

**AGH**

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA  
W KRAKOWIE**

**SYNTETYCZNY RAPORT Z REALIZACJI  
PROJEKTU NAUKOWO-BADAWCZEGO WODA+:**

**„OCENA SKALI ZANIECZYSZCZENIA WÓD POWIERZCHNIOWYCH  
I PŁYTKICH WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE MIEJSCOWOŚCI  
ŁĘGNOWO I PŁĄTNOWO, W STREFIE NIEKORZYSTNEGO  
ODDZIAŁYWANIA DAWNYCH ZAKŁADÓW CHEMICZNYCH  
„ZACHEM” W BYDGOSZCZY”**

.....  
Kierownik projektu  
dr hab. inż. Mariusz Czop

*Kraków, styczeń 2018*

# KARTA INFORMACYJNA OPRACOWANIA

**Kierownik zespołu:** dr hab. inż. Mariusz Czop

**Zespół autorski:**

dr inż. Ewa Kret

dr inż. Dorota Pierri

mgr inż. Wiesław Knap

## Spis treści

<b>1. Wprowadzenie do problematyki zanieczyszczeń środowiska związanych z działalnością dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Znaczenie badań środowiska wodnego obszarów terasy Wisły i Brdy dla problematyki skutecznej remediacji terenu zdegradowanego przez dawne ZCh „Zachem” .....</b>	<b>13</b>
<b>3. Wyniki projektu naukowo-badawczego WODA+.....</b>	<b>17</b>
<b>4. Podsumowanie i wnioski .....</b>	<b>30</b>
<i>Spis rysunków.....</i>	<i>31</i>
<i>Spis tabel.....</i>	<i>31</i>

## 1. Wprowadzenie do problematyki zanieczyszczeń środowiska związanych z działalnością dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy

Teren dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy należy do jednych z najbardziej zanieczyszczonych obszarów przemysłowych nie tylko w Polsce, ale nawet w skali Europy. Miano najgroźniejszej „bomby ekologicznej”, przypisywane temu obszarowi jest jak najbardziej adekwatne, gdyż w jego granicach znajduje się łącznie nawet do około 20 zidentyfikowanych ognisk zanieczyszczeń o dużym stopniu realnego zagrożenia dla środowiska, w tym w szczególności dla zdrowia i życia okolicznych mieszkańców.

Ogniska zanieczyszczeń powstawały na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy od początku ich działalności przez cały cykl życiowy przedsiębiorstwa, aż do zaprzestania produkcji. Najgroźniejsze spośród wspomnianych ognisk to wszelkiego rodzaju składowiska odpadów przemysłowych i komunalnych oraz osadniki i zbiorniki sedymentacyjne. Dodatkowymi ogniskami zanieczyszczeń są strefy dużego nagromadzenia elementów infrastruktury technicznej, gdzie zazwyczaj nie można było uniknąć incydentów i awarii skutkujących przenikaniem zanieczyszczeń do środowiska.

Aktualne rozpoznanie stanu zagrożenia środowiska na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy bazuje na logicznie zaplanowanych i konsekwentnie realizowanych badaniach AGH, prowadzonych na tym obszarze od 2010 r. Główne wnioski z w/w badań zostały przedstawione w opracowaniu pt. „Kompleksowa ocena stanu zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy wraz z określeniem wykazu działań koniecznych dla skutecznej remediacji” (Czop, Pietrucin, 2016).

W toku przeprowadzonej przez AGH inwentaryzacji składowisk odpadów przemysłowych na terenie Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy, na podstawie studiów literaturowych, skatalogowano 17 ognisk zanieczyszczeń (Tab. 1). Istnieją również informacje o prowadzeniu na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” niezorganizowanej depozycji odpadów i ścieków przemysłowych, w szczególności w okresie lat 50. – 70. XX wieku. W związku z brakiem dokumentacji w tym zakresie dane są bardzo trudne do zweryfikowania.

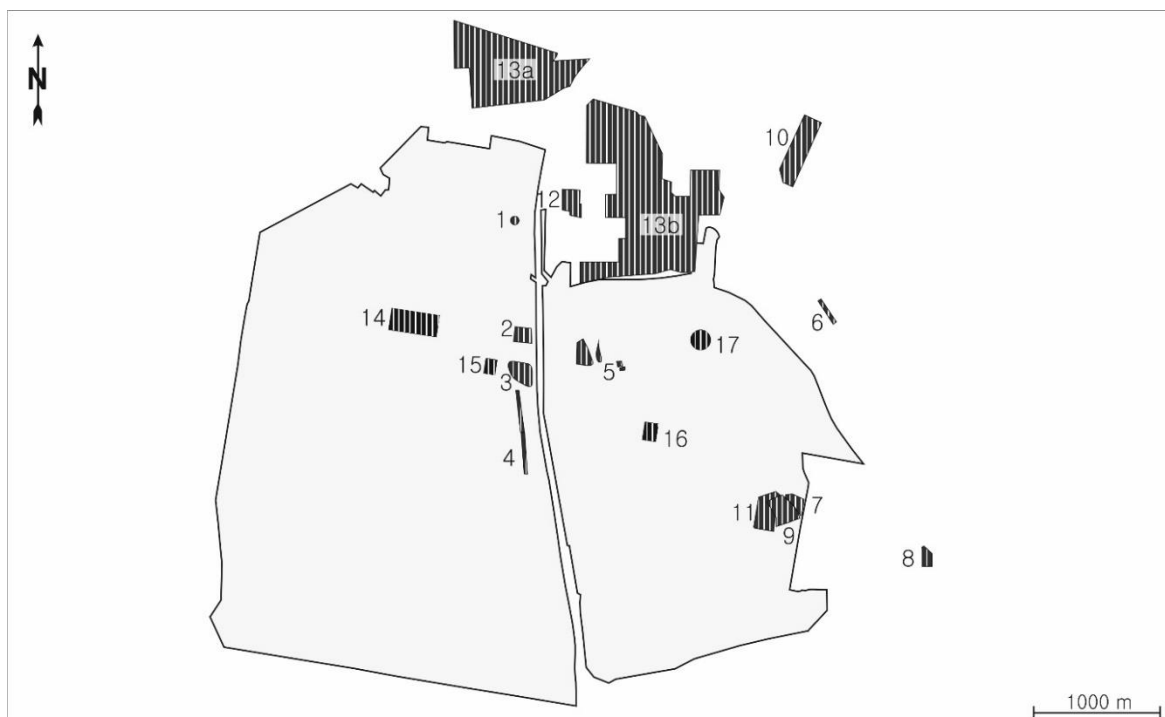
Na podstawie przeprowadzonych badań uznano, że składowisko odpadów przemysłowych „Zielona” (obiekty nr 7, 9 i 11 na Rys. 1) stanowi ognisko zanieczyszczeń o największym potencjale skażenia środowiska gruntowo – wodnego. Należy zatem traktować je jako wytypowane do bezwłocznej remediacji z uwagi na: depozycję znacznych ilości odpadów o silnej toksyczności, współwystępowanie substancji organicznych i nieorganicznych, złożone procesy hydrogeologiczne oraz znaczny i ciągle powiększający się zasięg zanieczyszczenia.

W niniejszym opracowaniu podobnie jak w dokumentacjach archiwalnych, nazwa składowisko „Zielona” używana jest w odniesieniu do kompleksu bezimiennych składowisk, tj. (1) nieczynnego wyrobiska funkcjonującego jako składowisko odpadów niebezpiecznych, głównie paku pofenolowego z produkcji fenolu oraz kleju Rezokol, (2) składowiska odpadów niebezpiecznych przekształconego w latach 1984 – 1994 na plac spalań odpadów innych niż niebezpieczne, niebezpiecznych z produkcji specjalnych (odpadowe nitrozwiązki) oraz wypalania urządzeń i armatury wygumowanej oraz (3) Izolowanego Składowiska Odpadów (ISO).

**Tabela 1. Zinventaryzowane składowiska odpadów na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy (wg Pietrucin, 2015)**

Lp.	Składowiska odpadów przemysłowych		Rok założenia	Składowane odpady
1.	Doły szlamowe (Wydział WT-12)		1962	Szlamy i smoły poprodukcyjne z Wydziału WT-12
2.	Składowisko popiołu i szlamu solankowego (EC II)		1974	Popiół i pył ze spalania węgla w elektrociepłowni i szlam solankowy
3.	Staw sedimentacyjny osadów poneutralizacyjnych z EPI		1977	Gips zanieczyszczony związkami organicznymi
4.	Doły składowe w rejonie syntezy I i II (składowisko przy ul. Lisiej)		1972	Siarczyn sodu pofenolowy (I) oraz odpady z produkcji barwników i półproduktów barwnikarskich, smoły TDI i TDA, odpady toksyczne (II)
5.	Plac hałdowy szlamu anilinowego i 3 osadniki szlamu anilinowego		1950	Szlam poredukcyjny anilinowy oraz odpady z Wydziału WT-12
6.	Osadniki mułu ze stacji ujęcia wody przemysłowej	Odstojniki żelbetowe wód popłucznych z filtracji	1940 - 1945	Osad z filtrów
		Odsączalnia mułu z odstojników wyłożona płytami		
7.	Składowisko ogólnozakładowe przy ul. Zielonej		1956	Odpady z produkcji barwników w postaci szlamu poredukcyjnego, ponitracyjnego, smoły podestylacyjnej, szlamy węgla aktywnego, gips i kreda. Odpady z produkcji tworzyw sztucznych – poliwinil, żelowane kleje (Izokol), odpady po systemach ciekłych
8.	Plac spalań (Żółwin)		1950	Nitrozwiązki z osadników pochodzące z produkcji organicznej, opakowania nie nadające się do użytku, nadlewy z kształtek formowanych, papier odpadowy po blokach PUR, gumowe powłoki, worki po kwasie adepinowym
9.	Plac spalań (ul. Zielona)		1984 - 1994	Brak danych, najprawdopodobniej popioły i stałe pozostałości po spalaniu
10.	Centralny zbiornik uśredniania ścieków		1977	Osady powstałe w wyniku mieszania ścieków
11.	Izolowane Składowisko Osadów (ISO)		1987 - 1991	Osady z Centralnego Zbiornika Uśredniania Ścieków
12.	Składowiska popiołów elektrociepłowni Bydgoszcz (właściciel inny niż ZCh)		-	Popioły ze spalania węgla
13.	Pola Irygowane – wylewisko ścieków komunalnych (właściciel inny niż ZCh)		-	Ścieki komunalne, nagromadzenie osadów organicznych
14.	Plac spalań (Glinki/Dąbrowa)		-	Brak danych, najprawdopodobniej popioły i pozostałości po spalaniu

Dane zestawione na podstawie (Narwojsz, 1989)



**Rys. 1. Lokalizacja składowisk odpadów przemysłowych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy (Pietrucin, 2015)**

**Legenda:** 1 - Doły szlamowe (Wydział WT-12), 2 - Składowisko popiołu i szlamu solankowego (EC II), 3 - Staw sedymentacyjny osadów poneutralizacyjnych z EPI, 4 - Doły składowe w rejonie syntezy I i II (składowisko przy ul. Lisiej), 5 - Plac hałdowy szlamu anilinowego i 3 osadniki szlamu anilinowego, 6 - Osadniki mułu ze stacji ujęcia wody przemysłowej: odstojniki żelbetowe wód popłucznych z filtracji oraz odsączalnia mułu z odstojników wyłożona płytami (b), 7 - Składowisko ogólnozakładowe przy ul. Zielonej, 8 - Plac spalań (Żółwin), 9 - Plac spalań (ul. Zielona), 10 - Centralny zbiornik uśredniania ścieków, 11 - Izolowane Składowisko Osadów (ISO), 12 - Składowiska popiołów elektrociepłowni Bydgoszcz, 13 - Pola irygowane – wylewisko ścieków komunalnych, 14 - Obszar poddany zanieczyszczeniu toluenodiaminą i toluenodiiizocyanian (TDA i TDI), 15 - Dawny magazyn propylenu, 16 - Obszar instalacji dinitrotoluenu (DNT) [pkt. 14-16 wg RDOŚ], 17 - Soczewka nitrobenzenu.

Kolejnym obiektem jaki należy traktować jako priorytetowy i wymagający podjęcia natychmiastowych działań naprawczych jest składowisko odpadów przemysłowych przy ul. Lisiej (obiekt nr 4 na Rys. 1), na którym zdeponowane były odpady związane z produkcją fenolu i kleju Rezokol, tj. siarczyn sodu zanieczyszczony fenolem. W rejonie tym składowane były również, od roku 1972 (tj. przez ponad 40 lat) niebezpieczne substancje organiczne w formie odpadów z produkcji barwników i półproduktów barwnikarskich, a także smoły poeksploatacyjne z produkcji TDI i TDA, w tym odpady toksyczne.

Następny punkt na liście koniecznych do podjęcia działań remediacyjnych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy stanowi rejon dawnego stawu sedymentacyjnego osadów poneutralizacyjnych z produkcji epichlorohydryny (obiekt nr 3 na Rys. 1), gdzie stwierdzono występowanie bardzo silnego zanieczyszczenia środowiska substancjami organicznymi. W pobliżu znajduje się kolejne składowisko szlamu oraz popiołów pochodzących z elektrociepłowni w Bydgoszczy (obiekt nr 2 na Rys. 1).

Istotne zagrożenia środowiskowe związane są również z następnym obiektem: składowiskiem szlamu anilinowego (obiekt nr 5 na Rys. 1). Składa się ono z 3 zbiorników (dołów) o pojemności około 16000 m<sup>3</sup>, przyjmujących szlamy po oddestylowaniu aniliny, celem odsączenia z niego cieczy reakcyjnych. Procedura eksploatacji dołów szlamowych, była bardzo daleka od wymagań ochrony środowiska i polegała na wprowadzaniu do niego szlamów, w których w okresie do 6 tygodni szlamy traciły około 50% wody. W takich warunkach bardzo duża część wód zanieczyszczonych aniliną i nitrobenzenem infiltrowała do podłoża i przedostawała się do wód podziemnych. Następnie odpad był wybierany koparką i transportowany samochodami na hałdę a do wyczyszczonego stawu wprowadzano kolejne porcje szlamu. Długotrwała eksploatacja dołów szlamowych pomimo usuwania z nich odpadów prowadziła do wprowadzania znacznych ilości zanieczyszczeń do wód podziemnych.

Poza opisanymi powyżej ogniskami zanieczyszczeń środowiska gruntowo – wodnego, w centralnej części dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy położone są jeszcze 3 obiekty, wymagające działań naprawczych. Są to obszar zanieczyszczony toluenodiaminą i toluenodiazocyanianem (obiekt nr 14 na Rys. 1), dawny magazyn propylenu (obiekt nr 15 na Rys. 1) oraz obszar instalacji dinitrotoluenu (obiekt nr 16 na Rys. 1).

Ostatnim obiektem wymagającym podjęcia działań naprawczych jest soczewka nitrobenzenu, zlokalizowana w północno – wschodniej części dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy (obiekt nr 17 na Rys. 1). Nitrobenzen jest cieczą, nieznacznie cięższą od wody, która zebrała się ona w obniżeniu stropu utworów słabo przepuszczalnych. Zanieczyszczenia w postaci nitrobenzenu i najprawdopodobniej jego pochodnych uformowały się z wycieków z sieci kanalizacji ścieków przemysłowych, lub z hali mycia cystern. Nieznana jest jednak objętość zanieczyszczeń zgromadzonych w górotworze, rozkład ich stężeń w ani tempo ich migracji w strumieniu wód podziemnych.

W roku 2016 podobna inwentaryzacja ognisk zanieczyszczeń, ze stwierdzonym lub potencjalnie możliwym wystąpieniem zanieczyszczenia środowiska gruntowo – wodnego, została dokonana przez Regionalną Dyрекcję Ochrony Środowiska w Bydgoszczy. Wyniki tej inwentaryzacji przedstawiono w Tabeli 2 i na Rys. 2. W ramach inwentaryzacji RDOŚ z 2016 r. znalazły się w większości ogniska wskazane we wcześniejszych opracowaniach AGH, ale też kilka nowych obiektów.

Wszystkie wskazane w analizach AGH i RDOŚ ogniska zanieczyszczeń należy uznać za stwarzające ciągłe zagrożenie dla środowiska i aktywne tj. umożliwiające ciągłą emisję zanieczyszczeń. Nie ma tu znaczenia stan formalno-prawny obiektu, (np. posiadanie lub nie statusu składowiska, zamknięcie składowiska lub jego rekultywacja) ale stan faktyczny tj. stwierdzony fakt zanieczyszczenia gleb, gruntów i wód podziemnych w rejonie ogniska oraz brak jakichkolwiek działań mających na celu zatrzymanie lub ograniczenie emisji substancji toksycznych. Identyczna sytuacja dotyczy stwierdzonych przypadków ognisk zanieczyszczeń charakteryzujących się niską skutecznością podjętych prac „rekultywacyjnych”, gdzie zazwyczaj odpady przykrywano warstwą gruntów rodzimych z dodatkiem materiału organicznego (m.in. kora drzew i osady ściekowe) z zastosowaniem niewłaściwie dobranych geowłóknin przepuszczalnych.

**Tabela 2. Zinventaryzowane ogniska zanieczyszczeń na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” wg RDOŚ Bydgoszcz**

Lp.	Składowiska odpadów przemysłowych	Numer wg RDOŚ
1.	Obszar Zakładu Barwników	I
2.	Dół po odpadach barwnikarskich	II
3.	Obszar Instalacji Kompleksu Monomerów	III
4.	Centrala "zimna"	IV
5.	Rejon PURINOVA (dawny T-7300)	V
6.	Miejsce gaszenia smół z TDI - dawny mogilnik (odpady pogalwaniczne)	VI
7.	Teren elektrolizy solanki, zbiorniki solanki	VII
8.	Magazyn propylenu	VIII
9.	Składowisko popiołów i żużli EC	IX
10.	Teren zanieczyszczony - TDI/TDA	X
11.	Obszar instalacji EPI (epichlorohydryny) i staw osadowy EPI	XI
12.	Obszar składowiska SOE - staw osadowy epichlorohydryny	XII
13.	Obszar składowiska przy ul. Lisiej	XIII
14.	Obszar CSN (Centralnej Stacji Neutralizacji)	XIV
15.	Obszar trzech składowisk (dołów) szlamu anilinowego	XV
16.	Obszar instalacji DNT Dinitrotoluenu	XVI
17.	Teren "starej kotłowni"	XVII
18.	Kompleks składowisk przy ul. Zielonej/Elektrycznej	XVIII
19.	Trasa rurociągu solanki	XIX

Kluczowe znaczenie dla skali zagrożenia środowiska ze strony ognisk zanieczyszczeń zlokalizowanych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy, mają warunki hydrogeologiczne omawianego obszaru. Zakłady Chemiczne „Zachem” zostały zbudowane na wysoczyźnie bardzo blisko granicy z wyraźnie obniżoną terasą Wisły i jej dopływu Brdy. W podłożu terenu dawnych ZCh „Zachem” występują wodonośne utwory czwartorzędowe i trzeciorzędowe, tj. piaski i żwiry poprzedzielane warstwami bądź wkładkami nieprzepuszczalnych glin i itów. Strumień wód podziemnych w obrębie utworów przepuszczalnych przemieszcza się generalnie w kierunku koryt rzecznych Wisły i Brdy, stanowiących dla niego bazę drenażu. Aktualnie znany jest generalny kierunek przepływu strumienia wód podziemnych, którego największa część z rejonu wysoczyzny przemieszcza się na północny-wschód i wschód do rzeki Wisły oraz na północ do rzeki Brdy.

Kierunki przepływu i prędkości migracji zanieczyszczeń z poszczególnych ognisk zanieczyszczeń zostały określone dla obszaru dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy przez AGH w 2010 r., na podstawie danych dostępnych w latach 2006-2010 (Rys. 3). W kolejnych latach w związku z dokładniejszymi badaniami wykonanymi dla składowiska odpadów „Zielona” (2011-2014), uszczegółowiono zasięg chmury zanieczyszczeń związanych z tym ogniskiem. Było to możliwe

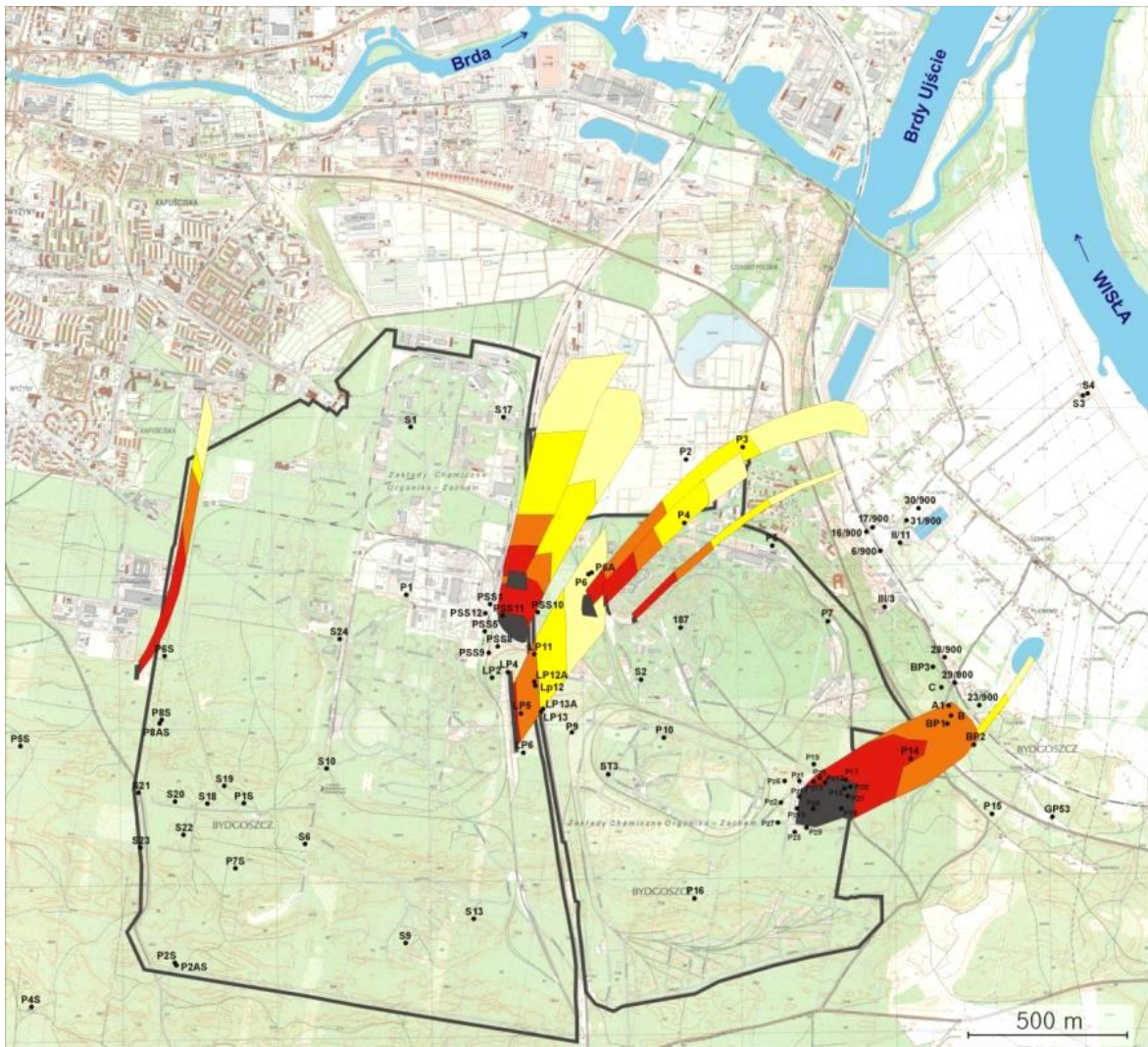


w związku z większą ilością otworów badawczych zlokalizowanych w rejonie tego najgroźniejszego ogniska zanieczyszczeń, gdzie możliwe były pomiary poziomu zalegania zwierciadła wód podziemnych oraz badania składu chemicznego zanieczyszczonych wód. Na podstawie zgromadzonych danych wykonano lokalne modelowania hydrogeologiczne (AGH, 2015), które stanowiły punkt wyjścia dla zaplanowania metod skutecznej likwidacji zagrożeń środowiskowych generowanych przez składowisko odpadów przemysłowych „Zielona”. Możliwe stało się również opracowanie projektu planu remediacji składowiska wraz z towarzyszącą mu chmurą zanieczyszczeń, dokumentu kluczowego dla planowania skutecznej remediacji i pozyskiwania środków finansowych na jej realizację.



**Rys. 2. Lokalizacja ognisk zanieczyszczeń na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” wg RDOŚ Bydgoszcz**

Działania tego typu nie zostały podjęte dla pozostałych ognisk zanieczyszczeń gdzie zwyczajnie nie ma wystarczających danych w odniesieniu do skali i zasięgu zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego, w tym w szczególności rozmiaru chmur zanieczyszczeń związanych z poszczególnymi obiektami. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest: (1) zaprzestanie prowadzenia badań monitoringowych wskutek upadłości dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy oraz (2) postępująca degradacja i likwidacja piezometrów sieci „zachemowskiej”. Istotną przeszkodą dla oceny skali rzeczywistego skażenia środowiska stanowią wady projektowe sieci monitoringowej, gdzie zazwyczaj piezometry w nieuzasadniony sposób okonturowują składowiska a w większej odległości od nich na kierunku odpływu wód podziemnych nie ma żadnych otworów badawczych. W przypadku kilku ognisk zanieczyszczeń w ogóle nie ma żadnych piezometrów, co powoduje że nie ma jakiegokolwiek wiedzy na temat skali i zasięgu zanieczyszczenia środowiska.



**Rys. 3. Kierunki migracji oraz zasięgi chmur zanieczyszczeń z wybranych ognisk zanieczyszczeń na terenie dawnych ZCh „Zachem” wg badań modelowych (AGH, 2010)**

Pilne podjęcie prac remediacyjnych terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” jest działaniem niezbędnym, lecz wymaga relatywnie dużych nakładów finansowych. Remediacja całości terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy jest zadaniem bardzo trudnym z uwagi na:

- a) dużą liczbę ognisk zanieczyszczeń, w tym możliwość występowania dotychczas niezidentyfikowanych obiektów,
- b) wysokie stężenia różnorodnych związków organicznych, o bardzo dużym potencjale toksyczności powodujące, że zanieczyszczone wody podziemne w obrębie chmury migrujących zanieczyszczeń charakteryzują się parametrami silnie obciążonych ścieków przemysłowych,
- c) niedostatki w rozpoznaniu zasięgu i skali zanieczyszczenia, w szczególności system monitoringu wód podziemnych nie spełniający odpowiednich wymagań co do jakości i wiarygodności wyników badań dodatkowo obsługiwany bez należytej uwagi w zakresie procedur opróbowania,

- d) wadliwe wykonanie lub likwidacja obiektów zaprojektowanych dla potrzeb ograniczenia migracji zanieczyszczeń (m.in. brak szczelności ścianek szczelinowych i ich zbyt mała liczba, błędy w konstrukcji a następnie likwidacja bariery odwadniającej, eksploatacja bariery tylko okresowo, wadliwa konstrukcja sieci monitoringowej – brak danych o migracji zanieczyszczeń w większej odległości od ogniska, niewłaściwy zakres badań monitoringowych i brak jakichkolwiek badań ważnych komponentów środowiska i in.),
- e) niedociągnięcia lub niewłaściwe wykonanie rekultywacji składowisk opadów (m.in. brak przykrywającej bryłę składowanych odpadów warstwy izolacyjnej lub też niewłaściwy dobór materiału wykorzystanego dla tych potrzeb, brak lub destrukcja systemu odprowadzania wód opadowych i zanieczyszczonych wód podziemnych z rejonu składowiska, wadliwy system monitoringu składowisk i in.)
- f) brak świadomości w zakresie skali degradacji komponentów środowiska i zagrożeń środowiskowych.

W wyniku połączonego wpływu wszystkich wymienionych czynników w tym w szczególności konieczności niwelacji w stosunkowo krótkim czasie licznych i długotrwałych zaniedbań i niedociągnięć, tylko nieliczne spośród ognisk zanieczyszczeń posiadają wystarczającą bazę danych dla potrzeb planowania skutecznego sposobu ich remediacji.

Najlepiej rozpoznany obiekt jest składowisko odpadów przemysłowych „Zielona”, gdzie w związku z przeprowadzonymi badaniami, w tym głównie kompleksowym programem realizowanym przez AGH, bardzo dokładnie rozpoznano zasięg i skalę zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego. Dla obiektu tego wraz z towarzyszącą mu chmurą zanieczyszczonych gruntów i wód podziemnych stworzony został projekt planu remediacji zatwierdzony przez RDOŚ w Bydgoszczy (AGH, 2017). W związku z powyższym w tym przypadku możliwa jest realizacja skutecznego programu działań dla potrzeb remediacji środowiska gruntowo-wodnego.

Kolejnych kilka ognisk zanieczyszczeń wymaga przeprowadzenia uzupełniających badań środowiskowych i prac koncepcyjnych, po których również możliwe będzie opracowanie projektów planu remediacji i wdrożenie ich do realizacji. Do grupy tej należą: składowisko przy ul. Lisiej oraz składowiska SOE i EC. W związku z występowaniem wszystkich wspomnianych obiektów w bliskiej odległości i dodatkowo obecnością jeszcze innych ognisk (tzw. doły szlamu poanilinowego i składowisko popiołów) obszar ten może być traktowany jako jeden wspólny konieczny do kompleksowej remediacji. Za argumentem tym przemawia dodatkowo fakt, że w świetle zweryfikowanych regionalnych badań modelowych chmury zanieczyszczeń z przedstawionych ognisk zanieczyszczeń nakładają się na siebie.

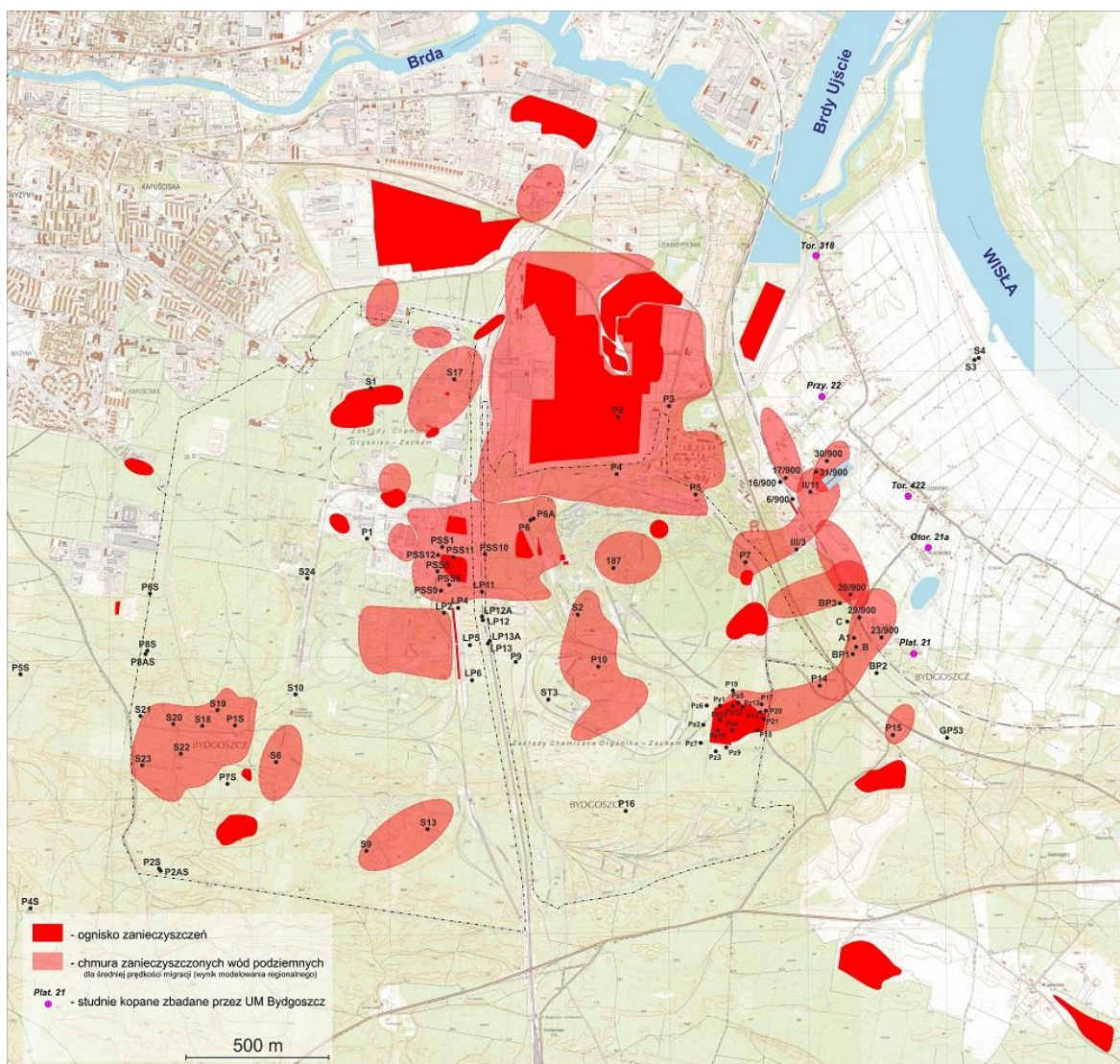
Dominująca jednak ilość ognisk zanieczyszczeń zlokalizowanych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy nie posiada aktualnie odpowiednich danych umożliwiających nawet opracowanie wstępnej koncepcji remediacji. Przed podjęciem tego typu działań konieczne jest zatem zgromadzenie odpowiedniego zasobu danych, a następnie ich szczegółowej interpretacji dla potrzeb opracowania scenariuszy remediacyjnych i ich optymalizacji na drodze modelowania numerycznego

Mając na uwadze wszystkie przytoczone powyżej argumenty, najważniejszym działaniem koniecznym dla zaprojektowania skutecznych metod remediacji poszczególnych ognisk zanieczyszczeń zidentyfikowanych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” jest wykonanie nowej, odpowiednio zaprojektowanej sieci monitoringu wód podziemnych i rozpoczęcie badań wód pod kątem ich zanieczyszczenia. Bez tego bardzo ważnego działania, którego koszt sumaryczny jest szacowany na około 15 mln zł, nie jest możliwe optymalne rozwiązanie problemu

skażenia środowiska gruntowo-wodnego przez silnie toksyczne substancje organiczne. Bez wiarygodnych danych, wszelkie planowanie i projektowanie czy też wykonywanie działań remediacyjnych jest metodycznie nieuzasadnione, nielogiczne i może skutkować błędami, uniemożliwiającymi przeprowadzenie skutecznego oczyszczenia środowiska oraz prowadzącymi do zmarnowania znacznych środków finansowych.

## 2. Znaczenie badań środowiska wodnego obszarów terasy Wisły i Brdy dla problematyki skutecznej remediacji terenu zdegradowanego przez dawne ZCh „Zachem”

Bardzo istotne znaczenie dla oceny skali zanieczyszczenia środowiska na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy w sytuacji niedostatków w zakresie rozpoznania rzeczywistej skali jego skażenia mają dane archiwalne, pochodzące z okresu końca lat 80. XX wieku (Rys. 4). Wykazujący wówczas, przez dawne Zakłady Chemiczne „Zachem” w Bydgoszczy, obszar zanieczyszczenia gleb i gruntów oraz wód podziemnych był bardzo duży i obejmował nie tylko teren samego przedsiębiorstwa ale również położoną na wschód od niego terasę Wisły.



**Rys. 4. Stan zanieczyszczenia środowiska w rejonie dawnych ZCh „Zachem” wg danych z końca lat 80. XX wieku (wg Narwojsz, 1989)**

Problem zanieczyszczenia wód na obszarze terasy Wisły, w granicach obecnego osiedla Łęgnowo Wieś jest znany od mniej więcej końca lat 60. XX wieku. Wskutek intensywnej eksploatacji ujęć wód podziemnych przez Zakłady Chemiczne „Zachem” nastąpiło wówczas skażenie płytkich wód podziemnych na tym obszarze, a także gleb i gruntów, co uniemożliwiło ich użytkowanie przez mieszkańców. W zamian za powstałą szkodę mieszkańcy obecnego osiedla Łęgnowo Wieś otrzymali bardzo niską rekompensatę w postaci darmowych dostaw wody wodociągowej w ilości do 18 m<sup>3</sup>/h na koszt Zakładów Chemicznych „Zachem”, bezspornego sprawcy skażenia płytkich wód podziemnych i wód powierzchniowych. Darmowe dostawy wody dla mieszkańców zanieczyszczonych terenów nałożone na Zakłady Chemiczne „Zachem” decyzją Prezydium Wojewódzkiej Rady Narodowej w Bydgoszczy z dnia 21.04.1969 r. miały być prowadzone „do czasu całkowitego ustąpienia powstałej szkody” tj. do oczyszczenia lub samooczyszczenia skażonych wód podziemnych. Powinności dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w zakresie kompensacji szkód środowiskowych w stosunku do lokalnej społeczności zostały potwierdzone przez Urząd Miejski w Bydgoszczy w 1981 r., gdzie odrzucony został wniosek „Zachemu” o zaprzestanie darmowych dostaw wody dla mieszkańców Łęgnowa i Płatnowa. W piśmie UM w Bydgoszczy skierowanym do ZCh „Zachem” potwierdzono uzasadnione pod względem prawnymi i moralnym roszczenia mieszkańców Łęgnowa i Płatnowo wskazując jednocześnie na konieczność prowadzenia dostaw wody aż „do czasu ustąpienia powstałej szkody”.

Dawne Zakłady Chemiczne „Zachem” w Bydgoszczy pomimo ewidentnych przypadków skażenia nie podjęły żadnych skutecznych działań na terenie terasy Wisły, w obrębie miejscowości Płatnowo i Łęgnowo, w celu oczyszczenia środowiska gruntowo wodnego od momentu stwierdzenia tego faktu tj. w latach 60. XX wieku aż do trwającego obecnie etapu likwidacji upadłościowej. Na początku lat 90. XX wieku wykonano pewne działania w postaci budowy bariery studni „przechwytyjących” zlokalizowanych na wybiegu chmury zanieczyszczeń ze składowiska odpadów przemysłowych „Zielona”, w rejonie skrzyżowania ulicy Pątnowskiej z torami kolejowymi. Bariera ta mająca na celu odbieranie zanieczyszczeń napływających z wysoczyzny i nie dopuszczanie do ich dalszej migracji w kierunku rzeki Wisły była jednak eksploatowana tylko przez pół roku tj. w okresie wiosenno-letnim a wyłączana na okres jesienno-zimowy. W takich warunkach nie mogło być mowy o skutecznym zatrzymaniu propagacji zanieczyszczeń i poprawy jakości wód podziemnych na obszarze terasy Wisły. Dodatkowo praktycznie od początku swojej działalności bariera odprowadzała malejące ilości zanieczyszczonych wód, a od początku XXI wieku były one niewystarczające dla zatrzymania propagacji zanieczyszczeń tj. znacznie mniejsze od strumienia przepływających skażonych wód. Wreszcie w roku 2014, na etapie upadłości likwidacyjnej Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy bariera studni „przechwytyjących” została wyłączona.

Pewne działania podejmowano również w bliskim sąsiedztwie składowiska odpadów przemysłowych „Zielona”, gdzie wybudowano przesłonę hydroizolacyjną wraz z towarzyszącym jej systemem drenażowym. „Instalacja” nie działała jednak prawidłowo w związku z brakiem zrozumienia uwarunkowań migracji zanieczyszczeń w środowisku gruntowo-wodnym a po jej wykonaniu nigdy nie przeprowadzono działań optymalizacyjnych i naprawczych dla uzyskania przez nią skuteczności. Aktualnie po wyłączeniu systemu drenażowego instalacja nie działa w ogóle, a jej los jest kolejnym przykładem indolencji w pro środowiskowych działaniach dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy, gdzie istniała realna szansa znaczącego ograniczenia rozmiarów szkód w środowisku.

W odniesieniu do pozostałych ognisk zanieczyszczeń, położonych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” nie podjęto żadnych działań dla zatrzymania propagacji chmur

zanieczyszczeń na obszar terasy Wisły i Brdy. W nieuchronny sposób zanieczyszczenia te przemieszczały się w górotworze w strumieniu wód podziemnych nawet przez około 60-70 lat. W tym czasie fronty chmur zanieczyszczeń mogły się odsunąć nawet na 1,5-2 km od ognisk zanieczyszczeń z których pochodzą i znaleźć się bardzo blisko koryt rzek Wisły i Brdy lub nawet częściowo już do nich doptywać.

Mając na uwadze wszystkie przedstawione powyżej fakty oraz ograniczone środki finansowe na badania środowiskowe w obszarze oddziaływania dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem”, w ramach współpracy Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Bydgoszczy i Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie zrodziła się idea wykonania badań płytkich wód podziemnych i wód powierzchniowych na obszarze terasy Wisły.

Studnie te zaczęły być wykonywane przez mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś w celach oszczędnościowych, gdyż w 2014 r. w związku z jednostronną decyzją Syndyka masy upadłościowej dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy odebrano im rekompensatę w postaci darmowych dostaw wody. Decyzja ta obecnie jest coraz częściej przez różne gremia uznawana za bezprawną, zważywszy że Syndyk nie dokonał skutecznej likwidacji „Zachemu”, wyprzedaje ich mienie oraz wynajmuje przestrzeń biurowe i magazynowe z której to działalności osiąga niemałe przychody (ostatnie doniesienia o sprzedaży części terenu za około 40 mln zł). Niemniej jednak pomimo protestów, pozbawieni wsparcia merytorycznego i prawnego mieszkańcy osiedla Łęgnowo Wieś zmuszeni zostali do podłączenia do miejskiej sieci wodociągowej, przy czym skandaliczne i kuriozalne były całkowicie nieprawdziwe głosy i teorie jakoby zanieczyszczenie uległo samooczyszczeniu a stan środowiska wrócił do stanu naturalnego. Najbardziej porażający jest w tym przypadku, fakt że mieszkańcy zgłaszali na spotkaniach z decydentami, że wody w dalszym ciągu są zanieczyszczone, ale po wykonaniu badań sprawdzających które nie obejmowały związków organicznych charakterystycznych dla „Zachem-u” i które były znane od dawna uznano że nie mają oni racji.

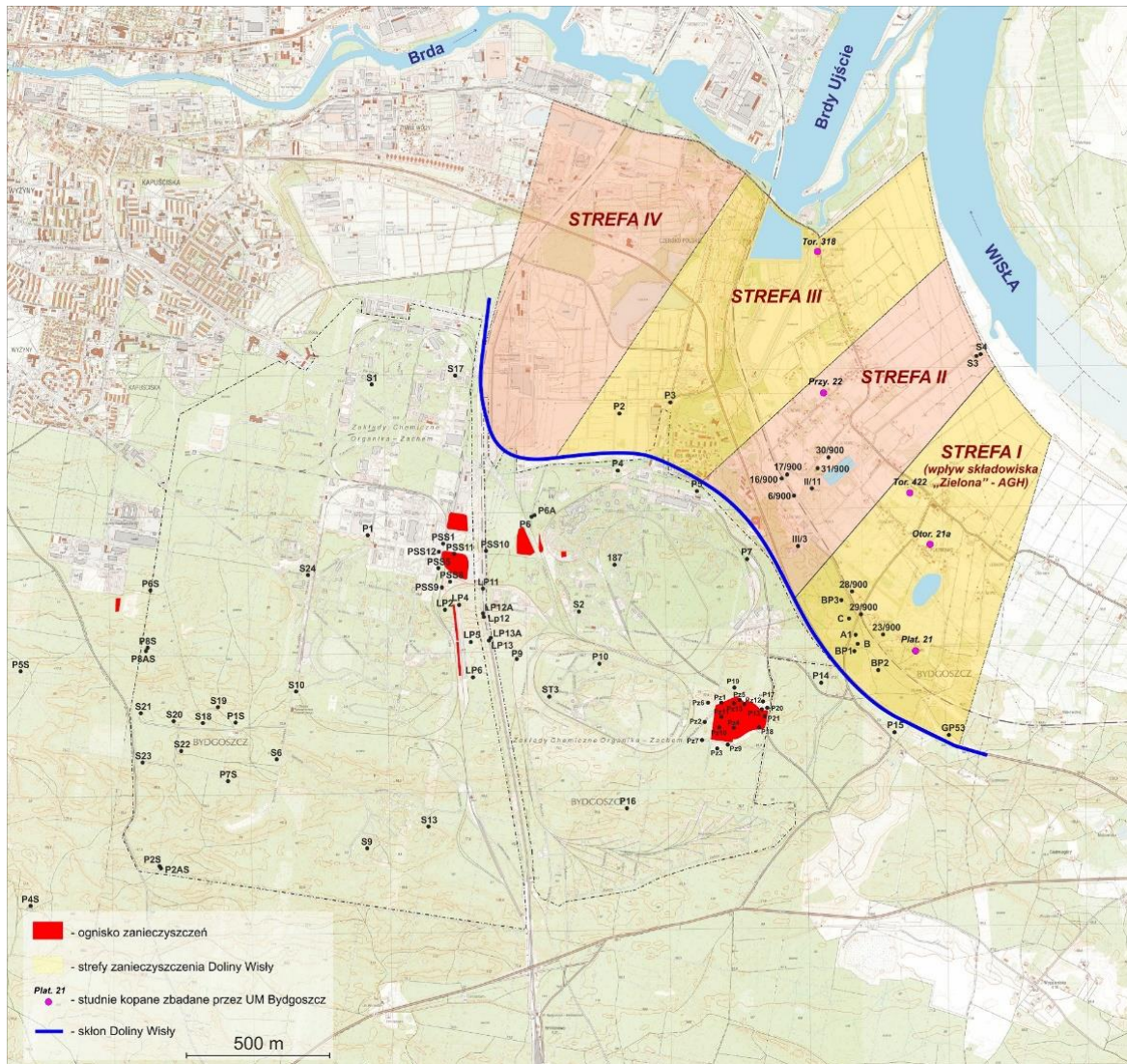
Bardzo niepokojącym sygnałem zadającym kłam „ustaleniom” z 2014 r. były wyniki badań jakości wód w płytkich studniach gospodarskich na terenie osiedla Łęgnowo Wieś wykonanych w listopadzie 2016 r. przez UM w Bydgoszczy. W jednej spośród losowo wybranych 5 studni przydomowych stwierdzono występowanie relatywnie bardzo wysokich stężeń fenoli oraz dodatkowo aniliny i toluidyny. Związki oznaczone w w/w studni są wskaźnikowymi dla profilu produkcyjnego dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” i z całą pewnością mogą pochodzić tylko z jego obszaru. Fakt ten był impulsem dla bardziej szczegółowych i szerszych badań, które zaczęły planować RDOŚ w Bydgoszczy we współpracy z AGH w Krakowie.

Obszar terasy Wisły podzielony został na kilka sektorów badawczych, gdzie teren bezpośrednio na wybiegu chmury zanieczyszczeń ze składowiska odpadów przemysłowych „Zielona” objęty został patronatem ze strony AGH (Rys. 5). W ramach planowania badań obszaru terasy Wisły, opracowane zostały wytyczne metodyczne dla określenia stanu skażenia wód powierzchniowych i podziemnych oraz gleb i gruntów (AGH, 2017).

Dla potrzeb realizacji badań wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze terasy Wisły AGH w Krakowie uruchomiło projekt naukowo-badawczy WODA+, pn. „Ocena skali zanieczyszczenia wód powierzchniowych i płytkich wód podziemnych w rejonie miejscowości Łęgnowo i Płątnowo, w strefie niekorzystnego oddziaływania dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy”.

W związku z bardzo dużym zainteresowaniem mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś oraz brakiem zainteresowania innych podmiotów, które mogłyby się włączyć w realizację badań jakości

wód powierzchniowych i podziemnych, projekt WODA+ realizowany przez AGH w okresie wrzesień-grudzień 2017 r., ostatecznie objął swym zasięgiem strefę I i II oraz część III.



Rys. 5. Wstępna koncepcja podziału badanego obszaru terasy Wisły na strefy



### 3. Wyniki projektu naukowo-badawczego WODA+

W ramach realizacji projektu WODA+ wg stanu aktualnego pobranych zostało łącznie 116 próbek wody, w czterech seriach pomiarowych w okresie wrzesień-grudzień 2017 r. oraz na początku lutego 2018 r. W trakcie badań opróbowane zostały:

- studnie indywidualne – 53 szt.,
- cieki powierzchniowe – 20 szt.,
- zbiorniki powierzchniowe – 7 szt.,
- piezometry dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” – 10 szt.,
- nowe piezometry AGH, wykonane w ramach projektu – 4 szt.

Próbki wody pobrane z wód powierzchniowych i podziemnych były badane pod kątem zawartości 64 wskaźników fizykochemicznych.

Substancje zanieczyszczające środowisko w rejonie oddziaływania dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy są bardzo silnie związane z profilem produkcyjnym w/w przedsiębiorstwa. Obejmują one stosunkowo szeroki wachlarz substancji chemicznych zarówno organicznych jak i nieorganicznych.

W odniesieniu do związków organicznych, które nie tylko są specyficzne dla terenu oddziaływania dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy, ale również posiadają charakter silnie toksyczny mutagenny i często kancerogenny, głównymi zanieczyszczeniami na omawianym obszarze są:

- związki organiczne, wyrażone w postaci ogólnego węgla organicznego (OWO);
- fenol;
- anilina i toluidyna;
- toluen;
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne.

Lokalnie, w tym w szczególności w rejonie składowisk opadów przemysłowych i instalacji chemicznych, mogą występować również:

- związki typu AOX (substancje haloorganiczne);
- rozpuszczalniki organiczne - trichloroetylen TCE oraz tetrachloroetylen – PCE);
- nitrobenzen i dinitrobenzen,
- oktylofenole i estry oktylofenolooksyetylenowe;
- hydroksybifenyle;
- difenylosulfon.

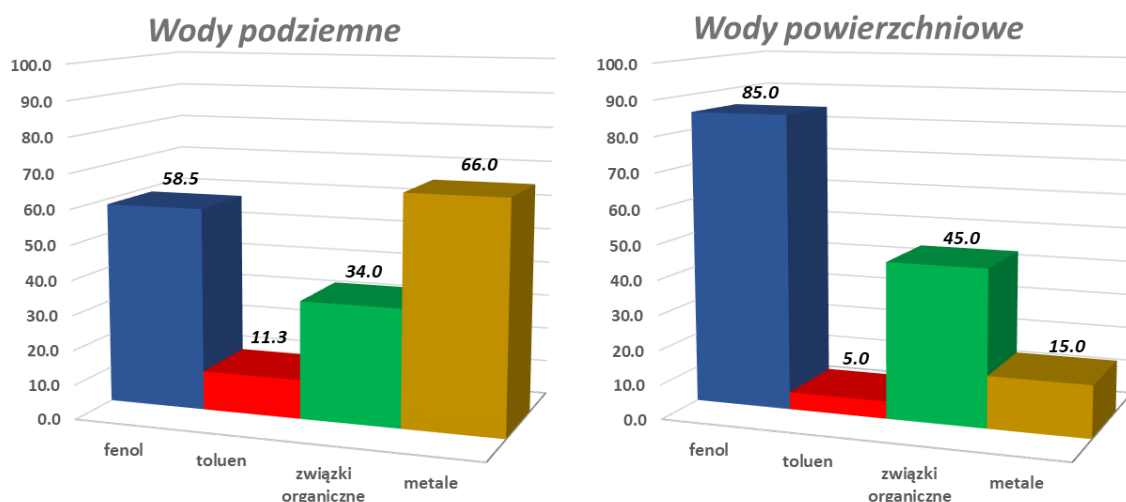
W odniesieniu do związków nieorganicznych, głównymi zanieczyszczeniami występującymi na omawianym obszarze są:

- chlorki ( $\text{Cl}^-$ ),
- siarczany ( $\text{SO}_4^{2-}$ ),
- pierwiastki śladowe (bor, brom, żelazo, mangan, stront i cynk).

W porównaniu do związków organicznych stanowiących najpoważniejsze zagrożenia dla środowiska, w tym dla zdrowia a nawet życia okolicznych mieszkańców, wymienione powyżej związki nieorganiczne nie mają zazwyczaj toksycznego charakteru. Ich występowanie w wodzie podziemnej nie powoduje tak poważnych zagrożeń, ale utrudnia lub uniemożliwia wykorzystanie wód nie tylko do celów pitnych ale również w innych dziedzinach działalności.

W niniejszym syntetycznym raporcie z realizacji projektu naukowo-badawczego WODA+ omówione zostały wyniki badań głównych wskaźników zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego, przez działalność dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy tj. fenoli, toluenu oraz ogólnego węgla organicznego (OWO) – stanowiącego wskaźnik charakteryzujący występowanie w wodzie związków organicznych bez ich szczegółowej identyfikacji, która jest kosztowna. Parametr ten jest bardzo ważny i dostarcza cennych informacji, a jego niewątpliwą zaletą jest niski koszt wykonania oznaczenia który zawiera się w kwocie około 50-60 zł.

Na podstawie wyników badań wykonanych w ramach projektu WODA+, stwierdzono że problem zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych na terenie osiedla Łęgnowo Wieś jest bardzo poważny i jednocześnie powszechny.



**Rys. 6. Porównanie profilu zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych na terenie osiedla Łęgnowo Wieś**

Fenol w studniach indywidualnych stwierdzono w blisko 60% badanych próbek, toluen wystąpił w 11,3% próbek zaś niezidentyfikowane związki organiczne (wyrażone wysoką zawartością ogólnego węgla organicznego) w 34% przypadków. Jak już wspomniano wcześniej poza zanieczyszczeniem związkami organicznymi, w badanych studniach bardzo często (66% punktów badawczych) stwierdzano bardzo wysokie zawartości pierwiastków metalicznych (głównie żelaza, manganu i cynku) (Rys. 6).

Profil zanieczyszczenia wód powierzchniowych jest całkowicie odmienny, gdzie problemem nie są pierwiastki metaliczne, stwierdzone tylko w 15% punktów. Większa w porównaniu do wód podziemnych jest jednakże skala zanieczyszczenia wód powierzchniowych przez związki organiczne, gdzie fenol występuje w aż 85% próbek a niezidentyfikowane związki organiczne (manifestujące się podwyższonym poziomem OWO) w 45% punktów badawczych (Rys. 6).

W związku z realizacją projektu WODA+, stwierdzono niezadowalający lub zły stan jakościowy wód ujmowanych płytkimi studniami przydomowymi na terenie osiedla Łęgnowo Wieś. W żadnej z badanych studni woda nie spełnia standardów przydatności do spożycia, przy czym odpowiedzialnymi za taki stan są nie tylko zanieczyszczenia organiczne ale również nieorganiczne. Niepokojący jest jednakże fakt, że bardzo duży odsetek badanych wód nie może być wykorzystywany w innych celach:

- w hodowli zwierząt – 100% (ani jedna próbka, jak w przypadku wód do celów pitnych),

- w hodowli ryb – 74,2%,
- w uprawie warzyw – 35,1%,
- do podlewania trawnika – 47,4%.

Stan jakościowy zadowalający, tj. odpowiadający wymaganiom III klasy spełnia jedynie 38,6% badanych próbek wód ze studni przydomowych.

Na etapie przygotowywania rekomendacji dla bezpiecznego użytkowania wód przez mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś, okazało się że w polskich wymaganiach i standardach jakościowych dla wykorzystywania wód do nawadniania upraw rolniczych, hodowli ryb oraz do celów kąpielowych, nie występują fenole oraz inne toksyczne związki pochodzące z terenu „Zachem-u”, które mają przecież udowodnione działanie rakotwórcze i mutagenne.

Mając powyższe na uwadze AGH w ramach projektu WODA+, przygotowała szczegółowe rekomendacje dla bezpiecznego i nie powodującego ryzyka dla zdrowia i życia mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś sposobu użytkowania płytkich wód podziemnych. Rekomendacje te głównie pochodzą od Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) oraz Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (EPA). Na podstawie porównania zalecanych maksymalnych poziomów stężeń związków organicznych tj. fenolu, toluenu oraz ogólnego węgla organicznego nie zaleca się wykorzystywania wód do celów pitnych, do hodowli zwierząt oraz ich wykorzystania do kąpeli. Z racji braku badań nad kumulacją zanieczyszczeń w organizmach roślinnych i zwierzęcych zaleca się ostrożność w wykorzystywaniu wód podziemnych na terenie osiedla Łęgnowo Wieś do hodowli ryb w stawach i zbiornikach wodnych, nawadniania upraw w szczególności warzyw a nawet podlewania trawników.

Ważnym elementem koniecznym do dokładnego zbadania jest poziom narażenia mieszkańców na lotne związki organiczne (ang. volatile organic compound – VOC), które mogą ulatniać się z płytkich wód podziemnych i zanieczyszczonych gleb i gruntów i we wdychanym powietrzu przedostawać się do organizmu. Dla sprawdzenia realnego zagrożenia z tego tytułu konieczne są badania zanieczyszczenia powietrza glebowego na całym omawianym obszarze oraz wskaźnikowe badania medyczne mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś.

Najistotniejsze znaczenie dla projektu WODA+ miało określenie przestrzennego zasięgu zanieczyszczenia środowiska wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze terasy Wisły. W świetle uzyskanych wyników można wskazać, że praktycznie cały obszar w granicach osiedla Łęgnowo Wieś jest silnie zanieczyszczony przez toksyczne substancje organiczne i nieorganiczne jakie przeniknęły (przemigrowały) w strumieniu wód podziemnych z terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy. Strefa zanieczyszczona obejmuje lewobrzeżną część terasy Wisły na odcinku osiedla Łęgnowo Wieś tj. od mniej więcej od granicy miasta Bydgoszcz aż do ujęcia Brdy. Obszar zanieczyszczony z całą pewnością obejmuje cały teren jednolitej części wód JCW Kanał z Łęgnowa, znaczną część jednolitej części wód podziemnych JCWPd nr 44 a także najprawdopodobniej sięga obszarów Natura 2000: Solecka Dolina Wisły oraz Dolina Dolnej Wisły.

Fenol w największych stężeniach wykryty został w obrębie zidentyfikowanej na podstawie badań AGH chmury zanieczyszczeń związanej ze składowiskiem odpadów przemysłowych „Zielona”, w piezometrach dawnych ZCh „Zachem” oraz wykonanych dla potrzeb projektu WODA+.

Najwyższe stężenia fenol osiąga w wodach podziemnych w rejonie składowiska odpadów przemysłowych „Zielona”, gdzie występuje we wszystkich spośród 14 dostępnych piezometrów w przedziale 0,252 -305,0 mg/dm<sup>3</sup>, przy średniej na poziomie 45,92 mg/dm<sup>3</sup>. Woda we wspomnianych piezometrach ma ciemno czarny kolor i duszący zapach „chemiczny”.



próbka wody z piezometru 29/900 (po prawej)



próbka wody z piezometru 28/900



próbka wody z piezometru AGH-3 (większe zanieczyszczenia dla głębszej strefy poboru)

**Rys. 7. Zdjęcia próbek zanieczyszczonych wód – Projekt WODA+**

Wskutek naturalnych procesów zmniejszających stężenie migrujących zanieczyszczeń, w rejonie torów kolejowych równoległych do ulicy Nowotoruńskiej, we wszystkich spośród ogółem 11 istniejących na tym obszarze piezometrach odnotowywane są stężenia fenoli w przedziale 0,014 – 12,2 mg/dm<sup>3</sup>, przy średniej wynoszącej 1,63 mg/dm<sup>3</sup>. Woda w badanych otworach ma kolor zmieniający się od lekko brązowego do brązowo-czarnego i zazwyczaj charakteryzuje się wyraźnym „chemicznym” zapachem (Rys. 7). Zasięg frontu silnie zanieczyszczonych wód podziemnych został potwierdzony przez wykonanie dwóch otworów piezometrycznych AGH-2 i AGH-3 oraz AGH-4 ale nie jest on ostateczny i może ulegać istotnemu przesunięciu.

W najsilniej zanieczyszczonej strefie poza fenolami stwierdzono również występowanie innych związków organicznych, specyficznych dla profilu produkcyjnego dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy, w tym: aniliny, toluenu, toluidyny oraz hydroksybenzenu. Stężenia ogólnego węgla organicznego (OWO) osiągają w obrębie wspomnianej strefy ekstremalne wartości rzędu kilkuset mg/dm<sup>3</sup> (przy maksimum na poziomie 807,0 mg/dm<sup>3</sup>).

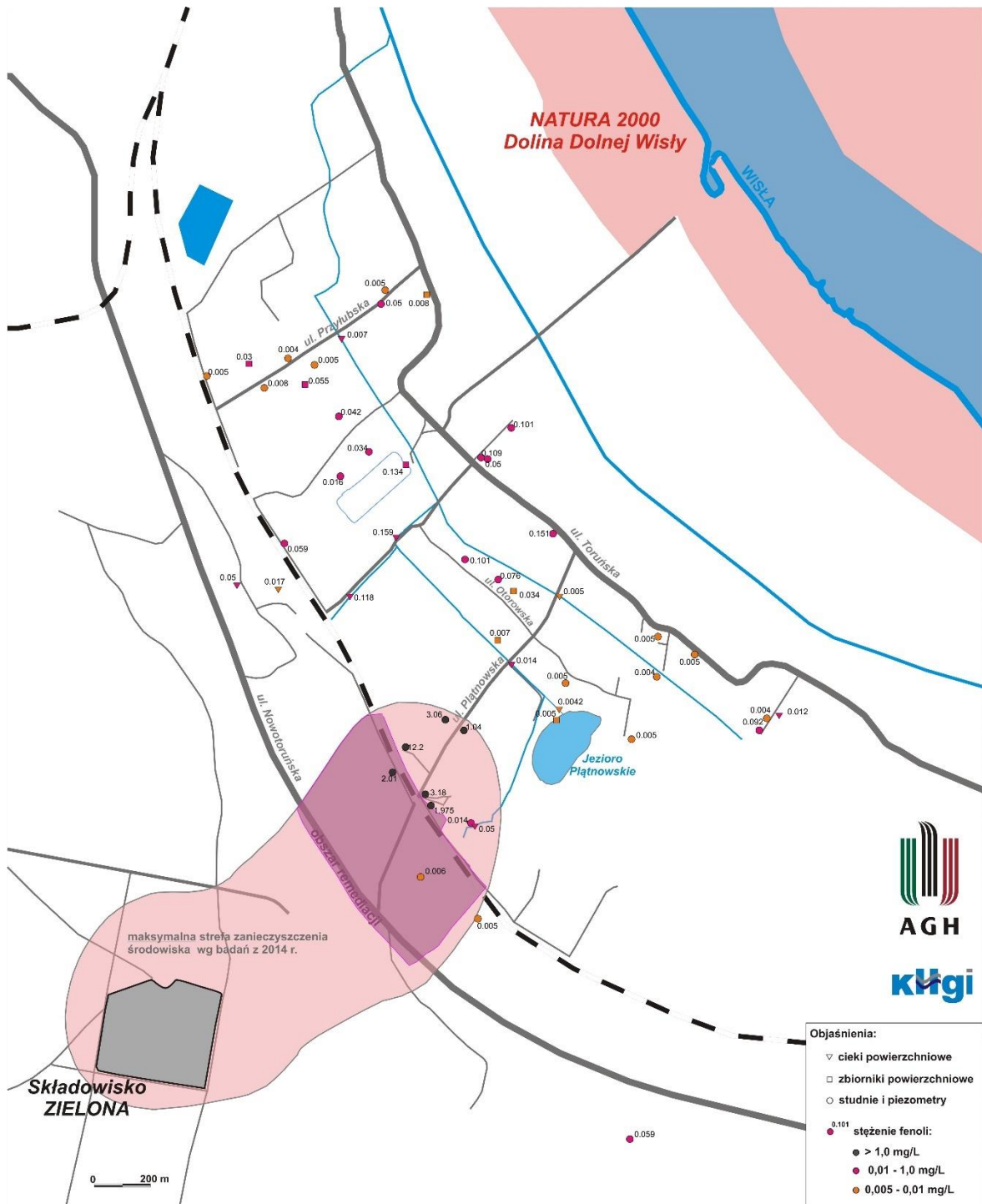
Wody podziemne na terenie osiedla Łęgnowo Wieś były badane w płytkich studniach indywidualnych o typowej głębokości rzędu 7-8 m. Jest to głębokość która może okazać się dla wychwycenia chmur zanieczyszczeń przemieszczających się na większych głębokościach w kierunku rzeki Wisły. Fenole w studniach indywidualnych stwierdzono w 31 spośród 53 badanych miejsc (58,5%), gdzie występowały w stężeniach 0,004 – 1,975 mg/dm<sup>3</sup>, przy średnim poziomie 0,093 mg/dm<sup>3</sup>. W 11 studniach zlokalizowanych nawet w rejonie ulicy Otorowskiej i Toruńskiej stwierdzono bardzo wysokie zawartości fenoli, skutkujące słomkowym kolorem wody i bardzo silnym „chemicznym” zapachem. Poza fenolem w badanych studniach, zlokalizowanych w szczególności w rejonie ulicy Przyłubskiej stwierdzono 6 przypadków występowania toluenu (11,3%). Podwyższone zawartości ogólnego węgla organicznego w wodzie (OWO), wskazującego na możliwość wystąpienia innych zanieczyszczeń organicznych stwierdzono w 18 przypadkach (34,0%). Istotnym problemem dla jakości wód, stanowiący jednocześnie problem w ich wykorzystaniu stanowią pierwiastki metaliczne, głównie żelazo, mangan i cynk których ponadnormatywne stężenia na poziomie nawet kilku-kilkunastu mg/dm<sup>3</sup> stwierdzono w 35 przypadkach (66,0%).

Wody powierzchniowe zbadane zostały w łącznie 20 punktach, przy czym 12 spośród nich przypada na cieki powierzchniowe a 8 na zbiorniki wodne, głównie niewielkie stawy ale również tzw. jezioro Płątnowskie oraz awaryjny zbiornik przeciwpożarowy dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem”. Fenole w wodach powierzchniowych stwierdzone zostały w 17 przypadkach (85,0%) w przedziale stężeń 0,004-0,159 mg/dm<sup>3</sup>, przy średniej 0,036 mg/dm<sup>3</sup>. W jednym przypadku cieku powierzchniowego wykryto obecność toluenu (5,0%). Dodatkowo jednak wyraźnie podwyższone zawartości ogólnego węgla organicznego w wodzie (OWO > 10 mg/dm<sup>3</sup>), wskazującego na możliwość wystąpienia innych zanieczyszczeń organicznych stwierdzono w 9 przypadkach (45,0%). Podwyższone zawartości metali nie stanowią problemu w wodach powierzchniowych, gdzie wysokie stężenia żelaza i manganu stwierdzono tylko w 3 przypadkach (15,0%).

Fenol w badaniach zrealizowanych w ramach projektu WODA+, stwierdzony został nie tylko w strefie na przedłużeniu chmury zanieczyszczeń ze składowiska „Zielona” (wzdłuż ul. Płątnowskiej) ale na dużo szerszym obszarze, w tym w rejonie ulicy Przyłubskiej oraz na całym obszarze między ulicami Przyłubską i Płątnowską. Zanieczyszczenie fenolem wystąpiło również z strefie na południe od składowiska „Zielona” oraz w obrębie miejscowości Otorowo (gmina Solec Kujawski) (Rys. 8).

Kwestia ta zostanie rozstrzygnięta w dalszej części niniejszego sprawozdania, niemniej taki rozkład przestrzenny zanieczyszczenia fenolem musi wynikać z występowania na całym omawianym obszarze co najmniej kilku nakładających się na siebie chmur zanieczyszczeń pochodzących

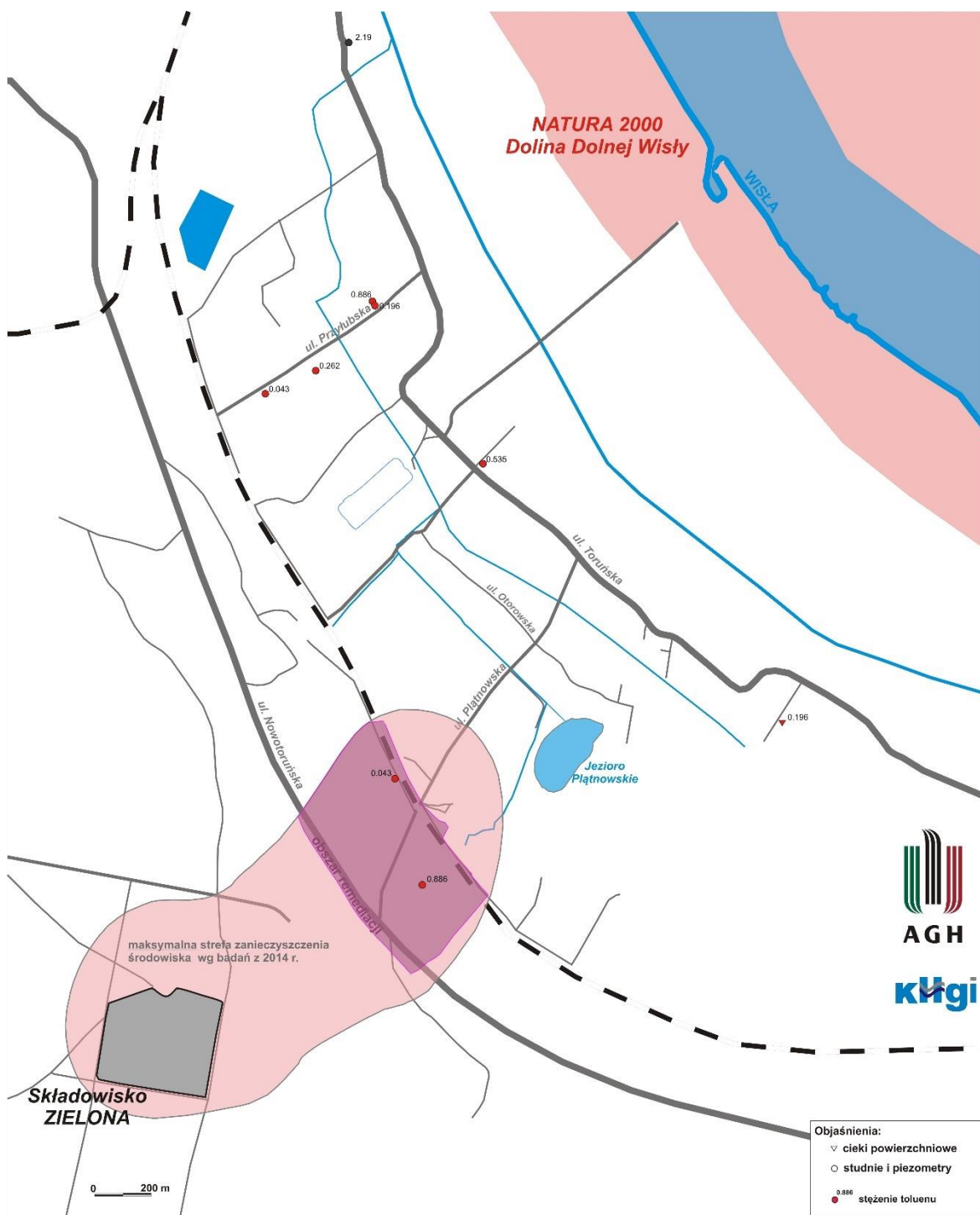
z różnych ognisk zanieczyszczeń, zlokalizowanych w granicach dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy.



**Rys. 8. Przestrzenny rozkład stężeń fenoli w badanych próbkach wód powierzchniowych i podziemnych – Projekt WODA+**

Hipoteza o kilku różnych chmurach zanieczyszczeń jest bardzo prawdopodobna i świadczy o niej przestrzenny rozkład zawartości toluenu w badanych próbkach wód podziemnych i powierzchniowych. Zanieczyszczenie to nie jest stwierdzane tak powszechnie jak fenol ale skupia się wyraźnie w strefie chmury zanieczyszczeń ze składowiska „Zielona” (3 wystąpienia) oraz

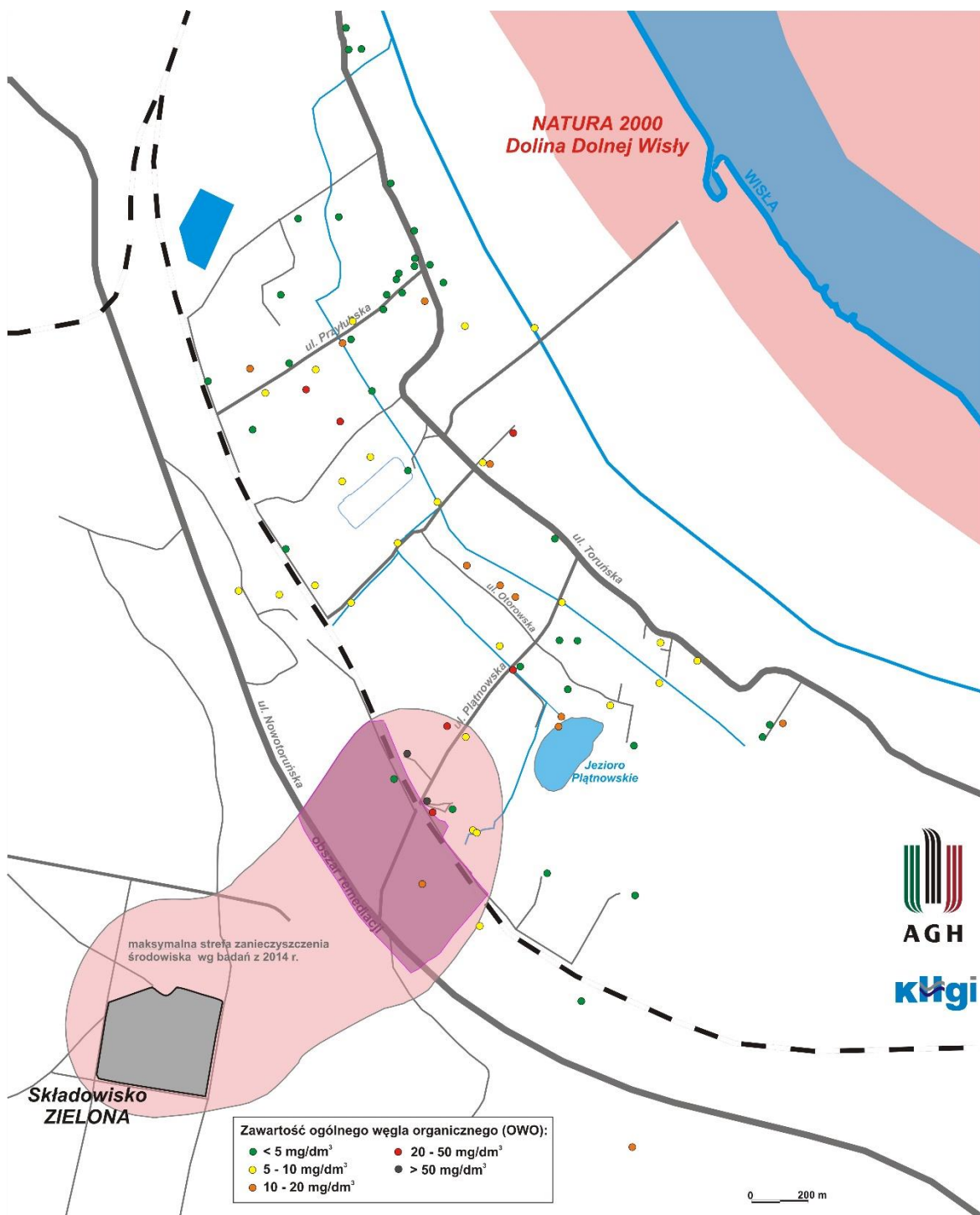
w strefie wzdłuż ulicy Przyłubskiej (4 wystąpienia). Dodatkowo stwierdzono pojedyncze wystąpienia toluenu w rejonie ujścia Brdy, w najwyższym stężeniu około 2,2 mg/L, oraz w Otorowie (Rys. 9).



**Rys. 9. Przestrzenny rozkład stężeń toluenu w badanych próbkach wód powierzchniowych i podziemnych – Projekt WODA+**

Należy zwrócić dodatkowo uwagę, że zanieczyszczenia organiczne występujące w wodach podziemnych i wodach powierzchniowych są szkodliwe przy bardzo niskich stężeniach, rzędu nawet  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$  i mogą występować w wodach o relatywnie niskim poziomie ogólnego węgla organicznego

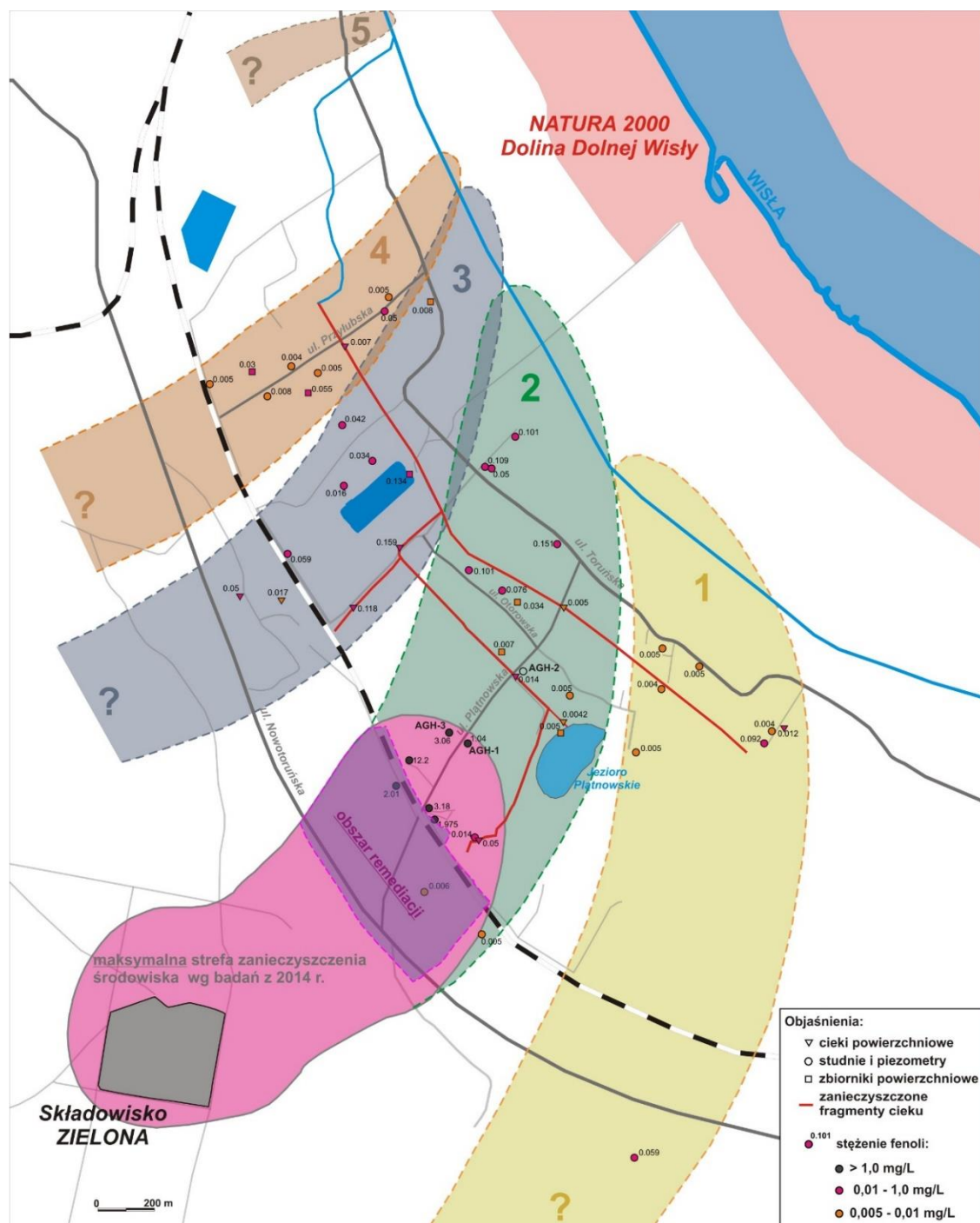
( $OWO < 5 \text{ mg/dm}^3$ ) uznawanego za ukształtowany w wyniku oddziaływania czynników i procesów o charakterze naturalnym (geogenicznym). Dlatego ważne jest badanie konkretnych substancji zanieczyszczających i ich sukcesywne identyfikowanie, możliwy jest bowiem scenariusz, że w badanych wodach powierzchniowych i podziemnych na terenie osiedla Łęgnowo Wieś mogą występować bardziej toksyczne związki organiczne dotychczas nierozpoznane (Rys. 10).



Rys. 10. Przestrzenny rozkład stężeń ogólnego węgla organicznego (OWO) w badanych próbkach wód powierzchniowych i podziemnych – Projekt WODA+



W świetle dokładnej interpretacji wyników badań AGH wykonanych w październiku – grudniu 2017 r., w ramach projektu WODA+ można przyjąć, że cała strefa obejmująca wschodnią część terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy aż do koryt rzek Wisły i Brdy jest już najprawdopodobniej zanieczyszczona lub też w nieuchronny sposób zostanie zanieczyszczona w perspektywie najbliższych 5-10 lat. Obszar zanieczyszczony na który składa się 5, częściowo nakładających się na siebie chmury migrujące z różnych ognisk, obejmuje łącznie powierzchnię do około 20 km<sup>2</sup> w niewralgicznej strefie drenażu wód podziemnych, gdzie ich strumień zasila rzekę Wisłę (Rys. 11).



**Rys. 11. Przestrzenny rozkład chmur zanieczyszczeń zidentyfikowanych na terenie osiedla Łęgnowo Wieś – Projekt WODA+**

Zasięgi zidentyfikowanych chmur zanieczyszczeń nie są ostateczne a ich fronty mogą ulegać zmianie w miarę wykonywanych dalszych badań. W szczególności konieczne jest wykonanie piezometrów o głębokości rzędu 5-10 m, w rejonie linii kolejowej na obszarze pomiędzy ulicami Płątnowską i Przytubską i dalej w kierunku północnym. Głębsze piezometry, rzędu 10-20 m ppt., należy wykonać w strefie pomiędzy „aktualnymi” frontami chmur zanieczyszczeń a rzeką Wisłą.

Chmura nr 1 związana jest z placem spalań w Żółwinie, gdzie dodatkowo deponowano odpady z elektrociepłowni w Bydgoszczy. Wspomniana chmura jest stosunkowo bardzo słabo rozpoznana, a jednocześnie jej występowanie stanowi duże zaskoczenie z uwagi na fakt, że potencjalne ognisko zanieczyszczeń znajduje się poza terenem dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy i może być nawet związane z „miejskim” składowiskiem odpadów komunalnych (Rys. 11).

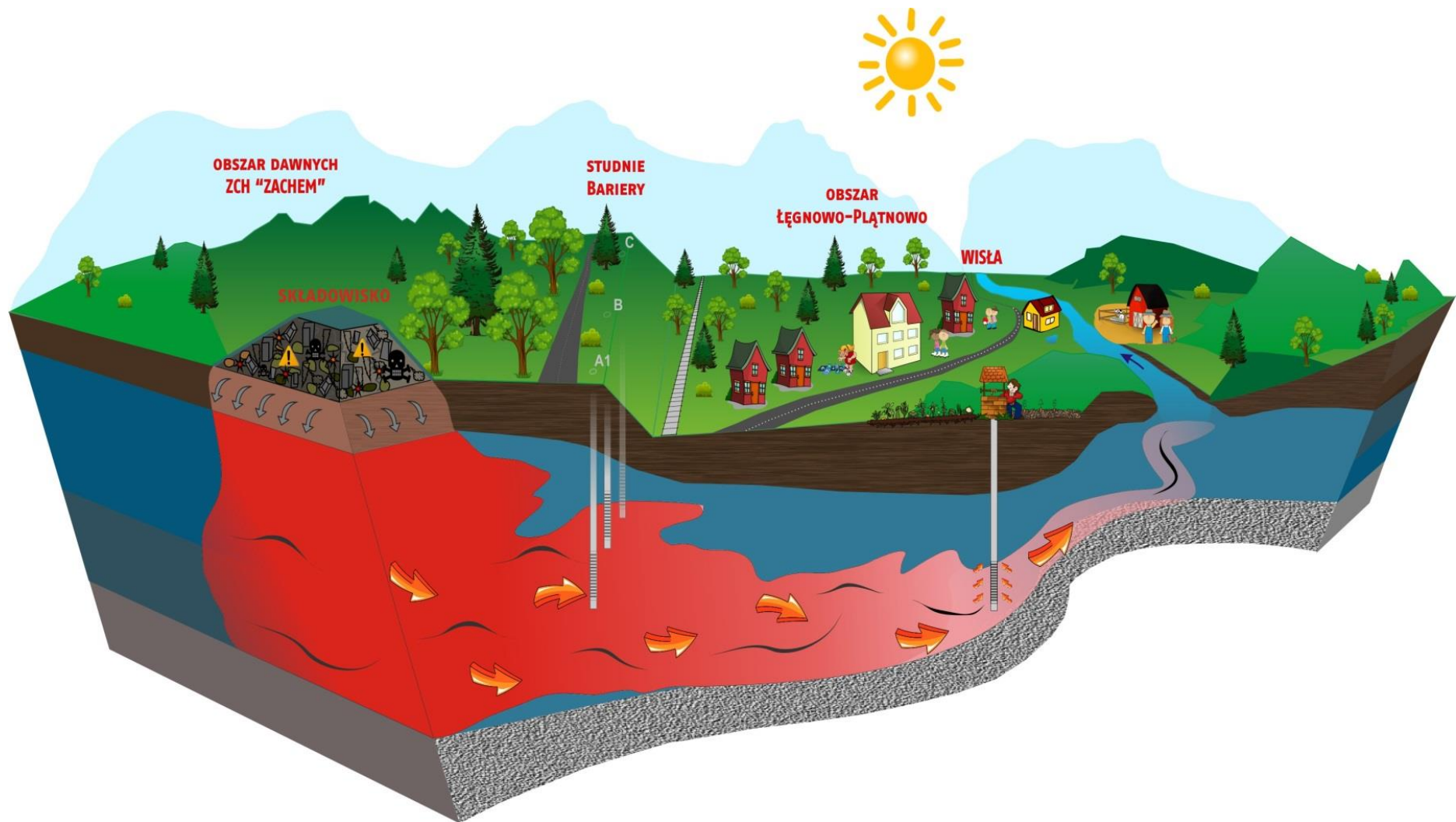
Chmura nr 2 związana jest z terenem składowiska odpadów przemysłowych „Zielona”. W ramach pierwszego etapu remediacji chmury, planowanego do realizacji od połowy 2018 r. w ramach projektu dofinansowanego ze środków NFOŚiGW, zostanie ona przegrodzona w strefie pomiędzy ulicą Nowotoruńską a torami kolejowymi. Innowacyjna instalacja remediacyjna o zamkniętym obiegu będzie odpompowywać silnie skażone „czarne” wody a po ich podczyszczeniu wtłaczać do zanieczyszczonego gruntu, w celu jego przemywania i oczyszczania (Rys. 11).

Chmurę nr 3 należy wiązać z obszarem tzw. soczewki nitrobenzenu lub instalacji dinitrotoluenu (DNT) czy też dotychczas nieustalonego obszaru emisji w strefie na północ od składowiska „Zielona”. Chmury nr 4 i nr 5 pochodzą z ognisk zanieczyszczeń w centralnej części dawnych Zakładów Chemicznych, w tym z tzw. obszaru depozycji szlamów poanilinowych, składowiska Lisia i EPI. Wszystkie wspomniane chmury wymagają badań przede wszystkim na kierunku zachodnim, tj. dla określenia stref przepływu zanieczyszczeń od wytypowanych wstępnie ognisk zanieczyszczeń (Rys. 11).

Mając na uwadze nakładanie się chmur zanieczyszczeń na terenie terasy Wisły, cały obszar osiedla Łęgnowo Wieś należy uznać za strefę katastrofy ekologicznej, gdzie zarówno istotna skala jak i duży zasięg skażenia środowiska wymaga podjęcia skutecznych działań naprawczych, w tym remediacji środowiska gruntowo-wodnego.

Wymaga również podkreślenia fakt, że zanieczyszczone wody podziemne dopływają do cieków powierzchniowych przebiegających przez obszar osiedla Łęgnowo Wieś oraz zbiorników wodnych zlokalizowanych na jego terenie. Stąd właśnie wynika bardzo wysoki poziom próbek wód powierzchniowych zanieczyszczonych fenolem (85%). W strefie przepływu chmur nr 1, 2, 3 i 4 stwierdzono występowanie całych odcinków cieków prowadzących wody zanieczyszczone związkami organicznymi (zaznaczone na czerwono na Rys. 11). Cieki te przepływają przez zamieszany obszar, często w bezpośredniej bliskości zabudowań mieszkalnych, stwarzając dodatkowe zagrożenia zdrowotne dla ludności osiedla Łęgnowo Wieś.

Należy jeszcze wspomnieć o absolutnie katastrofalnym stanie odwodnienia powierzchniowego omawianego obszaru, gdzie sieć cieków powierzchniowych i rowów melioracyjnych jest tak silnie zdegradowana, że nie zapewnia efektywnego odprowadzania wód podziemnych. W związku z powyższym ich zwierciadło zalega na niewielkiej głębokości, do maksymalnie 1-2 m, a bardzo często tuż pod powierzchnią terenu. Trudne warunki wodne wymagają w kilku przypadkach prowadzenia stałych lub okresowych odwodnieni fundamentów i podpiwniczeń budynków, co nie tylko że jest kosztowne ale dodatkowo stwarza zagrożenia zdrowotne z tytułu uwalniania do powietrza lotnych związków organicznych. Poza działaniami w zakresie remediacji cały obszar osiedla Łęgnowo Wieś wymaga zatem gruntownej przebudowy czy też właściwie nowego zaprojektowania efektywnej i optymalnej sieci melioracji drenażowych.



Rys. 12. Schemat rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z ognisk typu składowiska w strumieniu wód podziemnych, formujący przemieszczającą się w podłożu chmurę zanieczyszczeń, dla przypadku osiedla Łęgnowo Wieś – Projekt WODA+

Stały dopływ zanieczyszczeń z ciągle aktywnych ognisk zanieczyszczeń na obszarze dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” zagraża praktycznie całemu strumieniowi wód podziemnych uformowanemu nie tylko na terenie wspomnianego zakładu, ale także poza nim w części zachodniej jednolitej części wód podziemnych JCWPd nr 44. W sytuacji bowiem ujmowania głębszych poziomów wodonośnych, wskutek wytwarzanego podciśnienia, możliwe jest przenikanie do nich chmur zanieczyszczeń i zwiększenie głębokościowego zasięgu występowania strefy skażonych wód podziemnych. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że wspomniany strumień zanieczyszczonych wód podziemnych zasila rzekę Wisłę, która w przypadku dopływu silnie toksycznych substancji organicznych o charakterze kancerogennym i mutagennym będzie je rozprzestrzeniać w swoim strumieniu aż do Morza Bałtyckiego (Rys. 12).

W ramach analizy danych uzyskanych w projekcie WODA+, porównano również stan zanieczyszczenia środowiska na obszarze osiedla Łęgnowo Wieś stwierdzony w roku 1968 tj. w przypadku stwierdzenia zanieczyszczenia oraz w 2017 r. W perspektywie blisko 50 lat zauważalne jest istotne pogorszenie stanu środowiska wodnego, gdzie maksymalne stężenie fenolu (wskaźnika zanieczyszczenia) wzrosło do poziomu 1975  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$  (2017 r.) z wartości około 400  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Zwiększyło się również istotnie średnie stężenie fenolu odnotowywane na badanym obszarze odpowiednio do wartości 86  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$  (2017 r.) z poziomu około 37  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Należy w tym względzie mieć na uwadze, że bezpieczny poziom stężeń fenoli w wodach przeznaczonych do spożycia, określony został przez WHO na poziomie maksymalnie tylko 2  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Dodatkowo zaobserwowano także wzrost ilości studni zanieczyszczonych fenolem do wartości 34 szt. (2017 r.), gdzie w 1968 r. było to 22 szt. W porównaniu do 1968 r. w trakcie aktualnych badań stwierdzono również powiększenie strefy występowania fenolu w wodach podziemnych ujmowanych przez studnie indywidualne.

Biorąc pod uwagę wyniki badań AGH w ramach projektu WODA+, w związku z występowaniem zanieczyszczeń płytkich wód podziemnych na terenie terasy Wisły, w pobliżu granicy obszarów Natura 2000, istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo, że toksyczne substancje występują na terenie PLB040003 – Dolina Dolnej Wisły oraz PLH040003 – Solecka Dolina Wisły. W tym kontekście konieczne jest wykonanie szczegółowych badań dla oceny zagrożeń ze strony toksycznych substancji przenikających z ognisk zanieczyszczeń na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy, nieuchronnie przemieszczających się w kierunku koryta rzeki Wisły a zatem i chronionych obszarów Natura 2000. Jest to o tyle istotne że wspomniane obszary ochronne Natura 2000 stanowią ostoję ptasią o randze europejskiej E39, gdzie występuje co najmniej 44 gatunki z Załącznika I Dyrektywy Ptasiej, 4 gatunki z Polskiej Czerwonej Księgi (PCK), zaś gniazduje około 180 gatunków. Obszar jest ważną ostoją ptasią dla gatunków migrujących i zimujących, w tym niezwykle ważnym obszarem zimowania dla bielika. Dodatkowo w obrębie obszaru PLH040003 – Solecka Dolina Wisły, w warunkach cennej pod względem przyrodniczym mozaiki siedlisk nadrzecznych, charakterystycznych dla warunków nizinnych wyróżniono 11 siedlisk chronionych, w obrębie których stwierdzono występowanie gatunków chronionych: ssaków (3 gatunki), płazów (1 gatunek), ryb (6 gatunków) oraz owadów (2 gatunki) a także roślin (15 gatunków).

Z całą też pewnością można wnioskować, że skala zagrożeń środowiskowych dla obszarów Natura 2000 będzie narastać w czasie i bez podjęcia skutecznych działań naprawczych może skutkować katastrofą ekologiczną mogącą w bardzo poważnym stopniu wpłynąć na pogorszenie się stanu ochrony przyrody na obszarach PLB040003 – Dolina Dolnej Wisły oraz PLH040003 – Solecka Dolina Wisły.

W warunkach udowodnionej przez badania migracji zanieczyszczeń w strumieniu wód podziemnych w kierunku doliny Wisły i położonych wzdłuż jej koryta obszarów Natura 2000, należy spodziewać się dalszego pogarszania stanu środowiska tj. występowania toksycznych związków organicznych w wyższych stężeniach lub też pojawienia się nowych dotychczas niestwierdzonych substancji toksycznych.

Najpoważniejsze jednakże zagrożenia związane z migracją zanieczyszczeń z terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” na obszar terasy Wisły są związane z potencjalnym toksycznym wpływem substancji organicznych występujących w środowisku gruntowo-wodnym na warunki życiowe i zdrowotne mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś. Kwestia ta powinna być szczegółowo zbadana, gdyż nawet w przypadku niespożywania zanieczyszczonej wody substancje toksyczne mogą oddziaływać niekorzystnie na organizm człowieka przedostając się do niego drogą oddechową i skórą oraz w produktach rolnych, uprawianych na zanieczyszczonych gruntach i/lub z wykorzystaniem do nawadniania skażonych wód podziemnych.

Przedstawiona sytuacja istotnego zanieczyszczenia obszaru terasy rzeki Wisły, z tytułu oddziaływań ze strony ognisk zanieczyszczeń zlokalizowanych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy wyczerpuje znamiona klęski ekologicznej o bardzo dużym oddziaływaniu nie tylko na nieożywione komponenty środowiska tj. wody podziemne i powierzchniowe ale również na mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś oraz cenne przyrodniczo obszary Natura 2000.

## 4. Podsumowanie i wnioski

- I. Opracowanie niniejsze stanowi syntetyczne sprawozdanie z realizacji projektu naukowo-badawczego WODA+, pn. „Ocena skali zanieczyszczenia wód powierzchniowych i płytkich wód podziemnych w rejonie miejscowości Łęgnowo i Płątnowo, w strefie niekorzystnego oddziaływania dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy”, realizowanego przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie.
- II. Praktycznie cały obszar w graniach osiedla Łęgnowo Wieś jest bardzo silnie zanieczyszczony przez toksyczne substancje organiczne i nieorganiczne jakie przeniknęły (przemigrowały) w strumieniu wód podziemnych z terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy. Strefa zanieczyszczona obejmuje lewobrzeżną część terasy Wisły na odcinku osiedla Łęgnowo Wieś tj. od mniej więcej od granicy miasta Bydgoszcz aż do ujęcia Brdy. Obszar zanieczyszczony najprawdopodobniej sięga obszarów Natura 2000: Solecka Dolina Wisły oraz Dolina Dolnej Wisły.
- III. Zanieczyszczenie obszaru terasy Wisły, w granicach osiedla Łęgnowo Wieś jest wynikiem migracji co najmniej 5 nakładających się na siebie chmur zanieczyszczeń pochodzących z różnych ognisk zanieczyszczeń, zlokalizowanych w granicach dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy.
- IV. Najpoważniejsze zagrożenia związane z migracją zanieczyszczeń z terenu dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” na obszar terasy Wisły są związane z potencjalnym toksycznym wpływem substancji organicznych występujących w środowisku gruntowo-wodnym na warunki życiowe i zdrowotne mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś. Nawet bowiem w przypadku niespożywania zanieczyszczonej wody substancje toksyczne mogą oddziaływać niekorzystnie na organizm człowieka, przedostając się do niego drogą oddechową i skórą oraz w produktach rolnych, uprawianych na zanieczyszczonych gruntach i/lub z wykorzystaniem do nawadniania skażonych wód podziemnych.
- V. Przypadek zanieczyszczenia obszaru terasy Wisły w obrębie osiedla Łęgnowo Wieś, z tytułu oddziaływań ze strony ognisk zanieczyszczeń zlokalizowanych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy wyczerpuje znamiona klęski ekologicznej o bardzo dużym oddziaływaniu nie tylko na nieożywione komponenty środowiska tj. wody podziemne i powierzchniowe ale również na mieszkańców osiedla Łęgnowo Wieś oraz cenne przyrodniczo obszary Natura 2000.
- VI. Ewentualny doływ zanieczyszczeń do koryta rzeki Wisły skutkować będzie znacznym rozprzestrzenieniem zasięgu substancji toksycznych wzdłuż jej biegu aż po Morze Bałtyckie. Scenariusz ten wobec nieuchronnego procesu przepływu zanieczyszczeń z całą pewnością będzie mieć miejsce o ile nie zostaną podjęte bezzwłoczne działania naprawcze, tj. zatrzymujące propagację chmur zanieczyszczeń przed granicą obszaru Natura 2000 i związane z remediacją zanieczyszczonych wód podziemnych oraz gleb i gruntów.

## Spis rysunków

<b>Rys. 1.</b> Lokalizacja składowisk odpadów przemysłowych na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy (Pietrucin, 2015) .....	6
<b>Rys. 2.</b> Lokalizacja ognisk zanieczyszczeń na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” wg RDOŚ Bydgoszcz .....	9
<b>Rys. 3.</b> Kierunki migracji oraz zasięgi chmur zanieczyszczeń z wybranych ognisk zanieczyszczeń na terenie dawnych ZCh „Zachem” wg badań modelowych (AGH, 2010) .....	10
<b>Rys. 4.</b> Stan zanieczyszczenia środowiska w rejonie dawnych ZCh „Zachem” wg danych z końca lat 80. XX wieku (wg Narwojsz, 1989) .....	13
<b>Rys. 5.</b> Wstępna koncepcja podziału badanego obszaru terasy Wisły na strefy .....	16
<b>Rys. 6.</b> Porównanie profilu zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych na terenie osiedla Łęgnowo Wieś .....	18
<b>Rys. 7.</b> Zdjęcia próbek zanieczyszczonych wód – Projekt WODA+ .....	20
<b>Rys. 8.</b> Przestrzenny rozkład stężeń fenoli w badanych próbkach wód powierzchniowych i podziemnych – Projekt WODA+ .....	22
<b>Rys. 9.</b> Przestrzenny rozkład stężeń toluenu w badanych próbkach wód powierzchniowych i podziemnych – Projekt WODA+ .....	23
<b>Rys. 10.</b> Przestrzenny rozkład stężeń ogólnego węgla organicznego (OWO) w badanych próbkach wód powierzchniowych i podziemnych – Projekt WODA+ .....	24
<b>Rys. 11.</b> Przestrzenny rozkład chmur zanieczyszczeń zidentyfikowanych na terenie osiedla Łęgnowo Wieś – Projekt WODA+ .....	25
<b>Rys. 12.</b> Schemat rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z ognisk typu składowiska w strumieniu wód podziemnych, formujący przemieszczającą się w podłożu chmurę zanieczyszczeń, dla przypadku osiedla Łęgnowo Wieś – Projekt WODA+ .....	27

## Spis tabel

<b>Tabela 1.</b> Zinwentaryzowane składowiska odpadów na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” w Bydgoszczy (wg Pietrucin, 2015) .....	5
<b>Tabela 2.</b> Zinwentaryzowane ogniska zanieczyszczeń na terenie dawnych Zakładów Chemicznych „Zachem” wg RDOŚ Bydgoszcz .....	8