



GŁÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA

Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice, skrytka pocztowa 3672
Tel.: 032 258 16 31÷9 Fax: 032 259 65 33 e-mail: gig@gig.katowice.pl www.gig.katowice.pl
Rachunek bankowy: BPHPBK S.A. O/Katowice nr 23 1060 0076 0000 3200 0027 5674
Regon 000023461 NIP: 6340126016 KRS: 0000090660 GIG jest płatnikiem VAT

Posiadamy certyfikowany Zintegrowany System Zarządzania (jakość, bhp, środowisko)
spełniający wymagania norm: PN-EN ISO 9001:2001 PN-N-18001:2004 PN-EN ISO 14001:2005
Główny Instytut Górnictwa jest Jednostką Notyfikowaną nr 1453



EGZEMPLARZ nr.....

Jednostka organizacyjna GIG: Zakład Geologii i Geofizyki

DOKUMENTACJA pracy badawczo – usługowej

Zleceniodawca: Gmina Gostycyn, Powiat Tucholski, Województwo Kujawsko-Pomorskie

Tytuł dokumentacji:

„Ocena zagrożenia pogórniczego terenu Osiedla Leśnego w Gostycynie na podstawie badań geofizycznych i analizy warunków geologiczno-górnicznych”

Symbol PKWiU

73.10

Nr zlecenia:

z dnia:

Nr komputerowy pracy w GIG: 58113298-124

Data rozpoczęcia pracy: 01.04.2008 r.

Data zakończenia pracy: 30.07.2008 r.

pieczętka i podpis
kierownika pracy

pieczętka i podpis kierownika
jednostki organizacyjnej GIG



ZINTEGROWANY INSTYTUT NAUKOWO-TECHNOLOGICZNY

Paliwa-Bezpieczeństwo-Środowisko

Słowa kluczowe:

Obszar badań	Dziedzina badań	Przedmiot badań	Rodzaj zjawiska (zdarzenia)	Rodzaj wyniku badań
budownictwo	górnictwo	górotwór	deformacja	ekspertyza

Zespół Autorski:

Stopień – imię i nazwisko	(podpis)
Dr inż. Andrzej Kotyrba
Dr inż. Adam Frolik
Dr inż. Łukasz Kortas
Mgr Sławomir Siwek
Tech. Andrzej Braszczak

Streszczenie:

Badania geofizyczne na terenie osiedla Leśnego w Gostycynie (powiat Tuchola, województwo kujawsko-pomorskie) przeprowadzono celu rozpoznania struktury utworów podłoża, a w szczególności rejonizacji obszarów, w których mogą utrzymywać się pustki genezy górniczej oraz rozluźnienia struktury warstw geologicznych. Podstawową metodą badań były pomiary grawimetryczne, które wykonano na założonej w terenie siatce punktów. Uzupełniono je kilkoma sondowaniami elektrooporowymi dla określenia modelu budowy geologicznej przypowierzchniowych warstw podłoża osiedla w centralnej części osiedla. Interpretację wyników pomiarów geofizycznych dowiązano do obserwacji terenowych, archiwalnych danych o warunkach geologicznych i dokonanej eksploatacji. Na podstawie przeprowadzonych badań geofizycznych i analizy warunków geologiczno-górnich dokonano oceny zagrożenia pogórniczego terenu Osiedla Leśnego w Gostycynie

W odniesieniu do niniejszej dokumentacji Główny Instytut Górnictwa zastrzega sobie autorskie prawa majątkowe w zakresie publikacji, wynalazczości i wdrożeń.

Stopień ochrony dokumentacji:*)

Ogólnodostępna	Do wykorzystania w jednostkach organizacyjnych GIG	Do wykorzystania za zgodą kierownika jednostki organizacyjnej GIG	do wykorzystania za zgodą Naczelnego Dyrektora lub Sekretarza Naukowego	Do wykorzystania za zgodą zleceniodawcy
----------------	--	---	---	---

*) **niepotrzebne skreślić**

Dokumentację otrzymali:

1. Zleceniodawca, egz. nr 1, 2, 3,
2. Archiwum jednostki organizacyjnej GIG BH, egz. nr 4

Wypełnia archiwum jednostki organizacyjnej GIG:

Ilość:

str/kart	zał.	Tab.	Rys.	fot.
----------	------	------	------	------

Exemplarz dokumentacji jest przechowywany w archiwum jednostki organizacyjnej GIG

Nr inwentarzowy:

<u>Spis treści</u>	str:
1. Wstęp	4
2. Charakterystyka warunków geologicznych.....	6
3. Charakterystyka dokonanej eksploatacji	9
3.1 Historia eksploatacji węgla brunatnego w Pile-Młyn.....	9
3.2. Sposób wydobywania węgla	14
4. Metodyka i technika badań geofizycznych	16
4.1. Badania grawimetryczne	16
4.1.1 Terenowe pomiary grawimetryczne	16
4.1.2. Prace obliczeniowe	17
4.2. Metoda elektrooporowa	18
5. Wyniki badań.....	19
5.1. Metoda grawimetryczna	19
5.1.1. Rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bougera	19
5.2. Metoda elektrooporowa	23
6. Ocena zagrożenia terenu osiedla pogórnictwymi deformacjami	24
7. Sposoby likwidacji zagrożenia.....	27
8. Ustalenia i wnioski.....	27

Spis załączników:

1. Lokalizacja terenu badań - orientacja
2. Mapa topograficzna. Skala 1:10 000
3. Mapa dokumentacyjna. Skala 1:1500
4. Mapa wysokościowa terenu z pomiarów przeprowadzonych przez GIG. Skala 1:1500
5. Mapa anomalii Bouguera. Skala 1:1500
6. Przekrój izoom w linii I-I'. Skala 1:1000
7. Mapa kopalni Olga z położeniem wyrobisk górniczych (1933 r.). Skala 1:5000
8. Mapa lokalizacyjna rozpoznania złoża węgla brunatnego (odrys z mapy Streichen des Flözes Montania bei Mülbruck -wg. dr Scharfa 1944 r.). Skala 1:5000
9. Przekrój geologiczny WE przez złoża węgla brunatnego w Pile Młyn (odrys przekroju Flöz Barbara, Flöz Olga, Flöz Buko, Flöz Alexandra,-wg. dr Scharfa 1944 r). Skala pozioma 1:2500 / skala pionowa 1:1000
10. Krzywe sondowań PSE

1. Wstęp

Przedmiotem opracowania jest ocena zagrożenia pogórniczego terenu Osiedla Leśnego w Gostycynie na podstawie badań geofizycznych i analizy warunków geologiczno-górnicznych.

Osiedle stanowi zespół już zbudowanych domów jednorodzinnych oraz niezabudowanych jeszcze parcel. Jest położone wśród lasów w odległości kilku kilometrów od głównych zabudowań Gostycyna, przy drodze prowadzącej do miejscowości Piła. Teren usytuowany jest na południowym obrzeżu parku krajobrazowego Bory Tucholskie. W niedalekiej odległości od terenu osiedla płynie rzeka Brda, która miejscami wcina się na głębokość kilkunastu metrów w utwory podłoża (zał. 1, 2).

Teren osiedla jest tzw. terenem pogórnicznym. W przeszłości (XIX i XX w.) w jego podłożu prowadzono eksploatację pokładów węgla brunatnego. Głębokość eksploatacji nie przekraczała 50 metrów. Złoże węgla brunatnego zalega tutaj w osadach mioceńskich (trzeciorzęd) i ma budowę wielopokładową. Strop złoża przykryty jest osadami czwartorzędowymi o zmiennej grubości zmieniającej się od kilku do kilkunastu metrów. Ze względu na małą głębokość eksploatacji, sposób jej prowadzenia (eksploatacja na zawał) oraz niską wytrzymałość skał płonnych w nadkładzie złoża w trakcie prowadzenia eksploatacji jej wpływy ujawniały się na powierzchni natychmiastowo (tworzyły się liczne zapadliska nad polami ubierkowymi). Miały one formę lejów i rowów zapadliskowych. Formy te są obecnie widoczne w rzeźbie terenu.

W rejonie położonym na zachód od granicy opiniowanego terenu (rejon dawnej kopalni Montania – zał. 8) stopień przeobrażenia pierwotnej powierzchni jest bardzo duży. Szacunkowo można ocenić, że część powierzchni terenu przekształconego procesami zapadliskowymi w stosunku do powierzchni terenu nie przekształconego przekracza 50%. Głębokość form zapadliskowych wynosi zwykle 2-3 m.

Teren samego osiedla Leśnego jest znacznie mniej przekształcony. W jego centralnej części (niezabudowanej) widoczny jest rozległy lej zapadliskowy o przekroju w kształcie elipsy (zał. 4). Dłuższa jej oś rozciągająca się na kierunku NW-SE ma długość około 60 m, krótsza natomiast około 40 m. W centralnej części głębokość zapadliska wynosi około 3 m. Od tego zapadliska w kierunku północno-zachodnim rozciąga się nieregularne obniżenie powierzchni w formie rowu o nieregularnych granicach i przeciętnej szerokości 20 m. Maksymalna amplituda obniżeń sięga 1 m. Na południowy-zachód od drogi asfaltowej Gostycyn - Piła na powierzchni terenu zaznacza się próg o zmiennej wysokości w przedziale 0,2 - 0,5 m. Biegnie on od działek o numerach 909, 910, 919 do działki nr 1154.

Podobny do wyżej opisanego próg jest widoczny we wschodniej części osiedla. Przechodzi on od centralnego zapadliska na teren działek 1146 i 1147. W rejonie północno-wschodniej granicy terenu osiedla widoczne jest eliptyczne obniżenie powierzchni o szerokości ok. 60 m. Ciągnie się ono dalej w kierunku wschodnim, poza granice osiedla. W granicach badanego terenu względna amplituda obniżenia wynosi ok. 2 m. Podobne formy widoczne są w terenie przylegającym do osiedla od wschodu.

Pogónicze pustki oraz antropogeniczne zaburzenia naturalnej struktury warstw geologicznych stwarzają zagrożenie powierzchni deformacjami a budynkom mieszkalnym grożą uszkodzeniami. Z tego powodu zadaniem niniejszego opracowania jest ustalenie stopnia zagrożenia powierzchni terenu osiedla deformacjami oraz zaproponowanie sposobów jego likwidacji względnie kontroli pomiarami monitoringowymi.

W celu rozpoznania struktury utworów podłoża, a w szczególności rejonizacji obszarów, w których mogą utrzymywać się pustki genezy górniczej oraz rozluźnienia struktury warstw geologicznych, na terenie Osiedla Leśnego w Gostycynie (powiat Tuchola, województwo kujawsko-pomorskie) przeprowadzono badania geofizyczne.

Podstawową metodą badań były pomiary grawimetryczne, które wykonano na założonej w terenie siatce punktów. Uzupełniono je kilkoma sondowaniami elektrooporowymi dla określenia modelu budowy geologicznej przypowierzchniowych warstw podłoża osiedla w jego części centralnej. Interpretację wyników pomiarów geofizycznych dowiązано do obserwacji terenowych, archiwalnych danych o warunkach geologicznych i dokonanej eksploatacji zgromadzonych przez Stowarzyszenie „Buko” oraz informacji uzyskanych od mieszkańców osiedla i pracowników Urzędu Gminy w Gostycynie.

Powyższe obserwacje pozwalają zaliczyć teren osiedla do kategorii B_{2,2} terenów pogórnich (kategorie terenu górniczego likwidowanych kopalń ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu dla celów budowlanych) [9]. Teren taki jest przydatny do celów budowlanych warunkowo. Możliwe jest jego budowlane zagospodarowanie pod warunkiem uzdatnienia podłoża (przez podsadzenie pustek) względnie zastosowanie specjalnych sposobów posadowienia obiektów budowlanych.

Pod względem formalnym praca jest wynikiem umowy zawartej pomiędzy Głównym Instytutem Górnictwa a Urzędem Gminy Gostycyn.

W pracy wykorzystano następujące materiały archiwalne:

- [1] Zieniuk-Hoza A.; Projekt prac geologicznych dla potrzeb określenia warunków geologiczno - inżynierskich na terenie Osiedla Leśnego w Gostycynie. Powiat: Tuchola. Województwo Kujawsko - Pomorskie. Bydgoszcz, Lipiec 2006

- [2] Kotyrba A.; Opinia o projekcie badań geologicznych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich na terenie Osiedla Leśnego w Gostycynie, powiat Tuchola, województwo Kujawsko-Pomorskie. Praca BU GIG. Katowice. Październik, 2006
- [3] Mapa archiwalna Kopalnia Olga pod Gostyczynem z 1933 r. Skala 1:5000.
- [4] Zabawa T.; Technologia prac górniczych w podziemnej kopalni węgla brunatnego (sztolniowy proces wydobywania, wentylacji oraz transportu kopaliny).
- [5] Mróz W., Swoińska K.; Wykazy wysokości reperów w dniach 10 - 11.2007 i 5.05. 2008. Przedsiębiorstwo geodezyjne. Tuchola, 2008.
- [6] Weyna W.; Nazywaliśmy ich „trupie czaszki”. Tygodnik Tucholski nr 34/2007
- [7] Ostrowski A.; Pismo urzędowe do Wojewody Pomorskiego przez Starostwo Powiatowe w Tucholi z dnia 4 marca 1937 (Kopalnia Węgla Brunatnego „Teresa” w Gostycynie).
- [8] Pismo OUG w Tarnowskich Górach do Starostwa w Tucholi (woj. Pomorskie) z dnia 7 stycznia 1936 w sprawie nadzoru nad robotami górniczymi w powiecie.
- [9] Woźniak H.; (red). Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń. MŚ. Warszawa, 2008 (w druku).

2. Charakterystyka warunków geologicznych

Pod względem geomorfologicznym (wg podziału J. Kondrackiego) rejon badań położony jest w Dolinie Brdy, która jest mezoregionem Pojezierza Pomorskiego. Powierzchnia terenu jest stosunkowo płaska i układa się na rzędnej zbliżonej do 100 m n.p.m. W odległości około 100 m na wschód i około 150 m na południe od opiniowanej parceli przepływa rzeka Brda. Natomiast około 450 m na północny zachód znajduje się jezioro Szpitalne. W pobliżu rzeki i jeziora teren stromo opada do rzędnych około 88,0 m n.p.m. (przy jeziorze Szpitalnym) i do 80,0 m n.p.m. (w dolinie Brdy).

Warunki geologiczne i hydrogeologiczne scharakteryzowano na podstawie archiwalnych materiałów geologicznych. Najpełniej warunki te charakteryzuje przekrój geologiczny opracowany na podstawie badań dr Scharfa z 1944 roku (zał. 9). Przekrój biegnie wprawdzie około 150-200 m na północ od drogi stanowiącej granicę terenu badań, jednakże usytuowanie przekroju - prostopadle do rozciągłości pokładów węgla pozwala również na charakterystykę zalegania warstw geologicznych (zwłaszcza głębszego podłoża – miocenu) w opiniowanym rejonie. Różnice mogą występować odnośnie zalegania utworów plejstocenu, które generalnie wykazują większe zróżnicowanie pod względem wykształcenia litologicznego oraz rozprzestrzenienia tak w poziomie jak i w pionie.

W budowie geologicznej omawianego rejonu biorą udział osady czwartorzędu (plejstocenu) i neogenu (miocen) – dawniej górny okres trzeciorzędu.

Plejstocen – wykształcony jest w postaci:

- piasków różnoziarnistych z przewarstwieniami żwirów i okruchami skał północnych. Są to osady akumulacji wodno-lodowcowej, które zalegają bezpośrednio pod glebą i tworzą warstwę o miąższości zmieniającej się od ok. 1,0 m do ok. 4,5 m;
- glin morenowych pochodzenia lodowcowego, które podścielają osady piaszczyste. Gliny morenowe tworzą ciągłą warstwę, a jej spąg występuje na głębokościach od 6 do 15 m ppt;
- pod glinami morenowymi zalega drugi poziom piasków wodno-lodowcowych o zmiennej miąższości przeważanie od 3 do 18 m. Miąższość dolnych piasków wodnolodowcowych w pradolinie Brdy wzrasta nawet do 40 m. Piaski najczęściej są średnie lub grube, zawierają również domieszki żwirów, miejscami występują gniazda piasków pylastych albo nawet pyłów.

Utwory plejstocenu zalegają na nierównej powierzchni utworów miocenijskich (neogen). Strop utworów miocenu występuje na zmiennej głębokości od 8 do 20 m ppt, a w pradolinie rzeki Brdy nawet do głębokości 30-40 m ppt.

Miocen (Neogen) – reprezentowany jest przez serię utworów piaszczysto – ilastych, zawierających przewarstwienia węgla brunatnego. Węgiel brunatny występuje w postaci lignitu lub węgla ziemistego. Piaski miocenijskie są z reguły drobne lub pylaste, ciemnoszare lub brunatne w zależności od zawartości pyłu burowęglowego.

Osady miocenu w rejonie Gostycyna są silnie glacitektonicznie zaburzone. Ich nachylenie zmienia się w granicach od 15 do 35°. Większymi kątami zapadania charakteryzują się na ogół pokłady w części wschodniej (Aleksandra, Buko, Olga). Mniejsze nachylenie mają pokłady Wilhelm i Montania w części zachodniej. Miąższość pokładów węgla jest zmienna i waha się od 0,5 m do 3,5 m.

Z analizy archiwalnych materiałów geologicznych wynika, że na opiniowanym terenie woda gruntowa utrzymuje się lokalnie w warstwie gruntów piaszczysto-żwirowych zalegających na glinach morenowych. Swobodne zwierciadło wody I poziomu wodonośnego nawiercono w otworze nr 3/1964 na głębokości 3,0 m ppt - w piaskach drobnych i średnich zalegających w strefie głębokości 0,3 ÷ 4,7 m ppt. W otworach wykonanych w 1972 roku (nr 1/A, 2/A i 3/A) do głębokości 6,0 m, piaski i żwiry zalegające do głębokości 3,3 m ppt na glinach zwałowych były suche. Można więc uznać, że zwierciadło wody I poziomu ma charakter zwierciadła wody zawieszanej na warstwie glin zwałowych, która najprawdopodobniej nie ma charakteru ciągłego.

Drugi czwartorzędowy poziom wodonośny związany jest z piaskami wodnolodowcowymi zalegającymi bezpośrednio na utworach miocenijskich. Zwierciadło wód tego poziomu w omawianym rejonie jest związane bezpośrednio z poziomem wód w rzece Brdzie

i jeziorze Szpitalnym. W studni znajdującej się około 400 m na północ od przedmiotowego terenu (przy brzegu jeziora Szpitalnego), zwierciadło wód występowało na rzędnej 87,6 m, a więc na poziomie zbliżonym do poziomu wody w jeziorze (88,0 m npm), natomiast w studni znajdującej się około 800 m na południe od osiedla - w pobliżu rzeki Brdy, zwierciadło wody występowało na poziomie zbliżonym do poziomu wody w rzece (około 81,2 m npm). Spływ wód tego poziomu następuje zatem od jeziora Szpitalnego w kierunku południowo-wschodnim do rzeki Brdy, a średni spadek zwierciadła wód podziemnych wynosi blisko 7 ‰.

Mioceński poziom wodonośny rozpoznano w rejonie Osiedla Leśnego w Gostycynie w studniach 1 i 2 stanowiących ujęcia wód podziemnych dla wodociągu miejskiego w miejscowości Piła Młyn. Warstwa wodonośna została nawiercona w piaskach drobnych zalegających w studni nr 1 na głębokości 46 do 54 m ppt i w studni 2 na głębokości 46 m do 65 m ppt. Napięte zwierciadło wody stabilizowało się na głębokościach odpowiednio 18,0 i 17,4 m ppt (rzędne 84,3 i 83,4 m npm). Wysokość zwierciadła wody tego poziomu jest związana hydraulicznie z poziomem zwierciadła wód dolnego poziomu czwartorzędowego jak również poziomem wody w Brdzie. Najprawdopodobniej pod opiniowanym terenem połączony poziom czwartorzędowo-mioceński jest drenowany przez sztolnie górnicze, które miały swoje wyloty na stromej skarpie Brdy. Sztolnie oprócz udostępnienia złoża służyły też do odwadniania. Sztolnie wykonywano z niewielkim wzniosem – rzędu kilku promili, zapewniającym swobodny przepływ wód. Mając na uwadze, że wyloty sztolni znajdowały się powyżej poziomu zalewowego rzeki Brdy stanowiły one i nadal stanowią drewny odwadniające poziom czwartorzędowo-mioceński do rzędnej około 84 m npm.

Wyrobiska podpoziomowe w stosunku do poziomu sztolni w okresie prowadzonej eksploatacji musiały być dodatkowo odwadniane (na niektórych starych zdjęciach widoczne są strugi wody wypływające ze sztolni). Po zaprzestaniu eksploatacji węgla wszystkie wyrobiska położone poniżej sztolni musiały więc ulec zatopieniu. W świetle opisanych warunków hydrogeologicznych oraz górniczych (obecność pionowych wyrobisk łączących wyrobiska górnicze z zawodnionymi utworami plejstocenu jak również wyrobisk poziomych łączących poszczególne kopalnie, tym samym przecinających mioceńskie horyzonty wodne), istnienie nie zatopionych wyrobisk poniżej poziomu sztolni, ponad 60 lat po zaprzestaniu eksploatacji jest w zasadzie niemożliwe. Nawet gdyby założyć, że w miejscu wylotów sztolni, strop miocenu znajduje się na wysokości zbliżonej do jego położenia w studniach 1 i 2 (86,8- 88,3 m npm), a sztolnie były wprowadzane bezpośrednio do pokładu węgla (na rzędnych około 83-84 m npm), to w świetle wyników wierceń, warunki do prowadzenia wyrobisk w warunkach nie zawodnionego górotworu istniały w przypadku niektórych tylko pokładów zalegających w otoczeniu nieprzepuszczalnych ilów, ale nawet w tym przypadku

wyrobiska w pokładach węgla, mających swoje wychodnie pod zawodnionymi osadami czwartorzędu z biegiem czasu uległyby zawodnieniu.

3. Charakterystyka dokonanej eksploatacji

3.1 Historia eksploatacji węgla brunatnego w Pile-Młyn

Historia eksploatacji węgla brunatnego w rejonie Gostycyna jest znana z danych archiwalnych zebranych przez Stowarzyszenie „BUKO”.

Początki wydobywania - okres niemiecki 1850 – 1920

Historia eksploatacji węgla brunatnego w miejscowości Piła-Młyn sięga około 1850 roku, kiedy to rozpoczęło się lokalne wydobywanie węgla brunatnego przez mieszkańców Piły dla ogrzewania domostw. W roku 1892 geolog z Berlina, niejaki Jentzsch rozpoczął tu badania geologiczne. Wykonano szereg odwiertów geologicznych i sporządzono pierwszą mapę z przekrojem geologicznym terenu w Pile-Młyn. Według dokumentacji Jentzsch'a węgiel miał zalegać w pokładach poziomych do głębokości 100 metrów pod powierzchnią terenu. Poziomy rozkład pokładów został później zanegowany przez geologów badających te tereny po 1900 roku. Bracia David i Jakob Bukowzer zbudowali pierwsze szyby i sztolnie górnicze o długości 250 m, znajdujące się na głębokości 19,6 m pod powierzchnią (Stolln I, Stolln II i Stolln III - na podstawie mapy kopalni "Grube Buko bei Tüchel") i rozpoczęli wydobywanie węgla brunatnego na skalę przemysłową z pierwszej założonej w Pile-Młyn kopalni o nazwie BUKO (od nazwiska jej założycieli).

Wkrótce przedsiębiorcy niemieccy powołali do życia spółkę wydobywczą o nazwie Westpreussische Bergbaugesellschaft m.b.H. i w 1900 roku ruszyła druga kopalnia - OLGA (Olgagrube). Po zatrudnieniu do pracy sztygarów ze Śląska rozpoczęto profesjonalnie wydobywać węgiel brunatny z głębokości od 20 do 50 metrów sztolniami, upadowymi oraz chodnikami wydobywczymi, wyloty sztolni usytuowane były na skarpach od strony rzeki Brdy (patrz niżej - mapa ze zbiorów Stowarzyszenia „Buko”).



Wkrótce ruszyła tu pierwsza maszyna parowa, która z najniższego poziomu kopalni (tzw. poziomu odwadniającego) wypompowywała całą wodę gromadzącą się w kopalni wprost do rzeki Brdy. Jest to istotna informacja, wskazująca na konieczność odwadniania złoża i potwierdzająca fakt, że po zaprzestaniu pompowania, woda gruntowa musiała wypełnić wyrobiska górnicze przynajmniej do poziomu sztolni, które miały wyloty powyżej zwierciadła wody w Brdzie (a więc powyżej rzędnej 82 m npm). W roku 1918 - uruchomiono linię kolejki wąskotorowej z Piły do Liebenau (Gostycyn), która dostarczała węgiel do stacji przeładunkowej pobudowanej w oddalonym o 5 km od Piły Gostycynie. W kopalni Olga, jak wskazują źródła niemieckie, w okresie od 1900 do 1910 roku wydobyto spod ziemi 100 000 ton węgla brunatnego.

W tym czasie pokłady węgla, na których bazowała wcześniej kopalnia Buko rozpoczęła eksploatować kopalnia Aleksandra. Wydobycie roczne z tej kopalni, jak podają zestawienia niemieckie z tamtego okresu, wynosiło około 4 000 ton węgla.

Okres międzywojenny 1920 – 1939

Po I Wojnie Światowej kopalnie poniemieckie Aleksandra, Olga i Montania przejęli bracia Tadeusz i Stanisław Radomscy. Założyli oni firmę o nazwie "Pomorskie Zakłady Górniczo-Przemysłowe Bracia Radomscy - Towarzystwo Akcyjne". Po roku 1920, głównie ze względu na brak swobody finansowej właścicieli wydobycie węgla brunatnego nie było płynne. Bywały lata kiedy kopalnie pracowały "pełną parą" lub też wydobycie czasowo wstrzymywano. I tak przykładowo w roku 1921 roku wydobycie wynosiło około 150 ton dziennie, co rocznie stanowiło około 40 000 ton węgla, natomiast w roku 1933 tylko 450 ton węgla miesięcznie, a więc tylko 5 500 ton rocznie. Jedynym dokumentem dotyczącym tej eksploatacji jest mapa w skali 1:5000 z 1933 roku (zał. 7). Na mapie tej wniesiona jest granica obszaru górniczego pokrywająca się od strony północnej z drogą Gostycyn – Tuchola, od południowej z granicą koryta rzeki Brdy. Od strony zachodniej granica obszaru biegnie w odległości ok. 700 m od granicy istniejącego osiedla. Od strony wschodniej granica obszaru

górniczego w części pokrywa się z granicą Osiedla Leśnego. Złoże węgla brunatnego podzielone było na 8 parcel/pokładów oznaczonych liczbami rzymskimi i nazwami:

- I - Marszałek,
- II – Prezydent,
- III – Montania,
- IV – Średni,
- V – Barbara,
- VI- Jarosław,
- VII- Dziadek,
- VIII – Graniczny.

W tym czasie również lokalni mieszkańcy zaczęli wydobywać węgiel z pokładów znajdujących się pod ich parcelami. W roku 1933 Urząd Górniczy w Tarnowskich Górach, po przeprowadzeniu wizji lokalnej zakazał wydobywania węgla ludności lokalnej i tymczasowo wstrzymał wydobywanie węgla z kopalń braci Radomskich, gdyż nie zatrudniali wymaganego prawem górnictwem inżyniera górniczego.

Wkrótce pojawił się tu inny przedsiębiorca górniczy Antoni Ostrowski, który był wcześniej kierownikiem kopalni na Śląsku. Kupił ziemię w Pile i rozpoczął profesjonalne badanie złożeń. Następnie w obszarze pola górniczego Barbara uruchomił kolejną kopalnię - Teresę. Kopalnia bazowała na dwóch dobrych pokładach węgla a mianowicie Montania i Wilhelm. Przed II Wojną Światową na terenie tym funkcjonowały zatem dwie konkurencyjne firmy, a mianowicie Pomorski Przemysł Górniczy braci Radomskich (kopalnie Olga, Aleksandra i Montania) oraz kopalnia Ostrowskiego (Teresa). Ostrowski nie posiadał dojścia do swoich pokładów od strony rzeki, więc zmuszony był udostępnić złoże przez wykonanie kilku pionowych szybów wraz z drewnianymi wieżami wydobywczymi oraz kilku upadowych do 2 pokładów węgla. Węgiel wydobywano na 4 poziomach wydobywczych.

Okres niemiecki 1939 – 1944

W roku 1943 na terenie tym pojawił się oddział Wehrmachtu, z geologiem dr Scharfem z Wiednia. Scharf rozpoczął gruntowne badanie pokładów węgla w Pile-Młynie. W okresie od 1943 do 1944 wykonano ponad 100 odwiertów (zał. 8) i przebadano złożeń węgla brunatnego. Powstał dokładny raport geologiczny, z którego wynikało, że kopalnie: Buko, Olga, Aleksandra, Montania i Teresa wyeksploatowały już węgiel do głębokości 50 - 80 metrów zalegający na południe od drogi relacji Gostycyn - Piła-Młyn, natomiast istnieje możliwość eksploatacji pokładów znajdujących się na północ od tej drogi w kierunku Jeziora Szpitalnego - zwłaszcza pokładu Montania. Wydobywanie na tym terenie prowadziła już co

prawda przed wojną kopalnia węgla Teresa Ostrowskiego, ale jak stwierdzili Niemcy, zalegające tam złoża jest na tyle bogate, że wskazane jest ponowne uruchomienie kopalni w oparciu o szyby kopalni Teresa. Scharf sporządził przekrój geologiczny (zał. 9), z którego wynika że pokłady węgla zalegają tu łuskowo o nachyleniu do 35° a złoża można eksploatować na głębokościach poniżej 50 m ppt. Zakończenie działań wojennych spowodowało jednak zaprzestanie prac zmierzających do ponownego uruchomienia kopalni w Pile-Młynie.

Po wojnie przez kilka lat węgiel z kopalni Teresa wydobywał jeszcze Ostrowski. Wydobyte to jednak było niewielkie ze względu na duże koszty transportu i niską cenę węgla. Węgiel brunatny wyparty został bowiem całkowicie z rynku przez bardziej kaloryczny węgiel kamienny.

W latach 1964 i 1972 wykonano jeszcze w Pile otwory poszukiwawcze, ale wydobywania węgla nie wznowiono.

Na mapie kopalni Olga (zał. 7) wniesione są 2 lub 3 wyrobiska poziome (chodniki, sztolnie biegnące w kierunku NS i upadowa o kierunku NE) oraz cztery szyby. Można domniemywać, że wyrobiska te udostępniały złoża węgla brunatnego. W terenie położonym na północ od granicy osiedla (odległość ok. 35 m) istnieje infrastruktura dawnego szybu wentylacyjnego. Wyrobiska udostępniające zlokalizowane są w rejonie zachodniej granicy Osiedla. Jeden z szybów zlokalizowany jest w centralnej części osiedla.

Teren osiedla Leśnego położony jest w północnej części parcel IV, V, VI, VI, VIII (zał. 7). Z analizy mapy kopalni Olga wynika również, że eksploatację węgla prowadzono w obrębie parcel III, VI i nie wydzielonej nazwą części złoża, zlokalizowanej w sąsiedztwie koryta rzeki Brdy. Rejony te zaznaczono na mapie przerywaną linią i opisano nazwami „Stara kopalnia” (parcela nr III) oraz „Stare Zroby” (parcela nr VII). Analiza mapy kopalni Olga pozwala sądzić, że uwidocznione na niej położenie wyrobisk górniczych jest niepełne. W szczególności dotyczy to podłoża terenu osiedla. Zaznaczony tu obszar o nazwie „stare zroby” nie posiada połączenia z wyrobiskami udostępniającymi złoża (ze sztolnią główną oraz z szybami). Można domniemywać, że zasięg eksploatacji obejmował parcelę VII, a zlokalizowany w jej obrębie szyb 3 był szybem wentylacyjnym. Na mapie brak jest jednak innych wyrobisk udostępniających pokład (upadowe lub sztolnie). Najprawdopodobniej pola oznaczone kolorem żółtym, stanowią zarys dawnej eksploatacji pokładów węgla udostępnionych sztolniami od strony rzeki Brdy, którą prowadzili jeszcze Niemcy, a po I Wojnie Światowej również polscy przedsiębiorcy.

Nie zachowały się żadne dane o sposobie eksploatacji pokładów węgla brunatnego. Najprawdopodobniej eksploatację prowadzono systemem zawałowym. Nie można jednak zupełnie wykluczyć zastosowania jakiegoś systemu z podsadzką (skalną lub piaskową). Skąły

występujące w nadkładzie pokładów węgla charakteryzują się dobrą podatnością zawałową. Jednak roboty górnicze prowadzone w takich skałach wymagały zastosowania obudowy wyrobisk ze względów bezpieczeństwa.

Obudowę drewnianą wyrobisk korytarzowych dostosowuje się obliczając naprężenia dopuszczalne, traktując odrzwia jako konstrukcje członową, której stropnica rozpatrywana jest jako belka o dwóch punktach podparcia (stojaki), na którą działa ciśnienie stropowe. Niezbędną średnicę stropnicy określa się z uwzględnieniem naprężenia dopuszczalnego przy zginaniu. Ponieważ ze względu na wykonanie wiązań przyjmuje się średnicę stojaków równą średnicy stropnicy i mając na uwadze, że wytrzymałość na ściskanie drewna jest znacznie większa niż jego wytrzymałość na zginanie, stojaki mają zwykle bardzo duży współczynnik bezpieczeństwa. Sprawia to, że wyrobiska w obudowie drewnianej mogły się utrzymywać jeszcze wiele lat po ich opuszczeniu. W warunkach dostępu powietrza drewno butwieje i zmniejsza się wytrzymałość obudowy, sprawia to, że wyrobiska po pewnym czasie ulegają zawałeniu. Znacznie wolniej drewno traci swoje właściwości pod wodą i z dużym prawdopodobieństwem można założyć, że w części wyrobisk położonych pod wodą (poniżej zwierciadła wód gruntowych), z których nie wyrabowano obudowy mogą one utrzymać się w stanie nienaruszonym po dzień dzisiejszy.

Obecnie teren, objęty w przeszłości działalnością górniczą, w przeważającej części jest porośnięty lasem, w części zaś zajęty przez budownictwo indywidualne. Podziemna część kopalń pozostaje niedostępna – zarówno szyby, jak i sztolnie zostały zasypane. Na powierzchni zachowane są liczne świadectwa działalności górniczej: betonowe i murowane obudowy szybów (wentylacyjny), ziemne i betonowe ślady wylotów sztolni, prostolinijne zapadliska (odpowiadające wyeksploatowanym pokładom węgla), a przede wszystkim budynki mieszkalne dawnych przedsiębiorców górniczych.

W roku 2000 - 2001 kopalnie eksplorowała grupa speleologów, którzy w swojej relacji wspominają, że chodniki są zachowane w bardzo dobrym stanie, oprócz poziomu najbliższej powierzchni, który ze względu na wiele zawałów jest praktycznie niedostępny. Poziom drugi i trzeci kopalń jest drożny. Kopalnie Aleksandra i Olga są połączone razem siecią korytarzy. Na starych belkach, tam gdzie przecinają się korytarze, widnieją też tabliczki informacyjne w języku niemieckim. Najniższy poziom - czwarty - kopalni jest poziomem odwadniającym i jest zalany wodą. Opis ten jest niepełny i nie do końca jasny, brak jest bowiem danych dotyczących rzędnych położenia wyrobisk poszczególnych poziomów. Fakt, że kopalnie były odwadniane i połączone między sobą wyklucza istnienie dzisiaj nie zatopionych wyrobisk poniżej poziomu sztolni, których wyloty musiały znajdować się powyżej poziomu wody w rzece Brdzie, a więc poniżej rzędnej 82 m npm.

3.2. Sposób wydobywania węgla

Przy charakterystyce sposobu wydobywania węgla wykorzystano opis wg T. Zabawa „Technologia prac górniczych”. Udostępnianie pokładów węgla odbywało się za pomocą upadowych lub sztolni. Sztolnia była wyrobiskiem poziomym, prowadzonym z niewielkim wzniosem (rzędu kilku promili), dla zapewnienia swobodnego wypływu wody. Wyloty sztolni usytuowane były w skarpie od strony rzeki Brdy. W miejscu odsłonięcia utworów miocenu w skarpie sztolnie mogły być wprowadzane bezpośrednio do eksploatowanych pokładów węgla. Drugim sposobem udostępnienia były upadowe. Były to pochyłe wyrobiska prowadzone do węgla a następnie w pokładzie węgla zgodnie z jego upadem (pochylnia). Upadową obudowywano murując obudowę z cegły do miejsca, w którym osiągnięto wychodnię pokładu węgla.

W wyrobisku pochyłym prowadzonym w pokładzie węgla (upadowa, pochylnia) budowano obudowę stawiając drewniane belki (stemple) prostopadle pomiędzy stropem a spągiem. Na stemple zakładano poprzeczną belkę zwaną kapą. Od spodu stemple łączono poprzeczną belką tworząc w ten sposób obudowę zamkniętą. Tak przygotowaną konstrukcję oddzielano od węgla przez wsunięcie pomiędzy belki a węgiel desek zwanych okorkami. Na spągu układano torowisko wąskotorowe, po którym wyciągano wózki z węglem.

Z pochylni wyprowadzono poziome chodniki - po trzy chodniki z każdej strony. Chodniki budowane były przez wybranie węgla w bocznej ścianie pochylni, postawienie dwóch stempli wys. 180 cm prostopadle do powierzchni, połączenia ich górnych części kapą długości 140 cm i wsunięcia pomiędzy tak powstałą konstrukcję a węgiel okorków.

Po wykonaniu około 10-20 metrów każdego z najwyżej położonych chodników budowano pionowo w górę otwór o przekroju wewnątrz 1m x 1m. Otwór ten nazywamy szybem. Powyżej pokładu węgla szyb był w obudowie murowanej. W szybie tym do jednej ze ścian umocowane były drabiny od powierzchni ziemi do poziomu pierwszego chodnika, po których to drabinach załoga wchodziła do kopalni. Upadowa sięgała poniżej chodnika odwadniającego. W tym najniższym miejscu kopalni gromadziła się woda. Miejsce to nazywano rzapiem. W rzapiu zamontowana była rura, którą pompy wypompowywały wodę na powierzchnię. Pompę odwadniającą montowano powyżej chodnika wodnego, aby nie ulegała zatapaniu. Rury odprowadzające wodę na powierzchnię układane były na spągu upadowej. Najniższy chodnik nr 3 wykorzystywany był do czasu uruchomienia niższego poziomu kopalni jako chodnik odwadniający.

Po uzyskaniu połączenia wentylacyjnego szybikiem z powierzchnią przystępowano do przedłużania chodnika górnego nr 1 i położonego bezpośrednio pod nim nr 2. Spąg chodnika to torowisko wąskotorowe, którym odbywa się transport materiałów do obudowy chodnika

i przedłużania torowiska z powrotem do wywozu urobku węgla brunatnego. Jako podkłady stosowano okrągłe belki z jednej strony ociosane i wkopane w posadzce chodnika, do których za pomocą gwoździ zwanych szyniakami przybijano lekkie szyny. Celem usprawnienia transportu w chodniku budowano rozjazd pozwalający na wymianę wózków załadowanych lub pustych z torowiska na bocznice. W miejscu tym chodnik osiągał ponad 2 m szerokości a kapę podpierano w środkowej jej części stemplem, aby ciśnienie nie zarwało chodnika. Po tym krótkim rozszerzeniu chodnik przechodził do poprzednich swoich wymiarów. Posuwając się dalej do przodu coraz mniej powietrza docierało do pracujących górników. Celem skierowania powietrza do wszystkich części chodnika budowano tamę powietrzną na wejściu z upadowej do pierwszego chodnika. Tamowano w ten sam sposób przepływ powietrza w pierwszym przekopie pomiędzy chodnikiem górnym a dolnym.

W najdalej wysuniętych miejscach kopalni wykopywano przejście z górnego chodnika do chodnika pod nim, miejsce to nazywano przecinką. Teraz powietrze wciągane upadową do kopalni przepływało przez cały dolny chodnik. Następnie przecinką do górnego chodnika, którym płynęło z powrotem w kierunku upadowej gdzie znajdował się szyb wentylacyjny. Proces ten powtarzano do czasu uzyskania zakładanej odległości od upadowej około 300 m lub do czasu napotkania trudności np. kurzawka lub wyklinowanie pokładu. Po wydrążeniu chodników następowało wydobycie węgla z filaru - to jest odcinka pomiędzy chodnikiem dolnym i górnym. Wybierano węgiel znajdujący się od spągu chodnika w górę. Powstałą pustkę podpierano drewnianymi słupami z poprzeczną belką, za którą wkładano okorki powstawał w ten sposób bezpieczny strop w kształcie kwadratu około 130 cm na 130 cm, pod jednym słupem. Łączna wielkość powstałej komory z kilkoma słupami to ok. 16 m kwadratowych.

Podpory stawiano prostokątnie do pokładu węgla. Rozbierano obudowę chodnika wybierano węgiel stawiano następne podpory. Natomiast podpory w miejscu, z którego węgiel wybrano najwcześniej wyjmowano, co powodowało zawał pustki po wybranym węglu proces ten powtarzano do ostatniej przecinki przed upadową. Odcinki od tego miejsca do upadowej i samą upadową rozbierano zwykle jako ostatnie od dołu do obudowy murowanej podczas likwidacji kopalni. W chwili, gdy prowadzono wydobycie w części kopalni po prawej stronie upadowej to po jej lewej stronie przygotowywano już chodniki do wydobywania i tak na zmianę aż do kilkunastu poziomów do dołu jeśli był węgiel i pozwalał dopływ wody.

Chodniki budowano z niewielkim (około 2° upadem) w kierunku upadowej, pozwalało to na naturalne odwodnienie kopalni i ułatwiało transport pełnych wagoników z przodka kopalni.

Pomiędzy chodnikami poszczególnych poziomów wykopywano wyrobisko łączące zwane schodową. W dalszym ciągu eksploatacji i rozbudowy kopalni schodziły one coraz głębiej na kolejne poziomy kopalni.

4. Metodyka i technika badań geofizycznych

4.1. Badania grawimetryczne

Metoda grawimetryczna wykorzystuje zmienność pola grawitacyjnego ziemi, w zależności od jej budowy. Zmienneść ta polega na tym, iż każda niejednorodność w rozkładzie gęstości ośrodka skalnego, zwanej ogólnie ciałem zaburzającym, generuje swoje własne pole grawitacyjne. Tym samym rozkład wartości siły ciężkości uzależniony jest w pierwszej kolejności od różnicy gęstości objętościowych skał budujących tę niejednorodność oraz otoczenia. Rozkład ten jest również funkcją rozmiarów, kształtu i głębokości występowania ciała zaburzającego. Takimi ciałami są np. różne struktury geologiczne i formy antropogeniczne jak: uskoki, pustki, wymycia i deformacje nieciągłe powierzchni terenu.

Zastosowanie metody daje szczególnie pozytywne rezultaty w badaniach form tektonicznych ośrodka skalnego, w prognozowaniu wystąpień stref wzmożonych naprężeń i wstrząsów górniczych oraz w wykrywaniu pustek występujących w górotworze wraz z prognozowaniem ich ekspansji ku powierzchni terenu i zagrażających powstawaniem jej deformacji nieciągłych.

4.1.1 Terenowe pomiary grawimetryczne

Obserwacje mikrogravimetryczne na badanym obszarze wykonane zostały za pomocą nowoczesnego grawimetru Autograv CG3 produkcji kanadyjskiej firmy Scintrex. Grawimetr CG-3 to zautomatyzowany instrument, oparty na mikroprocesorze. Odczyty w Autograwie w sposób ciągły uzyskuje się z uśrednienia serii jednosekundowych próbek. Wyniki, bezpośrednio w mGal, prezentowane są na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym. Dane pomiarowe zapisywane są w pamięci stałej przyrządu. W celu dalszego przetwarzania mogą być przesłane na mikrokomputer, drukarkę, czy też modem. Instrument ten charakteryzuje się małym, a zarazem liniowym dryftem. Zainstalowane w grawimetrze CG-3 oprogramowanie umożliwia wyliczenie i uwzględnienie w trakcie wykonywania odczytów poprawki na pływ ziemskie (luni-solarnej). Przyrząd ten umożliwia pomiary z dokładnością do $\pm 0,005$ mGala i powtarzalnością wyników $\pm 0,01$ mGala.

Pomiary grawimetryczne w rejonie badań wykonano metodą punktów pośrednich. Ciągi pomiarowe dowiązywano do lokalnego punktu bazowego (punkt 1000) – zał. 3 i 5, któremu

wcześniej określono wartość przyspieszenia siły ciężkości. Dowiązania ciągów pozwoliły wyeliminować również krótkookresowe dryfty zera instrumentu. Średnio i długookresowe zmiany miejsca zera grawimetru, spowodowane głównie składową pionową siłą luni-solarnych, eliminowane były w czasie pomiarów. Zainstalowane w grawimetrze CG-3 oprogramowanie umożliwiło wyliczenie, zgodnie z algorytmem Longmana, i uwzględnienie w trakcie wykonywania odczytów poprawek na pływy ziemskie (luni-solarnej). Poprawki te mogą osiągać wartość $\pm 0,04$ mGal/h, a w ciągu dnia mogą zmieniać się nawet o $\pm 0,3$ mGal.

W celu zredukowania mierzonych wartości do poziomu fizycznego Ziemi w trakcie prac grawimetrycznych dokonywano pomiaru wysokości statywu, na którym ustawiany był przyrząd pomiarowy.

Badania zaprojektowano w pół szczegółowej siatce o boku równym 10 m, w której węzłach zlokalizowano stanowiska pomiarowe. Punkty pomiarowe czasami znajdują się w nieco mniejszych lub nieco większych odległościach od siebie ze względu na utrudnienia terenowe. Dokładne usytuowanie punktów pomiarowych przedstawiono na zał. 3. W sumie obserwacje grawimetryczne wykonano na 755 stanowiskach grawimetrycznych.

W wykonanych badaniach nie było konieczności wykonania pomiarów potrzebnych do obliczenia poprawek topograficznych siły ciężkości ze względu na generalnie płaską powierzchnię terenu.

W celu określenia dokładności pomiarów na kilkudziesięciu stanowiskach obserwacje grawimetryczne wykonano dwukrotnie. Na podstawie wartości uzyskanych z pomiarów powtórzonych obliczony został średni błąd kwadratowy pojedynczego pomiaru zgodnie z wzorem:

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v^2}{2n}}$$

gdzie: v - suma kwadratów różnic powtórnych pomiarów,

n - ilość powtórnych obserwacji.

Powtórzone pomiary grawimetryczne na 38-miu punktach umożliwiły obliczenie średniego błędu kwadratowego pojedynczego pomiaru, który wyniósł $\pm 0,011$ mGal, co odpowiada możliwościom technicznym i potwierdza wysoką dokładność zastosowanego sprzętu pomiarowego.

4.1.2. Prace obliczeniowe

W ramach prac obliczeniowych wyliczone zostały względne wartości siły ciężkości dla wszystkich wypełniających punktów pomiarowych. Obliczenia wykonano w oparciu o przyjętą w punkcie podstawowym (bazowym) lokalną wartość siły ciężkości.

Następnie obliczono wartości anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera stosując wzór:

$$\delta g = g + (0,3086 - 0,0419 \cdot \sigma) \cdot H - \gamma_0$$

- gdzie:
- g** - pomierzona wartość siły ciężkości [mGal],
 - H** - wysokość n.p.m. punktu pomiarowego [m] w systemie bałtyckim,
 - σ** - gęstość warstwy redukowanej [$10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$], w dokumentowanych badaniach przyjęta została wartość $\sigma = 2,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
 - $0,3086 \cdot H$** - poprawka wolnopowietrzna Faye'a [mGal] (eliminująca wpływ wysokości położenia punktu pomiarowego względem poziomu odniesienia),
 - $0,0419 \cdot \sigma \cdot H$** - poprawka Bouguera [mGal] (eliminująca składową pionową siły przyciągania kompleksu skalnego ograniczonego płaszczyznami poziomymi przechodzącymi przez punkt pomiarowy i poziom odniesienia),
 - γ_0** - normalna wartość siły ciężkości [mGal], w dokumentowanych badaniach grawimetrycznych przyjęto lokalne pole normalne, którego względne wartości wzrastają w kierunku północnym o $0,0008 \text{ mGal}$ ($\pm 0,008 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$).

W obliczeniach anomalii Bouguera nie były uwzględniane poprawki topograficzne siły ciężkości, ponieważ deniwelacja terenu wokół punktów pomiarowych była niewielka i nie zachodziła konieczność wyznaczenia tych wartości.

Średni błąd kwadratowy wyznaczenia wartości anomalii w redukcji Bouguera (gęstość $2,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) wynosi:

$$\begin{aligned} \nu_0 &= \pm \sqrt{\mu_0^2 + (0,3086 - 0,0419 \cdot \sigma)^2 \cdot m_h^2 + m_{\gamma_0}^2} \\ &= \pm 0,012 \text{ mGal} = \pm 0,12 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-2} \end{aligned}$$

- gdzie:
- μ_0** - błąd określenia wartości siły ciężkości ($\pm 0,011 \text{ mGal}$),
 - m_h** - błąd wyznaczenia wysokości ($\pm 0,005 \text{ m}$),
 - m_{γ_0}** - błąd określenia wartości normalnej siły ciężkości.

4.2. Metoda elektrooporowa

Metoda elektrooporowa zastosowana została jedynie eksperymentalnie w celu określenia własności elektrycznych budujących podłoże utworów oraz możliwości jej wykorzystania do określenia głębokości zalegania skał trzeciorzędowych oraz oceny przydatności do lokalizacji pustek podziemnych w danych warunkach geologicznych (generalnie niskooporowym ośrodku). W trakcie wykonywania pomiarów Zespół nie dysponował jeszcze materiałami geologicznymi, które pozwalałyby na przyjęcie wiarygodnego modelu budowy geologicznej przypowierzchniowych warstw.

Pomiary wykonano metodą sondowań elektrooporowych na ciągu o kierunku E-W zlokalizowanym w centralnej części badanego terenu. Łącznie wykonano 5 sondowań. Punkty s1, s2 i s3 usytuowano na drodze prowadzącej do centralnego zapadliska (stawu) a punkty s3 i s4 na przedłużeniu drogi. Pomiary wykonano w symetrycznym układzie Schlumbergera do rozstawu elektrod prądowych $AB=250$ m. Położenie punktów sondowań uwidoczniiono na zał. 3.

5. Wyniki badań

5.1. Metoda grawimetryczna

5.1.1. Rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bougera

W obrębie terenu badań rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bougera (zał. 5) jest wyraźnie podzielony na dwie strefy. Pierwsza obejmuje względnie dodatnie anomalie na północy i zachodzie (kolory od czerwonego do żółtego) a druga względnie anomalie ujemne (kolory od żółtego do ciemnej zieleni). 'Linia rozgraniczająca' obie strefy ma przebieg SW-NE i w przybliżeniu przechodzi przez posesje o numerach: 1128 i 1137 (droga) i dalej w pobliżu zapadliska (dz. 1139) w centrum Osiedla Leśnego na posesji 1136 kończąc. Generalnie wartości siły ciężkości maleją od północy i wschodu w kierunku południowym i południowo-zachodnim. Na układ izolinii ma również wpływ pole regionalne siły ciężkości w tym obszarze (wartości siły ciężkości wzrastają w kierunku północnym).

Taki obraz rozkładu pola grawitacyjnego świadczyć może o przebiegu w tym rejonie granic eksploatacji. W części południowej eksploatowano pokłady najwcześniej - w latach 1892-1918 węgiel wydobywali Niemcy a później polscy przedsiębiorcy. Udostępnione one były sztolniami wprowadzanymi do pokładów węgla od strony Brdy. W części północnej eksploatowano pokłady węgla udostępnione głównie za pomocą upadowych (okres działalności spółki Ostrowskiego). Po 1933 roku nadzór nad działalnością kopalń w rejonie Gostycyna przejął Urząd Górniczy w Tarnowskich Górach i działalność górnicza (w tym likwidacja wyrobisk i naprawa szkód) podlegała Prawu Górnictwu.

W aspekcie poszukiwania ewentualnych pustek (drożne wyrobiska chodnikowe, nie podsadzone komory czy szyby) i rozluźnień w górotworze szczególnie istotna jest ta druga - ujemna strefa anomalna. W jej obrębie wyraźnie zaznacza się kilka lokalnych zaburzeń pola grawitacyjnego oznaczonych na mapie anomalii w redukcji Bougera (zał. 5) literami A, B, J, C, D, E, F, i G. W centrach tych anomalii ujemnych względne

wartości siły ciężkości przekraczają odpowiednio: -0,47, -0,41, -0,43, -0,32, -0,37, -0,19, -0,16, i -0,20 mGala

Obniżenia wartości siły ciężkości (wyróżnione na zał. 5 kolorem zielonym), wskazują na znaczne niedobory masy w podłożu w odniesieniu do rejonów sąsiednich. Położenie rejonów charakteryzujących się lokalnym niedoborem masy nie wynika ze zróżnicowania budowy litologicznej podłoża. Wszystkie rejonu charakteryzujące się obniżeniami wartości siły ciężkości zlokalizowane są w obrębie granic dokonanej płytkiej eksploatacji w złożu węgla brunatnego. Praktycznie żadnych większych obszarowo anomalii ujemnych nie zarejestrowano w północnej części badanego obszaru. W rejonie tym widoczne są lokalnie rejonu obniżonych wartości siły ciężkości układające się liniowo. Jedną z tych anomalii pokrywa się z przebiegiem chodnika biegnącego w podłożu terenu (wzdłuż zachodniej granicy badanego terenu) od szybu wentylacyjnego zlokalizowanego po północnej stronie drogi Gostycyn - Piła. W tym rejonie eksploatację prowadzono już zgodnie z prawem Górniczym, uwzględniając odpowiedzialność za szkody. Tym samym więcej uwagi poświęcano problemom związanym z likwidacją wyrobisk.

Geneza niedoborów może być dwójakiego rodzaju. W miejscach w których rodzime podłoże jest przykryte gruntami antropogenicznymi anomalie mogą być wywołane słabym zagęszczeniem materiału nasypowego. W pozostałych miejscach anomalie należy wiązać z naruszeniem struktury warstw podłoża spowodowanych dokonaną eksploatacją węgla oraz pustkami związanymi z istnieniem niezlikwidowanych wyrobisk korytarzowych (sztolni, upadowych i głównych przekopów udostępniających).

Największą obszarowo anomalią na terenie badań jest obszar obejmujący **anomalie A i B** zajmujący niemal całą działkę 1155 oraz kilkumetrowe pasy działek sąsiadujących: 1154 i 1156. Ten rejon anomalny ma kształt zbliżony do prostokąta, którego dłuższy bok zorientowany jest na kierunek SE-NW. Od północnego zachodu anomalia zanika tuż przed granicą z działką 1142 natomiast od południa anomalia prawdopodobnie kontynuuje się poza obszar objęty badaniami. Najniższe wartości omawianego rejonu anomalnego są jednocześnie największymi ujemnymi wartościami względnych anomalii w redukcji Bougera jakie zarejestrowano na terenie całego osiedla Leśnego. Miejsce gdzie amplituda zmian jest największa oznaczono jako **anomalie A**. Ma ona kształt zbliżony do trójkąta i zajmuje obszar ok. 3,5 ara, który w większej części położony jest na dz. 1155 na południowej granicy rejonu badań. Centrum anomalii ma kształt elipsy i zlokalizowane jest na odcinku ok. 11m na granicy działek 1155 i 1154.

Z anomalia opisaną wyżej bezpośrednio łączy się **anomalie B**. Anomalia o kształcie niewielkiej elipsy znajduje się w północno-wschodnim narożniku

prostokątnego rejonu anomalnego opisanego powyżej. Centrum zaburzenia znajduje się na terenie dz. 1156 ok. 1,5m od granicy z działką 1143.

Anomalie A i B wywołane są przez ciała o dużo mniejszej gęstości objętościowej w stosunku do utworów otaczających. Sugeruje to, iż w tych rejonach mogą występować wyraźne niedobory mas w górotworze związane z istnieniem niezlikwidowanych sztolni udostępniających poszczególne pokłady i głównymi wyrobiskami pochyłymi w tych pokładach. Pozostałe opisane anomalie ujemne mają znacznie niższą amplitudę od opisanych wyżej i są najprawdopodobniej wywołane jedynie rozluźnieniem struktury warstw (ich zdefragmentowaniem w procesie zawału wyrobisk eksploatacyjnych).

Podobną, wysoką amplitudę ma **anomalnia J** zlokalizowana w południowym narożniku terenu. Anomalnia ta rozpoczyna się ‘ugięciem’ izolinii w okolicy działek 1150 i 1151 (po ich wschodniej stronie – ‘od drogi’). Ekstremum anomalii znajduje się na południu ‘na wysokości’ działki 1153 a amplituda zmian przekracza wartość względną siły ciężkości -0,43 mGala. Anomalnia J nie jest zamknięta i kontynuuje się dalej na południe i południowy-wschód poza obszar wytypowany do badania. Pochodzenie anomalii można wiązać z obecnością w podłożu nie podsadzonego wyrobiska chodnikowego.

Z rejonem anomalnym A-B ściśle związana jest kolejna niejednorodność podłoża oznaczona jako **anomalnia C**. Ma ona kształt bardzo zbliżony do okręgu i powierzchnię ok. 80m². Znajduje się na terenie posesji 1153 i częściowo 1154 po zachodniej stronie anomalii A i ma znacznie mniejszą amplitudę. Geneza tej anomalii może być związane również z tylko częściowo zlikwidowanym chodnikiem lub sztolnią. W sąsiedztwie anomalii znajduje się budynek mieszkalny, jednorodzinny w odległości ok. 10m na SW od środka anomalii.

Podobne pochodzenie może mieć również **anomalnia D** znajdująca się w południowo-wschodnim narożniku badań na granicy działek 1158 i 1159. Ma kształt elipsy i powierzchnię ok. 60m². Wokół anomalii widoczna jest strefa obniżonych wartości siły ciężkości o kierunku NE-SW skierowana w stronę centrum anomalii A. Należy zauważyć, iż anomalie A, C, D układają się na jednej linii co może świadczyć o tym, że pochodzą one mogą od niezlikwidowanych pochylni udostępniających poszczególne pokłady (główne pochylnie udostępniające pokłady budowano w obudowie drewnianej; drewno pod wodą nie butwieje i taka obudowa może podierać strop przez wiele setek lat).

W pobliżu zachodniej granicy badanego terenu pomierzone zostały kolejne względne ujemne zaburzenia siły ciężkości w redukcji Bougera oznaczone jako **anomalie G i E**. Anomalnia G znajduje się na granicy działek 1146 i 1147 natomiast E w całości na dz. 1148. Amplituda tych zaburzeń jest o wiele mniejsza niż pozostałych anomalii

(ok. 40% amplitudy anomalii A), ale wyróżniają się one jeszcze spośród otaczającego tła. Obie mają kształt elipsy z tym, że anomalia G zajmuje około trzykrotnie większą powierzchnię od E. Te anomalie ze względu na znikomą wartość względną siły ciężkości raczej nie są związane z obecnością pustek a co najwyżej rozluźnień warstw budujących podłoże terenu. Niemniej jednak należy zwrócić uwagę zwłaszcza na anomalię E, która zlokalizowana jest bezpośrednio w rejonie budynku mieszkalnego na posesji 1148. Środek anomalii G oddalony jest od domów na posesjach 1146 i 1147 o około kilkanaście metrów.

Anomalia – F pokrywa się z zasięgiem zapadliska w centrum osiedla Leśnego (dz. 1139). Jest to elipsoidalne obniżenie terenu o znacznych rozmiarach (osie ok. 55m i 35m), podmokłe w najgłębszym miejscu, zarośnięte roślinnością bagienną i otoczone drzewami iglastymi. Centrum anomalii o amplitudzie ok. 0,05 mgala względem otoczenia i rozmiarach w porównaniu do maksymalnej zarejestrowanej niemal idealnie pokrywa się ze środkiem geometrycznym zapadliska (odczytanym z map i pomiarów geodezyjnych w terenie). Kontur anomalii jest nieregularny i nie pokrywa się z konturem obniżenia morfologicznego. Dłuższa oś anomalii rozciąga się na kierunku W-E. Tymczasem dłuższa oś obniżenia na kierunku NW-SE. Ponadto można zaobserwować, że w kierunku północnym od centrum anomalii odchodzą dwie odnogi (w stronę posesji 1132 i 1133). Fakt rejestracji anomalii w tym miejscu wskazuje, że w podłożu istnieje niedobór masy wywołany albo słabym skonsolidowaniem gruntów albo antropogenicznym zaburzeniem struktury warstw geologicznych.

Anomalie A, B, C oraz zachodnia część F znajdują się na terenach które objęte były eksploatacją węgla brunatnego po 1933r. (mapa archiwalna: pokład VII „Dziadek”). Centrum i wschodnia część anomalii F leżą na terenie gdzie wydobywanie zakończono przed 1933r. na mapie archiwalnej oznaczonym jako „Stare Zroby”. Pozostałe zaburzenia – D, G i E zlokalizowane są nad pokładem oznaczonym na mapie archiwalnej kopalni Olga nr. VIII „Graniczny”.

W rejonie jedyne go szybu jaki wg. danych archiwalnych znajduje się na terenie Osiedla Leśnego (dz. 1140) nie stwierdzono anomalii ujemnej o dużej amplitudzie. Jednakże widoczne na mapie ‘wygięcie’ izolinii -0,150 i -0,175 w tym miejscu sugeruje obecność dawnego szybu wypełnionego najprawdopodobniej obecnie luźniejszym materiałem. Mniejsza gęstość a tym samym ciężar właściwy materiału wypełniającego szyb w stosunku do otoczenia powoduje pewne obniżenie wartości względnych siły ciężkości w tym miejscu i stąd obserwowane na mapie ‘wygięcie’ izolinii.

Do drugiej wyróżnionej strefy anomalnej na północy i północnym-wschodzie należą zaburzenia I, K i H. Ich amplituda jest znacznie mniejsza od anomalii opisanych powyżej i wynosi odpowiednio: -0,076, -0,40 i -0,075.

Anomalia I znajduje się w najbardziej wysuniętej na wschód części rejonu badań. Jej centrum leży na terenie działki 889 w bezpośrednim sąsiedztwie stojącego na działce budynku mieszkalnego. Pochodzenie anomalii należy wiązać najprawdopodobniej z obecnością częściowo podsadzonego szybika udostępniającego złożę węgla brunatnego lub też z samą obecnością wychodni pokładu węgla kopalni „Montania”.

Ponadto wzdłuż drogi dojazdowej do osiedla (od jezdni asfaltowej przy sklepie w kierunku działki 1150) zaobserwowano charakterystyczny układ izolinii oznaczony tu jako **anomalia K**. Owo ‘ugięcie’ izolinii dosyć dobrze koresponduje (wg. map archiwalnych) z przebiegiem głównego chodnika (pokład VI „Jarosław”) biegnącego tędy do szybu wentylacyjnego na północnym zachodzie za drogą Gostycyn – Tuchola a także pobocznego chodnika nieco dalej na zachód (częściowo w obrębie pokładu V „Barbara”). Amplituda anomalii nie jest tu jednak na tyle duża aby ewentualne pozostałości ww. chodnika mogły stanowić realne zagrożenie terenu deformacjami. Geneza anomalii może być również związana z obecnością w podłożu wychodni ww. pokładów węgla brunatnego.

Ostatnią anomalią wyróżnioną na mapie anomalii w redukcji Bougera jest **anomalia H**. Jest ona położona w całości na niezabudowanej działce nr. 910 przy północnej granicy rejonu badań. Anomalia ułożona jest prostopadle do szosy asfaltowej Gostycyn – Tuchola a jej centrum częściowo ‘zbliża się’ na północnym-wschodzie do budynku mieszkalnego na sąsiedniej posesji. To zaburzenie wywołane jest prawdopodobnie poprzez nie w pełni zlikwidowane wyrobisko pionowe udostępniające złożę lub/i wychodnie pokładów węgla kopalni „Olga”.

5.2. Metoda elektrooporowa

Na krzywych sondowań elektrooporowych (zał. 10) zarejestrowano liczne zaburzenia spowodowane albo wpływem zewnętrznych pól elektrycznych albo zaburzeniami struktury warstw geologicznych niejednorodnościami genezy antropogenicznej. Praktycznie jedynie krzywa sondowania s1 nie wykazuje zaburzeń. Jest regularna i charakterystyczna dla trójwarstwowego pod względem własności elektrycznych ośrodka geoelektrycznego typu H. Charakterystyka warstw jest następująca:

- Warstwa I - elektryczny opór właściwy $\rho_1 = 200$ omm, grubość warstwy $h_1 = 1$ m, jest to mocno przesuszona gleba piaszczysta,

- Warstwa II - elektryczny opór właściwy $\rho_1 = 8$ omm, grubość warstwy $h_2 = 10$ m, zbudowana jest z ilastych glin czwartorzędowych
- Warstwa III - elektryczny opór właściwy $\rho_1 = 15$ omm, grubość warstwy $h_3 = \infty$ (co najmniej 70 m), zbudowana jest z ilów trzeciorzędowych. Warstwa ta najprawdopodobniej obejmuje serię węglonośną z pokładami węgla brunatnego.

W początkowych częściach pozostałe krzywe sondowań są zbliżone do kształtu krzywej s1 (warstwy I i II). W dalszych częściach (dla większych wartości rozstawu elektrod prądowych AB) wartości oscylują nieregularnie w szerokich granicach od kilkunastu do kilkuset omometrów. Interpretacja dwóch pierwszych warstw jest analogiczna jak krzywej s1. W dalszej części krzywe są nieinterpretowalne, gdyż znacznie odbiegają od płasko równoległego modelu ośrodka. Jest jednak możliwym, że „skoki” w górę niektórych wartości oporu są wywołane obecnością w podłożu wyrobisk podziemnych (pustek).

Jakościowy rozkład oporu elektrycznego w płaszczyźnie pionowej linii sondowań przedstawiony jest na zał. 6. Widać na nim wyraźnie, że pomiędzy punktami s1 i s3 dominują wysokie wartości oporu (zbyt wysokie dla modelu budowy litologicznej podłoża). W rejonie starego zapadliska (obecnie stawu) dominują niskie wartości oporu elektrycznego. Granica tych dwóch obszarów pokrywa się z przebiegiem drogi wokół zapadliska. Taki obraz jest trudny do interpretacji. Jest jednak możliwym że w części wysokooporowej (zachodniej) w trzeciorzędzie występują przewarstwienia piaszczysto-pylaste. Natomiast w części wschodniej występują głównie utwory ilaste. Rejon wyróżniony na przekroju kolorem ciemnoniebieskim (ujemne wartości oporu jest fikcyjnym artefaktem, wygenerowanym przez zastosowany do sporządzenia przekroju algorytm interpolacyjny (kriging).

6. Ocena zagrożenia terenu osiedla pogórnictwymi deformacjami

Wyniki badań geofizycznych wskazują, że na znacznej części terenu Osiedla w podłożu występują niejednorodności generowane czynnikami antropogenicznymi. Wielopokładowa eksploatacja, brak szczegółowego rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich oraz map dokonanej eksploatacji nie pozwala na jednoznaczną interpretację wyników badań geofizycznych w aspekcie oceny zagrożenia powierzchni. Stanowią one jednak wyjściowy materiał do prowadzenia dalszych prac badawczych a w szczególności prac wiertniczych lub odkrywkowych. Większość ujemnych anomalii siły ciężkości należy przypisać wyrobiskom górniczym w złożu węgla brunatnego różnego rodzaju. Granica zasięgu największych wpływów biegnie przez centrum osiedla na kierunku W-E. W podłożu działek położonych na północ od tej granicy prowadzono eksploatację w ograniczonym zakresie.

Na południe od wymienionej granicy wartości siły ciężkości w redukcji Bouguera są wyraźnie obniżone. W obrębie tego obszaru zarejestrowano liczne anomalie wskazujące na obecność w podłożu nieskonsolidowanych stref zawałowych a w ich obrębie pustek. Z archiwalnych opisów dokonanej eksploatacji wynika, że złoża w tej części udostępnione było sztolniami wprowadzanymi do pokładów węgla od strony Brdy oraz upadowymi lub pochylniami w pokładzie. Mając na uwadze perspektywy późniejszej eksploatacji węgla z głębszych poziomów, przedsiębiorcy mogli pozostawiać główne pochylnie wydobywcze oraz otwory (szybiki) wentylacyjne łączące powierzchnię z najwyższym chodnikiem w węglu. O ile wyrobiska w obudowie drewnianej znajdujące się powyżej poziomu sztolni jak i same sztolnie ulegały z czasem zawaleniu wskutek butwienia drewna, to chodniki i pochylnie w pokładzie znajdujące się pod wodą mogą pozostawać w stanie nienaruszonym przez dziesiątki i setki lat.

Bazą eksploatacji systemem chodnikowym jest szyb od którego odchodzą wyrobiska po rozciągłości pokładu lub chodniki po upadzie pokładu (upadowa, pochylnia lub schodowa). Jest to najprostszy i najtańszy system eksploatacji, który mogła stosować okoliczna ludność. Szerokość chodników nie mogła być duża ze względu na słabonośny nadkład (1-3 m).

Bazą eksploatacji ścianowej jest sieć prostopadłych chodników (w danych warunkach o kierunku NW-SE i SW-NE) wykonanych na różnych głębokościach zalegania pokładu i dzielących pokład na kostki o zmiennych wymiarach (w danych warunkach geologicznych najprawdopodobniej 10 – 20 m). Węgiel w obrębie kostek wybierany był systemem ścianowym. Po wybraniu węgla z kostki doprowadzano do zawału stropu w obrębie jej rzutu poziomego.

Analiza mapy Bouguera wskazuje, że w całej południowej części osiedla występują anomalie, wskazujące na istnienie niezlikwidowanych wyrobisk górniczych związanych ze starą eksploatacją górniczą prowadzona pod koniec XIX i na początku XX stulecia. Jest to część złoża udostępniona sztolniami od strony rzeki Brdy i eksploatowana początkowo przez Niemców a później przez polskich przedsiębiorców (mniej więcej do 1933 roku). Jest duże prawdopodobieństwo, że część tych wyrobisk znajdujących się poniżej poziomu sztolni zachowało się w stanie nienaruszonym do dziś. Gęsta sieć tych wyrobisk powoduje, że występują tu obniżone wartości siły ciężkości. Obniżenie to jest największe w wyróżnionych strefach anomalnych A, B, D, J, F. W obrębie tych rejonów w podłożu istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo utrzymywania się pustek pogórnich. Jest ono największe w rejonach A, B, D i J.

Nie zlikwidowane wyrobiska górnicze w obudowie drewnianej znajdujące się pod wodą na większych głębokościach (20-50 m) nie stanowią bezpośrednio zagrożenia powierzchni deformacjami nieciągłymi. Ich zawalenie może jednak powodować lokalnie przerwanie

warstw izolujących poziomy wód zawieszonych w piaskach czwartorzędowych i wówczas może nastąpić wypełnienie tych wyrobisk upłynnionymi gruntami czwartorzędowymi, a konsekwencji deformacje nieciągłe powierzchni. Główne wyrobiska udostępniające to jest wyloty sztolni i upadowych do osiągnięcia pokładu jak również wloty niektórych szybów, wykorzystywanych w celach transportowych i wentylacyjnych kopalni miały obudowę murową z cegły pozostałe wyrobiska miały obudowę drewnianą. Wyrobiska eksploatacyjne miały również tymczasową obudowę drewnianą (w czasie prowadzenia eksploatacji), którą później rabowano doprowadzając do zawału stropu wyrobisk.

Teren osiedla jest zrehabilitowanym terenem pogórnym. Prowadzona tutaj eksploatacja górnicza spowodowała znaczne przeobrażenia rzeźby powierzchni. Nie zostały one jednak udokumentowane. Sposób przeprowadzenia rekultywacji też nie jest znany. Można jedynie domniemywać, że dawne zapadliska genezy poeksploatacyjnej zostały zasypane. Ponieważ teren został w dużej części zagospodarowany dokonanie obecnie inwentaryzacji przekształceń jest praktycznie niemożliwe. Można jednak z dużym prawdopodobieństwem założyć, że niektóre domy zostały posadowione na zasypanych zapadliskach.

Z zebranych materiałów archiwalnych wynika, że jednym z kluczowych parametrów do oceny zagrożenia powierzchni deformacjami jest woda a w szczególności położenie jej zwierciadła. Zwierciadło to dzieli podłoże na część suchą (strefa aeracji) i zawodnioną (strefa saturacji). Zachodzące w tych strefach procesy są odmienne. Ewentualne pustki pogórnice w strefie aeracji mogą w każdej chwili ulec zawałowi powodując powstanie zapadlisk na powierzchni. Czynnikiem inicjującym może być duży opad deszczu. Do pustek w strefie aeracji może być wynoszony drobny materiał z nadkładu. To z kolei może być powodem deformacji powierzchni o charakterze ciągłym (osiadanie). Prawdopodobieństwo powstania takich deformacji jest szczególnie duże w miejscach dawnych zapadlisk. Miejscem takim na terenie osiedla Leśnego jest niewątpliwie rejon stawu. Zarejestrowana tutaj anomalia grawimetryczna wskazuje na znaczną makroporowatość utworów podłoża (rozluźnienia struktury warstw powodujące wzrost ich makroporowatości). Jej przyczyną mógł być właśnie częściowy zawał wyrobiska korytarzowego i podsadzenie pozostałej części wyrobiska upłynnionymi gruntami czwartorzędowymi.

Pustki w strefie saturacji nie stanowią takiego zagrożenia jak w strefie aeracji. Woda jest czynnikiem stabilizacyjnym zarówno a w aspekcie mechanicznym jak i fizykochemicznym.

W podsumowaniu rozdziału można stwierdzić, że ok. 50% powierzchni terenu osiedla jest zagrożone deformacjami pogórnymi. Stopień zagrożenia jest zmienny, największy jest w wyróżnionych strefach anomalnych.

7. Sposoby likwidacji zagrożenia

W chwili obecnej, w której część działek jest zabudowana jedynym sposobem likwidacji zagrożenia jest rozpoznanie stanu podłoża otworami wiertniczymi i podsadzenie napotkanych pustek oraz uszczelnienie stref zawałowych w strefie aeracji. Jako medium podsadzkowe można użyć odpadów elektrownianych (pyłów lub popiołów z dodatkiem cementu) względnie użyć naturalnych gruntów miejscowych (piaski, pyły). Otwory powinny być wiercone na sucho. Udokumentowany powinien być cały przebieg wierceń a w szczególności postęp, woda, ślady antropogeniczne (materiały budowlane, drewno). W rejonie otworów należy wykonać sondowania w celu oceny stanu gruntów. Z tych względów wiercenie otworów powinno być prowadzone pod nadzorem uprawnionego geologa.

Na załączniku 5 uwidoczniono proponowaną lokalizację 11 otworów oznaczonych symbolami od BP1 do BP11. Są one usytuowane w najbardziej zagrożonych rejonach. Głębokość otworów powinna wynosić co najmniej 20 m. Niezależnie od tych prac w trakcie których okaże się jaki jest rzeczywisty stan degradacji podłoża i jaki charakter oraz wielkość mają pustki pogórnice, teren osiedla a w szczególności budynki mieszkalne należy monitorować metodami geodezyjnymi.

Na działkach niezabudowanych przy udzielaniu pozwoleń budowlanych należy wprowadzić obowiązek stosowania zabezpieczeń konstrukcji budynków na szkody górnicze.

8. Ustalenia i wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań, analiz materiałów archiwalnych oraz kartowania opiniowanego terenu pozwalają na sformułowanie następujących ustaleń i wniosków:

1/ Pokładowe złoża węgla brunatnego w rejonie Gostynina występuje w utworach miocenu (neogen). Miocen został tu glacitektonicznie zaburzony. Pokłady węgla zapadają monoklinalnie w kierunku wschodnim pod kątem 15 – 30°. Występują one jako przewarstwienia wśród ilów, pyłów i piasków. W nadkładzie złoża zalegają plejstocenyjskie osady wodnolodowcowe w postaci 1 lub 2 warstw piasków przedzielonych lub podścielonych gliną zwałową.

2/ Wody podziemne związane z utworami piaszczystymi plejstocenu i miocenu są ze sobą hydraulicznie związane. Zwierciadło wody w tych poziomach występuje około 3-4 m powyżej wody w rzece Brda. Rzeka Brda wraz ze dawnymi sztolniami udostępniającymi

pokłady węgla brunatnego stanowią zasadniczy element drenażu obu poziomów do rzędnej około 83-84 m npm (około 16-18 m ppt).

3/ W latach 1892 -1939 złoże to było przedmiotem eksploatacji początkowo przez Niemców później przez polskich przedsiębiorców. Złoże udostępnione było sztolniami wprowadzanymi do pokładów węgla od strony Brdy oraz upadowymi lub pochylniami w pokładzie. Główne wyrobiska udostępniające to jest wyloty sztolni i upadowych do osiągnięcia pokładu jak również wloty niektórych szybów, wykorzystywanych w celach transportowych i wentylacyjnych kopalni miały obudowę murową z cegły pozostałe wyrobiska miały obudowę drewnianą. Wyrobiska eksploatacyjne miały również tymczasową obudowę drewnianą (w czasie prowadzenia eksploatacji), którą później rabowano doprowadzając do zawału stropu wyrobisk.

4/ Mając na uwadze perspektywy późniejszej eksploatacji węgla z głębszych poziomów, przedsiębiorcy mogli pozostawiać główne pochylnie wydobywcze oraz otwory (szybiki) wentylacyjne łączące powierzchnię z najwyższym chodnikiem w węglu. O ile wyrobiska w obudowie drewnianej znajdujące się powyżej poziomu sztolni jak i same sztolnie ulegały z czasem zawaleniu wskutek butwienia drewna, to chodniki i pochylnie w pokładzie znajdujące się pod wodą mogą pozostawać w stanie nienaruszonym przez dziesiątki lat.

5/ Największe zagrożenie dla powierzchni stwarzają wyrobiska położone najpłycej (do głębokości 20 m ppt), jeśli zachowałyby się do dzisiaj. Nie zlikwidowane wyrobiska górnicze w obudowie drewnianej znajdujące się pod wodą na większych głębokościach (20-50 m) nie stanowią bezpośrednio zagrożenia powierzchni deformacjami nieciągłymi. Ich zawalenie może jednak powodować lokalnie przerwanie warstw izolujących poziomy wód zawieszonych w piaskach czwartorzędowych i wówczas może nastąpić wypełnienie tych wyrobisk upłynnionymi gruntami czwartorzędowymi, a konsekwencji deformacje nieciągłe powierzchni.

6/ W obrębie rejonu badań zarejestrowano liczne anomalie grawimetryczne, które można przypisać zdegradowaniu naturalnego podłoża dokonaną eksploatacją podziemną. Anomalie wywołane są obecnością pustek pogórnich oraz rozluźnieniem struktury warstw geologicznych. Największa liczba anomalii została zarejestrowana w południowej części osiedla, gdzie najprawdopodobniej prowadzono eksploatację podziemną systemem ścianowym z zawałem stropu. Zarejestrowane w części północnej anomalie mają zasięg lokalny i mogą być związane z nie zlikwidowanymi względnie częściowo zlikwidowanymi wyrobiskami chodnikowymi.

7/ W opiniowanym terenie wyróżniono 11 największych pod względem amplitudy anomalii grawimetrycznych (oznaczonych symbolami od A do K). W ich obrębie istnieje duże zagrożenie powstania deformacji nieciągłych w formie lejów lub rowów. Prawie wszystkie anomalie zlokalizowane są poza obrysem istniejących budynków mieszkalnych. Najbardziej zagrożone powstaniem zapadlisk są tereny przyległe do budynków (ogródki przydomowe). Potencjalne zapadliska nie powinny więc stworzyć dużego zagrożenia dla konstrukcji samych budynków.

8/ Pogórnice przekształcenia powierzchni terenu w rejonie osiedla Leśnego pozwalają zaliczyć go kategorii B_{2,2} terenów pogórnich (kategorie terenu górniczego likwidowanych kopalń ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu dla celów budowlanych). Teren taki jest przydatny do celów budowlanych warunkowo. Możliwe jest jego budowlane zagospodarowanie pod warunkiem uzdatnienia podłoża (przez podsadzenie pustek) względnie zastosowanie specjalnych sposobów posadowienia obiektów budowlanych. Prace uzdatniające (projekt) muszą być poprzedzone dobrym rozpoznaniem warunków geologiczno-inżynierskich do głębokości położenia wyrobisk górniczych.

9/ Przy obecnym zagospodarowaniu powierzchni osiedla jedynym sposobem likwidacji zagrożenia jest rozpoznanie stanu podłoża otworami wiertniczymi i podsadzenie napotkanych pustek oraz uszczelnienie stref zawałowych. Jako medium podsadzkowe można użyć odpadów elektrownianych (pyłów lub popiołów z dodatkiem cementu) względnie użyć naturalnych gruntów miejscowych (piaski, pyły). W niniejszym opracowaniu zaproponowano lokalizację 11 otworów usytuowanych w centrach anomalii grawimetrycznych o największej amplitudzie. Będą one miały zadanie rozpoznawcze. W przypadku napotkania pustek zostaną wykorzystane również do ich podsadzenia.

10/ Ze względu na możliwość wystąpienia w opiniowanym terenie również deformacji o charakterze ciągłym (zwłaszcza w południowej części osiedla), niezależnie od proponowanych prac geologicznych budynki na terenie osiedla powinny być monitorowane geodezyjnie. Pomiary te należy wykonywać z częstotliwością raz w roku. Minimalny zakres monitoringu to pomiar wysokościowy.