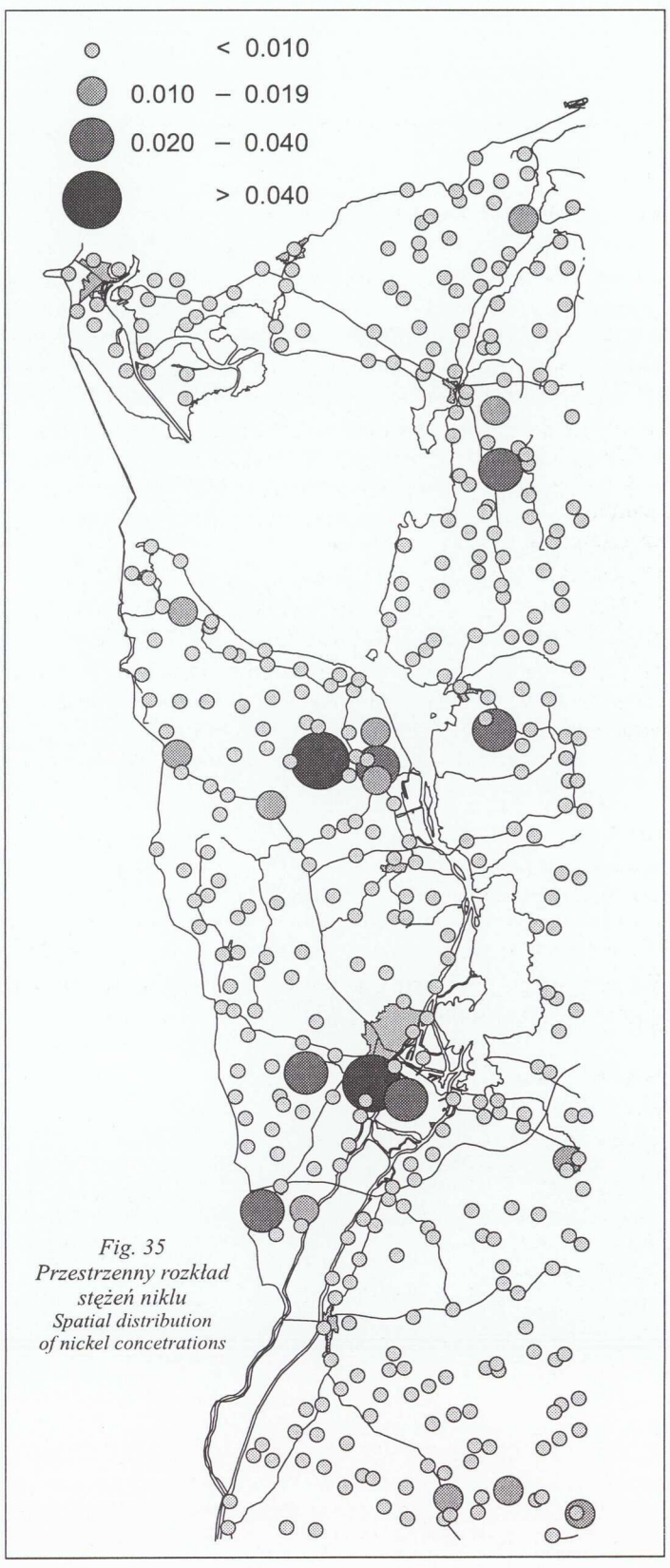


Fig. 35
Przestrzenny rozkład stężeń niklu
Spatial distribution of nickel concetrations

P FOSFOR

Tablica 4, tabela IV, figura 36

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,2–7,8; średnio 0,2
– ze studni kopanych	<0,2–7,8; średnio 0,4
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,2–4,5; średnio <0,2
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,2–1,1; średnio <0,2
– z sond hydrogeologicznych	<0,2–1,9; średnio <0,2
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,5–10 mg/dm^3

Średnia zawartość fosforu na badanym obszarze wynosi 0,2 mg/dm^3. Podwyższone zawartości tego pierwiastka obserwuje się w południowej części badanego obszaru, a także we wschodnim pasie od Stępniczki, wzdłuż Dźwiny aż do ujścia do Bałtyku. Wysokie wartości stwierdzono w okolicach Trzebnicy i w rejonie Karsiboru (maksimum – 7,8 mg/dm^3). Podwyższone zawartości fosforu w wodach okolic Polic należy wiązać ze ściekami z przemysłu nawozów fosforowych.

Pierwiastek ten występuje w środowisku wód podziemnych w niewielkich ilościach w stosunku do swojego procentowego udziału w budowie litosfery. Fosfor łatwo ulega procesom sorpcyjnym, a jego związki charakteryzują się niewielką rozpuszczalnością w wodzie. Podwyższone zawartości tego pierwiastka mogą świadczyć o lokalnym źródle zanieczyszczenia. Potwierdzają to badania obszaru aglomeracji szczecińskiej, gdzie punkty podwyższonych stężeń fosforu są nierównomiernie rozproszone po całym terenie. Źródel fosforu należy dopatrywać się w ściekach komunalnych, hodowlanych i przemysłowych (zwłaszcza spożywczych).

Zanieczyszczenia gleb fosforem związane z intensywnym nawożeniem związkami fosforowymi nie stanowią dużego zagrożenia dla wód podziemnych, gdyż jest on sorbowany przez znajdujące się w skałach wodorotlenki żelaza i tlenki innych metali (Macioszczyk, 1987).

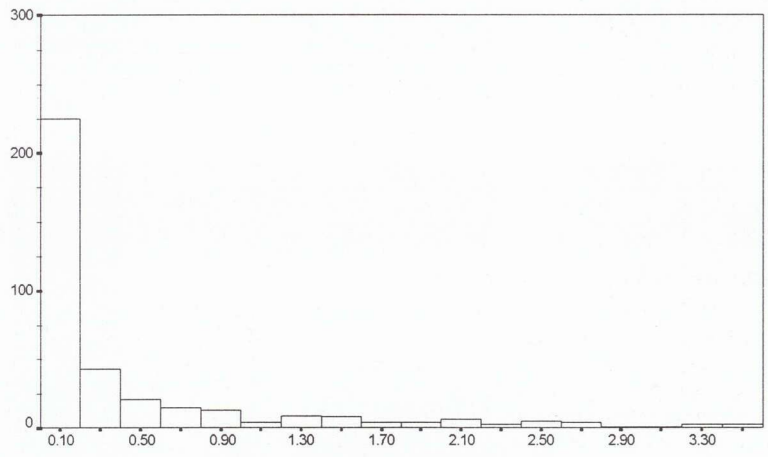


Fig. 36.
Rozkład częstości stężeń fosforu
Frequency distribution of phosphorus concentrations

HPO_4^- FOSFORANY

Tablica 4, tabela IV, figura 37

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):

– ze wszystkich punktów opróbowania	<1–23,7; średnio <1
– ze studni kopanych	<1–23,7; średnio <1
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<1–12,8; średnio <1
– ze studni wierconych (>20 m)	<1
– z sond hydrogeologicznych	<1

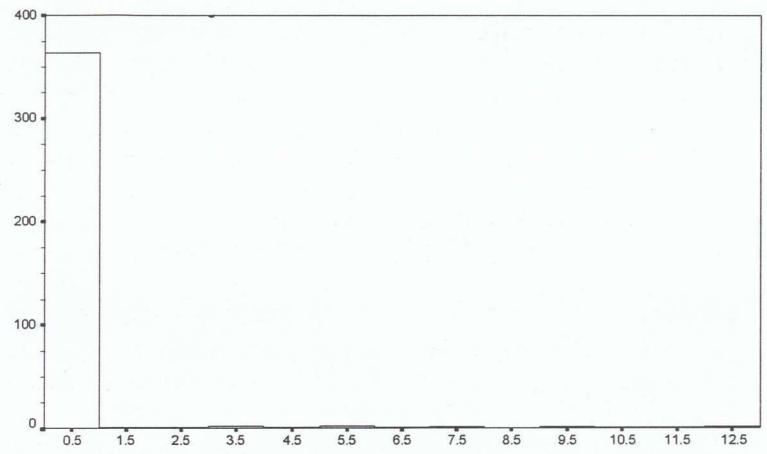


Fig. 37.
Rozkład częstości stężeń fosforanów
Frequency distribution of phosphate concentrations

Zawartości fosforanów na przeważającej części obszaru są niższe od granicy wykrywalności – 1 mg/dm^3. Wysokie stężenia tego składnika pokrywają się z wysokimi zawartościami fosforu. Wyróżnić można pięć obszarów zdegradowanych: na południu w okolicy Sobieradza, Pilichowa–Tanowa, Racimierza oraz na północy w okolicach Chynowa (maksymalna zawartość 23,7 mg/dm^3) i Karsiboru. Największe zawartości HPO_4 występują w wodach w dwóch punktach na północy obszaru. Przyczyn zanieczyszczenia wód podziemnych fosforanami należy upatrywać w stosowaniu lub składowaniu detergentów i środków owadobójczych.

Szczególnie niebezpieczna jest anomalia Karsiboru, gdyż zanieczyszczenia migrują w warstwie wodonośnej w kierunku Świny. Świadczy o tym stwierdzenie wysokiej zawartości fosforanów w dwóch sąsiednich studniach, przy czym ich stężenie zmniejsza się w kierunku zachodnim. W tych samych punktach stwierdzono również wysokie stężenia fosforu.

Pb OŁÓW

Tabela 4

Stężenia w wodach podziemnych:	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,05 mg/dm^3
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0–001–0,01 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	0,05 mg/dm^3

We wszystkich próbkach wód stwierdzono zawartości ołowiu poniżej granicy wykrywalności, tj. 0,05 mg/dm^3.

Si KRZEM jako SiO_2

Tablica 7, tabela IV, figura 38

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):

– ze wszystkich punktów opróbowania	1,9–52,4; średnio 15
– ze studni kopanych	1,9–52,4; średnio 15,7
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	6 –27,8; średnio 14
– ze studni wierconych (>20 m)	5,8–30,9; średnio 16,9
– z sond hydrogeologicznych	2,5–38,1; średnio 13,5
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	1–30 mg/dm^3

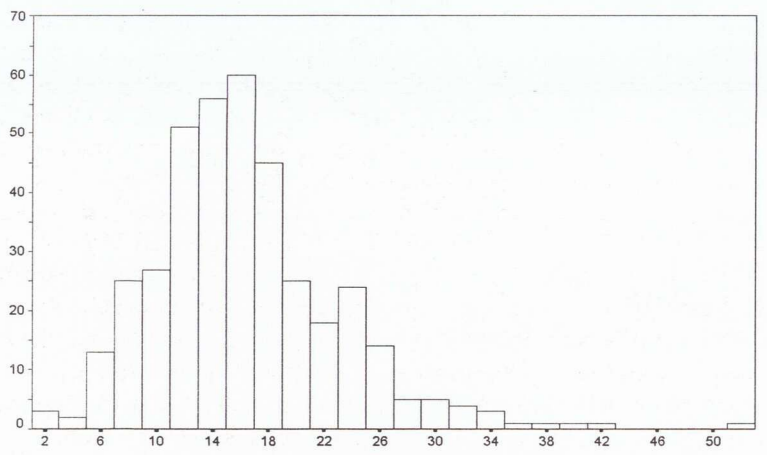


Fig. 38.
Rozkład częstości stężeń krzemionki
Frequency distribution of silica concentrations

Stężenia całkowitego krzemu w wodach podziemnych aglomeracji szczecińskiej, przeliczone na zawartość SiO_2, zawierają się w przedziale typowym dla wód podziemnych Polski. Średnia zawartość wynosi 15 mg/dm^3. Wyższe stężenia tego składnika występują w okolicy Szczecina oraz w rejonie Karsiboru. Najwyższą zawartość (52,41 mg/dm^3) stwierdzono w studni znajdującej się na terenie ogródków działkowych w Szczecinie, w pobliżu Martwej Wody. Podwyższone zawartości mogą być spowodowane występowaniem substancji organicznej.

Sr STRONT

Tablica 8, tabela IV, figura 39

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):

– ze wszystkich punktów opróbowania	0,036–2,748; średnio 0,263
– ze studni kopanych	0,052–2,748; średnio 0,272
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	0,046–1,922; średnio 0,25
– ze studni wierconych (>20 m)	0,064–0,779; średnio 0,338
– z sond hydrogeologicznych	0,036–2,362; średnio 0,234
Wartości najczęściej spotykane w wodach podziemnych strefy utleniającej*	0,005–0,05 mg/dm^3

* Wg Szwarcewa *w*: Macioszczyk, 1987.

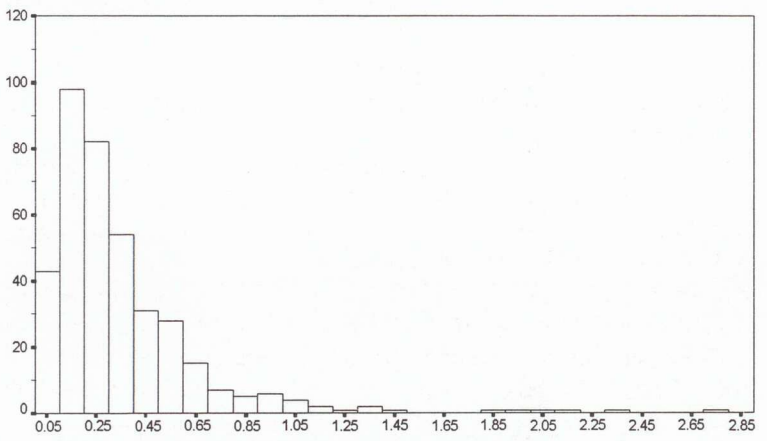


Fig. 39.
Rozkład częstości stężeń strontu
Frequency distribution of strontium concentrations

W kartograficznym rozkładzie przestrzennym zawartości strontu wyraźnie zaznacza się strefa wysokich stężeń (powyżej 0,67 mg/dm^3) na obszarze doliny Odry od Gryfina do Polic. Najwięcej próbek o wysokich stężeniach zaobserwowano na terenach na zachód od Odry. Średnie zawartości strontu w wodach z terenów miejskich (0,41 mg/dm^3) prawie dwukrotnie przekraczają jego średnią zawartość dla całej populacji (0,26 mg/dm^3). Najwyższe stężenie strontu (2,75 mg/dm^3) stwierdzono w próbce wody ze studni we wsi Barnisław.

Wzbogacenie wód podziemnych w stront może być związane z występowaniem na badanym obszarze skał węglanowych, zawierających sole strontu. Jednakże skupienie wód o wysokich zawartościach strontu wokół terenów przemysłowych aglomeracji szczecińskiej, wskazuje na jego antropogeniczne pochodzenie. J. Roman (1978) podaje, że zawartość Sr w ściekach rejonów miejsko-przemysłowych może być kilkakrotnie wyższa w stosunku do naturalnego tła.

Ti TYTAN

Tabela IV, figura 40, 41

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):

– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,005–0,044; średnio <0,005
– ze studni kopanych	<0,005–0,006; średnio <0,005
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,005
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,005–0,005; średnio <0,005
– z sond hydrogeologicznych	<0,005–0,044; średnio <0,005
Wartości średnie w wodach gruntowych*	0,01 mg/dm^3

* Wg A. Kabaty-Pendias, 1993.

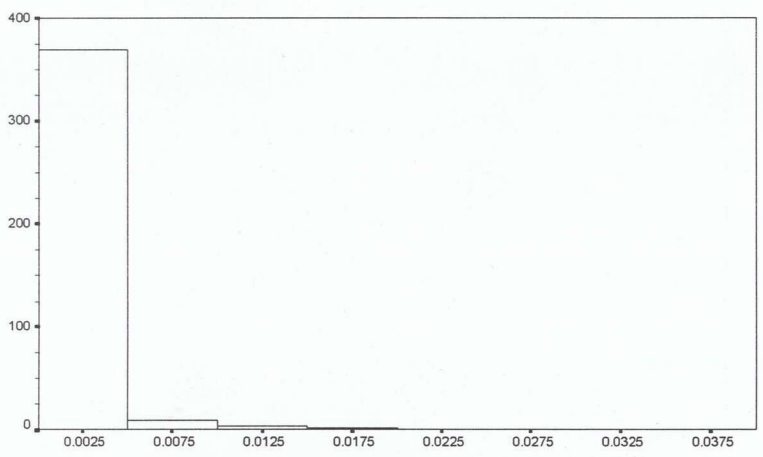


Fig. 40.
Rozkład częstości stężeń tytanu
Frequency distribution of titanium concentrations

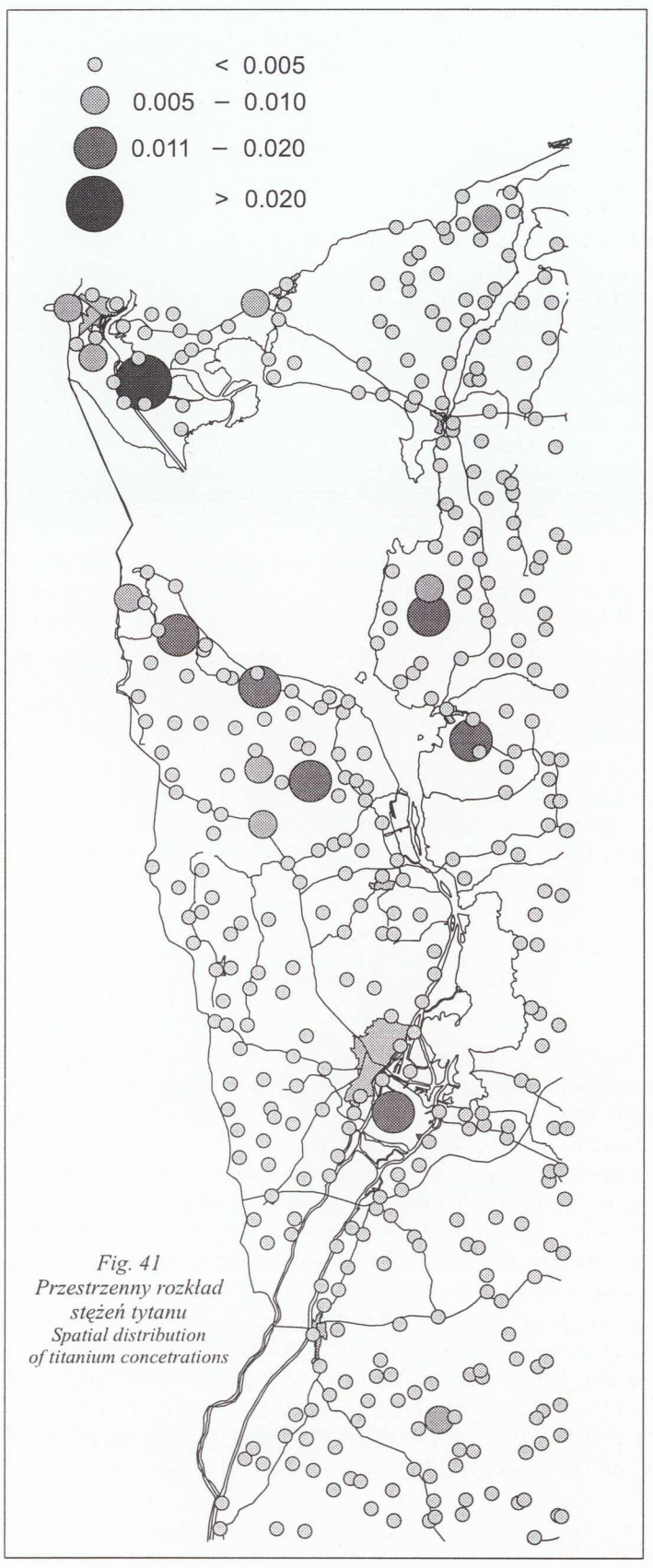


Fig. 41
Przestrzenny rozkład stężeń tytanu
Spatial distribution of titanium concetrations

Mała ruchliwość tego pierwiastka jest przyczyną jego niewielkich stężeń w hydrosferze (Kabata-Pendias, Pendias 1993). Wniosek ten potwierdziły badania przeprowadzone w aglomeracji szczecińskiej. W 96% badanych próbek wody stwierdzono występowanie tytanu poniżej granicy wykrywalności aparatury (0,005 mg/dm^3). Nieznacznie wyższe zawartości (maksymalna 0,028 mg/dm^3) występują w 16 próbkach wód, głównie z rejonu wybrzeży Zalewu Szczecińskiego.

V WANAD

Tabela IV, figura 42

Stężenia w wodach podziemnych:	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–0,01 mg/dm^3

We wszystkich próbkach wód stwierdzono zawartości wanadu poniżej granicy wykrywalności (0,01 mg/dm^3) lub równe tej wartości.

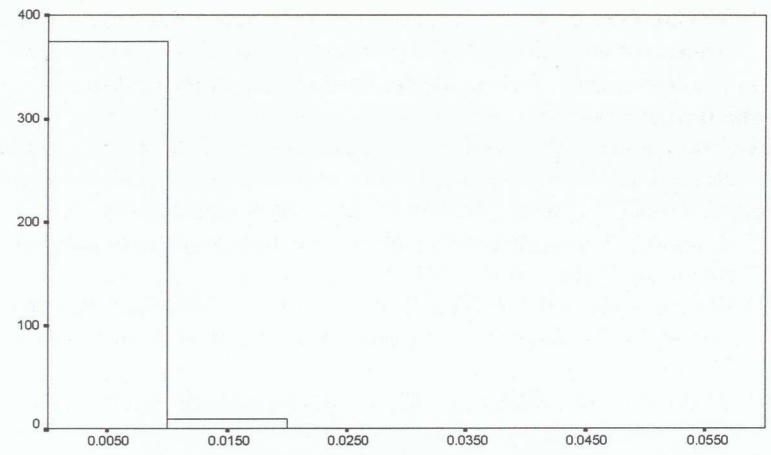


Fig. 42.
Rozkład częstości stężeń wanadu
Frequency dostribution of vanadium concentrations

Zn CYNK

Tablica 5, tabela IV, figura 43

Stężenia w wodach podziemnych (mg/dm^3):	
– ze wszystkich punktów opróbowania	<0,01–15,23; średnio 0,06
– ze studni kopanych	<0,01–10,28; średnio 0,08
– ze studni wierconych (do 20 m) i piezometrów	<0,01–15,23; średnio 0,1
– ze studni wierconych (>20 m)	<0,01– 1,13; średnio 0,04
– z sond hydrogeologicznych	<0,01– 0,18; średnio 0,4
Zakres tła dla zwykłych wód podziemnych Polski	0,005–0,05 mg/dm^3
Dopuszczalna zawartość	5 mg/dm^3

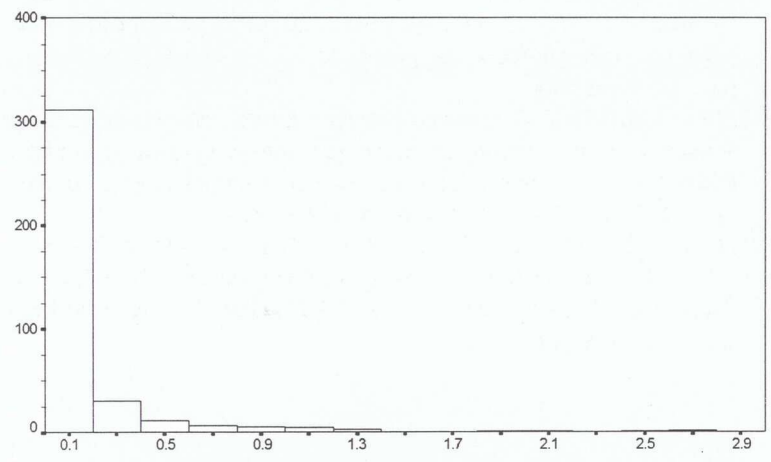


Fig. 43.
Rozkład częstości stężeń cynku
Frequency distribution of zinc concentrations

W 95% badanych próbek wody zawartość cynku kształtuje się poniżej 1 mg/dm^3. Polskie przepisy sanitarne dla wód pitnych dopuszczają zawartości do 5 mg/dm^3, co przekroczone zostało tylko w 3 próbkach. Maksymalną zawartość stwierdzono w próbce z Warszewa (15,23 mg/dm^3). Tak wysokie stężenie może mieć charakter antropogeniczny (w sąsiedztwie zlokalizowany jest zakład samochodowy).

ZAGROŻENIA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH

Przestrzenny rozkład poszczególnych parametrów określających chemizm płytko występujących wód podziemnych aglomeracji szczecińskiej wykazuje dużą zmienność. Analiza czynników naturalnych nie pozwala na znalezienie przyczyn takiego stanu. Zróżnicowanie chemizmu wód świadczy o zmianach wywołanych gospodarczą działalnością człowieka. W obrębie badanej aglomeracji można wyróżnić strefę, wysokich zawartości wielu składników, zlokalizowaną wzdłuż Odry. Na tym obszarze występują wody o ponadnormatywnych stężeniach mineralizacji ogólnej, twardości ogólnej, siarczanów, boru, fluoru, żelaza i manganu. Degradacja wód podziemnych w tym rejonie związana jest z wpływem czynników antropogenicznych. Najsilniej przekształcone wody udokumentowano w obszarach gęsto zaludnionych i uprzemysłowionych (Szczecin–Police). Zlokalizowanych jest tu wiele ognisk zanieczyszczeń, a także zaznacza się wpływ rzeki Odry niosącej zanieczyszczenia z górnego biegu. W pasie terenu wzdłuż Odry polepszenie jakości wód podziemnych następuje w kierunku północnym i południowym, w miarę oddalania się od centrum ośrodka miejsko-przemysłowego.

Strefa wód zdegradowanych występuje także wzdłuż granicy polsko-niemieckiej, od Kołbaskowa do Dobrej. Jednakże w tym przypadku, taki stan wód można częściowo wytłumaczyć czynnikami naturalnymi, a mianowicie występowaniem w podłożu utworów wzbogaconych w $CaCO_3$. Zawartość węglanu wapnia wpływa na podwyższone stężenia strontu i baru w wodach podziemnych na tym terenie.

Na pozostałych obszarach zanieczyszczenia wód podziemnych mają charakter anomalii punktowych, co zaznacza się lokalnymi wzrostami stężeń poszczególnych składników wód. Świadczy to o nieuregulowanej gospodarce wodno-ściekowej, a także nieodpowiednim składowaniu odpadów. Duże niebezpieczeństwo mogą stanowić dzikie, niekontrolowane wysypiska odpadów. Zagrożenie jest tym większe, że w wielu przypadkach znalezienie przyczyn degradacji wód podziemnych jest praktycznie niemożliwe.

Odrębnym problemem są zanieczyszczenia rolnicze objawiające się ponadnormatywnymi stężeniami związków azotu w wodach podziemnych. Obszary o wodach zdegradowanych związkami azotu występują na południu i północy badanego terenu oraz miejscami na zachód od Odry.

W wielu przypadkach degradacja wód podziemnych obejmuje tereny, gdzie utwory wodonośne izolowane są od powierzchni utworami słabo przepuszczalnymi. Wody wysokiej jakości występują, pomimo braku izolacji, na obszarze Puszczy Wkszańskiej.

Aglomeracja szczecińska różni się od innych aglomeracji Polski ze względu na swe położenie w ujściowym odcinku Odry i kontakt z zasolonymi wodami Bałtyku. Warunki te powodują podwyższone koncentracje niektórych składników w płytko występujących wodach podziemnych.

Ze względu na stopień przekształcenia chemizmu wód w wyniku dopływu zanieczyszczeń użytkowanie płytko występującego poziomu wód powinno być ograniczone. Dotyczy to szczególnie obszarów miejsko-przemysłowych wokół Szczecina. Podwyższone stężenia poszczególnych składników w pierwszej warstwie wodonośnej stanowią ostrzeżenie, gdyż zanieczyszczenia te mogą przedostawać się do warstw głębszych (stanowiących poziom użytkowy). Obecny stan gospodarki wodno-ściekowej na terenie Szczecina będzie prowadził do dalszego pogorszenia jakości wód. Należy zwrócić uwagę na kilka podstawowych czynników mogących wpłynąć na poprawę obecnego stanu: rozwój infrastruktury ochrony środowiska w zakresie utylizacji i składowania odpadów stałych oraz uszczelnienie kolektorów ściekowych, modernizacja i budowa wysokoefektywnych oczyszczalni ścieków. Poprawa stanu środowiska naturalnego poprzez uregulowanie gospodarki odpadami i ściekami wraz z jednoczesnym oczyszczaniem wód Odry wpłynie na jakość wód podziemnych.

14° 10′ 14° 45′
54° 02′

PUNKTY OPRÓBOWANIA
SAMPLING POINTS

- Studnie wiercone (powyżej 20 m głębokości)
  Drilled water wells (deeper than 20 m)
- Studnie wiercone
  Drilled water wells
- Piezometry
  Piezometers
- Sondy Geoprobe
  Geoprobe sampling sites
- Studnie kopane
  Dug water wells
- Wysypiska
  Waste dumping sites
- Obszary, w których pierwszy poziom wodonośny występuje głębiej niż strefa rozpoznana (patrz część tekstowa)
  Areas with first aquifer occurring deeper than investigated zone (see text)

Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

53° 07′ 14° 10′ 14° 45′

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:200000

14° 10′ — 14° 45′
54° 02′ — 53° 07′

MORZE BAŁTYCKIE
ZATOKA POMORSKA
(ODERBUCHT)
ZALEW SZCZECIŃSKI
(ODERHAFF)
WIELKI ZALEW

Dziwnów, Międzywodzie, ZALEW KAMIENSKI, Seebad Heringsdorf, Seebad Ahlbeck, MIĘDZYZDROJE, WOLIŃSKI PARK NARODOWY, Dargobądz, WOLIN, REPZINER HAKEN, Altwarp, Warsin, Moritzberg, Vogelsang, J. Nowowarpieńskie (Neuwarper See), Luckow, Rieth, Ahlbeck, Gegensee, Hintersee, Glashütte, Borken, Grünhof, Pampow, Mewegen, Rothenklempenow, Dorotheenwalde, Blankensee, Gorkow, Boock, Löcknitz, Prowen, Bismark, Stepnica, Trzebież, Police, Nowe Warpno, Pilchowo, JEZ DĄBIE, SZCZECIN, Przecław, Rosow, Neurochlitz, Pargowo, Staffelde, Meschenhof, Casekow, GARTZ, Nw.–Czarnowo, Widuchowa

PRZEWODNOŚĆ ELEKTRYCZNA WŁAŚCIWA
ELECTRICAL CONDUCTIVITY

mS/cm
2,0
1,0
0,8
0,4
0,3

SKALA DIAGRAMÓW MINERALIZACJI OGÓLNEJ
SCALE OF MINERALIZATION DIAGRAMS

3 000 mg/dm³
1 500
300
0

ZAWARTOŚĆ MAKROSKŁADNIKÓW (% mval)
MACROCOMPONENTS (% mval)

Cl^-
SO_4^{2-}
HCO_3^-
K^+
Na^+
Mg^{2+}
Ca^{2+}

Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1

Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1 : 200 000

14° 10′ 14° 45′
54° 02′

MORZE BAŁTYCKIE
ZATOKA POMORSKA
(ODERBUCHT)
ZALEW SZCZECIŃSKI
(ODERHAFF)
WIELKI ZALEW
REPZINER HAKEN
J. Nowowarpieńskie (Neuwarper See)
ZALEW KAMIEŃSKI
JEZ DĄBIE

Dziwnów, Międzywodzie, Seebad Heringsdorf, Seebad Ahlbeck, Świnoujście, Międzyzdroje, Wolin, Altwarp, Warsin, Vogelsang, Lückow, Ahlbeck, Hintersee, Glashütte, Borken, Grunhof, Pampow, Mewegen, Rothenklempenow, Dorotheenwalde, Blankensee, Boock, Borkow, Löcknitz, Pewen, Bismark, Altwarp, Moritzberg, Rieth, Degensee, Stolec, Tarnowo, Police, Pilchowo, Redlica, Bezrzecze, Skartimierz, Przecław, Rosow, Neurochlitz, Staffelde, Mescherin, Gartz, Nowe Warpno, Widuchowa, Ostoja, Trzebież, Stepnica, Szczecin, Dąbie

N – NO_2
AZOT AZOTYNOWY
NITRITE NITROGEN

- < 0,010
- 0,010 – 0,029
- 0,030 – 0,100
- > 0,100 mg/dm³

N – NH_4
AZOT AMONOWY
AMMONIA NITROGEN

- < 0,08
- 0,08 – 0,49
- 0,50 – 1,70
- >1,70 mg/dm³

N – NO_3
AZOT AZOTANOWY
NITRATE NITROGEN

- <0,10
- 0,10 – 9,99
- 10,00 – 62,00
- > 62,00 mg/dm³

CAŁKOWITY AZOT MINERALNY
TOTAL INORGANIC NITROGEN

2 4 8 16 64 128 mg N/dcm³

Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1

Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

53° 07′ 14° 10′ 53° 07′ 14° 45′

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:200000

14° 10′ 14° 45′
54° 02′ 53° 07′

MORZE BAŁTYCKIE
ZATOKA POMORSKA
(ODER BUCHT)
ZALEW SZCZECIŃSKI
(ODERHAFF)
WIELKI ZALEW
REPZINER HAKEN
KANAŁ PIASTOWSKI

Seebad Heringsdorf
Seebad Ahlbeck
Dziwnów
Międzywodzie
ZALEW KAMIEŃSKI
Wisełka
Kołczewo
Rynowo
Chrząszczewo
Bunowice
Międzyzdroje
WOLIŃSKI PARK NARODOWY
Świnoujście
Łuskowo
Kodrąb
Ładzin
Unin
Laska
G. Pustynka
Dargobądz
Wolin
Warnołęka
Rzystnica
Kamminke
Garz
Świna
Przytor
Zalesie
Wicko
Jez. Wicko Wielkie
Krzek
Altwarp
Warsin
Vogelsang
Moritzberg
Luckow
Nr 892
Nr 882
Nr 870
Nr 865
Nr 836
Nr 822
Nr 797
Nr 778
Nr 772
Nr 766
Nr 758
Nr 840
Nr 828
Nr 256
Ahlbeck
Gegensee
Hinterssee
Glashütte
Borken
Grünhof
Pampow
Mewegen
Rothenklempenow
Blankensee
Dorotheenwalde
Gorkow
Boock
Hohenfelde
Löcknitz
Pinnow
Bismark
Stolpe
Stolec
Tarnowo
Pilichowo
Redlica
Bezrzecze
Skarbimierzyce
Kościno
Ostoja
Raikowo
Przecław
Police
Trzebież
Stepnica
Mścięcino
Siedlice
Bartoszewo
Rosow
Pargowo
Neurochlitz
Staffelde
Meschenin
Geesow
Gartz
Stekino
Czarnowo
Babinek
Bolkowice
Widuchowa
Czarne
Wełtyń
Gardno
Żelisławiec
Wysoka Gryfińska
Sobiemyśl
Parsówek
Bielice-Parsowo
Nowe Warpno
Szczecin-Glinki
JEZ. DĄBIE
SZCZECIN
Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

P FOSFOR PHOSPHORUS

- < 0,20
- 0,20 – 0,69
- 0,70 – 3,00
- > 3,00 mg/dm³

B BOR BORON

- < 0,05
- 0,05 – 0,18
- 0,19 – 0,40
- > 0,40 mg/dm³

F FLUOR FLUORINE

- < 0,10
- 0,10 – 0,30
- 0,31 – 1,50
- > 1,50 mg/dm³

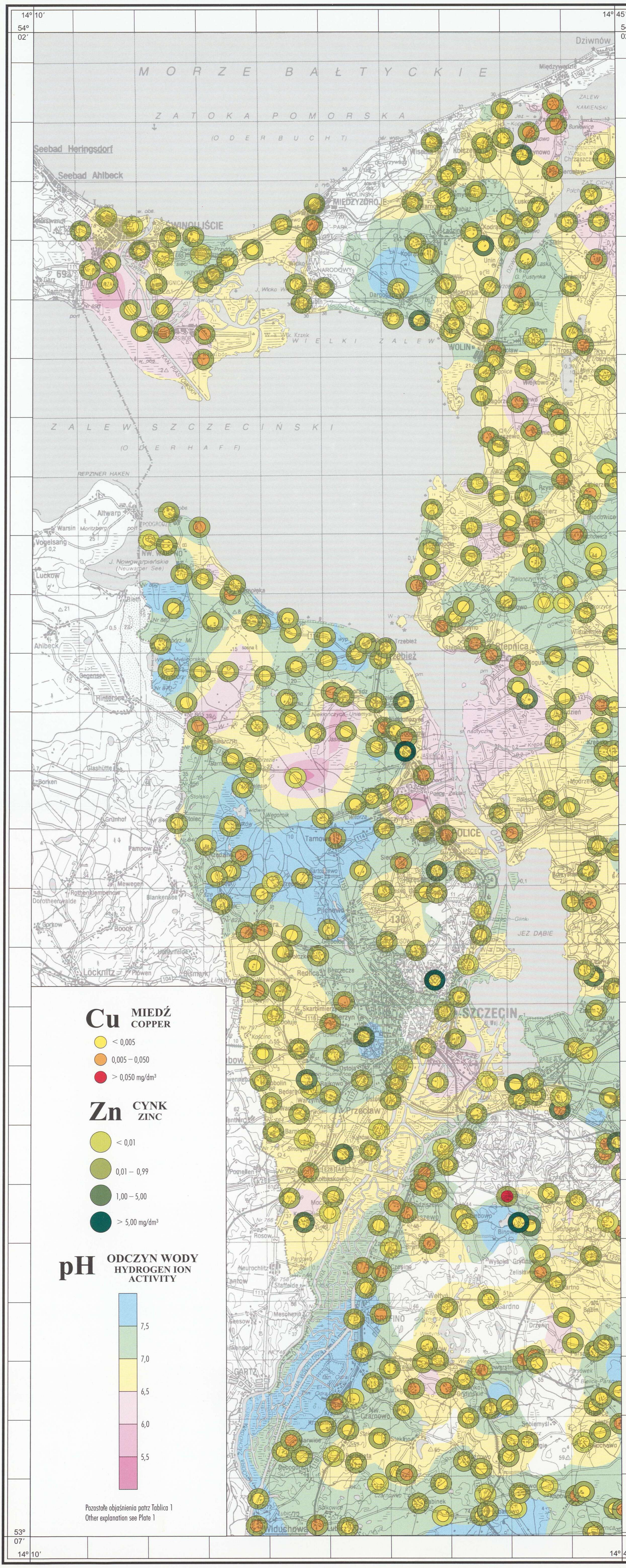
HPO_4 FOSFORANY PHOSPHATE

1 2 4 8 16 mg/dm³

Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:200000



Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:200000

14° 10′ 14° 45′
54° 02′ 53° 07′

MORZE BAŁTYCKIE
ZATOKA POMORSKA
(ODER BUCHT)
ZALEW SZCZECIŃSKI
(ODERHAFF)
WIELKI ZALEW
REPZINER HAKEN
Seebad Heringsdorf
Seebad Ahlbeck
Dziwnów
ŚWINOUJŚCIE
MIĘDZYZDROJE
WOLIN
NARODOWY
PARK
KANAŁ PIASTOWSKI
ZALEW KAMIEŃSKI
ZAT. CICHA
Międzywodzie
Bunowice
Kołczewo
Wisełka
Łuskowo
Ładzin
Kodrąb
Unin
Laska
G. Pustynka
Mokrzyca
Dargobądz
Lubin
Wicko
Żalesie
Przybiernów
Kamminke
Garz
Świnoujście
Przytór
Świna
Lubczyna
Karsibór
Altwarp
Warsin
Moritzberg
Vogelsang
Luckow
Ahlbeck
Gegensee
Hintersee
Glashütte
Borken
Grünhof
Pampow
Mewegen
Rothenklempenow
Blankensee
Dorotheenwalde
Gorkow
Boock
Löcknitz
Pasewalk
Bismark
Ueckermünde
Stettin
Police
Nowogard
Goleniów
Stargard
Szczecin
Trzebież
Stepnica
Mosty
Skolwin
Dobra
Kobylanka
Przecław
Pilchowo
Tarnowo
Redlica
Bezrzecze
Kołbaskowo
Mierzyn
Gumieńce
Ostoja
Bolinek
Bartkowo
Gardno
Parsówek
Sobiemyśl
Stękino
Czarnowo
Babinek
Widuchowa
Gartz
Penkun
Pomellen
Meschenin
Staffelde
Neurochlitz
Pargow
Casekow
Jasienica
Niekłończyca–Uniemysł
Wełtyń
Trzebiesz
Siedlice
Wysoka Gryfińska
Żelisławiec
Kartno
Babin
Drzonin
Chwarstnica
Mielenko Gryfińskie
Rosow
Schwedt
Angermünde
Prenzlau
Penkun
Casekow
Meschenin
Staffelde
Neurochlitz
Pargow
Gartz
Tantow
Mescherin
Gaesow
Schwedt
Angermünde
Prenzlau
Penkun
Casekow
Meschenin
Staffelde
Neurochlitz
Pargow
Gartz
Tantow
Mescherin
Gaesow
Schwedt
Angermünde
Prenzlau
Penkun
Casekow
Meschenin
Staffelde
Neurochlitz
Pargow
Gartz
Tantow
Mescherin
Gaesow

Mn MANGAN MANGANESE

- < 0,002
- 0,002 – 0,100
- > 0,100 mg/dm³

Fe ŻELAZO IRON

- < 0,01
- 0,01 – 0,49
- 0,50 – 5,50
- > 5,50 mg/dm³

pH ODCZYN WODY HYDROGEN ION ACTIVITY

- 7,5
- 7,0
- 6,5
- 6,0
- 5,5

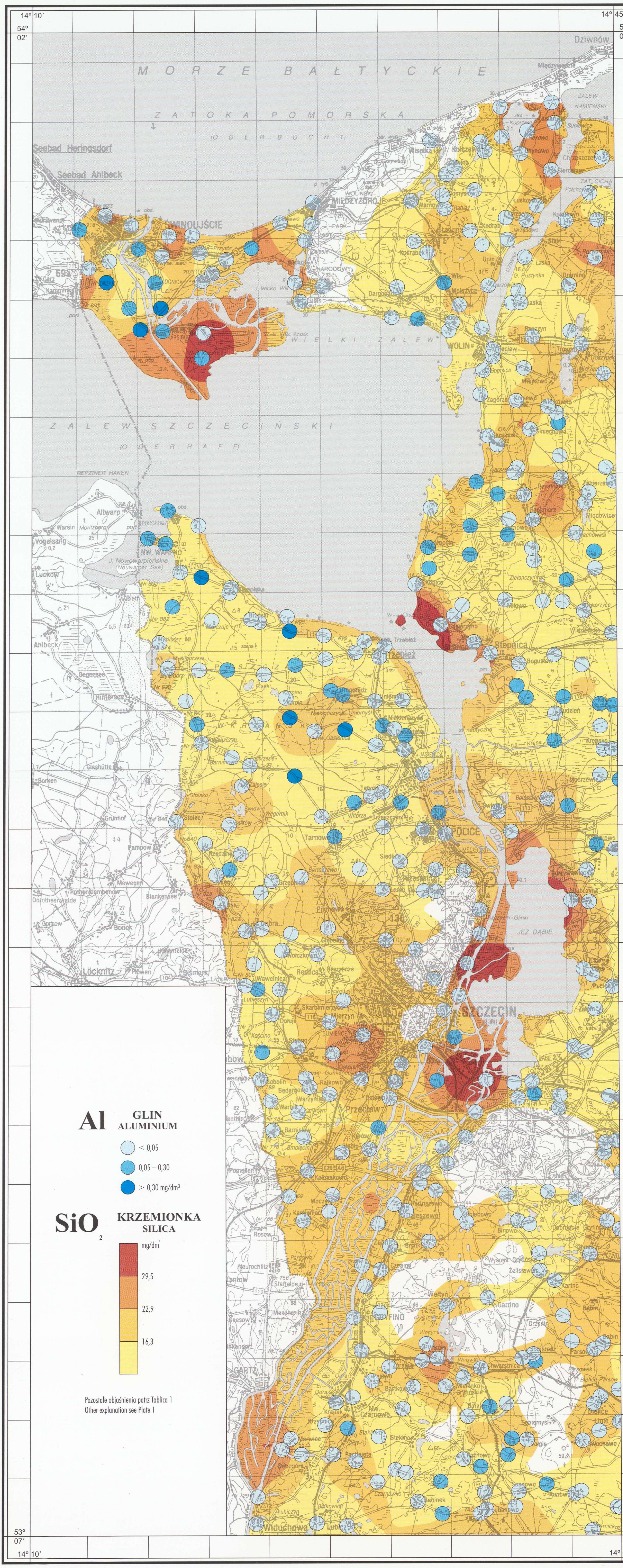
Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1

Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:200000

Tablica
Plate 7



© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:200000

14° 10′ 14° 45′
54° 02′ 54° 02′

MORZE BAŁTYCKIE
ZATOKA POMORSKA
(ODERBUCHT)
ZALEW SZCZECIŃSKI
(OderHaff)
WIELKI ZALEW
JEZ DĄBIE

Dziwnów
Międzywodzie
ZALEW KAMIENSKI
Seebad Heringsdorf
Seebad Ahlbeck
Świnoujście
Międzyzdroje
Wolin
Police
Szczecin
Altwarp
Warsin
Vogelsang
Lückow
Ahlbeck
Hintersee
Glashütte
Borken
Grünhof
Pampow
Mewegen
Rothenklempenow
Dorotheenwalde
Blankensee
Gorkow
Boock
Löcknitz
Prowen
Bismark
Pilchowo
Stepnica
Trzebież
Przecław
Altwarp
Warsin
Vogelsang
Lückow
Ahlbeck
Hintersee
Glashütte
Borken
Grünhof
Pampow
Mewegen
Rothenklempenow
Dorotheenwalde
Blankensee
Gorkow
Boock
Löcknitz
Prowen
Bismark
Pilchowo
Stepnica
Trzebież
Przecław

Sr STRONT
STRONTIUM

- < 0,26
- 0,26 – 0,44
- 0,45 – 0,67
- > 0,67 mg/dm³

Ba BAR
BARIUM

- < 0,0005
- 0,0005 – 0,049
- 0,050 – 0,100
- > 0,100 mg/dm³

TWARDOŚĆ OGÓLNA
TOTAL HARDNESS

mg $CaCO_3$ /dm³
800
700
600
500
400
300
200
100

Pozostałe objaśnienia patrz Tablica 1
Other explanation see Plate 1

Podkład topograficzny – ZARZĄD TOPOGRAFICZNY SZTABU GENERALNEGO W.P. – 1998

53° 07′ 14° 10′ 53° 07′ 14° 45′

© Copyright by PIG, Warszawa 1998

1:200000