



MINISTERSTWO ŚRODOWISKA



**Państwowy Instytut Geologiczny
GENERALNY WYKONAWCA**

**BAZA DANYCH GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH
WRAZ Z OPRACOWANIEM
ATLASU GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKIEGO
AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ GDAŃSK – SOPOT – GDYNIA**

Wykonano na zamówienie Ministra Środowiska

*Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej*



Dyrektor

Opracował Zespół pod kierunkiem

Dr Zbigniew Frankowski

Dr Joanna Zachowicz

Gdańsk-Warszawa, listopad 2007 r.

SKŁAD ZESPOŁU

Państwowy Instytut Geologiczny

dr Joanna Zachowicz

dr Zbigniew Frankowski upr. geol. 06 0295

mgr Piotr Gałkowski

mgr Michał Jaros

mgr Krzysztof Majer

doc. dr hab. Anna Pasieczna

doc. dr hab. Józef Lis

mgr Leszek Mil

mgr Leszek Jurys

dr Mirosław Lidzbarski upr. geol. 05 1075

mgr Zbigniew Kordalski upr. geol. V - 1512

mgr Wojciech Jegliński

mgr Tomasz Woźniak

mgr Marta Neuman

Władysława Rudeńska

Maria Borowicz

Przedsiębiorstwo Geologiczno-Geodezyjne GEOPROJEKT-GDAŃSK w Gdańsku

mgr inż. Bohdan Buca upr. geol. 06 0039, 05 0022, 14004

mgr Barbara Stachurska

mgr inż. Katarzyna Chojnacka

mgr Leszek Twaróg upr. geol. 07 1007

mgr Eryk Lamparski upr. geol. 07 0609

mgr inż. Dominik Hryniewicz

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP.....	6
2. CEL PRACY.....	6
3. ZAKRES PRACY	7
4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ GDAŃSK-SOPOT-GDYNIA.....	11
4.1. Jednostki geomorfologiczne.....	11
4.1.1. Pojezierze Kaszubskie	11
4.1.2. Pobrzeże Kaszubskie	14
4.1.3. Mierzeja Wiślana	14
4.1.4. Żuławy Wiślane	15
4.2. Budowa geologiczna.....	15
4.3. Warunki hydrogeologiczne.....	20
4.3.1. Czwartorzędowe piętro wodonośne	20
4.3.2. Paleogeńsko-neogeńskie piętro wodonośne	26
4.3.2.1. Mioceniński poziom wodonośny	26
4.3.2.2. Oligoceniński poziom wodonośny	27
4.3.3. Kredowe piętro wodonośne	28
5. SERIE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE.....	29
6. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH	37
6.1. Opis serii geologiczno-inżynierskich	37
6.2. Mapy geologiczno-inżynierskie	58
6.2.1. Mapa podziału obszaru opracowania na arkusze w skali 1:10 000 oraz na arkusze w skali 1:50 000 w skali 1:100 000 (Zał.1)	58
6.2.2. Mapa dokumentacyjna w skali 1: 10 000 (Zał. 2)	58
6.2.3. Mapy gruntów na głębokości 1,0; 2,0 m i 4,0 m p.p.t. w skali 1: 10 000 (Zał.3, 4 i Zał.5)	58
6.2.4. Mapa utworów antropogenicznych 1: 10 000 (Zał. 6)	59
6.2.5. Mapy położenia zwierciadła wód podziemnych (Zał.7)	59
6.2.6. Mapy warunków budowlanych (Zał.8)	61
6.3. Przekroje geologiczno-inżynierskie	62
7. ZAGOSPODAROWANIE TERENU	63
7.1. Podstawowe dane o zagospodarowaniu obszaru Trójmiasta	64

7.1.1 Gmina Gdańsk	64
7.1.2. Sopot	64
7.1.3. Gdynia	65
8. GEOMORFOLOGIA AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ	66
9. OBSZARY PODATNE NA WYSTĄPIENIA RUCHÓW MASOWYCH ORAZ POWODZI i PODTOPIEŃ	66
10. WYSTĘPOWANIE I HYDRODYNAMIKA PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO W OBSZARZE AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ	67
11. OSADY MORSKIE	88
12. KWASOWOŚĆ GRUNTÓW AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ	89
13. GRUPY UŻYTKOWANIA GRUNTÓW AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ	89
14. PODSUMOWANIE	93
15. LITERATURA	95
16. NORMY	99

Spis załączników graficznych

1. Mapa podziału obszaru opracowania na arkusze w skali 1:10 000 oraz na arkusze w skali 1:50 000 w skali 1:100 000
2. Mapy dokumentacyjne w skali 1: 10 000
3. Mapy gruntów na głębokości 1m. p.p.t w skali 1: 10 000
4. Mapy gruntów na głębokości 2 m p.p.t. skali 1: 10 000
5. Mapy gruntów na głębokości 4 m. p.p.t. w skali 1: 10 000
6. Mapy utworów antropogenicznych w skali 1: 10 000
7. Mapy położenia zwierciadła wód podziemnych 1: 10 000
8. Mapy warunków budowlanych w skali 1: 10 000
9. Mapy zagospodarowania powierzchni terenu w skali 1: 10 000
10. Mapa geomorfologiczna w skali 1:50 000
11. Mapa terenów podatnych na wystąpienia ruchów masowych oraz powodzi i podtopień w skali 1:50 000
12. Występowanie i hydrodynamika pierwszego poziomu wodonośnego w skali 1:50 000
13. Mapa osadów morskich w skali 1:50 000
14. Kwasowość gruntów z zakresu głębokości 0,0–0,3 m w skali 1:100 000
15. Grupy użytkowania gruntów z zakresu głębokości 0,0–0,3 m w skali 1:100 000
- 16.– 21. Przekroje geologiczno-inżynierskie w skali 1:10 000/1:500
22. Objasnienia do przekrojów

1. WSTĘP

Podstawą opracowania "Baza danych geologiczno-inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji trójmiejskiej Gdańsk–Sopot–Gdynia" była umowa, z dnia 21.09.2005 roku nr 552/05/Wn-07/FG-go-tx/D.

Pracę realizowano na zamówienie Ministra Środowiska, a niniejsze przedsięwzięcie jest finansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Opracowanie jest zgodne z „Kartą informacyjną pracy geologicznej”.

Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji trójmiejskiej wykonany został w oparciu o „Instrukcję sporządzania atlasów geologiczno – inżynierskich dla miast techniką komputerową” opracowaną przez Państwowy Instytut Geologiczny wraz z Instytutem Techniki Budowlanej z 2000r.

Atlas realizowali:

- Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie na podstawie umowy z dnia 21.09.2005 roku nr 552/05/Wn-07/FG-go-tx/D jako lider konsorcjum
- Przedsiębiorstwo Geologiczno-Geodezyjne GEOPROJEKT–GDAŃSK w Gdańsku – członka konsorcjum

2. CEL PRACY

Celem pracy było utworzenie bazy danych geologiczno-inżynierskich i opracowanie atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji trójmiejskiej Gdańsk –Sopot–Gdynia. Atlas składa się z części tekstowej i zestawu map tematycznych w skali 1: 10 000, 1:50 000 oraz 1:100 000 wykonanych techniką komputerową.

Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji trójmiejskiej Gdańsk–Sopot–Gdynia pozwolił na kompleksową ocenę warunków geologiczno-inżynierskich na tle budowy geologicznej i warunków wodnych na podstawie zebranych materiałów archiwalnych oraz dodatkowych wierceń i analiz próbek gruntu.

Wyniki prac przedstawiono w formie graficznej i opisowej. W części graficznej przedstawiono mapy: dokumentacyjne, analityczne gruntów na różnych głębokościach z wydzieleniem serii geologiczno-inżynierskich, utworów antropogenicznych, położenia zwierciadła wód podziemnych, warunków budowlanych, zagospodarowania terenu, oraz przekroje geologiczno-inżynierskie.

Dodatkowo opracowano mapy: geomorfologiczną, terenów podatnych na wystąpienia ruchów masowych oraz powodzi i podtopień, osadów morskich, występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego, kwasowości gruntów oraz grup użytkowania gruntów wydzielonych na podstawie zawartości metali ciężkich.

Opracowany zestaw map tematycznych pozwala na ocenę warunków geologiczno -inżynierskich i może być wykorzystany przy planowaniu zagospodarowania przestrzennego miast objętych atlasem.

Do planowania przestrzennego mogą być również wykorzystane reprezentatywne przekroje geologiczno-inżynierskie przecinające aglomerację Trójmiejską wzdłuż i wszerz.

W części tekstowej omówione zostały wszystkie istotne elementy składające się na warunki geologiczno-inżynierskie aglomeracji z uwzględnieniem specyfiki regionu.

3. ZAKRES PRACY

Atlas geologiczno-inżynierski obejmuje trzy miasta aglomeracji Trójmiasta:

- Gdańsk
- Sopot
- Gdynię

o łącznej powierzchni 417,35 km².

Podstawę opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji stanowiły materiały archiwalne zebranych we wszystkich możliwych, dostępnych archiwach.

Głównymi źródłami były archiwa następujących instytucji:

- Urzędu Marszałkowskiego województwa pomorskiego w Gdańsku,
- Urzędów Miast objętych atlasem
- Państwowego Instytutu Geologicznego Oddziału Geologii Morza w Gdańsku,
- Przedsiębiorstwa Geologiczno-Geodezyjnego „Geoprojekt” Gdańsk
- Przedsiębiorstwa Usługowo-Produkcyjnego FUNDAMENT Sp. z o.o.
- Przedsiębiorstwa Wdrożeń Technicznych GEOTEST Sp. z o.o.
- Innych mniejszych firm geologicznych.

Przy korzystaniu z materiałów archiwalnych natrafiono na wiele trudności, między innymi w wielu opracowaniach archiwalnych wykonane otwory nie miały współrzędnych oraz rzędnych wysokościowych.

Do opracowania atlasu wykorzystano materiały archiwalne ze znacznego przedziału czasowego tj. od lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku do roku 2007 w związku z powyższym jakość tych materiałów była różna i wymagała selekcji. Do atlasu wykorzystano także, szczególnie w odniesieniu do obszarów o słabym, bądź braku rozpoznania geologiczno-inżynierskiego, profile geologiczne wykonane w ramach realizacji Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, oraz profile geologiczne piezometrów. Lokalizację reprezentatywnych otworów archiwalnych przedstawiono na podkładach topograficznych w skali 1:10 000 w układzie współrzędnych PUWG-1992. Miasta objęte atlasem położone są na 43 arkuszach map topograficznych w tej skali. Na wykorzystanie podkładów topograficznych uzyskano stosowną zgodę Urzędu Marszałkowskiego woj. pomorskiego.

Do komputerowego banku danych geologiczno-inżynierskich (BDGI) wprowadzono profile wyselekcjonowanych otworów archiwalnych i otworów odwierconych w ramach niniejszego opracowania z podaniem litologii gruntów, ich wilgotności i stanu oraz genezy wraz z określeniem serii geologiczno-inżynierskich w liczbie 20 606. Komputerowe karty otworów archiwalnych wykonano za pomocą programu Geostar.

Wprowadzone dane sprawdzono, uzupełniono, naniesiono poprawki i przygotowano bazę danych do sporządzania map tematycznych. Z uwagi na fakt, że na dzień dzisiejszy nie ma map topograficznych w układzie współrzędnych 1992 w skali 1:25 000 i po analizie liczby otworów przypadających na każdy arkusz zdecydowano, że wszystkie mapy gruntów zostaną sporządzone w skali 1: 10 000.

Przy opracowywaniu mapy występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego wykorzystano dodatkowo z Banku Hydro otwory (studnie) usytuowane w obrębie aglomeracji trójmiejskiej.

Tabela 1. Liczba otworów występująca na poszczególnych arkuszach map w skali 1:10 000 Aglomeracji trójmiejskiej

Nazwa arkusza	Liczba otworów	Powierzchnia arkusza		Liczba otworów/ na km ²
		m ²	km ²	
Banino	23	233903,4787	0,23	98,33
Bojano	31	9101692,459	9,10	3,41
Drewnica	1	76836,5192	0,08	13,01
Chylonia	480	18749660	18,75	25,60
Dąbrowa	753	18670366,8	18,67	40,33
Osowa	455	15766345,89	15,77	28,86
Gdynia	786	17627544,8	17,63	44,59
Górki Wschodnie	533	13047343,02	13,05	40,85
Jasień	603	18460863,5	18,46	32,66
Klukowo	441	15071396,91	15,07	29,26
Kokoszki	341	13576002,01	13,58	25,12
Kępa Redłowska	21	503815,0004	0,50	41,68
Nowy Port	1795	15423545,41	15,42	116,38
Obłuże	751	11158114,58	11,16	67,31
Orunia Górna	587	14567233,29	14,57	40,30
Oliwa	523	18802701	18,80	27,82
Piecki Migowo	1085	18821027	18,82	57,65
Pogórze	1179	9231821,956	9,23	127,71
Port Północny	278	6581024,41	6,58	42,24
Przegalina	67	11464317,8	11,46	5,84
Redłowo	1309	18680480,37	18,68	70,07
Sobieszewo	90	7850253,342	7,85	11,46
Sobieszewska Pastwa	6	3678571,046	3,68	1,63
Śródmieście	2317	18820867,5	18,82	123,11
Stogi	1528	17389337,11	17,39	87,87
Świbno	48	6191751,671	6,19	7,75
Wrzeszcz	1603	18708195,5	18,71	85,68
Kiezmark	35	848284,8114	0,85	41,26
Koleczkowo	6	1024660,388	1,02	5,86
Kowale	126	3439738,319	3,44	36,63
Łężyce	2	344592,2782	0,34	5,80
Mikoszewo	1	1506501,685	1,51	0,66
Orunia	995	17492832,1	17,49	56,88
Pruszcz Gdański	53	1776011,607	1,78	29,84
Przemysław	1	71753,9081	0,07	13,94
Przejazdowo	197	3707773,817	3,71	53,13
Rogulewo	52	14900584,66	14,90	3,49
Rumia	207	4378965,295	4,38	47,27
Sopot Dolny	751	6449948,554	6,45	116,44
Sopot	446	18777805	18,78	23,75
Straszyn	70	2077419,067	2,08	33,70
Sulmin	30	2209316,205	2,21	13,58
Pierwoszyno	0	90175,2398	0,09	0,00
RAZEM	20606		417,35	49,37

Liczba otworów archiwalnych dla poszczególnych arkuszy jest różna, w zależności od stopnia zagospodarowania terenu i powierzchni arkusza w obrębie aglomeracji, od 1 do 2317 otworów. Średnia gęstość rozpoznania wynosi 49 otworów/km² powierzchni aglomeracji (Tab.1). Taka gęstość rozpoznania spełnia wymagania „Instrukcji wykonywania atlasów geologiczno-inżynierskich dla miast techniką komputerową” w przypadku złożonej budowy geologicznej.

Grunty występujące w podłożu budowlanym opisano za pomocą serii geologiczno-inżynierskich. Kryteriami przy wydzieleniu serii były: geneza, litologia i wiek osadów.

Grunty podłoża przypisano do 32 serii geologiczno-inżynierskich. Wybrane w wyniku analizy, reprezentatywne otwory z wydzielonymi seriami wprowadzono do bazy danych. Łącznie w komputerowej bazie danych zakodowano 20 606 otworów.

Przedstawiono krótką charakterystykę wydzielonych serii z podaniem wybranych parametrów fizyczno-mechanicznych. Dla serii, które na obszarze Trójmiasta występują bardzo rzadko, i dla których brak badań, nie podano parametrów.

Do opracowania danych zawartych w BDGI skorzystano z programów ArcView, Surfer, Geostar, Geoplan oraz Microstation.

Przy użyciu wybranych programów komputerowych wykonano następujące mapy tematyczne w skali 1:10 000

- dokumentacyjne
- gruntów na głębokości 1 m p.p.t,
- gruntów na głębokości 2 m p.p.t,
- gruntów na głębokości 4 m p.p.t,
- utworów antropogenicznych
- położenia zwierciadła wód podziemnych
- warunków budowlanych,
- zagospodarowania powierzchni terenu

Dodatkowo opracowano mapy charakterystyczne dla obszaru Aglomeracji trójmiejskiej i przydatne do planowania przestrzennego.

W skali 1: 50 000 opracowano mapy:

- geomorfologiczną,

- terenów podatnych na wystąpienie ruchów masowych oraz powodzi i podtopień,
- występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego,
- osadów morskich

W skali 1:100 000 opracowano mapę kwasowości gruntów z zakresu głębokości 0,0–0,3 m oraz mapę grup użytkowania gruntów z zakresu głębokości 0,0–0,3 m. Do opracowania załączono wydruki poszczególnych map w skali 1:10 000, 1:50 000 i 1:100 000 obejmujących aglomerację trójmiejską oraz przekroje geologiczno-inżynierskie.

4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA GEOMORFOLOGICZNA, GEOLOGICZNA I HYDROGEOLOGICZNA AGLOMERACJI TRÓJMIASTA

4.1. Jednostki geomorfologiczne

Obszar Trójmiasta, objęty niniejszym opracowaniem, w całości położony jest w obrębie podprovincji Pobrzeża Południowobałtyckie i Pojezierza Południowobałtyckie w makroregionie Pobrzeże Gdańskie i Pojezierze Wschodniopomorskie. Miasta Gdynia, Sopot i północna część Gdańska objęte są mezoregionem Pojezierze Kaszubskie i Pobrzeże Kaszubskie zaś południowo-wschodnia część aglomeracji leży w mezoregionie Mierzeja Wiślana i Żuławy Wiślane (Kondracki,2000).

4.1.1. Pojezierze Kaszubskie

Jest to mezoregion położony po zachodniej stronie Zatoki Gdańskiej. Od wschodu graniczy z mezoregionami: Pobrzeże Kaszubskie, Żuławy Wiślane i Mierzeja Wiślana.

W obrębie tego mezoregionu, w obszarze Trójmiasta wyróżnić można formy powstałe w wyniku akumulacyjnej działalności lądolodu (wysoczyzny morenowe płaskie i faliste, moreny czołowe), akumulacyjnej i erozyjnej działalności wód roztopowych (równiny sandrowe, równiny zastoiskowe, ozy, kemy, zagłębienia powstałe po martwym lodzie, rynny subglacjalne, rynny subglacjalne obecnie wykorzystywane przez rzeki i częściowo przez nie przekształcone doliny wód roztopowych), a także formy rzeczne, denudacyjne, morskie, formy utworzone przez roślinność, a także formy antropogeniczne (Zał. 10).

Wysoczyzna morenowa płaska w obrębie obszaru Trójmiasta zajmuje mniejszą część obszaru wysoczyzny morenowej. Występuje w północno-wschodniej części Trójmiasta na wysokości około 40 m. n.p.m., na zachód od miejscowości Chwarzno i Kokoszki na wysokości 160–171 m. n.p.m. Budują ją wychodnie gliny zwałowej najmłodszego stadiału zlodowacenia wisły. Ten rodzaj wysoczyzny zaznacza się także na południe od Osowej na wysokości około 145 m n.p.m.

Wysoczyzna morenowa falista zajmuje większą część obszaru wysoczyzny morenowej występującej w Trójmieście. Położona jest na wysokości od około 160 m. n.p.m. w części zachodniej obszaru do około 60 m. n.p.m. w części wschodniej. Urozmaicona rzeźba tej powierzchni powstała w wyniku nierównomiernej akumulacji materiału lodowcowego. Wytapianie brył martwego lodu znajdujących się w tym materiale spowodowało powstanie bezodpływowych zagłębień. Ich kształt jest nieregularny, przeważnie wydłużony o kierunku NW–SE, a powierzchnia wynosi od 0,2 do 0,5 km².

Formą, która wyróżnia się w morfologii powierzchni wysoczyzny jest morena czołowa akumulacyjna, której wysokość bezwzględna wynosi 184,1 m n.p.m. Budują ją piaski i żwiry przykryte nieregularnymi płatami gliny ablacyjnej (Pikies, 1997). Należy ona do ciągu morenowego nazywanego w literaturze chwaszczyńskimi morenami czołowymi (Roszkówna, 1961).

Na południe i południowy zachód od Kokoszek zaznaczają się wzgórza morenowe o nieco odmiennej genezie. Są to kielpińskie moreny martwego lodu. Wznoszą się średnio od 20 do 30 m ponad poziom wysoczyzny, osiągając stosownie 181,9 m n.p.m i 171,9 m n.p.m.

Na wschód od jezior Osowskiego i Wysockiego, na przedpolu moreny czołowej, zalegają płaty równin sandrowych, zbudowanych z piasków i żwirów wodnolodowcowych. Powierzchnia ich jest płaska o niewielkim nachyleniu ku południowi. W części północnej obszaru Trójmiasta równina sandrowa oddziela wysoczyznę polodowcową Pojezierza Kaszubskiego od Kępy Orłowskiej. Niewielkie powierzchnie równin sandrowych występują także ponad klifem pomiędzy Sopotem a Kolibkami.

Do form akumulacyjnej działalności wód lodowcowych zaliczyć można oz położony w okolicy Gdyni Chyloni. Oz ten zwany Długą Górą osiąga wysokość 130 m n.p.m, a długość tej formy wynosi 1,5 km.

Niewielkie powierzchnie w południowej części obszaru, nad potokiem Oruńskim zajmują kemy. Formy te występują również na południe od Kokoszek w bezpośrednim sąsiedztwie kielepińskiej moreny martwego lodu. Większe powierzchnie formy te zajmują na północ od Osowej i na zachód od Karwin.

Na północny-zachód od Kokoszek w rejonie Klukowa i Rębiechowa zaznacza się w obrazie geomorfologicznym rozległa, płaska równina wypełniona utworami zastoiskowymi (piaski pylaste, pyły i ropy). Występuje ona w bezpośrednim sąsiedztwie kielepińskich moren martwego lodu.

Na zapleczu chwaszczyńskich moren czołowych, na północny wschód od Osowej występuje zorientowana prostopadle do tych moren rynna subglacialna kacka. Ma ona swoje przedłużenie na północ gdzie osiąga około 2 km długości, do 250 m szerokości i do 25 m głębokości. Dno jej wypełniają miejscami osady holoceniowe, których miąższość nie przekracza 5 m. Rynna ta pierwotnie musiała mieć swoje przedłużenie jeszcze dale w kierunku Gdyni, poprzez krótki odcinek dzisiejszej doliny Kaczego Potoku. Ten północny odcinek rynny został później przemodelowany przez wody roztopowe w schyłkowej części zaniku lądolodu na północy, tworząc tam taras (Mojski, 1979b). Rynna kacka na przedpolu chwaszczyńskich moren czołowych przedłuża się ku południowemu zachodowi, tworząc rynnę Jeziora Wysockiego.

Wysoczyzna morenowa oraz południowa i wschodnia część Kępy Oksywskiej i Kępy Redłowskiej ograniczone są stokiem. Jego wysokość wynosi kilkadziesiąt metrów, a w przypadku Pojezierza Kaszubskiego osiąga 100 m i nachylenie od 10 do 15%. Tam gdzie wysoczyzna zbliża się bezpośrednio do linii brzegowej (wschodnia część Kępy Oksywskiej Kępy Redłowskiej) występują brzegi klifowe. Obecny profil stoku jest w wielu miejscach zmieniony dzięki zabudowie, a także przez eksploatację kopalni użytecznych.

Wysoczyznę w jej strefie krawędziowej rozcinają dna dolin rzecznych. Są one w tej strefie charakterystycznie płaskie. Akumulacyjne dna są lepiej rozwinięte w dolinach większych jak np. w Dolinie Radości, Dolinie Świemirowskiej, Dolinie Ewy Zielonej Dolinie, Dolinie Brętowskiej i Dolinie Siedleckiej. Do płaskich den dolinnych w strefie krawędziowej uchodzą suche doliny i doliny denudacyjne. Otaczają one wieńcem górne części dolin, osiągając tam długości do 0,8 km i głębokości do 30 m. Suche doliny w dolnych swych częściach mają dno akumulacyjne zaś w częściach wyższych denudacyjne. Obszar zwany tu strefą

krawędziową rozprzestrzenia się wzdłuż krawędzi wysoczyzny pasem o szerokości kilku kilometrów.

Na granicy Pojezierza Kaszubskiego z Pradolina Kaszubską i Żuławami Gdańskimi rozciąga się obszar stożków napływowych. Rozpoczynają się one u wylotów dolin u stóp krawędzi wysoczyzny. Na jej przedpolu łączą się ze sobą i zazębiają. Największe z nich występują w Gdyni Chyloni, na tarasie Nadmorskim i w rejonie Gdańsk Lipce.

4.1.2. Pobrzeże Kaszubskie

W obrębie aglomeracji Trójmiasta, na północ od Żuław Gdańskich, położony jest Taras nadmorski należący do Pobrzeża Kaszubskiego. Zajmuje on obszar o powierzchni około 15 km², pomiędzy wysoczyzną Pojezierza Kaszubskiego, a Zatoką Gdańską. Obejmuje on część Gdańska i Sopotu. Jest to płaska równina akumulacyjna wzniesiona na wysokość od 10 do 30 m n.p.m., nachylona w kierunku Zatoki Gdańskiej. Wschodnia granica morfologiczna tej jednostki jest słabo zaznaczona w terenie, gdyż schodzi pod aluwialne osady delty Wisły i łagodnie przechodzi w krajobraz Żuław Gdańskich. Przez obszar tarasu przepływają, spływające ze strefy krawędziowej nieliczne potoki: Potok Jelitkowski i Strzyża.

W północnej części aglomeracji położona jest Pradolina Kaszubska, która powstała w wyniku działalności wód lodowcowych ostatniego zlodowacenia. Powierzchnia pradoliny jest płaska, nachylona w kierunku Zatoki Puckiej i basenów portowych Gdyni. W rejonie Gdyni pradolina odwadniana jest przez rzekę Chylonkę.

4.1.3. Mierzeja Wiślana

Między Żuławami a brzegiem morza zaznacza się zachodni odcinek Mierzei Wiślanej rozciętej przez Martwą Wisłę, Wisłę Śmiałą i Wisłę Przekop pod Świbiem. Generalnie mierzeja nadbudowana jest wydмами trzech generacji, które odpowiadają wydmom brunatnym, żółtym i białym oraz towarzyszącym im nieckom deflacyjnym. Częścią mierzei jest także plaża. Wydmy żółte, w części wschodniej aglomeracji, są wydмами najwyższymi. Wznoszą się do 28 m n.p.m. w rejonie Komar, na zachód od Świbna. Wydmy brunatne, najstarsze osiągają wysokości parumetrowe, a wały wydym białych, najmłodszych dochodzą do 10 m

wysokości n.p.m. Szerokość strefy wydmorej w tej części aglomeracji osiąga prawie 1,5 km. W części zachodniej aglomeracji, w rejonie Gdańska i Sopotu pagórki wydmore są niewielkie od 3 do 5 m, niekiedy nie przekraczają 2 m. Najmłodsza wydma w tym obszarze tworzy wał brzegowy o szerokości do 100 m. Na zapleczu wału znajdują się starsze wały wydmore, częściowo rozwiane i miejscami bardzo zniszczone przez człowieka.

4.1.4. Żuławy Wiślane

Żuławy Wiślane, nisko położona równina, są wyróżniającą się formą morfologiczną aglomeracji trójmiejskiej. Południowo-wschodnie dzielnice Gdańska położone są w obrębie największego obniżenia tej formy morfologicznej jakim są Żuławy Gdańskie. Położone są one pomiędzy Wisłą, a krawędzią morfologiczną Pojezierza Kaszubskiego. Ta płaska, aluwialna równina wznosi się niewiele ponad poziom morza (prawie 50% powierzchni leży w przedziale wysokości od 0 do 5 m n.p.m.), a jej powierzchnia nachylona jest nieznacznie z południa na północ. występują tutaj także tereny depresyjne. Żuławy Gdańskie odwadniane są systemem rowów i kanałów melioracyjnych związanych z układem polderowym Martwej Wisły.

Geomorfologia aglomeracji trójmiejskiej Gdańsk–Sopot–Gdynia została przedstawiona na mapie geomorfologicznej w skali 1: 50 000 (Zał. 10).

4.2. Budowa geologiczna

Obszar Trójmiasta należy do obniżenia perybałtyckiego. Jego głębsza budowa geologiczna nie jest znana bowiem tylko w jednym otworze wiertniczym Sopot IG 1 (Płochniewski, 1973, 1974) zostały nawiercone, na głębokości od 1159,5 do 1173,2 m., stropowe warstwy cechsztynu reprezentowane przez anhydryt drobnokrystaliczny. Powyżej zalegają osady triasu reprezentowane przez: trias dolny (piaskowiec pstry), trias środkowy (wapień muszlowy) i trias górny (kajper i retyk). Na obszarze północno-wschodniej Polski, a tym samym w obszarze Trójmiasta w triasie znikła, powstała w permie, zatoka perybałtycka (Stupnicka, 1997) i obszar ten najprawdopodobniej był lądem. Trias dolny reprezentowany jest przez iłowce i mułowce, miejscami wapniste z wkładkami do 1 m. wapieni oolitowych z anhydrytem, a w części stropowej z pakietów mało

zwięzłego piaskowca drobnoziarnistego i z mułowców oraz iłowców szarych zwięzłych. Trias środkowy to piaskowce drobnoziarniste o spoiwie marglistym i mułowce oraz iłowce piaszczyste z wkładką wapieni. W triasie górnym powstawały iłowce i mułowce z wkładkami piaskowców.

Na obszarze Trójmiasta brak jest osadów jury dolnej. Jura na omawianym obszarze reprezentowana jest przez mułowce piaszczyste i piaskowce mułowcowe batonu oraz mułowce i iłowce keloweju, kiedy to na obszar ten wkroczyło morze (Stupnicka, 1997). Osady węglanowe – mułowce margliste i piaszczyste z liczną fauną, przykryte piaskowcem drobnoziarnistym, marglistym oksfordu i margle wapienne z fauną oraz utwory ilasto-mułkowe, margliste i wapienno-piaszczyste oolitowe powstawały w środowisku morskim.

Przypuszczalnie późna jura (od końca kimerydy) i dolna kreda były na tym obszarze okresem lądowym (Stupnicka, 1997), a rozległa transgresja morska z początkiem kredy górnej spowodowała erozję tych osadów bowiem nie ma ich na tym terenie. W środowisku morskim osadzały się utwory ilasto-muliste z glaukonitem cenomanu i turonu. Już w koniaku na obszarze północno-wschodniej Polski zaczęły pojawiać się płycizny i wyspy, których powierzchnia stopniowo się powiększała. Na obszarze Trójmiasta, w środowisku morskim sedymentują piaski kwarcowe z glaukonitem koniaku, piaski kwarcowe santonu oraz gezy z czertami oraz piaski kwarcowe ze żwirem i glaukonitem kampanu (Sopot IG 1, Płochniewski, 1973). Na terenie Gdańska osady kampanu w spągu reprezentowane są przez piaski drobnoziarniste i średnioziarniste z glaukonitem. Część stropową budują szare i jasnoszare oraz zielonoszare margle i wapienie, te ostatnie lokalnie twarde, z glaukonitem licznymi bułami krzemieni, wzajemnie przewarstwiane.

Regresja morska pod koniec kredy spowodowała znaczne zmiany w architekturze basenu sedymentacyjnego północno-zachodniej Europy, w tym w obszarze dzisiejszego Bałtyku (Kramarska, 2006). Powyżej kampanu aż po eocen włącznie występuje luka stratygraficzna co świadczy, że w tym czasie przeważały procesy erozji i denudacji. Dobrze zachowane są osady oligoceńskie powstałe w środowisku morskim. Zalegają one ciąglą pokrywą, a brak tych osadów stwierdzono tylko w miejscach głębokich rynien egzarycyjnych lub erozyjnych oraz lokalnie na obszarze Pradoliny Kaszubskiej (Gdynia) i na południe od Gdańska. Profil osadów oligocenu można zgeneralizować do trzech poziomów.

W poziomie dolnym przeważają piaski kwarcowo-glaukonitowe, środkowy poziom tworzą ropy miejscami piaszczyste, niekiedy mułki piaszczyste z łuszczkami i glaukonitem oraz konglomeratami fosforytowymi. Na tych osadach zalegają ponownie piaski kwarcowo-glaukonitowe niekiedy ze żwirami, miejscami przechodzące w piaski pyłowate. Miąższość osadów oligocenu wynosi od około 20 m w Gdyni, 48 m w Gdańsku-Oliwie do 62 m w Brodwinowie (Sopot). Wychodnie oligocenu występują w północno-zachodniej części Sopotu (Bernardowie), w dnie i na zboczu doliny.

W miocenie powstawały jeziorne osady słodkowodne – ropy, mułki, piaski kwarcowe, węgiel brunatny, miejscami żwiry. Osady te są powszechne w obszarze Trójmiasta. Brak ich jedynie w części wschodniej w obszarze Żuław gdzie zostały zniszczone przez wczesnoplejstoceny procesy erozji i egzaracji. Mioceńskie osady lądowe pozwoliły, w pewnym przybliżeniu, na rekonstrukcję dwóch okresów z przewagą erozji powstania rzeźby o wyraźnych deniwelacjach i dwóch albo i trzech okresów o przewadze akumulacji początkowo osadów piaszczystych, a następnie mułkowo-ilastych z cienkimi warstewkami węgla brunatnego.

Kolejna luka stratygraficzna obejmuje młodszą część miocenu, pliocen i prepleistocen. Luka ta wynika nie tylko z braku warunków do powstawania osadów, ale w znacznej części spowodowały ją procesy erozji i egzaracji jakie zachodziły w mezoplejstocenie.

Utwory czwartorzędowe pokrywają cały obszar Trójmiasta. Cechuje je zróżnicowanie litologiczne i genetyczne. Pokrywa tych osadów ma różną miąższość. W obszarze wysoczyzn miąższość ich przekracza 100 m., a nawet dochodzi do 130 m pomiędzy Kokoszkami a Owczarnią (Pikies, 1997b). Na pozostałym obszarze takie miąższości występują tylko w miejscach bardzo głębokiego zalegania powierzchni podczwartorzędowej to jest w obszarze Żuław i w okolicy Westerplatte. Osady zlodowacenia południowopolskiego, znane są tylko z profili wiertniczych, leżą bezpośrednio na osadach neogenu, a miejscami paleogenu. Profil tych osadów, najlepiej rozpoznany na terenie Gdańska składa się z trzech poziomów gliny zwałowej, piasków, mułków i ropy zastoiskowych oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych. W glinie zwałowej często są obecne porwaki skał podłoża, od kredy po miocen, a także drobne okruchy tych skał. Niewątpliwie świadczy to o zróżnicowanej hipsometrycznie powierzchni, na którą

nasuwał się lądolód ale również o dużej energii niszczącej lądolodu (Mojski,1990b). Osady zlodowacenia środkowopolskiego są w pełni rozwinięte głównie na obszarze wysoczyzny, a niektóre warstwy także na Żuławach Wiślnych. Osady te na wysoczyźnie leżą przeważnie na miocenie, a na Żuławach Wiślnych na osadach zlodowacenia południowopolskiego. Miąższość tych osadów wynosi od 30 do 60 m, a 100 m przekracza jedynie w strefach zaburzeń glacitektonicznych np. w okolicy Diabełkowa w Gdańsku. W strefie niziny nadmorskiej, pomiędzy Gdańskiem a Orłowem miąższość ta wyraźnie spada i wynosi od 40 do 10 m. Pełny profil osadów zlodowacenia środkowopolskiego składa się z dwukrotnego następstwa osadów zastoiskowych, wodnolodowcowych i gliny zwałowej. Jednakże w obszarze Trójmiasta najczęściej wykształcone są jako jeden pokład glin zwałowych o miąższości od 10 do 15 m. Tylko miejscami jest on dwudzielny, przedzielony różnoziarnistymi piaskami wodnolodowcowymi. Powyżej leżą mułki, ily i piaski zastoiskowe górne i dolne. Te ostatnie stanowią najniższy poziom w profilu osadów tego zlodowacenia. Osady zastoiskowe poziomu górnego występują w obszarze stożków napływowych, w strefie południkowej pomiędzy Sopotem a Gdańskiem. Miąższość ich wynosi od 8 m do 25 m. W rejonie Gdańska część osadów tego zlodowacenia została zniszczona w wyniku abrazji morskiej w interglacjale eemskim.

Osady interglacjału emskiego występują powszechnie tylko na obszarze Żuław. Są to głównie morskie piaski średnio- i drobnoziarniste, miejscami mułkowo-ilaste. Miąższość serii interglacjalnej jest znaczna, dochodzi niekiedy do 40 m, a jej strop występuje na wysokości około 20–10 m p.p.m.

Osady zlodowacenia północnopolskiego to piaski i żwiry wodnolodowcowe dolne, podścielające osady lodowcowe i górne je przykrywające stadiału dolnego zlodowacenia Wisły. Poziom dolny tworzą piaski różnoziarniste ze żwirami o miąższości około 15 m. Osady te występują głównie w obszarze wysoczyzny morenowej. Poziom górny widoczny jest w licznych odsłonięciach również na obszarze wysoczyzny. Gliny tego stadiału znane są głównie z wierceń, a także z odsłonień w klifie pomiędzy Zamkową Górą i Kolibkami na południe od Orłowa. Wychodnie tych glin, przykryte niewielkiej miąższości deluwiami, występują także od Sępiego Wzgórza w Sopocie aż do południowej części miasta. Dość wyraźny poziom tworzą również w południowej części Kępy Oksywskiej. Są to gliny bardziej piaszczyste od innych glin zwałowych o charakterystycznym jasnym

zabarwieniu (jasnoszare, zielonoszare, szarobrązowe). Piaski, ropy i mułki zastoiskowe tego wieku występują sporadycznie np. w południowej części Gdyni. Przewodnią serią plejstoceniową są mułki, piaski i żwiry wodnolodowcowe (kemowe). Występują na powierzchni w całej strefie krawędziowej wysoczyzny morenowej i tylko niekiedy przykryte są cienką warstwą gliny stadiału środkowego zlodowacenia Wisły. Miąższość tych osadów dochodzi do 25 m, a średnio około 9 m. Są one w całym profilu wapniste.

Profil stratygraficzny stadiału środkowego w obszarze Gdyni rozpoczyna się piaskami i żwirami wodnolodowcowymi. Pomiędzy Oksywiem a Obłuzem miąższość tych piasków dochodzi do 10 m i występują one pod gliną zwałową, która tworzy jeden poziom, niewielkiej miąższości (około 8 m, częściej mniej) pospolity na powierzchni tego obszaru.

W obszarze Gdańska osady tego stadiału budują przeważającą część powierzchni wysoczyzny morenowej, gdzie występują w facjach lodowcowych i wodnolodowcowych. Są to ropy, mułki i piaski zastoiskowe o miąższości niekiedy kilku metrów, występujące w niewielu miejscach pod gliną zwałową. Piaski i żwiry wodnolodowcowe, o miąższości od 5 do 8 m, występują pod górną gliną zwałową oraz gliny zwałowe górne, występujące miejscami na piaskach wodnolodowcowych i gliny zwałowe dolne. Taka sekwencja osadów znana jest z Oliwy gdzie glina dolna leży pod górną gliną zwałową i osadami wodnolodowcowymi. Gliny zwałowe górne stadiału środkowego zlodowacenia północnopolskiego są najpospolitszym osadem występującym na powierzchni wysoczyzny morenowej zwłaszcza w części zachodniej i południowo-zachodniej Trójmiasta (Mojski, 1979d). W strefie krawędziowej wysoczyzny gliny zwałowe występują w małych płatach na pagórkach tworzących lokalne wododziały. Tam gdzie gliny zwałowe osiągną miąższość ponad 2 m są bardziej ilaste, wapniste, zwięzłe barwy ciemnobrązowej lub brązowo-szarej. W miejscach o małej miąższości gliny są mniej zwięzłe, jaśniejsze (jasnobrązowe, żółtawobrązowe) z wyraźniejszą domieszką piasku.

Osady najmłodszego stadiału zlodowacenia północnopolskiego występują na powierzchni i są to: piaski i żwiry ozów, piaski i mułki kemów, piaski i żwiry wodnolodowcowe, piaski, mułki i ropy zastoiskowe. Gлина zwałowa tego stadiału znana jest z dzielnic Gdyni: Dąbrówki, Wiczlina, Wielkiego Kacku. Jest to glina brązowa lub brązowo-brunatna, bezstrukturalna o miąższości 2,0 do 2,5 m. W tych

też obszarach występują piaski ze żwirami lodowcowe leżące bezpośrednio na glinach. Piaski i żwiry wodnolodowcowe występują w dnie doliny pomiędzy Kępą Redłowską a wysoczyzną, w pradolinie Chylonki, tworzą również pokrywy sandrowe. Piaski, mułki i ropy zastoiskowe towarzyszą w pradolinie osadom wodnolodowcowym przykrywając je ciągłą pokrywą i znane są z profili wiertniczych z obszaru miasta Gdyni i portu. Miąższość tych osadów wynosi około 15 m, maksymalnie 21. Wschodnie osadów zastoiskowych znane są z Matarni, Gdańska-Bysewa, Rębiechowa, Osowej gdzie miąższość ich dochodzi do 10 m.

Osady holocenijskie na obszarze Trójmiasta występują w różnych facjach. W części północnej są to osady morskie, deltowo-morskie, rzeczne, jeziorne, eoliczne i deluwialne. Piaski i żwiry rzeczne, humusowe pokrywają dna większych dolin rozcinających wysoczyznę. W strefie brzegu występują piaski morskie i eoliczne budujące mierzeję od Sopotu do wschodnich granic Trójmiasta.

W obszarze Żuław Gdańskich osady holocenijskie pokrywają całą powierzchnię. Tworzą one pokrywę delty Wisły składającą się generalnie z dwóch różnowiekowych pokryw akumulacyjnych (Mojski, 1990b). Starsza pokrywa zabudowana jest z facji korytowej z udziałem facji powodziowej. Osady tych facji ku górze przechodzą w utwory organiczno-ilaste: ropy, mułki, ropy torfiaste i torfy. Młodsza pokrywa rozpoczyna się piaskami, a w części północnej piaskami morskimi z fauną morską i ku stropowi przechodzi w ropy, mułki, mady i torfy, a na północy w piaszczyste osady morskie mierzei i plaż oraz wydmy. Torfy występują na powierzchni w niewielu miejscach, głównie na równinie nadmorskiej, i w Pradolinie Kaszubskiej.

4.3. Warunki hydrogeologiczne

Charakterystyczną cechą regionu gdańskiego jest występowanie wód podziemnych w wielopiętrowym systemie wodonośnym. Na obszarze Trójmiasta wody podziemne występują w obrębie czwartorzędowych, mioceńsko-oligocenijskich i kredowych struktur hydrogeologicznych, stanowiące podstawę zaopatrzenia aglomeracji trójmiejskiej.

4.3.1. Czwartorzędowe piętro wodonośne

Czwartorzędowe piętro wodonośne występuje na całym opisywanym terenie.

Na Pojezierzu Kaszubskim zostały wydzielone trzy międzymorenowe poziomy wodonośne:

- I międzymorenowy – związany przede wszystkim z osadami piaszczystymi zlodowacenia wisły,
- II międzymorenowy – związany stratygraficznie z piaskami i żwirami zlodowaceń środkowopolskich,
- podglinowy – występujący w piaskach zlodowaceń południowopolskich.

Pierwszy poziom międzymorenowy (Q_I) występuje dość powszechnie, chociaż w zlewni Raduni jest nieciągły i wykazuje dużą zmienność w wykształceniu litologicznym, a w strefie krawędziowej jest całkowicie zredukowany. Związany jest z osadami fluwioglacjalnymi i przewarstwieniami wśród glin zwałowych oraz lokalnie z osadami fluwialnymi dolin rzecznych. Warstwa wodonośna występuje zwykle na głębokości od 10 do 60 metrów. Zbudowana jest z piasków drobno i średnioziarnistych o miąższości od 5 do 25 metrów. Wartość współczynnika filtracji jest znacznie zróżnicowana: od 3 do 50 m/24h. Obszarem najlepszego wykształcenia tego poziomu w obrębie Trójmiasta jest wąski pas ciągnący się od Bysewa po Gdańsk Osowę. Przewodność waha się w granicach od 200 do 1000 m²/24h. Zwierciadło wody występuje pod niewielkim ciśnieniem lub jest swobodne. Generalnie opada ono w kierunku Żuław Gdańskich, Pradoliny Kaszubskiej, rynien polodowcowych oraz dolin Raduni oraz Łeby i ich dopływów. Pierwszy poziom międzymorenowy nie występuje m.in. w centralnej części Pojezierza Kaszubskiego, oraz w dolnej części zlewni, na wschód od linii wyznaczonej miejscowościami Kolbudy, Lublewo, Gdańsk Szadółki. Wody pierwszego poziomu międzymorenowego są powszechnie ujmowane przez ujęcia wiejskie, zakładowe i użytkowników indywidualnych.

Drugi poziom międzymorenowy (Q_{II}) najczęściej związany jest z wodonośnymi utworami zlodowaceń środkowopolskich. Na ogół występuje pod przykryciem glin zwałowych. Gliny te miejscami są całkowicie zredukowane co ułatwia kontakt hydrauliczny z pierwszym międzymorenowym poziomem wodonośnym, zwłaszcza w północnej części Pojezierza Kaszubskiego. Podobne kontakty hydrauliczne zachodzą z poziomem mioceńskim, zwłaszcza w strefie krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego. Warstwa wodonośna występuje na różnej głębokości, najczęściej od 50 do 100 m. Miąższość tego poziomu dochodzi do

40 metrów, najczęściej zawiera się w przedziale od 10 do 20 metrów. Współczynnik filtracji waha się między 2,5 a 35 m/24h. Przewodność zwykle nie przekracza 200 m²/24h. Najkorzystniejsze warunki hydrogeologiczne występują w rejonie Gdańska Osowej, Gdyni Wiczlina oraz w strefie krawędziowej. Obok ujęć wiejskich i zakładowych zlokalizowane są tutaj duże ujęcia komunalne Gdańska i Gdyni: np. „Osowa”, „Wiczlino”, „Wielki Kack”. Subartezyjskie zwierciadło wody nachylone jest w kierunku Żuław Gdańskich, Pradoliny Kaszubskiej. Obszary te stanowią bazy drenażu omawianego poziomu wodonośnego. Kształt powierzchni piezometrycznej oraz rzędne statycznego zwierciadła wody nawiązują do płytszego poziomu wodonośnego. W centralnej części Pojezierza Kaszubskiego zwierciadło wody stabilizuje najczęściej o 5–10 m niżej od pierwszego poziomu wodonośnego.

Na tarasie nadmorskim i Żuławach Gdańskich występuje plejstoceno-holoceni (Q_{pl-h}) poziom wodonośny (Kozerski, 1990). Wody podziemne występują najczęściej w osadach plejstocenu, zwłaszcza w piaskach i żwirach interglacjału eemskiego i zlodowacenia północnopolskiego. W skład tego poziomu wchodzi również piaszczyste osady serii deltowej. W strefie przykrawędziowej nadbudowany jest on piaszczystymi utworami stożków napływowych, a na mierzei piaskami morskimi.

Na tarasie nadmorskim strop warstwy wodonośnej w części północnej zalega na rzędnych między 0 m n.p.m. i 10 m p.p.m., natomiast w części południowo-zachodniej obniża się do 20 m p.p.m. Miejscami utwory wodonośne są przykryte utworami półprzepuszczalnymi facji zastoiskowej. Kompleks izolujący kontynuuje się również na obszar Zatoki Gdańskiej z wyjątkiem strefy przybrzeżnej w rejonie Sopotu. Miąższość warstwy wodonośnej wynosi od 25 do 40 m. Współczynnik filtracji zawiera się w szerokich granicach 24–200 m/24h. Najwyższe wartości (powyżej 120 m/24h) obejmują centralną część obszaru, nieco słabsze w strefie przykrawędziowej i przymorskiej (poniżej 50 m/24h). Efektem dobrze wykształconego poziomu wodonośnego są także wyjątkowo wysokie wartości przewodnictwa wodnego, które na przeważającym obszarze znacznie przekracza 1000 m²/24h. Spąg utworów wodonośnych występuje na wysokości 25–40 m p.p.m. Pierwotnie zwierciadło wód podziemnych stabilizowało się na wysokości 0–30 m n.p.m. Wody poziomu plejstoceno-holoceni stanowią podstawę zaopatrzenia systemu wodociągowego

Gdańska i Sopotu. Od lat eksploatowane są przez największe ujęcia komunalne: „Bitwy pod Płowcami, „Czarny Dwór”, „Zaspa” oraz liczne ujęcia zakładowe. W związku z tym w tych rejonach zwierciadło wody uległo obniżeniu do 0–5 m p.p.t. W granicach Tarasu Nadmorskiego został wyodrębniony GZWP 112 (jego północna część). Poza granicami zbiornika znalazły się obszary o podwyższonej zawartości chlorków występujące w rejonie kanałów portowych i Martwej Wisły.

Na Żuławach Gdańskich pierwszy (od powierzchni terenu) poziom wodonośny związany jest z deltowymi, holocenijskimi osadami. Wśród mad i namułóv występują liczne, nierównomiernie rozmieszczone przewarstwienia zawodnionych piasków drobnoziarnistych, często mułkowatych, z domieszką substancji organicznej. Wspomniane przewarstwienia cechuje zmienna miąższość, od kilkudziesięciu centymetrów do kilkunastu metrów, zmienna wodoprzepuszczalność i zróżnicowana rozciągłość. Zawodnione piaski niekiedy odsłaniają się na powierzchni terenu. Na ogół płytkie piaski serii deltowej łączą się bezpośrednio z niżej zalegającymi piaszczystymi i piaszczysto-żwirowymi osadami holocenu i plejstocenu stanowiąc jeden połączony plejstocenijsko-holocenijski poziom wodonośny (Q_{p-h}) o miąższości 25–60 m. Zalega on najczęściej na wysokości 10–20 m pod przykryciem serii deltowej

Najlepiej jest wykształcony wzdłuż zachodniej krawędzi wysoczyzny w obrębie rynny Pruszcz Gdański–Gdańsk, gdzie żwirowe i piaszczysto-żwirowe utwory zlodowacenia Wisły łączą się z piaszczystymi utworami interglacjału mazowieckiego. Miąższość warstwy wodonośnej wzrasta tutaj do 60 m. Również we wschodniej części Żuław Gdańskich miąższość warstwy wodonośnej jest znaczna i przekracza 30 m, a miejscami nawet 40 m. Najmniejsze miąższości utworów wodonośnych (poniżej 10 m) występują w centralnej części Żuław Gdańskich. Wysokie wartości współczynnika filtracji korespondują z obszarami największych miąższości, gdzie wynoszą od 100 do 200 m/24h. Na pozostałym obszarze są nieco mniejsze, chociaż zawierają się w szerokich granicach: 25–120 m/24h. Pochodną przedstawionych parametrów hydrogeologicznych jest przewodnictwo wodne oraz wydajność potencjalna. Również i te parametry osiągają najwyższe wartości wzdłuż krawędzi wysoczyzny oraz w północno-wschodniej części Żuław Gdańskich: „T” od 500 do 3000 m²/24h. Najmniejsze wartości przewodnictwa wodnego (<100 m²/24h) obejmują strefę nadmorską i centralną część Żuław Gdańskich. Zwierciadło wody, napięte przez kompleks

namułowy, stabilizuje nieco pod powierzchnią terenu w przedziale 0–4 m p.p.m. Obniżenie zwierciadła wody poniżej poziomu morza wynika z wpływu ujęcia Lipce oraz systemów melioracyjnych. W podłożu utworów wodonośnych zalega kompleks glin zwałowych o miąższości 30–50 m. Na północ od Gdańsk–Lipce utwory te zostały całkowicie zredukowane, a w rejonie ujścia Wisły lub w sąsiedztwie rynny Roszkowo–Gdańsk zastąpione utworami zastoiskowymi.

Wysoka wodonośność poziomu plejstoceńsko–holoceńskiego stwarza dogodne warunki do eksploatacji wód podziemnych. Dotyczy to zwłaszcza zachodniej części, gdzie dobra jakość wód na to pozwala. Największym ujęciem komunalnym są „Lipce” zlokalizowane w obrębie struktury hydrogeologicznej na odcinku Pruszcz Gdański–Gdańsk. Przez wiele lat drugim dużym ujęciem była „Grodza Kamienna”. Od początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku postępujące zasolenie przyczyniło się jednak do wyłączenia tego ujęcia z eksploatacji. Pozostałe ujęcia są znaczne mniejsze, dotyczą zakładów przemysłowych i rolnych, ogródków działkowych oraz odbiorców indywidualnych. We wschodniej części Żuław Gdańskich, gdzie warunki hydrogeologiczne są najkorzystniejsze wyznaczona została południowa część GZWP 112.

Na obszarze Kępy Oksywskiej występowanie wód podziemnych w utworach czwartorzędowych związane jest z piaszczystymi osadami zlodowaceń środkowopolskich i zlodowacenia wisły występującymi w spągu kompleksu plejstoceńskiego. Miejscami są one w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodonośnymi utworami miocenu. Współczynnik filtracji, wspólnego czwartorzędowo-trzeciorzędowego poziomu wodonośnego (Q-Trm) wynosi 8–25 m/24d. Subartezyjskie zwierciadło wody stabilizuje się na wysokości 0–15 m n.p.m. Odpływ wód zachodzi w kierunku Pradoliny Kaszubskiej i Zatoki Gdańskiej. Na krańcach Kępy Oksywskiej poziom wodonośny kontaktuje się z poziomem pradolinny. Jedynie w południowej części kontakt ten jest utrudniony.

W odniesieniu do jakości wód tego piętra należy stwierdzić, że w strefie drenażu czwartorzędowego piętra wodonośnego, występują wody podziemne średniej jakości (II b), a czynnikami decydującymi są zawartości żelaza i manganu. Występują w północnej części tarasu nadmorskiego, w rejonie Sopotu i Gdańska–Oliwy. Wody klasy II b występują w Pradolinie Kaszubskiej, w północnej i centralnej części tarasu nadmorskiego oraz w zachodniej części Żuław Gdańskich.

Na znacznym obszarze, obejmującym wschodnią część Tarasu Nadmorskiego oraz Żuław Gdańskich wody podziemne sklasyfikowano w III klasie. Zdecydowały o tym przede wszystkim zawartości żelaza, manganu oraz fluorków i amoniaku.

Wydzielone zostały dwie strefy wód wymagających bardzo skomplikowanego uzdatniania gdzie zasolenie jest wyższe od 250 mgCl/dm^3 . Są to:

- obszar położony wzdłuż Martwej Wisły, od Przegaliny po Gdańsk–Pleniewo i na Żuławach Gdańskich;
- wyspa Ostrów i tereny otaczające (taras nadmorski).

Syntetyczną charakterystykę omówionych poziomów wodonośnych przedstawia tabela 1.

Tabela 2. Parametry hydrogeologiczne głównych poziomów wodonośnych

Poziom wodonośny	m [m]	T $\text{m}^2/24\text{h}$	Q_p m^3/h	Obszar zasilania stat. Zw. Wód podz. [m n.p.m.]	Baza drenażu stat. Zw. Wód podz. [m n.p.m.]	GZWP Główne ujęcia
międzymorenowy Q_I	20-40	200-1000	40-90	Poj. Kaszubskie 160-170	Pradolina Kaszubska, Łeba, Radunia, jeziora rynnowe 30-90	wiejskie zakładowe indywidualne
międzymorenowy Q_{II} , ($Q-Trm$)	20-40	100-500	40-75	Poj. Kaszubskie 150	Żuławy Gd., Pradolina Kaszubska, Łeba, Radunia, jeziora rynnowe, Q_I 5-90	„Brodwinowo” „Sieradzka”, „Osowa”, „Wiczlino” wiejskie
plejstoceno-holoceno Q_{pl-h} na Tarasie Nadmorskim	20-100	500-2000	40-150	Poj. Kaszubskie 80-100	Zatoka Gdańska, Martwa Wisła, kanały portowe 0-10	GZWP 112 „Bitwy pod Płowcami”, „Czarny Dwór”, „Zaspa”, uj. zakładowe
plejstoceno-holoceno Q_{pl-h} na Żuławach Gdańskich	20-100	500-2000	40-150	Poj. Kaszubskie 80-100	Zatoka Gdańska, Martwa Wisła, kanały portowe, system rowów melioracyjnych 0-5	GZWP 112 „Lipce”, uj. zakładowe
mioceno Trm	5-40	50-500	10-50	Poj. Kaszubskie 150 Wys. Żarnowiecka 50	Q_{II} , Q_{pr} , Q_{pl-h} , Zatoka Gdańska 0-20	zakładowe, wiejskie
oligoceno $Trol$	10-30	100-1500	30-90	Poj. Kaszubskie 150 Wys. Żarnowiecka 50	Q_{II} , Q_{pr} , Q_{pl-h} , Zatoka Gdańska 0-20	„Reda II”, „Bitwy pod Płowcami”, zakładowe
kredowe piętro wodonośne Cr seria piaszczysta	30-50	100-500	60-90	Poj. Kaszubskie 140 m n.p.m.	Q_{II} , Q_{pr} , Q_{pl-h} , Zatoka Gdańska 0-20	GZWP 111 uj. Komunalne i zakładowe w Rumi, Gdyni i Gdańsku i na Żuławach Gdańskich

4.3.2. Paleogeńsko-neogeńskie piętro wodonośne

Brak rozpoznania warunków hydrogeologicznych na obecnym etapie rozpoznania nie pozwala na jego ocenę w południowo-zachodniej części opracowania. Na pozostałym obszarze poziomy wodonośne występujące w paleogenie i neogenie związane są z piaszczystymi utworami miocenu i oligocenu. Z wyjątkiem Żuław Gdańskich występują one powszechnie i najczęściej są rozdzielone słaboprzepuszczalnymi osadami: mułkami i iłami.

4.3.2.1 Mioceniński poziom wodonośny

Poziom ten związany jest z piaszczystymi warstwami wykształconymi najczęściej jako piaski drobnoziarniste, często pylaste z wkładkami mułków. Występuje on powszechnie z wyjątkiem głębokich struktur erozyjnych i egzaracyjnych. Wspólny (Q-Trm) poziom wodonośny stwierdzono w strefie krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego. W tej strefie strop wspólnego poziomu wodonośnego występuje najpłycej – na ogół na wysokości 10–50 metrów p.p.m. Na pozostałym obszarze wodonośne warstwy miocenu najczęściej zalegają w przedziale wysokości 50–100 m. p.p.m. Miąższość osadów wodonośnych tego poziomu jest bardzo zmienna: od kilkudziesięciu metrów na Pojezierzu Kaszubskim do kilku-kilkunastu metrów w pradolinach i na Tarasie Nadmorskim. Największa jest ona w strefach kontaktu hydraulicznego z piętrzem czwartorzędowym, np. w strefie krawędziowej sięga 70 m. W otoczeniu kopalnych dolin erozyjnych i egzaracyjnych miąższość utworów wodonośnych miocenu została zredukowana do kilku metrów. Współczynniki filtracji są również bardzo zmienne od 0,1 do 42 m/24h, jednak najczęściej występują w przedziale 7–30 m/24h. Największe wartości współczynnika filtracji (średnio od 25 do 66 m/24h) stwierdza się w obrębie wspólnego czwartorzędowo-paleogeńsko-neogeńskiego poziomu wodonośnego na obszarze Kępy Oksywskiej i Tarasu Nadmorskiego. Przewodność hydrauliczna na Pojezierzu Kaszubskim występuje przeważnie w przedziale 50–100 m²/24h. W strefach kontaktów hydraulicznych z warstwami czwartorzędowymi osiąga: od 100 do 500 m²/24h, a najwyższe wartości tego parametru stwierdzono na Tarasie Nadmorskim i w rejonie Gdyni, gdzie przekraczają znacznie 500 m²/24h a nawet 1000 m²/24h. Zwierciadło wody o ciśnieniach subartezyjskich najwyżej stabilizuje w północnej części Pojezierza Kaszubskiego (150–160 m n.p.m.). Obniża się ono w kierunku Pradoliny

Kaszubskiej, Żuław Gdańskich, doliny Raduni i Łeby, gdzie wody mioceńskiego poziomu wodonośnego są drenowane. Zaznacza się duże podobieństwo kierunków przepływu wód z czwartorzędowym piętrzem wodonośnym. Wody mioceńskiego i czwartorzędowo-mioceńskiego poziomu wodonośnego eksploatowane są przez ujęcia komunalne Gdyni („Kolibki”, „Sieradzka”) i Sopotu („Brodwino”) oraz przez liczne ujęcia wiejskie i zakładowe.

4.3.2.2 Oligoceński poziom wodonośny

Oligoceński poziom wodonośny obejmuje piaski kwarcowe glaukonitowe drobno- i różnoziarniste, miejscami ze żwirem. Występuje on na całym obszarze badań z wyjątkiem Żuław Gdańskich i głębokich struktur w podłożu czwartorzędu. Miejscami jest dwudzielny, rozdzielają go słabo przepuszczalne mułki piaszczyste lub ropy. Najczęściej zalega na wysokości od 80 m p.p.m. na Pojezierzu Kaszubskim do 60 m n.p.m. w północnej części opracowania pod przykryciem utworów miocenu i plejstocenu o łącznej miąższości od 80 do 200 m. Miąższość warstwy wodonośnej najczęściej oscyluje między 10 a 25 m., a w rejonie Gdyni i Kępy Oksywskiej, gdzie wodonośne osady oligocenu są zredukowane do kilku, kilkunastu metrów. Średnia wartość współczynnika filtracji wynosi 14 m/24h, najwyższe wartości stwierdzono na tarasie nadmorskim i Wysoczyźnie Żarnowieckiej, gdzie przekraczają 35 m/24h, a nawet lokalnie 60 m/d. Najbardziej wykształcone są warstwy wodonośne na obszarze Pojezierza Kaszubskiego, gdzie średnia wartość współczynnika filtracji nie przekracza 8 m/24h. Przewodność hydrauliczna najczęściej występuje w przedziale 100–200 m²/24h, w północnej części Pojezierza Kaszubskiego jest nieco mniejsza, natomiast na Tarasie Nadmorskim przekracza 500 m²/24h. Wydajności eksploatacyjne studni są najwyższe również na Tarasie Nadmorskim i w Pradolinie Kaszubskiej (> 100 m³/h). Na pozostałym obszarze najczęściej wahają się między 40 a 80 m³/h. Bazę drenażu obok Zatoki Gdańskiej stanowią Żuławy Gdańskie, Taras nadmorski i Pradolina Kaszubska. W strefie brzegowej oraz na obszarze Pradoliny Kaszubskiej i na Tarasie Nadmorskim w warunkach niezaburzonych eksploatacją zwierciadło wody stabilizowało nad teren (w Brodwinie nawet 35 m). Główne ujęcia eksploatujące ten poziom wodonośny zlokalizowane są w Sopocie („uj. Bitwy pod Płowcami”) i w Gdańsku (uj. „Czarny Dwór”).

Jakość wód podziemnych piętra trzeciorzędowego jest słabo rozpoznana. Najlepiej rozpoznana jest w strefie drenażu tego piętra, przede wszystkim na tarasie nadmorskim.

Wody piętra trzeciorzędowego są wodami o średniej suchej pozostałości wynoszącej około 300 mg/dm^3 . Wody cechuje mała ilość jonu chlorkowego (około 15 mgCl/dm^3). Tylko w rejonie wyspy Ostrów (południowy skraj Tarasu Nadmorskiego), w ujęciach stoczniowych, zasolenie jest zdecydowanie większe.

Wody podziemne paleogeńsko-neogeńskiego piętra są zwykle średniej jakości (klasy II b) a decyduje o tym przede wszystkim podwyższona zawartość manganu.

4.3.3. Kredowe piętro wodonośne

Wodonośne utwory piętra kredowego występują na całym obszarze Trójmiasta. Piętro to związane jest z serią węglanowo-krzemionkową (wody szczelinowe) i niżej zalegającymi glaukonitowymi piaskami (wody porowe) górnokredowego zbiornika wód podziemnych. Kredowe piętro wodonośne na obszarze opracowania najlepiej jest rozpoznane w Gdańsku, Gdyni i Rumi, a na obszarze Pojezierza Kaszubskiego w strefie krawędziowej.

Wody górnokredowego zbiornika występują głównie w piaskach drobnoziarnistych kampanu i santonu. Osady te tworzą rozległą strukturę hydrogeologiczną rozprzestrzeniającą się w całym regionie gdańskim zwaną subniecką gdańską (Sadurski, 1989) lub gdańskim zbiornikiem górnokredowym (Kozerski, 1988). Wschodnia część tej struktury została objęta granicami GZWP 111. Miąższość warstwy wodonośnej największa jest w rejonie Gdańska, gdzie wynosi 150 m. i maleje w kierunku północno-zachodnim. Strop tych osadów podnosi się ku północy, w Gdańsku zalega na wysokości 160 m p.p.m. Największe wartości współczynnika filtracji stwierdzono w Gdańsku: od 3 do $31 \text{ m}^2/24\text{h}$. Przewodność zmienia się w bardzo szerokim zakresie: najwyższa jest w pasie Gdańsk – Pruszcz Gdański, gdzie wynosi około $500 \text{ m}^2/24\text{h}$, maleje zaś w kierunku zachodnim. Wody piętra kredowego, a zwłaszcza subniecki górnokredowej są od wielu lat ujmowane na licznych ujęciach komunalnych i zakładowych Trójmiasta. Zwierciadło wody kredowego poziomego wodonośnego opada w kierunku północnym i ku Zatoce Gdańskiej. Ostateczną bazę drenażu stanowi dno Zatoki Gdańskiej w pasie odległym od linii brzegowej o kilka

kilometrów. W warunkach nie zaburzonych eksploatacją na terenie Tarasu Nadmorskiego i w pradolinie Kaszubskiej zwierciadło wody stabilizowało nad teren. W wyniku intensywnej, wieloletniej eksploatacji rozwinął się lej depresji o zasięgu regionalnym. W centrum leja zwierciadło wody stabilizowało się w latach 80-tych ubiegłego stulecia na rzędnej 5–10 m p.p.m. W ciągu ostatnich lat następuje jednak szybkie wypełnienie się leja. Jest to efekt znacznego ograniczenia poboru wód podziemnych. W wielu miejscach nastąpił powrót zwierciadła wód podziemnych do stanów pierwotnych, a na terenie Gdańska obserwuje się nawet samowypływy.

Jakość wód podziemnych gdańskiego zbiornika górnokredowego oraz ich wykorzystanie zależy przede wszystkim od takich wskaźników jak:

- zawartość żelaza,
- stężenie jonu fluorkowego, amoniaku, siarkowodoru.

Na większości obszaru występują wody bardzo dobrej i dobrej jakości – klasy I i II a. Wody III klasy występują we wschodniej części Żuław Gdańskich, a decydującym o ich jakości czynnikiem jest stężenie jonów chlorkowego i fluorkowego. Wody klasy III występują też w części przykrawędziowej Tarasu Nadmorskiego i Żuław Gdańskich. O ich jakości zdecydowały podwyższone zawartości amoniaku.

5. SERIE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE

Utwory geologiczne występujące w obrębie aglomeracji Trójmiasta podzielono na serie geologiczno-inżynierskie. Poniżej wydzielone serie opisano w tabeli 3.

Tabela 3 Serie geologiczno-inżynierskie Trójmiasta

Nr serii	Geneza	Litogeneza serii	Rodzaje gruntów wchodzących w skład serii	Sytuacja geomorfologiczna, miąższości
1	2	3	4	5
CZWARTORZĘD				
HOLOCEN				
1	A	Nasypy budowlane, nasypy niebudowlane	Piaski, pospółka, gliny, gruz, odpady	Występują zawsze w stropie profilu na różnych gruntach rodzimych, miąższość bardzo zmienna, może sięgać kilku metrów. Miejsce występowania nasypów to głównie tereny miejskie uprzemysłowione (obszary portowe w Gdyni i Gdańsku) i mieszkalne np. Gdańsk Śródmieście
2	G	Gleba	Różne	Tereny leśne, obszary niezabudowane, nieużytki, pola uprawne
3	O	Osady organiczne	Torfy, namuły	Torfy występują w niewielu miejscach, głównie na równinie nadmorskiej, na wysoczyźnie i wyjątkowo w dnach dolin w strefie krawędziowej wysoczyzny, a także na samej wysoczyźnie w oczkach polodowcowych. Ich maksymalna, miąższość wynosi od 1,8 do 3,0 m. Torfy kopalne występują na różnych głębokościach od 2 do 8 m w osadach rzecznych w dnie pradoliny Chylonki gdzie mają miąższość od 0,2 do 0,9. Występują również w Gdańsku :na obszarze Nowego Portu, Wisłoujścia i Letnicy (tu miąższość torfów niskich dochodzi niekiedy do 6 m i towarzyszą im namuły) i w rejonie Gdańsk Śródmieście. Torfy występują również w obszarze Mierzei Wiślanej pod przykryciem piasków mierzejowych lub niekiedy na powierzchni. Miąższość namułów na terenie Gdańska osiąga miejscami do 1,5 m, natomiast w dnach dolin strefy krawędziowej wysoczyzny namuły osiągają większą miąższość. W Gdyni w pradolinie Chylonki gdzie towarzyszą zwykle torfom na ich obrzeżeniu, mają miąższość do 3 m. Na Żuławach Wiślanych namuły osiągają kilkumetrowe miąższości i tworzą tam grube soczewki wśród innych mineralno-organicznych górnoholoceńskich utworów delty, a na Mierzei Wiślanej mogą występować pod torfami (Brzeźno) lub piaskami mierzejowymi (Stogi, Krakowiec).

4	D	Deluwia. Piaski rzeczne-deluwialne, den dolinnych i zagłębień, osady zboczowe.	Piaski o różnej granulacji z humusem, pyły	Nagromadzone są w górnych częściach wąskich i głębokich dolin rozcinających krawędź wysoczyzny polodowcowej oraz w dnach małych i krótkich rozcięć tej strefy. Ich skład uzależniony jest od budowy zbocza dolin, z których to zboczy pochodzą. Osiągają miąższość do 2 m, wyjątkowo nieco więcej.
5	Rz	Osady rzeczne: piaski delt	Piaski o różnej granulacji	Występują głównie na Żuławach Wiślanych, częściowo na powierzchni, ale generalnie pod przykryciem przez mady, z którymi zazębiają się i wzajemnie przewarstwiają, podobnie jak z osadami morskimi. Są to na ogół piaski drobne z domieszką pyłów, części roślinnych i muszli ślimaków i małży słodkowodnych. Utwory te występują także u ujścia dawnej Wisły Śmiałej do Zatoki Gdańskiej. Miąższość tych osadów dochodzi do 20 m.
6	Rz	Osady rzeczne: mady	Pyły i ropy, pyły z domieszką części organicznych	Są to utwory mineralno-organiczne, składające się z ropy i pyłu, z domieszką części organicznych, a miejscami z wkładkami torfów i soczewkami piasków. Miąższość ich wynosi od 3 do 6 m.
7	Rz	Osady rzeczne: aluwia facji korytowej	Piaski o różnej granulacji i pyły	Zaliczają się do nich piaski o niewidocznym warstwowaniu, zawierają domieszkę pyłów, żwirów i piasków deluwialnych o różnym składzie. Występują w korytach rzek.
8	Rz	Osady rzeczne: piaski i żwiry stożków napływowych	Piaski o różnej granulacji i żwiry	Występują u stóp wysoczyzny morenowej. Są zbudowane z równolegle warstwowanych piasków od drobnych do grubych i żwirów. Miąższość osadów wynosi do 5 m. Utwory stożków napływowych występują w rejonach: Gdańsk Wrzeszcz, Gdańsk Śródmieście oraz w Gdyni w Pradolinie Chylonki.
9	M	Osady morskie, morskie +plażowe	Piaski	Są to piaski pochodzące z przemywania piasków mierzei, a w plaży pod klifem z selektywnego niszczenia klifu. Piaski plażowe w strefie mierzei są lepiej wysortowane, natomiast piaski plażowe spod klifu posiadają niemal stały udział ziaren mniejszych niż 0,1 mm, a także żwiru. Występują u stóp klifu Kępy Oksywskiej i Kępy Redłowskiej. Rejon piasków plażowych stanowi początek mierzei Wiślanej. Utwory te występują w rejonie osiedli: Nowy Port, Brzeźno, Jelitkowo, Stogi i Letniewo, a także na Wyspie Sobieszewskiej

10	M	Osady morskie, morskie +plażowe	Pyły i ropy	Osady te to ropy pylaste z przewarstwieniami pyłu, niekiedy piasku, pyły czarne, z nielicznymi muszlami <i>Cerastoderma</i> sp. Występują rzadko wzdłuż brzegu morskiego
11	M	Osady morskie, mierzejowe	Piaski	Piaski z dużym udziałem żwiru i drobnych otoczków. Występują wzdłuż brzegu morskiego od północnych krańców Sopotu ku południowemu wschodowi, gdzie strefa ich się rozszerza nawet do 3 km. Rejony występowania to: Sopot Dolny, Nowy Port i Stogi, Westerplatte, Wyspa Sobieszewska
12	M	Osady morskie, mierzejowe	Pyły i ropy	Występują na nizinie nadmorskiej, jako rozległe ale płytkie pola (na ogół około 1 m miąższości, niekiedy bardziej miąższe).
13	W	Piaski eoliczne, wydmy+pokrywy	Piaski, miejscami piaski pylaste	Występują one wzdłuż brzegu morskiego na zapleczu plaży, ograniczając ją od strony lądu. Strefa ich występowania w rejonie Sopotu jest bardzo wąska, liczy tam do 200 m szerokości, ale poszerza się ku południowemu wschodowi, tak że na wysokości Wisłoujścia osiąga do 2 km szerokości. Miąższość wydm wynosi do 2 m miejscami do 5 m i zmniejsza się z SE ku NW. Pokrywy piasków eolicznych mogą liczyć do 1 m miąższości. Na Wyspie Sobieszewskiej Piaski eoliczne w wydmach i pokrywach przykrywają powierzchnię mierzei tworząc wały wydmowe do wysokości prawie 27 m n.p.m.
14	J	Osady jeziorne i lagunowe	Piaski	Są to piaski drobne z niewielką domieszką humusu, przemyte piaski drobne i średnie, czasami reprezentujące faunę plażową jeziora. Piaski jeziorne występują również w podnamulami i torfami, w Gdańsku Oliwie, Nowym Porcie (Jezioro Zaspą), a także w Sopocie Dolnym (piaski lagunowe) i Sopocie.
15	J	Osady jeziorne i lagunowe	Pyły i gytie oraz kreda jeziorna	Występują w niewielu miejscach, charakteryzują się (szczególnie kreda jeziorna) małą miąższością do 1,8 m. Kreda zalega w dnach dolin strefy krawędziowej wysoczyzny (Dolina Kaczego Potoku, Potok Oliwski, Strzyża).

CZWARTORZĘD				
PLEJSTOCEN				
ZŁODOWACENIE PÓŁNOCNOPOLSKIE (WISŁY)				
16	Za	Osady zastoiskowe jeziorne	Piaski	Piaszczyste osady zastoiskowe występują w Gdyni Oksywiu gdzie znajdują się w wyraźnym obniżeniu powierzchni podczwartorzędowej. Są to piaski drobne z przewarstwieniami pyłów szarych, wapnistych. Ku stropowi osady te przechodzą w pyły piaszczyste. Osady te występują także w pradolinie Chylonki, gdzie leżą na zastoiskowych łożach warwowych.
17	Za	Osady zastoiskowe jeziorne	Pyły i ropy	Na północny-zachód od Kokoszek w rejonie Klukowa i Rębiechowa zaznacza się w obrazie geomorfologicznym płaska równina wypełniona utworami zastoiskowymi (piaski pylaste, pyły i ropy), a także w dolinie brętowskiej (miąższość 3 m) i w Polankach. W części stropowej osady te są często zwietrzałe. Na obszarze Gdyni osady te występują w pradolinie Chylonki, gdzie leżą bezpośrednio na osadach wodnolodowcowych. Są to osady niewyraźnie warstwowane, lecz niekiedy o warstwowaniu warwowym. Występują także pod gliną zwałową, na Kępie Oksywskiej i w Gdyni.
18	F	Osady wodnolodowcowe /fluwioglacjalne	Piaski o zmiennej granulacji i żwiry	Występują one na Kępie Oksywskiej w przyklifowej ich części gdzie ich miąższość może dochodzić do 5 m, a na południe od Gdyni i koło Osowej tworzą pokrywy sandrowe zbudowane z piasków od drobnych do grubych i żwirów o miąższości około 10 m. Piaski i żwiry wodnolodowcowe wyściełają dno pradoliny Chylonki, gdzie leżą bezpośrednio na osadach mioceńskich pod przykryciem osadami zastoiskowymi (piaski, pyły, ropy).
19	H	Osady glacialne	Gliny, gliny pylaste, gliny piaszczyste	Osady te występują na powierzchni wysoczyzny Pojezierza i Pobrzeża Kaszubskiego i terenach tarasów plejstocenijskich. Są to wytopnieniowe gliny, gliny pylaste, w górnej części piaszczyste, barwy brązowej, brunatnej miejscami szarej, o niewielkiej zawartości otoczków, w dolnej części zawierają wkładki osadów mioceńskich
20	H	Osady glacialne spiętrzone i zmienione glacitektonicznie	Piaski, żwiry, osady mioceńskie	Znaczną część gruntów stanowią osady mioceńskie, wyniesione ze swojego położenia pierwotnego, zaliczają się do nich piaski kwarcowe z dużą zawartością muskowitu, przewarstwieniami pyłów i ropy piaszczystych, niejednokrotnie z węglem brunatnym. W piaskach kwarcowych tkwią żwiry kwarcowe i żwiry skał krzemionkowych.

21		Osady glacialne spiętrzone i zmienione glacitektonicznie	Gliny, pyły i ropy	Do osadów glacialnych, zmienionych glacitektonicznie, zaliczono gliny, pyły, pyły piaszczyste, piaski pylaste i piaski przewarstwione piaskiem gliniastym, bez domieszek węgla brunatnego. Osady te zidentyfikowano na terenie Gdańska Oliwy, Gdańska Klukowo, Gdańsk Osowy, Orunia Górnej i Gdyni Dąbrowy. Najczęściej występują w krawędziach wysoczyzn oraz brzegach pradolin i rynien glacialnych.
22		Osady glacialne, akumulacji szczelinowej	Żwiry i piaski	Osady te, budujące niewysokie wzgórza występują miejscami na wysoczyźnie morenowej. Miąższość ich jest niewielka i nie przekracza 6 m. Leżą one na glinach zwałowych lub się z nimi zazębiają. Są to przeważnie piaski różnoziarniste z domieszką frakcji żwirowej, niekiedy głazów. Zwykle towarzyszą im osady spoiste. Spotykane są na obszarze: Gdyni Dąbrowy, Gdyni Wiczlino, Gdańska Brętowa, Gdańska Jasienia, Kowali.
23		Osady glacialne, akumulacji szczelinowej	Gliny, pyły i ropy	Osady te to głównie gliny, spotyka się na wysoczyźnie–morenowej. Miąższość ich nie przekracza 10 m. przy czym ku północy miąższość tej warstwy maleje. W miejscach gdzie osiągają większe miąższości są bardziej ilaste, wapniste i zwięzłe. Tam gdzie miąższość nie przekracza 2 m pojawia się wyraźniejsza domieszka piasku, gliny są mniej zwięzłe. Leżą one na piaskach wodnolodowcowych lub się z nimi zazębiają. Zwykle towarzyszą im osady piaszczyste i żwirowe. Spotykane są na obszarze: Gdyni Dąbrowy, Gdyni Wiczlino, Gdańska Brętowa, Gdańsk Piecki Migowo, Gdańska Kowale, Oruni Górnej, Gdańska Jasienia, Gdańska Śródmieścia
24		Osady kemów	Piaski	Osady kemów to głównie piaski drobne z różną domieszką piasków średnich i grubych. Powszechne są przewarstwienia i wkładki pyłów piaszczystych i pyłów oraz ilów. Osady te są wapniste i tylko czasami w stropowych częściach zaznacza się odwapnienie. Zajmują niewielkie powierzchnie w południowej części obszaru, nad Potokiem Oruńskim. Formy te występują również na południe od Kokoszek w bezpośrednim sąsiedztwie kielepińskiej moreny martwego lodu. Większe powierzchnie formy te zajmują na północ od Osowej i na zachód od Karwin.
25		Osady kemów	Pyły i ropy	Pyły, ropy i pyły piaszczyste, wapniste tworzą przewarstwienia w piaszczystych osadach budujących kemy. Występują na południe od Kokoszek w bezpośrednim sąsiedztwie kielepińskiej moreny martwego lodu. Większe powierzchnie formy te zajmują na północ od Osowej i na zachód od Karwin, a także nad Potokiem Oruńskim

26		Osady ozów	Piaski i żwiry	Oz położony w Gdyni Chyloni zwany Długą Górą osiąga wysokość 130 m n.p.m, a jego długość wynosi 1,5 km. Na jego powierzchni (do około 1,5 m) występują piaski gliniaste, a poniżej bezwapniste piaski i żwiry. Dużo mniejsze (0,7 i 0,75 km), formy ozów występują na północ od miejscowości Bojano. Budują je piaski i żwiry o różnej średnicy.
PLEJSTOCEN				
INTERGLACJAŁ EEMSKI				
27	M	Osady morskie	Piaski i żwiry	Strop drobnych i średnich piasków szarych i jasnoszarych morza eemskiego, często w dolnej części z kawałkami drewna, zalega na głębokościach od 13 do ok. 17 m p.p.m. i zapada w kierunku morza. Nad osadami eemskimi zalegają osady deltowe Wisły, od późno glacialnych po środkowo atlantyckie. Są to osady piaszczyste, korytowe, lokalnie pyły Osady te występują pospolicie na obszarze Mierzei Wiślanej i na Żuławach
PLEJSTOCEN				
ZŁODOWACENIE ŚRODKOWOPOLSKIE				
28	H	Osady glacialne	Gliny piaszczyste, gliny pylaste i gliny	Występują w dwóch poziomach. Poziom dolny tworzy rozległe pokrywy położone na wysoczyźnie morenowej od około 0 do 100 m n.p.m., a na pozostałym obszarze od około 50 m p.p.m. do nieco ponad 20 m n.p.m. Poziom ten jest poziomem przewodnim występującym w profilach wiertniczych, osadem lodowcowym w obszarze Gdańska. W Gdyni występuje w kilku zaledwie miejscach w postaci niewielkich płatów np. Gdyni Wiczlinie, Orłowie. Charakterystyczną cechą jest obecność w tej warstwie porwaków głównie miocenu. Górny poziom występuje tylko na wysoczyźnie i ma niewielką miąższość i nie występują w nim porwaki. Barwa gliny jest szara z licznymi przewarstwieniami szarych piasków zwałowych. Osady te występują na zachód od Sopotu.

29	F	Osady wodnolodowcowe	Piaski i żwiry	Na wysoczyźnie polodowcowej osady wodnolodowcowe dolne, piaski od drobnych do grubych ze żwirami, zalegają od 50 m p.p.m. do 50 m n.p.m., a na Żuławach Wiślanych od 20 do 50 m p.p.m. Miąższość osadów osiąga niekiedy 50 m. Zalegają na podłożu czwartorzędowym wypełniając w nim obniżenia. Piaski i żwiry wodnolodowcowe górne, wapniste, występują pomiędzy dwiema glinami zwałowymi wieku środkowopolskiego. Często jednak ponad piaskami i żwirami leżą bezpośrednio osady zlodowacenia północnopolskiego albo holoceni. Osady te zalegają powyżej 100 m n.p.m., a w strefie nadmorskiej do około 50 m p.p.m.
MIOCEN				
30	J	Osady jeziorzyskowe i bagienne	Piaski kwarcowe z muskowitem	W miocenie powstawały jeziorne osady słodkowodne – ropy, pyły, piaski kwarcowe, węgiel brunatny. Osady te są powszechne w obszarze Trójmiasta. Brak ich jedynie w części wschodniej w obszarze Żuław gdzie zostały zniszczone przez wczesnoplejstoceni procesy erozji i egzaracji. Osady miocenu widoczne są w wychodniach np. w klifie Kępy Redłowskiej. Pozostałe wychodnie są bardzo małe. W każdym przypadku są to piaski kwarcowe z dużą ilością muskowitu, przewarstwieniami pyłów, często z wystąpieniami warstewek węgla brunatnego. Profil miocenu na obszarze Gdańska zaczyna się na ogół poziomem piasków kwarcowych z muskowitem o miąższości przynajmniej 10 m, a na terenie Gdyni osadami ilastymi. Osady mioceńskie cechuje duża zmienność facjalna. Istotną cechą opisanych osadów występujących in situ jest wyraźnie większy stopień diagenety (zagęszczenia) niż osadów plejstoceni i holoceni.
31	J	Osady jeziorzyskowe i bagienne	Pyły i ropy z miką i pyłem węglowym	Pyły i ropy mioceńskie występują jako poziomy rozdzielające warstwy piasków kwarcowych. Tworzą je w przewodzie ropy pylaste, piaszczyste, a także pyły i pyły piaszczyste, kwarcowe z miką i pyłem węglowym. Barwa osadów jest ciemnoszara, ciemnobrunatna lub brązowa. W poziomie tym występują soczewki lub warstwy węgla brunatnego o miąższości do 2-3 m. Osady te cechuje duża zmienność facjalna. Istotną ich cechą, kiedy występują in situ, jest wyraźnie większy stopień diagenety (zagęszczenia) niż osadów plejstoceni i holoceni.
32	J	Osady jeziorzyskowe i bagienne	Węgiel brunatny	W obszarze Trójmiasta węgiel brunatny występuje jako warstewki, soczewki wśród osadów piaszczystych, a głównie jako pył. Pokłady węgla brunatnego o miąższości do 2–3 m występują w ilastych i mułkowych osadach miocenu.

6.CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH

Do opracowania serii wykorzystano materiały geologiczne, a zwłaszcza dokumentacje geologiczno-inżynierskie z obszaru opracowania oraz publikacje (Werno, Ciechanowicz, 1972). Stratygrafię podano wg instrukcji do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000. Wydzielając serie (przed przystąpieniem do tworzenia bazy danych) pod uwagę wzięto wszystkie osady jakie występują w obszarze aglomeracji trójmiejskiej w powiązaniu z ich genezą i litologią. Stąd niektóre serie reprezentowane są w nielicznych otworach i często nie posiadają badań geotechnicznych i geologiczno-inżynierskich.

Podane w tabelach parametry gruntów budujących poszczególne serie pochodzą z badań laboratoryjnych wykonanych w ramach analizowanych dokumentacji.

Wydzielenie serii geologiczno-inżynierskich pozwoliło na zastosowanie programów komputerowych do opracowania różnych map tematycznych.

Charakterystykę serii przedstawiono niżej w sposób opisowy i tabelaryczny.

Rodzaj gruntu i stan (I_D i I_L) oraz wilgotność naturalną, gęstość objętościową, wytrzymałość na ścinanie, zawartość części organicznych, kąt tarcia wewnętrznego, spójność i moduły ścisłości dla gruntów organicznych i spoistych ustalono na podstawie analizowanych materiałów archiwalnych.

Podane dla gruntów niespoistych wartości efektywnego kąta tarcia wewnętrznego oraz moduły ścisłości określono z zależności korelacyjnych dla uzyskanych z badań terenowych wartości stopnia zagęszczenia w odniesieniu do poszczególnych serii geologiczno-inżynierskich. Parametry efektywne (Φ') oraz edometryczne moduły ścisłości (M_0) są określone na podstawie danych z literatury i norm w dostosowaniu do rodzaju opisywanych gruntów (Hettler i in.2000, DIN 1055 Teil 2).

6.1. Opis serii geologiczno-inżynierskich

Seria 1 – Nasypy budowlane, nasypy niebudowlane

Większość nasypów na terenie Gdańska znajduje się głównie w jego śródmieściu z uwagi na złe warunki budowlane oraz w porcie. Duże obszary nasypów występują również w pobliżu Stogów, Oliwy, Żabianki, Jelitkowa, w Sopocie i Kamiennym Potoku. Są one wynikiem rozbudowy miast i urządzeń portowych. Do tej grupy form zalicza się niewielkie wyrobiska powstałe po eksploatacji kopalni użytecznych (kruszywa i surowców ilastych), w Oliwie,

Brentowie, Siedlcach i innych. Zajmują one miejscami powierzchnie wielu hektarów. Miąższość nasypów wynosi od kilku do nawet kilkunastu metrów głównie na terenach przemysłowych.

Na terenie Gdyni nasypy występują głównie w jej centrum i w pobliżu portu, ich miąższość wynosi zazwyczaj od około 1 do 3 m, ale w niektórych przypadkach osiąga około 8 m. Nasypy zbudowane są z utworów mineralnych, pochodzących głównie z okresu budowy miasta i portu w Gdyni, są to przeważnie piaski.

Nasypy budowlane można wykorzystać jako podłoże budowli w zależności od ich rodzaju i stanu. Natomiast nasypy niekontrolowane można wykorzystać jedynie po wzmocnieniu podłoża metodami znanymi z geotechniki.

Seria 2 – Gleba

Gleba jest to biologicznie czynna powierzchniowa warstwa litosfery, powstała ze skały macierzystej pod wpływem czynników glebotwórczych (głównie organizmów żywych, klimatu i wody). Podlega ona stałym przemianom. Gleba składa się z trzech faz:

- stałej – obejmującej cząstki mineralne, organiczne i organiczno – mineralne o różnym stopniu rozdrobnienia
- ciekłej – wody, w której są rozpuszczone związki mineralne i organiczne tworzące roztwór glebowy
- gazowej – mieszaniny gazów i pary wodnej

Gleba występuje zazwyczaj na terenach nieobjętych zabudową mieszkaniową i przemysłową, głównie na terenach leśnych i zielonych.

Glebę należy usunąć z podłoża budowli.

Seria 3 – Osady organiczne

TORFY

Są utworami powstającymi współcześnie w wyniku nagromadzenia szczątków obumarłych roślin w warunkach nadmiernego uwilgotnienia oraz w wyniku zarastania jezior. Jest w różnym stopniu nasycony substancjami mineralnymi, najczęściej jest to piasek, czasami wytrącone związki żelaza, rzadko związki fosforu. Torfy wykształcone w dawniejszych okresach geologicznych uległy przekształceniu w pokłady węgla brunatnego (utwory trzeciorzędowe) lub kamiennego (utwory karbońskie). Wyróżnia się torfy niskie, przejściowe

i wysokie. Niskie powstają zwykle w dolinach rzek i jezior przy udziale wód przepływowych, mają barwę ciemno brunatną lub czarną i dość zbitą konsystencję. Torfy wysokie tworzą się na wododziałach i w zagłębieniach bezodpływowych, przy udziale wody ubogiej w tlen i związki mineralne. Mają jasno brunatną barwę, słabą spoistość i obecność słabo rozłożonych szczątków roślinnych. Torfy przejściowe charakteryzują się cechami pośrednimi pomiędzy torfami wysokimi a niskimi, a w ich podłożu zalega zazwyczaj torf niski.

W Gdyni torfy występują między innymi w Dolinie Kaczego Potoku, w Sopocie w Dolinie Kamiennego Potoku, należą one do torfów niskich. Ponadto w Gdyni torfy występują w Pradolinie Chylonki oraz na równinie na południe od Rewy. Najwyraźniejszy poziom torfu znajduje się na głębokości od 5 do 6 m w wewnętrznej części portu. Natomiast w Gdańsku torfy występują głównie na obszarze Żuław Wiślanych, gdzie biorą udział w budowie delty Wisły. Miąższość torfów występujących w osadach deltowych wynosi od kilku centymetrów do kilku metrów.

NAMUŁY

Wyróżnia się: namuły piaszczyste oraz namuły gliniaste. Są to grunty powstałe na skutek osadzania się substancji mineralnej i organicznej w środowisku wodnym. Występują głównie w delcie, poza tym w dnach dolin, a także na nizinie nadmorskiej, gdzie zalegają w formie rozległych pól, w piaszczystych osadach mierzei, pomiędzy piaskami eolicznymi. Na Żuławach Wiślanych namuły deltowe osiągają miąższości kilku metrowe i tworzą grube przewarstwienia i soczewki wśród piaszczystych utworów deltowych.

W charakterystyce geologiczno-inżynierskiej torfy i namuły należą do gruntów słabonośnych, ich ewentualne wykorzystanie, jako podłoża budowlanego jest możliwe gdy zalegają one poniżej kilkumetrowej warstwy gruntów nośnych (np. piasków), a lekka konstrukcja zostanie przystosowana do różnic osiadania. W innych przypadkach należy przewidzieć posadowienie głębokie np. palowanie lub wzmocnienie podłoża innymi metodami znanymi z geoinżynierii. Przed podjęciem decyzji o sposobie posadowienia należy przeprowadzić szczegółowe badania geologiczno-inżynierskie. Rejony występowania gruntów organicznych, najczęściej zawodnionych, stanowią w efekcie obszary, na których praktycznie wyklucza się posadowienie obiektów

bez wcześniejszej wymiany lub wzmocnienia podłoża gruntowego. Jednakże z powodu ich niewielkiej miąższości oraz występowania na niewielkich obszarach, nie mają one istotnego znaczenia dla zagadnień geologiczno-inżynierskich omawianego obszaru. Jednakże w przypadku większej miąższości seria ta stanowi o niekorzystnych warunkach posadowienia ze względu na dużą ściśliwość i małą nośność. Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów organicznych ilustruje tabela 3

Tabela 3. Parametry fizyczno-mechaniczne namulów

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Wilgotność naturalna w_n [%]	Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]	Stopień plastyczności I_L [-]	Kąt tarcia wewnętrzznego ϕ [°]	Spójność c_u [kPa]	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 [MPa]		Wytrzymałość na ścinanie s_u [kPa]	Części organiczne I_{om} [%]
							Zakres obciążeń			
							0,05-0,1	0,1-0,2		
torfy	-	180-550	0,95-1,15	-	3-5	10-20	0,3-0,6	0,5-1,0	17-47	>30%
namuły	pl	30-65	1,4-1,7	0,26-0,5	13-20	45-50	0,5-1,5	0,9-2,1	42-66	5,2-14,5
	mpl	55-100	1,3-1,5	0,5-0,75	0	35	-	-	20-34	

Seria 4 – Deluwia

Zalicza się do nich utwory występujące w małych dolinach lub na obrzeżach dolin większych rozcinających krawędź wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego. Powstały z rozmycia przez wodę powierzchniową utworów zboczowych, w siedliskach silnie wilgotnych, zwykle z wysiękami wód gruntowych. Duża wilgotność sprzyja akumulacji materii organicznej. Są to głównie piaski o różnym uziarnieniu w różnym stopniu gliniaste, lokalnie z domieszką części organicznych. Procesem geologicznym na skutek którego powstały osady deluwialne jest akumulacja stokowa.

Obszary występowania tych gruntów należy uznać za bardzo zróżnicowane pod względem przydatności dla budownictwa. Wymagają każdorazowo szczegółowych badań geologiczno-inżynierskich.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów deluwialnych ilustruje tabela 4.

Tabela 4. Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów deluwialnych

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszcze- nia I_p [-]	Edometry- czny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 [MPa]	Efektywny ką tarcia wewnętrzne -go φ [°]
Piasek	ln	0,2-0,3	35-44	29-30
	szg	0,5-0,6	63-75	
Piaski próchnic- zne	ln	0,2-0,3	15	25

Seria 5 – Osady rzeczne – piaski delt

Są to przeważnie piaski drobnoziarniste, miejscami żwiry rzeczne i rzeczno-morskie, z domieszkami części organicznych. Ich miąższość wynosi do 20,0 m. Osady te występują jedynie na Żuławach Wiślanych. Piaski delt są często przewarstwione przez osady morskie i namuły. Przewarstwienia te zanikają wraz z głębokością. Są to młode grunty holocenijskie powstałe na skutek akumulacji rzecznej facji deltowej. Nadają się do bezpośredniego posadowienia budowli, jeżeli nie zawierają znaczących przewarstwień gruntów organicznych. Zwierciadło wód gruntowych występuje na głębokości od 0–2 do 0–5 m. Na analizowanym terenie piaski delt występują w rejonie Śródmieścia Gdańska, Gdańska Stogów oraz Portu Północnego, a także w ujściach rzek Parametry fizyczno-mechaniczne piasków delt ilustruje tabela 3

Tabela 5. Parametry fizyczno-mechaniczne piasków deltowych

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_b [%]	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0 [MPa]	Efektywny kąt tarcia wewnętrzznego ϕ [°]
Piasek pylasty	ln	0,2-0,3	35-44	29-29,5
	szg	0,4-0,5	52-63	30-30,3
	zg	0,7-0,8	86-100	31,5-32
Piasek drobny	ln	0,2-0,3	35-44	29-29,5
	szg	0,4-0,5	52-63	30-30,3
	zg	0,7-0,8	86-100	31,5-32
Piasek średni	ln	0,2-0,3	56-68	31-31,5
	szg	0,4-0,5	82-97	32,3-33
	zg	0,7-0,8	130-150	34,2-35
Piasek gruby	szg	0,4-0,5	82-97	32,3-33
	zg	0,7-0,9	130-175	34,2-35
Pospółka	szg	0,55-0,65	165-185	38,8-39,5
	zg	0,8-0,9	218-245	40,8-41,5
Żwir	szg	0,55-0,65	165-185	38,8-39,5
	zg	0,8-0,9	218-245	40,8-41,5

Seria 6 – Osady rzeczne – mady

Są to osady powstałe w wyniku nagromadzenia się materiału naniesionego przez wody i akumulowanego w wyniku wytracania energii wody. Charakterystyczną cechą mad jest obecność naprzemianległych warstw o różnym składzie granulometrycznym.

Utwory te występują tylko na Żuławach Wiślanych, są to osady mineralno-organiczne, złożone z iltu i pyłu ze stałą domieszką szczątków organicznych, miejscami z wkładkami torfów i soczewkami piasków. Osady te są bezwapienne bądź słabo wapniste zazwyczaj do głębokości 2,0 m. Ich miąższość wynosi od 3 do 6 m.

Grunty te na ogół występują przypowierzchniowo, dlatego w wykopie łatwo ulegają „rozrobieniu” lub „uszkodzeniu”. Należy je usunąć z podłoża budowli

i zastąpić odpowiednio zagęszczoną podsypką piaszczysto-żwirową. Parametry fizyczno-mechaniczne mad ilustruje tabela 6.

Tabela 6. Parametry fizyczno-mechaniczne mad

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Wilgotność naturalna w_n [%]	Gęstość objętościowa ρ (Mg/m^3)	Stopień plastyczności I_L [-]	Kąt tarcia wewnętrznego Φ_u [°]	Spójność c_u [kPa]	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_o [MPa]		Wytrzymałość na ścinanie s_u [kPa]
							Zakres obciążeń		
							0,05-0,1	0,1-0,2	
Gliny z domieszką części organicznych ($I_{om} \sim 3\%$), gliny próchniczne, piaski gliniaste	pl	25-40	1,6-1,7	0,3-0,45	13-17	12-14	1,0-2,0	2,0-3,5	27-49
	mpl	35-45	1,4-1,5	0,51-0,6			-	-	17-21

Seria 7 – Osady rzeczne – aluwia facji korytowej

Są to osady holoceniowe, przeważnie piaski drobne i średnie, rzadziej grube, miejscami z domieszką żwiru, wyróżnia się również pospółki i żwiry. Występują w korytach rzecznych i większych cieków na terenie objętym analizą. Aluwia facji korytowej leżą przeważnie na utworach plejstoceniowych. Ich miąższość wynosi około kilku metrów. Piaszczyste utwory są zazwyczaj nawodnione lub wilgotne. Osady te mogą być wykorzystywane jako podłoże budowlane, jednak płytkie położenie zwierciadła wody gruntowej determinuje głębokość posadowienia. Posadowienie obiektów ciężkich i przekazujących drgania na podłoże wymagają szczegółowej analizy współpracy podłoża z budowlą pod kątem ewentualnych dodatkowych osiadań wynikających z zagęszczenia piasków szczególnie wówczas gdy są w stanie luźnym.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 7.

Tabela 7. Parametry fizyczno-mechaniczne aluwów facji korytowej

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_D	Edometryczny moduł ścisłości M_0 [MPa]	Efektywny kąt tarcia Φ' [°]
Piasek pylasty	ln	0,2-0,3	35-44	29,29,5
	szg	0,4-0,5	52-63	30-30,4
	zg	0,7-0,8	86-100	31,5-32
Piasek drobny	ln	0,2-0,3	35-44	29-29,5
	szg	0,4-0,5	52-63	30-30,5
	zg	0,7-0,8	86-100	31,5-32
Piasek średni	ln	0,2-0,3	56-68	31-31,5
	szg	0,4-0,5	82-97	32,2-33
	zg	0,7-0,8	130-150	34,1-35
Piasek gruby	szg	0,4-0,5	82-97	32,2-33
	zg	0,7-0,9	130-150	34,1-35
Pospółka	szg	0,55-0,65	165-185	38,6-39,6
	zg	0,8-0,9	218-245	40,8-41,3
Żwir	szg	0,55-0,65	165-185	38,6-39,6
	zg	0,8-0,9	218-245	40,8-41,3

Seria 8 – Osady rzeczne – piaski i żwiry stożków napływowych

Piaski i żwiry stożków napływowych występują u stóp wysoczyzny morenowej. Zbudowane są z równolegle warstwowanych piasków różnoziarnistych, pospółki i żwirów. Miąższość tych osadów wynosi przynajmniej 5 metrów. Leżą one na utworach plejstoceniowych różnego wieku. Występują w dnie pradoliny Chylonki, oraz u stóp wysoczyzny morenowej pomiędzy Sopotem i Gdańskiem. W charakterystyce geologiczno-inżynierskiej przejawiają dobre warunki do posadowienia budynków. Mogą być wykorzystywane jako podłoże budowlane, jednak płytkie położenie zwierciadła wody gruntowej determinuje głębokość posadowienia. Posadowienie obiektów ciężkich i przekazujących drgania na podłoże wymagają szczegółowej analizy współpracy podłoża z budowlą pod kątem ewentualnych dodatkowych osiadań wynikających z zagęszczenia piasków szczególnie wówczas gdy są w stanie luźnym.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 8.

Tabela 8. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów rzecznych: piasków i żwirów stożków napływowych

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_D [-]	Edome-tryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 [MPa]	Efektywny kąt tarcia wewnętrzznego ϕ' [°]
Piasek drobny	ln	0,2-0,3	35-43	29-29,4
	szg	0,35-0,5	48-63	29,6-30,5
	zg	0,68-0,8	83-100	31,4-32
Piasek średni	ln	0,2-0,3	56-68	31-31,6
	szg	0,35-0,5	75-97	32,2-33
	zg	0,68-0,8	127-150	34,2-35
Piasek gruby	szg	0,4-0,6	82-112	32,2-33,4
	zg	0,7-0,8	130-150	34,2-35
Pospółka	szg	0,4-0,6	135-173	37,9-39,2
	zg	0,7-0,8	196-218	40-40,8
Żwir	szg	0,4-0,6	135-173	37,9-39,2
	zg	0,7-0,8	196-218	40-40,8

Seria 9 – Osady morskie – morskie + plażowe

Do osadów morskich i plażowych należą piaski o różnej granulacji drobne, średnie i grube oraz pospółki i żwiry. Występują w wąskiej strefie wzdłuż brzegu Zatoki Gdańskiej. Należą do nich piaski pochodzące z przemywania piasków mierzei, a w plaży pod klifem, z selektywnego niszczenia klifu oraz z osadzania produktów niszczenia klifu u jego stóp. Na terenie Gdańska występują głównie w rejonie Stogów i Nowego Portu, natomiast w Gdyni u stóp klifu Kępy Redłowskiej oraz w okolicy klifu w Orłowie. W piaskach plażowych znajdują się skupienia minerałów ciężkich. Głównym procesem geologicznym tworzącym piaski morskie i plażowe jest niszczenie i akumulacja poprzez falowanie. Nadają się do bezpośredniego posadowienia budowli. Pewne ograniczenia wynikają z płytkiego występowania wody gruntowej. Mogą być wykorzystywane jako

podłoże budowlane, jednak płytkie położenie zwierciadła wody gruntowej determinuje głębokość posadowienia. Posadowienie obiektów ciężkich i przekazujących drgania na podłoże wymagają szczegółowej analizy współpracy podłoża z budowlą pod kątem ewentualnych dodatkowych osiadań wynikających z zagęszczenia piasków szczególnie wówczas gdy są w stanie luźnym. Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 9.

Tabela 9. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów morskich i plażowych

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_b [-]	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_o [MPa]	kąt efektywny tarcia wewnętrznego ϕ' [°]
Piasek drobny	ln	0,2-0,3	35-43	29-29,4
	szg	0,35-0,5	48-63	29,6-30,5
	zg	0,68-0,8	83-100	31,4-32
Piasek średni	ln	0,2-0,3	56-68	31-31,6
	szg	0,35-0,5	75-97	32,2-33
	zg	0,68-0,8	127-150	34,2-35
Piasek gruby	szg	0,4-0,6	82-112	32,2-33,4
	zg	0,7-0,8	130-150	34,2-35
Żwir	szg	0,4-0,6	135-173	37,9-39,2
	zg	0,7-0,8	196-218	40-40,8

Seria 10 – Osady morskie + plażowe – pyły i ropy

Osady te to ropy pylaste z przewarstwieniami pyłu, niekiedy piasku, pyły czarnej, z nielicznymi muszlami *Cerastoderma* sp. Występują rzadko wzdłuż brzegu morskiego. Zalegają one na wysokościach od około 6 m p.p.m., i więcej. Przykryte są warstwą osadów piaszczystych generalnie w stanie zagęszczonym. W trakcie projektowania sposobu posadowienia wszelkich obiektów inżynierskich, należy zwrócić uwagę na fakt, że w podłożu występuje ciągła warstwa ściśliwych gruntów organicznych, która poddana dodatkowemu obciążeniu zewnętrznemu, może podlegać długotrwałym i nierównomiernym osiadaniom.

Tym niemniej, biorąc pod uwagę, że piaski zalegające na tych osadach znajdują się generalnie w stanie zagęszczonym, a strop ściśliwych gruntów organicznych występuje dopiero na wysokości 7.0 m p.p.m., tj. 6 m poniżej stropu piasków zagęszczonych, należy uznać, że w takim przypadku możliwe jest bezpośrednie posadowienie tych wszystkich obiektów, których konstrukcja nie jest wrażliwa na nierównomierne osiadania fundamentów. W przypadku budowy obiektów wrażliwych na nierównomierne osiadania, wskazane jest zastosowanie głębokiego fundamentowania, w dolnej warstwie piasków zagęszczonych występujących poniżej warstwy gruntów organicznych. Rozpatrując budowę obiektów hydrotechnicznych w strefie plaży, w bezpośrednim sąsiedztwie morza, należy też zwrócić uwagę na występowanie okresowych wahań swobodnego zwierciadła wody gruntowej, które może dochodzić do 1m.

Seria 11 – Osady morskie – mierzejowe

Występują w wąskiej strefie wzdłuż brzegu morskiego. Składają się z piasków różnoziarnistych oraz z piasków z dużym udziałem żwirów i drobnych otoczek. Ich miąższość wynosi około 6 m, maksymalnie do 8 m. Pospolite są domieszki okruchów bursztynu. Procesami geologicznymi wpływającymi na tworzenie się osadów morskich mierzejowych były lokalne transgresje i akumulacja morska. Osady te są nośne pod względem geotechnicznym, jedynie płytkie położenie wód gruntowych na głębokościach od 0–2 do 0–5 m ogranicza możliwości posadowienia poszczególnych obiektów. Posadowienie obiektów ciężkich i przekazujących drgania na podłoże wymagają szczegółowej analizy współpracy podłoża z budowlą pod kątem ewentualnych dodatkowych osiadań wynikających z zagęszczenia piasków szczególnie wówczas gdy są w stanie luźnym. Osady morskie-mierzejowe występują wzdłuż brzegu morskiego od północnych krańców Sopotu, ku południowemu wschodowi aż do ujścia Wisły Przekop.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 10.

Tabela 10. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów morskich, mierzejowych

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_D [-]	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 [MPa]	Efektywny kąt tarcia wewnętrzny ϕ' [°]
Piasek drobny	ln	0,2-0,3	35-43	29-29,4
	szg	0,35-0,5	48-63	29,6-30,5
	zg	0,68-0,8	83-100	31,4-32
Piasek średni	ln	0,2-0,3	56-68	31-31,6
	szg	0,35-0,5	75-97	32,2-33
	zg	0,68-0,8	127-150	34,2-35
Piasek gruby	szg	0,4-0,6	82-112	32,2-33,4
	zg	0,7-0,8	130-150	34,2-35
Żwir	szg	0,4-0,6	135-173	37,9-39,2
	zg	0,7-0,8	196-218	40-40,8

Seria 12 – Osady morskie – mierzejowe – pyły i ropy

Pyły i ropy, niekiedy przewarstwione piaskiem drobnym w obszarze mierzei występują na nizinie nadmorskiej, jako rozległe ale płytkie pola (na ogół około 1 m miąższości, niekiedy bardziej miąższe) na powierzchni. Tylko na Żuławach Wiślanych miąższość ich może być większa, bowiem tworzą tam grube soczewki wśród innych mineralno-organicznych holocenijskich osadów delty.

Seria 13 – Piaski eoliczne – wydmy + pokrywy

Osady eoliczne utworzone są przez wiatr podczas procesu eolicznego. Ziarna naniesione przez wiatr są dobrze obtoczone na skutek ciągłego ocierania się i zderzania. Charakteryzują się dużą jednorodnością uziarnienia (piaski drobne lub średnie). Mogą być w ciągłym ruchu. Utwory wydymowe mogą stanowić podłoże budowlane fundamentów obciążonych siłami statycznymi. Piaski wydymowe występują zazwyczaj w stanie luźnym, w związku z tym są wrażliwe na obciążenia dynamiczne powodujące ich zagęszczenie, a co za tym idzie

osiadanie budowli przekazujących drgania. W przypadku wydm w stanie bardzo luźnym należy zagęścić podłoże przed wykonaniem fundamentów. Wydmy tworzą się na obszarach o silnym wywiewaniu. Ciągną się wzdłuż brzegu morskiego na zapleczu plaży, ograniczając ją od strony lądu. Piaski eoliczne złożone są z piasków średnio i drobnoziarnistych. Ich miąższość wynosi od 15 m w przypadku wydm, oraz od 2,0 do 5,0 m. w przypadku pokryw eolicznych. Na terenie Gdańska występują w rejonie Letnicy, Brzeźna, Nowego Portu.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 11

Tabela 11. Parametry fizyczno-mechaniczne piasków eolicznych w wydmach i pokrywach

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_D [-]	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0 [MPa]	Efektywny kąt tarcia wewnętrzznego ϕ' [°]
Piasek drobny	ln	0,2-0,3	35-43	29-29,4
	szg	0,35-0,4	48-52	29,6-30
Piasek średni	ln	0,2-0,3	56-68	31-31,6
	szg	0,35-0,55	75-90	32-32,5

Seria 14 – Osady jeziorne i lagunowe –piaski

Osady tej serii zostały stwierdzone w dwóch otworach (GDO-0163 i GDO-0165) w Osowej, gdzie występują na powierzchni (0,3, 0,4 m) w otoczeniu jeziora i najprawdopodobniej reprezentują jeziorną fację plażową. Są to piaski drobne z niewielką domieszką humusu lub czyste, przemyte piaski drobne i średnioziarniste. Piaski jeziorne wystąpiły również w trzech otworach (GPM-1502, GPM-1504 i GPM-1505) pod namułami i torfami, w Gdańsku Oliwie, Nowym Porcie (Jezioro Zaspą), a także w Sopocie Dolnym i Sopocie.

Seria 15 – Osady jeziorne i lagunowe (pyły i gytie oraz kreda jeziorna)

Kreda jeziorna jest osadem wieku czwartorzędowego, związana z osadami pojeziornymi ostatniego zlodowacenia (Zlodowacenie Północnopolskie). Kreda jeziorna znana jest również pod nazwą wapień łąkowy. Jest osadem wapiennym zawierającym ponad 80% węgla wapnia oraz zawiera minerały ilaste, kwarc i substancją organiczną. Na obszarze Gdańska występuje w niewielu miejscach

i o niewielkiej miąższości. Zalega w dnach doliny strefy zboczowej wysoczyzny, w dolinie Kaczego Potoku i Potoku Oliwskiego. Kreda jeziorna występuje często pod nakładem złożonym z piasków humusowych rzecznych oraz torfu. Osiąga miąższość do ok 2,0 m i towarzyszą jej wysięki wody gruntowej. Procesem geologicznym prowadzącym do wytwarzania się kredy jeziornej jest akumulacja jeziorna. Nie nadaje się do bezpośredniego posadowienia budowli ze względu na małą nośność, dużą ściśliwość i przypowierzchniowe zaleganie. O niekorzystnych warunkach posadowienia stanowi również fakt płytko położonych wód gruntowych z tendencją do wysięków. Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 12.

Tabela 12. Parametry fizyczno-mechaniczne kredy jeziornej

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Wilgotność naturalna w_n [%]	Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]	Stopień plastyczności I_p [-]	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 [MPa]	Wytrzymałość na ścinanie s_u [kPa]
Kreda jeziorna	pl	35-80	1,3-1,5	0,3-0,45	0,6-0,9	53-89
	mpl	90-110	1,25-1,3	0,51-0,7	0,4-0,5	-

Seria 16 – Osady zastoiskowe i jeziorne – piaski

W skład osadów zastoiskowych i jeziornych wchodzi piaski drobne o średnim bądź luźnym zagęszczeniu. Występują pod glina zwałową. Na terenie Gdańska są zlokalizowane w kilku miejscach na wysoczyźnie, gdzie osiagają kilkumetrowe miąższości. Ich wychodnie znajdują się w okolicy Kokoszek. W Gdyni występują na terenie pradoliny Chylonki zazwyczaj w towarzystwie osadów wodnolodowcowych. Osady zastoiskowe prawdopodobnie powstały na bliskim przedpolu lądolodu stagnującego, bądź martwego. Występowanie facji piaszczystej sugeruje, iż zbiornik zastoiskowy wykazywał wahania zwierciadła wody. Procesem geologicznym kształtującym osady zastoiskowe jest akumulacja i sedymentacja zastoiskowa. Ich miąższość wynosi ok. 5 m. Warunki posadowienia budynków są względnie dobre.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 13.

Tabela 13. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów zastoiskowych

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stożek zagęszczenia I_b [-]	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 [MPa]	Efektywny kąt tarcia wewnętrzny ϕ' [°]
Piasek drobny	ln	0,2-0,3	35-43	29-29,4
	szg	0,45-0,55	57-68	30,2-30,8

Seria 17 – Osady zastoiskowe i jeziorne – pyły i ły

Osady zastoiskowe reprezentowane są poprzez ły, pyły i gliny pylaste, przeważnie niewyraźnie warstwowane. Osady te są zazwyczaj koloru ciemnoszarego. Ich miąższość wynosi ok 8 m. W rejonie Matarni w wychodniach osadów zastoiskowych występują ły zastoiskowe, w części stropowej bardzo zwietrzałe, o miąższości do kilku metrów. Powstają na skutek akumulacji i sedymentacji zastoiskowej. Woda w warstewkach pyłu znajduje się czasem pod ciśnieniem. Przepuszczalność jest większa w kierunku pionowym. Wskutek przepływu wody w górę, warstewki ilaste rozmakają. Grunty te są bardzo wrażliwe na przemarzanie, są też bardzo wrażliwe i w wykopie często ulegają „uszkodzeniu”. Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 14.

Tabela 14. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów zastoiskowych (pyłów i łów)

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Wilgotność naturalna w_n [%]	Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]	Stożek plastyczności I_L [-]	Kąt tarcia wewnętrzny ϕ_u [°]	Spójność c_u [kPa]	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 [MPa]		Wytrzymałość na ścinanie s_u [kPa]
							Zakres obciążeń		
							0,05-0,1	0,1-0,2	
Glina, glina pylasta	tpl	18-22	1,95-2,0	0,15-0,2	-	-	-	-	65-92
	pl	20-23	1,85-1,95	0,3-0,4	8-12	50	4,7-7,1	7,6-8,9	43-56
ły	tpl	22-26	1,9-0	0,1-0,2	7-9	45-65	8,2-10,2	11,3-26,6	25-40
	pl	25-30	1,7-1,8	0,3-0,4			-	-	15-25
Pyły	pl	20-25	2,0	0,3-0,4	-	-	-	-	-

Seria 18 – Osady wodnolodowcowe

Powstały na skutek akumulacji wodnolodowcowej. Są to grunty piaszczysto-żwirowe, przeważnie o płytkim zwierciadle wody gruntowej. Stwarzają dobre warunki posadowienia budynków. W rejonie Gdyni występują na Kępie Oksywskiej, w dnie obniżenia oddzielającego Kępę Redłowską od wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego oraz w pradolinie Chylonki.

Ich miąższość wynosi ok. 5 m. Na obszarze Gdańska utwory wodnolodowcowe stanowią piaski i piaski ze żwirami, równolegle bądź przekątnie warstwowane. Są to grunty korzystne pod względem posadowienia obiektów.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 15.

Tabela 15. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów wodnolodowcowych

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_b [-]	Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 [MPa]	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego φ' [°]
Piaski	szg	0,4-0,6	83-112	32,3-33,7
	zg	0,7-0,8	130-150	34,2-35
Pospółka	szg	0,45-0,6	145-174	38,3-39,3
	zg	0,7-0,8	196-218	40-40,8
Żwir	szg	0,45-0,6	145-174	38,3-39,3
	zg	0,75-0,85	207-230	40,3-41,2

Seria 19 – Osady glacialne

Do osadów glacialnych zalicza się piaski gliniaste, gliny morenowe, gliny piaszczyste i pylaste. Gliny morenowe są bezładną mieszaniną cząstek ilowych i pyłowych, ziaren piasku i żwiru razem z otoczkami. Często są poprzewarstwiane soczewkami nawodnionych piasków, co może powodować trudności w czasie wykonywania wykopów. W dolnych częściach widoczne są wkładki osadów mioceńskich, zmienionych glacitektonicznie. Występują w rejonie tarasu plejstoceńskiego pomiędzy Kępą Redłowską, a wysoczyzną Pojezierza Kaszubskiego. Są to grunty przydatne do posadowienia obiektów, za wyjątkiem warstw w stanie plastycznym i miękkoplastycznym.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustruje tabela 16.

Tabela 16. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów glacialnych

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Wilgotność naturalna w_n [%]	Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]	Stopień plastyczności I_L [-]	Kąt tarcia wewnętrzznego ϕ_u [°]	Spójność c_u [kPa]	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0 [MPa]		Wytrzymałość na ścinanie s_u [kPa]
							Zakres obciążeń		
							0,05-0,1	0,1-0,2	
Piasek gliniasty	tpl	11-13	2,1-2,15	0,0-0,25	15-27	20-70	-	17-24	
	pl	13-17	2,0-2,1	0,25-0,5	-	-			-
	pzw			0,00					100-121
Gлина, glina piaszczysta	tpl	12-15	2,1-2,2	0,0-0,25	8-17	50-75	9-20	24-35	55-96
	pl	16-20	1,98-2,1	0,25-0,5	4-6	20-50	6-13	15-23	40-58
Gлина pylasta	tpl	20-24	1,95-2,1	0,0-0,25	7-9	40-60	12-17	20-25	
	pl	24-33	1,88-2,0	0,25-0,5	4-6	20-35			

Seria 20 – Osady glacialne spiętrzone i zmienione glacitektonicznie

Do osadów glacialnych, zmienionych glacitektonicznie, wyniesionych ze swojego położenia pierwotnego należą utwory mioceńskie, pyły i ropy z domieszką pyłów węgla brunatnego, oraz gliny pylaste i piaszczyste z pyłem węgla brunatnego. Ponadto wyróżnić można również piaski pylaste i drobne z domieszką węgla brunatnego. W osadach bardziej ilastych znajdują się warstwy i soczewki węgla brunatnego. Piaski kwarcowe charakteryzują się dużą zawartością muskowitu, przewarstwieniami mułków i ropy piaszczystych, niejednokrotnie zawęglonych. W piaskach tkwią żwiry kwarcowe i żwiry skał krzemionkowych. Osady te pochodzą z akumulacji rzecznej i jeziorno-bagiennej.

Burowęgle mogą stanowić podłoże obiektów odpowiednio wzmocnionych, przystosowanych do różnic osiadania, niezbyt ciężkich budowli. Grunty te nie mogą występować w poziomie posadowienia.

Parametry fizyczno-mechaniczne gruntów ilustrują tabele 17 i 18.

Tabela 17. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów glacialnych spiętrzonych i zmienionych glacitektonicznie.

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Wilgotność naturalna w_n [%]	Gęstość objętościowa ρ [g/cm ³]	Stopień plastyczności I_L [-]	Kąt tarcia wewnętrzного Φ_u [°]	Spójność c_u [kPa]	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0 [MPa]	Wytrzymałość ścinania s_u [kPa]
Pyły i ropy burowęglowe, gliny pylaste piaszczyste burowęglowe	tpl	35-45	1,8-1,9	0,1-0,2	16-22	12-15	11-16	40-56
	pl	53-70	1,5-1,6	0,3-0,4	10-13	3-9	8-12	19-46

Tabela 18. Parametry fizyczno-mechaniczne osadów glacialnych spiętrzonych i zmienionych glacitektonicznie

Rodzaj gruntu	Stan gruntu	Stopień zagęszczenia I_b [-]	Edometryczny moduł ścisłości pierwotnej M_0 [MPa]	Efektywny kąt tarcia wewnętrzного Φ' [°]
Piasek pylasty, drobny domieszką burowęgla	szg	0,4-0,5	52-63	30-30,3
	zg	0,7-0,8	86-100	31,5-32

Seria 21. Osady glacialne spiętrzone i zmienione glacitektonicznie – gliny, pyły i ropy

Do osadów glacialnych, zmienionych glacitektonicznie, zaliczono gliny pylaste, gliny piaszczyste, pyły, pyły piaszczyste, piaski pylaste i piaski przewarstwione piaskiem gliniastym, bez domieszek burowęgla. Osady te zidentyfikowano w pojedynczych otworach. Nie posiadają żadnych badań geologiczno-inżynierskich. Miąższość ich jest niewielka i tak: w Gdańsku Oliwie

maksymalna miąższość wynosi 2,6 m, minimalna 0,4 m, w pozostałych otworach nie przekracza 1,4 m.

Seria 22. Osady glacialne akumulacji szczelinowej – żwiry i piaski

Są to przeważnie piaski różnoziarniste z domieszką frakcji żwirowej, niekiedy głązów. Zwykle towarzyszą im osady spoiste. Osady te, występują miejscami na wysoczyźnie morenowej gdzie budują niewysokie wzgórza. Miąższość ich jest niewielka i nie przekracza 6 m. Leżą one na glinach zwałowych lub się z nimi zazębiają.

Seria 23. Osady glacialne akumulacji i szczelinowej – gliny, pyły i ropy

Osady te, głównie gliny zwałowe, spotyka się na wysoczyźnie morenowej, gdzie są pospolitym osadem występującym na powierzchni. Miąższość ich nie przekracza 10 m przy czym ku północy miąższość tej warstwy maleje.

W miejscach gdzie osiągają większe miąższości są bardziej ilaste, wapniste i zwięzłe. Leżą one na piaskach wodnolodowcowych lub się z nimi zazębiają. Zwykle towarzyszą im osady piaszczyste i żwirowe. Są to dobre grunty pod względem budowlanym.

Seria 24. Osady kemów – piaski

Osady kemów to głównie piaski drobne z różną domieszką piasków od średnich do grubych. Powszechne są przewarstwienia i wkładki pyłów piaszczystych i pyłów oraz ropy. Osady te są wapniste i tylko czasami w stropowych częściach zaznacza się odwapnienie. Osady te zidentyfikowano w kilku profilach w Gdańsku Jasieniu (GJA-3040, 3041, 3043, 3044, 3047, 3048, 3049, 3060) i w jednym w Sopocie (SOP-3003).

Seria 25. Osady kemów – pyły i ropy

Pyły, ropy i pyły piaszczyste, wapniste tworzą przewarstwienia w piaszczystych osadach budujących kemy. Osady te zidentyfikowano w kilku profilach w Gdańsku Oliwie (GOL-1607 i 2029,) Pieckach Migowie (GPM-1544, 1545) i Sopocie (SOP-2002 i 2008).

Seria 26. Osady ozów – piaski i żwiry

Są to piaski gliniaste, przewarstwione piaskiem drobnym barwy brązowo-szarej. Występują w jednym profilu – GOG-3021 w Górnej Oruni.

Seria 27. Osady morskie (interglacjał emski) – piaski i żwiry

Osady interglacjału emskiego wykształcone jako piaski średnie z domieszką żwiru i części roślinnych stwierdzono w jednym otworze w Gdańsku Śródmieściu (GSR-2115). Strop osadów zalega na rzędnej 18,4 m, a ich miąższość wynosi 11,6 m. Na poziomie od 25 do 27m występuje nagromadzenie detrytusu roślinnego. Piaski są zagęszczone.

Seria 28. Osady glacialne – gliny

Osady glacialne – gliny zlodowacenia środkowopolskiego generalnie występują w dwóch poziomach. Poziom dolny tworzy rozległe pokrywy położone na wysoczyźnie morenowej od około 0 do 100 m n.p.m., a na pozostałym obszarze od około 50 m p.p.m. do nieco ponad 20 m n.p.m. Poziom ten jest poziomem przewodnim występującym w profilach wiertniczych, osadem lodowcowym w obszarze Gdańska. W Gdyni występuje w kilku zaledwie miejscach w postaci niewielkich płatów np. Gdyni Wiczlinie, Orłowie. Charakterystyczną cechą jest obecność w tej warstwie porwaków głównie miocenu.

Górny poziom występuje tylko na wysoczyźnie, ma niewielką miąższość i nie stwierdzono w nim porwaków. Barwa gliny jest szara z licznymi przewarstwieniami szarych piasków lodowcowych. W analizowanych profilach wiertniczych serię tą stwierdzono tylko w jednym otworze w Gdańsku Jasieniu (GJA-3063). Strop tej warstwy, reprezentowanej przez gliny piaszczyste miejscami z niewielkimi przewarstwieniami piasku, wystąpił na rzędnej 17 m n.p.m., a miąższość nie przekroczyła 3 m.

Seria 29. Osady wodnolodowcowe – piaski i żwiry

Na wysoczyźnie polodowcowej osady wodnolodowcowe dolne, piaski od drobnych do grubych ze żwirami, zalegają od 50 m p.p.m. do 50 m n.p.m., a na Żuławach Wiślanych od 20 do 50 m p.p.m. Miąższość osadów osiąga niekiedy 50 m. Leżą na podłożu czwartorzędowym wypełniając w nim obniżenia. Piaski i żwiry wodnolodowcowe górne, wapniste, występują pomiędzy dwiema glinami zwałowymi wieku środkowopolskiego. Często jednak ponad piaskami i żwirami leżą bezpośrednio osady zlodowacenia północnopolskiego albo holoceni. Osady te zalegają powyżej 100 m n.p.m., a w strefie nadmorskiej do około 50 m p.p.m. W analizowanych wierceniach, na obszarze objętym atlasem, seria ta nie wystąpiła.

Seria 30. Miocen. Osady jeziorzyskowe i bagienne – piaski i żwiry

W miocenie, w obszarze Trójmiasta, powstawały jeziorne osady słodkowodne – ropy, mułki, piaski kwarcowe, węgiel brunatny, miejscami żwiry i są one tutaj powszechne. Brak ich jedynie w części wschodniej w obszarze Żuław gdzie zostały zniszczone przez wczesnoplejstoceny procesy erozji i egzacji. Osady miocenu widoczne są w wychodniach np. w klifie Kępy Redłowskiej. Pozostałe wychodnie są bardzo małe. W każdym przypadku są to piaski kwarcowe, drobnoziarniste z dużą ilością muskowitu, przewarstwieniami pyłów i ropy piaszczystych oraz z często występującymi warstewkami węgla brunatnego. W analizowanych profilach wiertniczych osady te reprezentowane są przez piaski drobne rdzawe, piaski pylaste szarobrunatne z rozproszonym pyłem węgla brunatnego i ropy piaszczyste. Osady te występują w otworach wiertniczych: GRE-3004, 1578, 1585 w Gdańsku Rębiechowie i w otworach GDY-1572, 1574, 0867 na terenie Gdyni. Piaski są średniozagęszczone i zagęszczone. Osady cechuje duża zmienność facjalna, a ich ważną cechą, jest wyraźnie większy stopień diagenety (zagęszczenia) niż osadów plejstoceny i holoceny.

Seria 31. Miocen. Osady jeziorzyskowe i bagienne – ropy i ropy

Pyły i ropy mioceńskie występują jako poziomy rozdzielające warstwy piasków mioceńskich Tworzą je w przewadze ropy pyłowate, piaszczyste, a także mułki ilaste piaszczyste, kwarcowe z miką i pyłem węglowym. Barwa osadów jest ciemnoszara, ciemnobrunatna lub brązowa. W poziomie tym występują soczewki lub pokłady węgla brunatnego o miąższości do 2-3 m. W analizowanych profilach wiertniczych osady te są reprezentowane przez ropy, ropy pylaste, ropy z domieszkami węgla brunatnego, ropy piaszczyste i ropy z domieszką rozproszonego węgla brunatnego. Osady te zostały zidentyfikowane w profilach: GWR-3022 w Gdańsku Wrzeszczu, GPM-1515 w Gdańsku Piecki Migowo, GRE-1517, 1578, 3004 w Gdańsku Rębiechowie i GDY-0867 i GDY-1574. Osady cechuje duża zmienność facjalna. Istotną ich cechą jest wyraźnie większy stopień diagenety niż osadów plejstoceny i holoceny.

Seria 32. Miocen. Osady jeziorzyskowe i bagienne – węgiel brunatny

W obszarze Trójmiasta węgiel brunatny występuje jako warstewki, soczewki wśród osadów piaszczystych, a głównie jako rozproszony pył. W analizowanych profilach wiertniczych rozproszony pył węgla brunatnego stwierdzono tylko w trzech otworach (GDY-0867, GDY-1572 i 1574) na obszarze Gdyni. Miąższość tej warstwy nie przekroczyła 1,20 m. Osady te przykryte są średniozagęszczonymi i zagęszczonymi piaskami.

6.2. Mapy geologiczno-inżynierskie

Do niniejszego opracowania wszystkie mapy tematyczne wykonywano komputerowo, w sposób automatyczny, na podstawie reprezentatywnych archiwalnych otworów wiertniczych zebranych w komputerowej bazie danych.

Dla aglomeracji trójmiejskiej wszystkie mapy przygotowano i wydrukowano w skali 1: 10 000.

Opracowano następujące mapy :

6.2.1. Mapa podziału obszaru pracowania na arkusze w skali 1:10 000 oraz na arkusze w skali 1:50 000 w skali 1:100 000 (Załącznik 1)

Na schemacie tym przedstawiono zasięg opracowania z podziałem na arkusze map topograficznych w skali 1:10 000 i 1:50 000.

Arkusze zawarte w niniejszym opracowaniu zostały ponumerowane od 01 do 43.

Kolejność tą zachowano dla wszystkich map tematycznych.

Na schemacie oprócz numeru arkusza umieszczono godła podkładów topograficznych, ich nazwy oraz skróty utworzone na potrzeby atlasu i zastosowane w bazie danych do opisu otworów archiwalnych. Ponadto na mapie pokazano przebiegi linii przekrojów geologiczno-inżynierskich.

6.2.2. Mapa dokumentacyjna w skali 1: 10 000 (Załącznik 2)

Mapy dokumentacyjne opracowane zostały na podkładach topograficznych. Zaznaczono na nich zasięg opracowania oraz wszystkie otwory uwzględnione w bazie danych geologiczno-inżynierskich Aglomeracji trójmiejskiej Gdańsk–Sopot–Gdynia. Ponadto na mapach pokazano przebiegi linii przekrojów geologiczno-inżynierskich.

6.2.3. Mapy gruntów na głębokości 1,0; 2,0 m i 4,0 m ppt w skali 1: 10 000 (Załącznik 3, 4 i Załącznik 5)

Mapy gruntów podłoża budowlanego występujących na głębokości 1, 2 i 4 m to mapy tematyczne pokazujące grunty w cięciu poziomym na tych głębokościach.

Przedstawiają one szczegółowe elementy składowe wykorzystane w dalszym etapie do tworzenia mapy wynikowej, którą stanowi mapa warunków budowlanych.

Na każdej z map wyznaczony jest zasięg występowania serii, czyli wydzieleni o jednakowych warunkach genetyczno-litologicznych na danej głębokości. Mapy te są odzwierciedleniem występowania wydzielonych serii w poszczególnych punktach badawczych na danej głębokości, obrazują stopień złożoności budowy geologicznej oraz stopień udokumentowania terenu. Obszary wydzielonych serii

na mapach posiadają kolory zgodne z wydzieleniami na przekrojach geologiczno-inżynierskich.

Mapy te mogą być wykorzystywane dla projektowania posadowienia obiektów budownictwa typu bardzo lekkiego bądź lekkiego, jak również w przypadku możliwych awarii urządzeń, środków transportu na obszarach chronionych, a razem z mapami pierwszego poziomu wodonośnego (hydroizohipsy wód podziemnych) informują o zdolnościach filtracyjnych gruntów i kierunkach migracji zanieczyszczeń i skażeń. Mogą być również przydatne do projektowania tras infrastruktury podziemnej.

6.2.4. Mapa utworów antropogenicznych 1: 10 000 (Zał. 6)

Na mapie tej przedstawiono zasięgi występowania gruntów antropogenicznych, a także ich miąższość. Utwory antropogeniczne to głównie nasypy. Największa miąższość tych osadów występuje w obrębie Śródmieścia Gdańska oraz na terenie portów. Generalnie można stwierdzić, że nasypy w większości przypadków mówią o złych warunkach gruntowych bowiem konieczne było uzdatnienie gruntów. Wyjątkiem są obiekty liniowe, gdzie są to nasypy budowlane. Na mapie zaznaczono także składowisko popiołów – Ark. Nowy Port (GNP) i w Gdańsku Przegalinie (GPR), wysypisko śmieci w Gdańsku Szadółkach – Ark. Kowale (KOW). Zaznaczone zostały również tereny zajęte przez lotnisko w Gdańsku Rębiechowie – Ark. Gdańsk Klukowo (GKL) i Gdańsk Kokoszki (GKO).

6.2.5. Mapy położenia zwierciadła wód podziemnych (Zał.7)

Dane o występowaniu wód podziemnych, a zwłaszcza pierwszego zwierciadła zostały uzyskane podczas wierceń geologiczno-inżynierskich. Informacje te są zawarte w dokumentacjach geologiczno-inżynierskich na kartach otworów. Na tej bazie została opracowana Mapa głębokości pierwszego zwierciadła wód podziemnych (Zał. 7). Informacje o położeniu pierwszego zwierciadła wód podziemnych pochodzą z długiego okresu czasu (1950–2007). Rzutuje to istotnie na dokładność prezentowanych informacji o położeniu zwierciadła wody. Stopień rozpoznania warunków hydrogeologicznych jest zróżnicowany: dobry na obszarach zabudowanych, bardzo słaby w granicach kompleksów leśnych Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego. Z tego względu informacje zawarte na tej mapie w niektórych jej częściach mają charakter przybliżony.

Najpłycej (poniżej 1 m) zwierciadło wody występuje w bezpośrednim sąsiedztwie brzegu morskiego, na przeważającej części Żuław Gdańskich oraz na

niektórych obszarach wysoczyzny morenowej Pojezierza Kaszubskiego. Przedział głębokości od 1 do 2 m występuje w otoczeniu najpłytszego wydzielenia. W rezultacie na prawie całym obszarze Żuław Gdańskich pierwsze zwierciadło występuje w przedziale głębokości od 0 do 2 m. Najgłębiej pierwsze zwierciadło wód podziemnych (w przedziale głębokości 3–5 m i poniżej 5 m) występuje w strefie krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego bezpośrednio przylegającej do obniżeń nadmorskich i Pradoliny Kaszubskiej.

Zwraca uwagę obszar występowania wód poziomych poniżej 5 m rozprzestrzeniający się od Sopotu poprzez Gdańsk-Przymorze do Starego Miasta. Wschodnia część tego wydzielenia prezentuje stan hydrodynamiczny z lat 1975 – 1990, kiedy zwierciadło pierwszego poziomu wodonośnego było znacząco obniżone na skutek intensywnej eksploatacji wód podziemnych. Obecnie stan ten uległ zmianie w wyniku redukcji poboru wód podziemnych na ujęciach komunalnych i zakładowych zlokalizowanych we wschodnich dzielnicach Gdańska i Sopotu.

Charakterystyczne jest również płytkie zaleganie pierwszego zwierciadła wód podziemnych na obszarze wysoczyzny morenowej Pojezierza Kaszubskiego w zachodnich dzielnicach Gdańska, Sopotu i Gdyni. Wody podziemne o użytkowym charakterze występują tu na znacznych głębokościach i nie kontaktują się bezpośrednio z płytkimi wodami gruntowymi. Wody gruntowe na tym obszarze najczęściej występują w środowisku glin zwałowych wypełniając liczne przewarstwienia piaszczyste, obecne zwłaszcza w stropowej części profilu litologicznego. Sytuacja ta pogarsza warunki budowlane na tym terenie z uwagi na prawdopodobieństwo podstopień, zwłaszcza w trakcie długotrwałych opadów atmosferycznych. Na niektórych obszarach omawianej strefy obecne są stałe drenaże, np. w okolicach Jeziora Jasień.

Aktualny stan położenia pierwszego poziomu wodonośnego prezentuje Mapa występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego (Zał. 13). Porównując obie mapy (Zał. 7 i 13) dają się zauważyć znaczące różnice w interpretacji głębokości wód podziemnych. Wynikają nie tylko z uwarunkowań wymienionych na wstępie, ale również z założeń metodycznych Mapy występowania i hydrodynamiki (Zał. 13). Prezentuje ona głębokość pierwszego poziomu wodonośnego spełniającego określone kryteria (miąższość >2 m, ciągłe rozprzestrzenienie na obszarze > 20 km²). Natomiast opracowana mapa głębokości pierwszego zwierciadła przedstawia informacje o występowaniu wód podziemnych dających się zaobserwować w trakcie wierceń, a więc również sączenia wód oraz warstwy i przewarstwienia wodonośne lokalnie występujące o niewielkiej miąższości. Mając na uwadze wszystkie uwarunkowania determinujące powstanie obu map zaleca się jednoczesne korzystanie z treści

tych załączników graficznych. Obie mapy uzupełniają się i łącznie stanowią wartościową informację w występowaniu płytkich wód podziemnych (gruntowych) oraz o warunkach gruntowo-wodnych.

6.2.6. Mapy warunków budowlanych

Mapa warunków budowlanych na głębokości 2 m p.p.t. jest mapą syntetyczną przedstawiającą powiązane ze sobą czynniki geologiczne, hydrogeologiczne, geodynamiczne i geomorfologiczne kształtujące w podłożu warunki budowlane.

Przy kwalifikowaniu terenów pod względem ich przydatności dla celów budowlanych zgeneralizowano informacje pozyskane do budowy bazy danych przez zgrupowanie gruntów o zbliżonych właściwościach w seriach geologiczno-inżynierskich.

Opierając się o wydzielone serie geologiczno-inżynierskie występujące na 2 m p.p.t. sklasyfikowano grunty biorąc pod uwagę ich stan, stopień skonsolidowania, a także dopuszczalne obciążenia (zgodnie z „Instrukcją sporządzania mapy warunków geologiczno-inżynierskich w skali 1:10 000 i większej dla potrzeb planowania przestrzennego w gminach”, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 1999 r.):

Grunty nienośne – serie: 1; 2; 3; 4; 6; 15 (grunty antropogeniczne, organiczne, spoiste nieskonsolidowane oraz osady luźne piaszczyste) – obciążenia dopuszczalne do 0,05 MPa.

Grunty słabonośne – serie: 5; 7; 8; 10; 12; 13; 14; 16; 17 (osady eluwialne, deluwialne, eoliczne, rzeczne nieorganiczne i zastoiskowe oraz grunty spoiste słabo skonsolidowane i piaszczyste od luźnych do średnio zagęszczonych) – obciążenia dopuszczalne od 0,05 MPa do 0,3 MPa.

Grunty nośne – serie: 9; 11; 18; 32 (osady lodowcowe i wodnolodowcowe, grunty spoiste skonsolidowane i piaszczyste zagęszczone) – obciążenia dopuszczalne powyżej 0,3 MPa

Dodatkowo naniesiono na mapę zasięg osuwisk zewidencjonowanych oraz obszarów podatnych na procesy osuwiskowe.

Na mapie naniesiono następujące wydzielenia:

Niekorzystne warunki budowlane – niezalecane fundamentowanie bezpośrednio obiektów:

- a) grunty nienośne (serie: 1;2;3;4;6;15) z wodą gruntową na głębokości większej niż 1 m.
- b) grunty nienośne (serie: 1;2;3;4;6;15) z wodą gruntową na głębokości od 0 do 1 m.

- c) grunty słabonośne i nośne z wodą gruntową na głębokości od 0 do 1 m.

Mało korzystne warunki budowlane – możliwe posadowienie bezpośrednio obiektów budownictwa lekkiego przy konieczności szczegółowego rozpoznania geologiczno-inżynierskiego i geotechnicznego:

- a) grunty słabonośne (serie: 5;7;8;10;12;13;14;16;17) z wodą gruntową na głębokości większej niż 2 m.
- b) grunty słabonośne (serie: 5;7;8;10;12;13;14;16;17) z wodą gruntową na głębokości od 1 do 2 m.
- c) grunty nośne z wodą gruntową na głębokości od 1 do 2 m.

Korzystne warunki budowlane – możliwe bezpośrednio posadowienie obiektów budowlanych wszelkiego typu bez względu na obciążenia jednostkowe:

- a) Grunty nośne (serie: 9;11;18 – 32) z wodą gruntową na głębokości większej niż 2 m.

Mapy warunków budowlanych opracowano z przeznaczeniem dla potrzeb planowania przestrzennego, w tym dla projektów budowlanych, obiektów budownictwa mieszkaniowego i wszelkiego rodzaju tras liniowych, a także oceny geologiczno-inżynierskiej obszarów przeznaczonych dla inwestycji.

6.3. Przekroje geologiczno-inżynierskie

Dla przedstawienia schematu budowy geologicznej aglomeracji trójmiejskiej sporządzono przekroje geologiczno-inżynierskie. Linie przekrojów poprowadzono tak, aby uwzględnić różnorodność i złożoność budowy geologicznej aglomeracji trójmiejskiej. Wykonano 6 przekrojów w skali poziomej 1:10 000 i skali pionowej 1:500.

Przebieg linii przekrojowych przedstawiono na mapie podziału opracowania na arkusze skali 1:10 000 oraz na arkusze skali 1: 50 000 (Załącznik 1) i na mapach dokumentacyjnych w skali 1: 10 000.

1. Przekrój geologiczno-inżynierski I (WNW–SE/N–S)

Przekrój ten bierze początek na arkuszu Rumia (RUM) i dalej przebiega przez następujące arkusze: Gdynia Pogórze (POG) — Gdynia Chylonia (GCH) — Gdynia (GDY) — Gdynia Redłowo (GRE).

2. Przekrój geologiczno-inżynierski II (NNW–SE)

Przekrój ten rozpoczyna się na arkuszu Sopot (SOP) i dalej ku południowi przebiega przez arkusze: Sopot Dolny (SDO) — Gdańsk Wrzeszcz (GWR) — Gdańsk Nowy Port (GNP) — Gdańsk Śródmieście (GSR) — Gdańsk Stogi (GST).

3. Przekrój geologiczno-inżynierski III (W–E)

Przekrój ten poprowadzono przez wysoczyznę morenową od Gdańska Oliwy (GOL), obszar stożków napływowych w Gdańsku Wrzeszczu (GWR) i tereny nadmorskie Gdańska Nowego Portu (GNP) i Portu Północnego (GPP).

4. Przekrój geologiczno-inżynierski IV (SW–NE)

Przekrój IV bierze początek na wysoczyźnie morenowej, na arkuszu Kowale (KOW) i dalej ku północnemu-wschodowi przez wysoczyznę morenową Gdańska Oruni Górnej (GOG) dochodzi do utworów antropogenicznych Gdańska Śródmieście (GSR) i osadów deltowych na arkuszu Gdańsk Stogi (GST).

5. Przekrój geologiczno-inżynierski V (SW–NE)

Przekrój V rozpoczyna się na skraju wysoczyzny morenowej, na arkuszu Gdańsk Orunia Górna (GOG), a następnie przechodzi na Żuławy Wiślane (osady deltowe różnie wykształcone) na arkuszach Gdańsk Orunia Górna (GOG) i Przejazdowo (PRZ).

6. Przekrój geologiczno-inżynierski VI (W–E)

Przekrój geologiczno-inżynierski VI poprowadzono wzdłuż Wyspy Sobieszewskiej. Rozpoczyna się na arkuszu Gdańsk Górki Wschodnie (GGW) w osadach rzecznych i deltowych, a następnie przechodzi przez osady mierzejowe i morskie na arkuszach: Gdańsk Sobieszewo (GSO) i Gdańsk Świbno (GSW).

7. ZAGOSPODAROWANIE TERENU

Zagospodarowanie powierzchni terenu aglomeracji Trójmiasta przedstawiono na mapach w skali 1:10 000 (Zał. 9). Pokazano te arkusze na, których umiejscowiona jest zabudowa mieszkaniowa, przemysł lub są to obszary zdegradowane. Starano się pokazać dotychczasowe zagospodarowanie miast i tam gdzie była taka możliwość, planowane kierunki rozwoju. Znajomość tych problemów ukierunkowała interpretację geologiczno-inżynierską map z obszaru aglomeracji Trójmiasta.

7.1. Podstawowe dane o zagospodarowaniu obszaru Trójmiasta

7.1.1 Miasto Gmina Gdańsk

Powierzchnia miasta na prawach gminy wynosi 262,03 km². Największą dzielnicą Gdańska jest Port (87,6 km²), a najmniejszą – Wrzeszcz (26,5 km²). Powierzchnia pozostałych dzielnic zawiera się w granicach 33–44 km².

W obszarze gminy Gdańsk największą powierzchnię (66,44%) zajmują tereny bez zainwestowania miejskiego. Są to:

- tereny użytkowane rolniczo (pola uprawne, sady, łąki, pastwiska, grunty rolne zabudowane, grunty pod stawami, rowy) zajmują 37,35% powierzchni miasta
- lasy zajmują areał 18,52%
- „Inne obszary biologicznie czynne” – nieużytki porolnicze, użytki kopalne, tereny różne, tereny zalewowe, nieużytki – 5,77% terenów miasta Obszary te występują głównie na terenach rozwojowych miasta (południe i zachód).
- wody – 4,8%

Tereny zainwestowania miejskiego zajmują 33,56% powierzchni i są to:

- tereny zajęte przez zabudowę mieszkaniową i usługi – 8%
- tereny z przeważającą funkcją przemysłową – 4,6%.
- tereny inne – 4,6%
- tereny przeznaczone pod zabudowę – 2,7%
- tereny infrastruktury transportowej i technicznej – 11,63%
- urządzone tereny zielone rekreacyjno-wypoczynkowe zajmują 2,03% powierzchni Gdańska

7.1.2. Miasto Gmina Sopot

Sopot jest miastem uzdrowiskowym. Jego powierzchnia wynosi 17,31 km². Położony jest pomiędzy Gdańskiem (15 km od centrum historycznego Gdańska) i 8 km od centrum Gdyni. Miasto rozciąga się pomiędzy morzem a wzgórzami morenowymi na bardzo wąskiej 4,5 km przestrzeni.

W obszarze gminy Sopot największą powierzchnię (61,1%) zajmują tereny bez zainwestowania miejskiego. Są to:

- tereny użytkowane rolniczo zajmujące 4,2% powierzchni miasta
- lasy zajmujące areał 54%
- inne obszary – 2,77%
- wody – 0,17%

Tereny zainwestowania miejskiego zajmują 38,9% powierzchni i są to:

- tereny zajęte przez zabudowę mieszkaniową i usługi – 15,02%
- tereny z przeważającą funkcją przemysłowo-składową – 0,23%.
- inne tereny zabudowane i zurbanizowane tereny niezabudowane – 6,87%

- tereny infrastruktury transportowej i technicznej (drogi, koleje) – 7,28%
- urządzone tereny zielone to 9,47% powierzchni miasta (tereny rekreacyjno-wypoczynkowe)

7.1.3. Miasto Gmina Gdynia

Powierzchnia miasta na prawach gminy wynosi 135,14 km². Największą dzielnicą Gdyni jest Chwarzno-Wiczlino (27,93 km²), a najmniejszą – Kamienna Góra (0,63 km²). Powierzchnia pozostałych dzielnic zawiera się w granicach 1,71–14,53 km²

W obszarze gminy Gdynia największą powierzchnię (63,4%) zajmują tereny bez zainwestowania miejskiego. Są to:

- tereny użytkowane rolniczo zajmujące 17,3% powierzchni miasta
- lasy zajmujące areał 46,1%

Tereny zainwestowania miejskiego zajmują 23,7% powierzchni i są to:

- tereny zajęte przez zabudowę mieszkaniową i usługi – 11%
- tereny z przeważającą funkcją przemysłowo-składową – 3,1%.
- tereny infrastruktury transportowej i technicznej – 9,6%

12,9% powierzchni miasta są zajęte przez urządzone tereny zielone (parki, cmentarze itp.) plażę i wydmy, wody, obszary nieużytków itd.

Mapy zagospodarowania powierzchni aglomeracji opracowano na podstawie:

1. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Gdańska (2007).
2. Studium uwarunkowań i zagospodarowania przestrzennego miasta Sopotu (2002 r.).
3. Studium uwarunkowań i zagospodarowania przestrzennego miasta Gdyni (2007 r.).

8. GEOMORFOLOGIA AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ

Geomorfologię aglomeracji trójmiejskiej przedstawiono na mapie w skali 1: 50 000 (Zał.10). Mapę powyższą zestawiono w oparciu o autorskie szkice geomorfologiczne wykonane na potrzeby Szczegółowej Mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000: arkusze: Rumia (Pikies, Zaleszkiewicz, 1994a), Gdynia (Mojski, 1978), Gdańsk (Mojski,1979a), Sobieszewo, Drewnica (Mojski, 1990a), Pruszcz Gdański (Mojski,1981a) Żukowo (Pikies, 1991a). Na mapie przedstawiono informacje dotyczące ukształtowania powierzchni terenu objętego atlasem, granice opracowania, podział na arkusze w skali 1:10 000. Z mapy korzystano przy wydzieleniu serii geologiczno-inżynierskich w profilach otworów

wprowadzanych do bazy oraz posłużyła również do charakterystyki geomorfologii obszaru Trójmiasta.

9. OBSZARY PODATNE NA WYSTĄPIENIA RUCHÓW MASOWYCH ORAZ POWODZI I PODTOPIEŃ

Obszary podatne na wystąpienia ruchów masowych oraz powodzi i podtopień w Trójmieście pokazano na mapie (Zał. 11). Obszary podatne na wystąpienia ruchów masowych zostały przedstawione jako nachylenia stoków i zboczy. Z analizy otrzymanego obrazu widać uwarunkowania możliwości powstania osuwisk w Trójmieście, które niewątpliwie wynikają z morfologii obszaru jak też z działań człowieka. I tak:

- występowanie deniwelacji o wielkości rzędu 40–50 m. Z deniwelacjami wiąże się występowanie stoków o dużym nachyleniu, kilkunastu stopni i więcej. Największe przekraczają 30 stopni. Duże deniwelacje i nachylenie stoków związane są z młodoglacjalną rzeźbą powierzchni terenu. Należy podkreślić, że na terenie Trójmiasta obserwuje się silnie rozwiniętą sieć pradolin. Ich strefy krawędziowe są predysponowane do wystąpienia ruchów masowych. Deniwelacje w obrębie krawędzi pradolin miejscami przekraczają 150 m. Ponieważ pradoliny te mają starsze (sprzed ostatniego zlodowacenia) założenia (pradolinne lub rynnowe) osady w ich zboczach są w wielu miejscach zaburzone glacitektonicznie – tzw. „glacitektonika krawędziowa”. Pradoliny są wybitnymi strefami drenażu wód podziemnych z czym wiąże się występowanie na ich zboczach różnego rodzaju wypływów wody. Do strefy krawędziowej pradolin można prawdopodobnie zaliczyć także krawędź wysoczyzny w rejonie Gdańska i Sopotu,
- położenie Trójmiasta nad morzem sprawia, że ma tu miejsce proces abrazji, aktywizujący procesy osuwiskowe. W obszarze Trójmiasta występują brzegi klifowe, które były, są i będą niszczone przez morze. W świetle prognozowanych zmian klimatycznych i związanego z tym podnoszenia się poziomu wody w Bałtyku, procesy te mogą ulec nasileniu,
- czynniki antropogeniczne – związane z zagospodarowaniem terenu – odgrywają na terenie Trójmiasta dużą rolę. Dotyczy to zagospodarowania brzegów morza, a w tym np. zmiany lokalnych warunków wodnych i zabudowy brzegów morza w celach jego ochrony oraz gospodarczych (falachrony portowe). Zabudowa ta zawsze przynosi efekt w postaci wzmożonej abrazji innego odcinka brzegu,

- innym lecz równie ważnym czynnikiem antropogenicznym jest rozwój Trójmiasta. Miejska zabudowa i infrastruktura intensywnie wkraczają na stromą i wysoką krawędź wysoczyzny. Obecnie najbardziej groźną jest wieloaspektowa zmiana spływu powierzchniowego wód opadowych z górnych części brzegu wysoczyzny. Spływ ten wyraźnie się zwiększył w wyniku zabudowy. W rezultacie coraz częstsze i groźniejsze są przypadki erozji stoków. Zjawisko to należy postrzegać także w perspektywie ocieplania się klimatu, z którym wiąże się wzrost ilości i skali ekstremalnych opadów.

Obszary podatne na powódzie i podtopienia (Zał. 11) wyznaczono na podstawie wyników badań prowadzonych przez Oddział Geologii Morza Państwowego Instytutu geologicznego (Kordalski, Kaulbarsz, Lidzbarski & Uścińowicz, 2007; Kordalski, Jegliński, Kaulbarsz, 2007). Z opracowanych scenariuszy zmian poziomu morza, a także rozkładu temperatur i opadów wynika, że:

- nadmorskie obszary Gdańska Sopotu i Gdyni są narażone na ryzyko erozji brzegów,
- nadmorskie obszary Gdańska Sopotu i Gdyni (szczególnie te położone w depresji lub do 2,5 m p.p.m.) są narażone na ryzyko powodzi i podtopień.

10. WYSTĘPOWANIE I HYDRODYNAMIKA PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO W OBSZARZE AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ

Niniejsza mapa jest kartograficznym odwzorowaniem wybranych elementów charakterystyki hydrogeologicznej pierwszej od powierzchni terenu warstwy wodonośnej lub zespołu warstw wodonośnych wykazujących wzajemną dobrą łączność hydrauliczną. Charakterystyka ta obejmuje w szczególności elementy istotne dla ustalenia związków hydraulicznych pierwszego poziomu wodonośnego z wodami powierzchniowymi, z ekosystemami zależnymi od wód podziemnych oraz z obiektami zagospodarowania powierzchni terenu.

Mapa wykonana została na podstawie opracowań autorskich siedmiu arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 – Pierwszy poziom wodonośny, występowanie i hydrodynamika (Karwik, 2006; Kordalski, 2006; Pasierowska, 2006ab; Prussak, 2006ab; Szelewicka, Lidzbarski, 2006). Podstawą opracowań autorskich poszczególnych arkuszy była Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 (MhP). Analiza zawartych w MhP materiałów pozwoliła na zidentyfikowanie warunków występowania wód podziemnych w obszarze aglomeracji trójmiejskiej oraz określenie ich pozycji hydrodynamicznej w systemie krążenia wód. Na podstawie wykonanej w ramach MhP regionalizacji

hydrogeologicznej określono stosunek pierwszego poziomu wodonośnego (PPW) do głównego użytkowego poziomu wodonośnego (GUPW).

Pierwszy poziom wodonośny wyróżniono jako:

- główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW),
- poziom nie będący GUPW,
- poziom o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i własnościach warstw wodonośnych (zww).

Pozostałe kryteria wydzielenia pierwszego poziomu wodonośnego to:

charakter zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego,

- litologiczne wykształcenie utworów budujących pierwszy poziom wodonośny,
- położenie geomorfologiczne,
- wiek stratygraficzny utworów budujących PPW.

Warunki występowania pierwszego poziomu wodonośnego na obszarze aglomeracji trójmiejskiej są bardzo zróżnicowane. Jest to efekt zmiennych warunków sedymentacji osadów w okresie czwartorzędu, dużego urozmaicenia rzeźby terenu oraz oddziaływania aglomeracji miejsko-przemysłowej. Intensywna zabudowa, odwodnienia budowlane, kanalizacja deszczowa, przekształcenia powierzchni terenu oraz skoncentrowany na niewielkiej przestrzeni pobór wód w sposób znaczący wpłynęły na hydrodynamikę i warunki występowania pierwszego poziomu wodonośnego w Pradolinie Kaszubskiej i tarasie nadmorskim, w mniejszym zaś stopniu w obrębie strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego.

Pierwszy poziom wodonośny występuje przede wszystkim w osadach czwartorzędowych, a w rejonie krawędzi wysoczyzny i na Kępie Oksywskiej także w osadach neogenu. Na 42% powierzchni aglomeracji trójmiejskiej zachodzi tożsamość PPW=GUPW. Na pozostałym terenie PPW stanowi poziom podrzędny. Dominuje naturalny układ krążenia wód w systemach zlewniowych – zasilanie wód powierzchniowych przez wody podziemne. Jedynie w rejonie stożków napływowych potoków spływających z terenu wysoczyzny morenowej w kierunku morza, obserwuje się infiltrujący charakter cieków. O kierunkach spływu wód w obrębie pierwszego poziomu wodonośnego decyduje ukształtowanie powierzchni terenu. Wysoczyzna morenowa Pojezierza Kaszubskiego stanowi obszar zasilania i strefę tranzytu wód podziemnych a regionalnymi bazami drenażu dla wód pierwszego poziomu wodonośnego są: Zatoka Gdańska, oraz równinne obszary Żuław Wiślanych i Pradoliny Kaszubskiej.

Nieciągłość pierwszej od powierzchni terenu warstw wodonośnej, a także niewystarczające rozpoznanie hydrodynamiki na terenie strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego, powodują, że hydroizohipsy i hydroizobaty tych warstw

nie mogą być odwzorowane kartograficznie ze stopniem dokładności właściwym dla map w skali 1:50 000. Miejsca te pokazano jako obszary o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i własnościach warstw wodonośnych rezygnując z prezentacji obrazu hydroizohips a głębokość do PPW przedstawiono z wykorzystaniem łączonych przedziałów: <5 m i 5–20 m.

Głębokość występowania PPW jest bardzo zróżnicowana i waha się w przedziałach od <1 m do >50 m. W strefie krawędziowej wysoczyzny morenowej, na terenach o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i właściwościach warstw wodonośnych, najczęściej przyjmuje wartość <5 m. W pozostałej części strefy krawędziowej i na wysoczyźnie Pojezierza Kaszubskiego dominuje przedział 20–50 m. Na obszarze tarasu nadmorskiego głębokość występowania PPW wynosi ok. 10 m i maleje w kierunku brzegu morza do <1 m. Na Żuławach Wiślanych pierwszy poziom wodonośny występuje na głębokościach od <5 m do >10 m w miejscach gdzie PPW izolowany jest od powierzchni terenu miąższą warstwą osadów organicznych.

Powierzchnia zwierciadła wód podziemnych PPW nawiązuje do ukształtowania terenu a jej wysokość waha się od rzędnych powyżej 140 m n.p.m., na obszarze wysoczyzny morenowej, do poniżej 0 m n.p.m. na tarasie nadmorskim, w delcie Wisły i Pradolinie Kaszubskiej, gdzie zwierciadło PPW zostało obniżone na skutek eksploatacji wód podziemnych. Na Żuławach i w Pradolinie Kaszubskiej wody podziemne pierwszego poziomu wodonośnego są pod wpływem rowów i kanałów melioracyjnych. W pozostałej części aglomeracji Trójmiasta stany wód podziemnych PPW wahają się w naturalnych cyklach: sezonowym i wieloletnim. Przebieg hydroizohips obrazuje stan średni z wielolecia.

Do ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych należą tereny podmokłe, bagienne i torfowiskowe w Pradolinie Kaszubskiej i w delcie Wisły. Zabiegi hydrotechniczne stosowane w celu gospodarczego wykorzystania tych terenów spowodowały obniżenie poziomu wód gruntowych. W ślad za tym nastąpiły też zmiany siedliskowe ekosystemów.

Na obszarze wysoczyzny morenowej udokumentowano występowanie wód zawieszonych ponad PPW. Do wód zawieszonych zaliczono takie poziomy, których forma występowania nie spełnia kryteriów pierwszego poziomu wodonośnego, ale równocześnie odgrywają one ważną rolę w procesie krążenia wód podziemnych. Prawdopodobnie są szeroko rozprzestrzenione i zasilają system wód powierzchniowych.

Dobre warunki występowania wód podziemnych PPW były podstawą wyznaczenia głównego zbiornika wód podziemnych GZWP nr 110 „Pradolina Kaszuby” oraz GZWP nr 112 „Żuławy Gdańskie”. Na obszarze GZWP 112

zlokalizowane są ważne komunalne ujęcia wód podziemnych: Lipce, Czarny Dwór, Zaspą i Bitwy pod Płowcami.

Charakterystyka warunków hydrogeologicznych pierwszego poziomu wodonośnego została przedstawiona w oparciu o objaśnienia tekstowe Mapy hydrogeologicznej polski w skali 1:50 000 – występowanie i hydrodynamika. W obrębie każdego arkusza Mapy topograficznej w skali 1:10 000 przedstawiono warunki występowania wód pierwszego poziomu wodonośnego, jego dynamikę i inne cechy charakterystyczne dla omawianego obszaru. Zrezygnowano z odrębnego opisu w odniesieniu do arkuszy, których tylko niewielki fragment obejmują granice opracowania. Zostały uwzględnione przy opisie arkuszy sąsiednich.

Arkusz 2 – Rumia (RUM)

Obszar opracowania obejmuje niewielki fragment arkusza. Wody pierwszego poziomu wodonośnego występują tutaj w dwóch różnych środowiskach. Na północy jest pradolina kaszubska, gdzie pierwszy poziom wodonośny prowadzi wody o swobodnym zwierciadle w utworach piaszczysto-żwirowych na powierzchni których, lokalnie występują torfy. Na skutek obniżenia poziomu zwierciadła PPW, przypowierzchniowe osady w tym także torfy zostały częściowo osuszone. Na omawianym obszarze znajduje się południowa część ujęcia miejskiego „Rumia”. Głębokość do pierwszego zwierciadła wynosi mniej niż 2 m, a wzdłuż krawędzi wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego przekracza 5 m.

W południowej części arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w strefie krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego najczęściej w zwietrzalnych przypowierzchniowych partiach glin, a lokalnie także w przewarstwieniach piaszczystych pomiędzy glinami. Głębokość do PPW wynosi tu od 5 do 20 m a lokalnie < 5 m. Zróznicowane warunki występowania wód podziemnych nie pozwalają na kartograficzne odwzorowanie ich hydrodynamiki. Silny drenaż wywołany przez Pradolinę Kaszubską oraz rzeki głęboko wcinające się w wysoczyznę: Zagórską Strugę i Cisowiankę powodują że stropowe partie osadów czwartorzędowych do znacznych głębokości pozostają suche.

Arkusz 3 – Gdynia Pogórze (GPO)

Północno-wschodni fragment obszaru arkusza obejmuje południową część Kępy Oksywskiej. Wody pierwszego poziomu wodonośnego występuje tu głównie w czwartorzędowych piaskach ze żwirami oraz drobnoziarnistych piaskach miocenu, które pozostają ze sobą w kontakcie hydraulicznym. Zwierciadło wody na tym obszarze jest swobodne (tylko lokalnie napięte). Układa się ono od około

7 do 15 m n.p.m. Lokalnie, w przewarstwieniach piaszczystych wśród glin zwałowych mogą występować wody zawieszane.

Na pozostałej części obszaru arkusza w granicach administracyjnych Gdyni wody podziemne występują w silnie przekształconej antropogenicznie Pradolinie Kaszubskiej. Pierwszy poziom wodonośny prowadzi wody o swobodnym zwierciadle w utworach piaszczysto-żwirowych, na powierzchni których, lokalnie występują torfy. Na skutek obniżenia poziomu zwierciadła PPW, przypowierzchniowe osady w tym także torfy zostały częściowo osuszone. Lokalnie, wśród wodonośnych piasków, na głębokościach od 1 m do 8 m występują torfy kopalne o miąższości średnio 0,2 m. Zwierciadło wody układa się na rzędnych od około 25 m n.p.m. do 5 m n.p.m. Dział wód podziemnych w rejonie stożka napływowego Cisowianki implikuje rozptyw wód PPW. Układ hydrodynamiczny, w którym wody rozptywiają się w dwóch przeciwstawnych kierunkach komplikuje, wymuszony eksploatacją wód podziemnych, lokalny spływ ku ujęciu „Rumia”. Głębokość do PPW w północno-zachodniej części jednostki wynosi mniej niż 2 m, a w południowo-wschodniej mniej niż 5 m i wzrasta do około 10 m u podnóża wysoczyzn.

Arkusz 4 – Gdynia Obłuże (GOP) oraz fragment arkusza 1 – Pierwoszyno (PIE)

W prawie całej powierzchni arkusza (oraz na fragmencie arkusza 1) dominuje Kępa Oksywska, której stoki opadają ku Pradolinie Kaszubskiej a wybrzeże na całym odcinku ma charakter klifowy. Pierwszy poziom wodonośny występuje głównie w piaskach od drobnych do grubych i żwirach, a w rejonach gdzie podłoże czwartorzędu zostało wypiętrzone, także w drobnych piaskach miocenu. Oba poziomy pozostają ze sobą w kontakcie hydraulicznym. W profilu pionowym piasków miocenu powszechnie występują domieszki węgla brunatnego. Zwierciadło wody, które na dominującym obszarze jest napięte obniża się od około 15 m n.p.m. w centralnej części kępy (strefa zasilania) do 0 m n.p.m. w pradolinie i wzdłuż linii brzegowej morza. Pod przypowierzchniowymi glinami występują piaszczyste osady wodnolodowcowe. Z uwagi na bliskość baz drenażu pozostają one suche do znacznych głębokości. Głębokość występowania pierwszego poziomu wodonośnego w obrębie wyniesienia kępy wynosi powyżej 50 m, w rejonie stoków wysoczyznowych od 20 do 50 m, zaś w strefie brzegowej morza od 10 do 20 m. Lokalnie wśród glin piaszczystych występują wody o charakterze zawieszonym. W miejscowościach Pierwoszyno i Mechelinki ujmowane są one studniami kopanymi. W rejonie Gdyni – Obłuża wody zawieszane występują na głębokości ponad 10 m (nie są wykorzystane gospodarczo). Na południe od

miejsowości Mechelinki wody zawieszane przesączają się przez powierzchnię aktywnego klifu (tzw. „klif mecheliński”), tworząc wysięki.

Na południe od Kępy Oksywskiej wody podziemne występują w silnie przekształconej antropogenicznie części Pradoliny Kaszubskiej. W rejonie tym warunki występowania pierwszego poziomu wodonośnego poddane zostały antropopresji poprzez intensywną zabudowę i infrastrukturę, które utrudniają infiltrację opadów do warstwy wodonośnej. W efekcie pierwsze zwierciadło wody jest trwale obniżone. Pierwszy poziom wodonośny prowadzi wody o swobodnym zwierciadle w utworach piaszczysto-żwirowych, na powierzchni których, w dolinie Chylonki występują torfy. Lokalnie, wśród wodonośnych piasków. Miejscami w rejonie gdyńskich basenów portowych poziom torfów znajduje się na głębokości od 5 do 6 m.

Arkusz 6 – Gdynia Rogulewo (ROG) oraz fragmenty arkuszy: 5 – Łężyce (LEZ), 9 – Koleczkowo (KOL)

W południowej części arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w strefie krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego. Na dominującym obszarze wody podziemne występują w zwietrzałych przypowierzchniowych partiach glin, a lokalnie także w przewarstwieniach piaszczystych pomiędzy glinami. Głębokość do pierwszego poziomu wodonośnego wynosi tu < 5 m. Zróżnicowane warunki występowania wód podziemnych nie pozwalają na kartograficzne odwzorowanie ich hydrodynamiki. Lokalnie mogą występować źródła i wysięki o wydajności mniejszej od 1 l/s. Roboty melioracyjne przeprowadzane w ubiegłym stuleciu w wielu wypadkach spowodowały obniżenie się poziomu wód gruntowych. Z przeprowadzonego wywiadu wynika, że lokalnie poziom wody w studniach gospodarskich obniżył się nawet o 2 do 3 m, a część źródeł, dawniej stałych, została przekształcona w okresowe. W strefie krawędziowej silny drenaż wywołany przez Pradolinę Kaszubską oraz rzeki głęboko wcinające się w wysoczyznę: Zagórską Strugę i Cisowiankę powodują że stropowe partie osadów czwartorzędowych do znacznych głębokości pozostają suche. W miejscach rozcięcia warstwy wodonośnej przez powierzchnię terenu naturalny drenaż odbywa się przez źródła, dające początek dopływom wymienionych rzek. Wody pierwszego poziomu wodonośnego występuje głównie w piaskach o różnej granulacji oraz piaskach drobnych. Głębokość do zwierciadła wody na ogół nie przekracza 5 m, a tylko w rejonie zboczy dolin i stoku wysoczyzny wynosi od 20 m do 50 m.

Arkusz 8 – Gdynia (GDY)

W północnej części obszaru arkusza wody podziemne występują w silnie przekształconej antropogenicznie części Pradoliny Kaszubskiej. W rejonie tym warunki występowania pierwszego poziomu wodonośnego poddane zostały antropopresji poprzez intensywną zabudowę i infrastrukturę, które utrudniają infiltrację opadów do warstwy wodonośnej. W efekcie pierwsze zwierciadło wody jest trwale obniżone. Pierwszy poziom wodonośny prowadzi wody o swobodnym zwierciadle w utworach piaszczysto-żwirowych, na powierzchni których, w dolinie Chylonki występują torfy. Lokalnie, wśród wodonośnych piasków, na głębokościach od 1 do 8 m występują torfy kopalne o miąższości średnio około 0,2 m. Najwyraźniejszy poziom torfu (przedlitorynowego) znajduje się na głębokości od 5 do 6 m w rejonie gdyńskich basenów portowych. W centrum Gdyni zwierciadło wody występuje także w gruntach zmienionych antropogenicznie (nasypy). Zwierciadło wody układa się na rzędnych od 5 m n.p.m. do 0 m n.p.m. Natomiast głębokość wynosi od 1 m do 3 m w rejonie kanałów portowych i wzrasta do około 15 m u podnóża wysoczyzn.

Podobne warunki hydrogeologiczne występują w Obniżeniu Redłowskim na południe od Pradoliny Kaszubskiej. Jest to równina sandrowa, pomiędzy Pojezierzem Kaszubskimi i Kępą Redłowską. Pierwszy poziom wodonośny jest wykształcony w piaskach i żwirach wodnolodowcowych, prowadzi wody o swobodnym zwierciadle, które układa się od 20 m n.p.m. do około 5 m n.p.m. Zasilanie bezpośrednie jest ograniczone z uwagi na zwartą zabudowę miejsko-przemysłową Gdyni. Obiekty budowlane, w tym także drogi i kanalizacja deszczowa ograniczają infiltrację opadów atmosferycznych. Głębokość do zwierciadła wody wynosi od około 5 m w centralnej części jednostki do około 20 m u podnóża stoków obszarów wysoczyznowych.

Na południowy zachód od Pradoliny Kaszubskiej rozpościera się strefa krawędziowa Pojezierza Kaszubskiego. Wody pierwszego poziomu występują w piaskach i żwirach lodowcowych lub wodnolodowcowych. Bliskość baz drenażu: Pradoliny Kaszubskiej i Obniżenia Redłowskiego uwidacznia się w dużych spadkach zwierciadła wody, które układa się od 50 m n.p.m. do poniżej 10 m n.p.m. Zwierciadło wody na dominującym obszarze jest swobodne i zalega na znacznych głębokościach (20–50 m). W rezultacie liczne rozcięcia erozyjne są suche i nie sięgają zwierciadła wód podziemnych. Możliwe jest występowanie płytkich wód zawieszonych.

W obrębie Kępy Redłowskiej (południowo-wschodnia część obszaru arkusza) pierwszy poziom wodonośny występuje w obrębie zróżnicowanych litologicznie i stratygraficznie osadach: piaskach od drobnych do grubych

czwartorzędu i neogenu. W piaskach drobnych, niezależnie od wieku osadu, stwierdza się występowanie domieszek frakcji zastoiskowej (pyły) a w osadach wodonośnych neogenu, dodatkowo pyłów burowęglowych. Silny drenaż w strefie brzegowej morza sprawia, że stropowe partie osadów piaszczystych (wyniesionych w granicach arkusza mapy na wysokość do około 50 m n.p.m.) pozostają suche. Głębokości są znaczne: od 20 do 50 a nawet więcej. Możliwe jest występowanie płytkich wód zawieszonych.

Arkusz 10 – Bojano (BOJ)

Warunki występowania wód podziemnych na obszarze arkusza są zróżnicowane. Na pierwszy poziom wodonośny składają się usytuowane na zróżnicowanych wysokościach nad poziomem morza nieciągłe warstwy wodonośne o lokalnym zasięgu, występujące w postaci soczewek piaszczysto-żwirowych oraz spiaszczeń w obrębie glin zwałowych i lokalnie pyłów. Na terenie tym powszechnie występują wody powierzchniowe w postaci oczek w zagłębieniach bezodpływowych oraz cieków i podmokłości, znajdujące się w kontakcie hydraulicznym z wodami pierwszego poziomu wodonośnego. Głębokość do zwierciadła wody, udokumentowana w studniach kopanych, najczęściej nie przekracza 5 m, lokalnie dochodzi do 10 m. W obrębie obszarów o znacznych deniwelacjach, takich jak strome i wysokie brzegi rynien lub wzniesienia w obrębie wysoczyzny, głębokość może dochodzić do 20 m, a w południowej części nawet przekracza 50 m.

Arkusz 11 – Gdynia Dąbrowa (GDA)

W centralnej części obszaru arkusza występowanie pierwszego poziomu wodonośnego stwierdzono w czwartorzędowych piaskach i żwirach wodnolodowcowych. Zwierciadło wody jest na ogół swobodne i tylko lokalnie, z uwagi na obniżenie spągu nadkładu glin zwałowych jest napięte. Zwierciadło układa się na rzędnych od ponad 120 m n.p.m. do około 90 n.p.m. i jest drenowane przez rzekę Kaczą, potok Źródło Marii oraz Morze Bałtyckie. Wody występują na zróżnicowanych głębokościach od około 10 m do ponad 50 m lecz na przeważającym obszarze są to głębokości w granicach 20 m–50 m. Lokalnie brak jest kontaktu wód powierzchniowych z wodami podziemnymi. W rejonie doliny Kaczej pierwszy poziom wodonośny występuje w czwartorzędowych międzymorenowych fluwioglacjalnych piaskach od drobnych do grubych, odsłoniętych przez głębokie wcięcie morfologiczne terenu oraz lokalnie w torfach zalegających na powierzchni terenu na zawodnionych piaskach. Wody pierwszego poziomu są swobodne. Głębokość do zwierciadła wody nie przekracza 5 m. Pierwszy poziom wodonośny jest głównym użytkowym poziomem wodonośnym.

Hydrodynamika poziomu kształtowana jest przez drenujący charakter wód powierzchniowych.

Arkusz 12 – Gdynia Redłowo (GRE)

W centralnej (strefa krawędziowa pojezierza Kaszubskiego) i północno-wschodniej (Kępa Redłowska) części obszaru arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w obrębie zróżnicowanych litologicznie i stratygraficznie osadów. Są to piaski drobne do grubych plejstocenu oraz piaski drobne miocenu. Serie piaszczyste często są poprzedzielane miększymi seriami plejstocenijskich pyłów zastoiskowych lub spiętrzonych glin zwałowych. W obrębie serii plejstocenijskich znajdują się porwaki węgla brunatnych. W wyniesionych utworach miocenu osadom piaszczystym towarzyszą pyły, ropy oraz przekładki węgla brunatnych.

Silny drenaż w strefie brzegowej morza sprawia, że stropowe partie osadów piaszczystych (wyniesionych w granicach arkusza mapy na wysokość do około 130 m n.p.m.) pozostają suche. Pierwszy poziom wodonośny znajduje się pod osadami słaboprzepuszczalnymi na głębokości powyżej 20 m, a w rejonach najwyższych wzniesień nawet na głębokości powyżej 50 m. Stwierdzono występowanie wód zawieszonych powyżej wkładek glin zwałowych: w rejonie ulicy Wielkopolskiej, na stokach stromo opadających w kierunku doliny rzeki Kaczej oraz w okolicy szpitala w Redłowie. Potwierdzeniem występowania lokalnych soczewek wód gruntowych są między innymi również wysięki wody w klifie. Płynący przez tą jednostkę Potok Kolibkowski prowadzi wody, które nie kontaktują się z wodami podziemnymi pierwszego poziomu wodonośnego, ale wykazują łączność z wodami sączącymi się w klifie. Brak jest dowodów, że poszczególne warstwy wodonośne pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Odprowadzenie wód opadowych miejską kanalizacją burzową oraz spływ powierzchniowy wód opadowych z obszaru miasta na teren rezerwatu powoduje silną erozję liniową i zanieczyszczenie gleby.

Środkową część obszaru arkusza z zachodu na wschód przecina dolina rzeki głębokość do pierwszego poziomu wodonośnego zmienia się od bliskiej 0 przy samej rzece do około 5 m. W związku z tym, że są to bardzo wąskie doliny nie można było graficznie przedstawić tej zmienności i określono głębokość jako mieszczącą się w przedziale poniżej 5 m. Miększość piasków rzecznych wypełniających doliny jest nieznaczna, ale często podścielają je miększe serie piasków wodnolodowcowych tworząc miejscami wspólny poziom wodonośny. Zwierciadło wody ma charakter swobodny.

Zasięg jednostki związany jest z występowaniem obszaru zaburzeń glaciektonicznych w obrębie strefy krawędziowej. Na wschodzie obszaru arkusza

jednostka ta graniczy bezpośrednio z jednostką związaną z niziną nadmorską. Kontynuuje się ona na arkuszu Gdynia (16) oraz Żukowo (26).

W północno-zachodniej części obszaru arkusza pierwszy poziom wodonośny występuje głównie w piaskach różnoziarnistych plejstocenu, często zawierających domieszki żwiru. W rejonach, gdzie osady miocenu zostały wypiętrzone poziom ten znajduje się także w drobnych piaskach miocenu. Wody płynące w tych różnych stratygraficznie utworach pozostają ze sobą w ścisłym kontakcie hydraulicznym. W profilu pionowym piasków miocenu powszechnie występują domieszki węgla brunatnego. Zwierciadło wody ma charakter swobodny i gwałtownie obniża się w kierunku Zatoki Gdańskiej, od 55 do 20 m n.p.m. Lokalnie zwierciadło jest napięte. Osady wodnolodowcowe występujące pod przypowierzchniowymi glinami z uwagi na bliskość baz drenażu pozostają do znacznych głębokości suche. Stąd głębokość występowania PPW jest znaczna i mieści się najczęściej w przedziale 20–50 m, lokalnie przekracza nawet 50 m. W profilu pionowym zdecydowanie przeważają osady piaszczyste, natomiast gliny i inne osady słabo przepuszczalne występują w postaci „czap” lub niezbyt miąższach przewarstwień.

Arkusz 13 – Gdynia Kępa Redłowska (GKR)

W granicach tego arkusza występuje niewielki fragment Kępy Redłowskiej i Doliny rzeki Kaczej. Warunki występowania pierwszego poziomu wodonośnego zostały opisane przy arkuszu 12.

Arkusz 14 – Gdańsk Osowa (GDO)

W centralnej i zachodniej części obszaru arkusza występowanie pierwszego poziomu wodonośnego stwierdzono w czwartorzędowych piaskach i żwirach wodnolodowcowych. Zwierciadło wody jest na swobodne i układa się na rzędnych od ponad 140 m n.p.m. do około 100 n.p.m. Występuje na zróżnicowanych głębokościach od około 5 m w rejonie Osowy i głęboko wciętych dolin do ponad 50 m. Jednak na przeważającym obszarze są to głębokości w granicach 20 m–50 m. We wschodniej części obszaru arkusza występuje strefa o zróżnicowanych warunkach występowania i własnościach warstw wodonośnych. Wody występują na różnej wysokości nad poziomem morza w przewarstwień i soczewkach piaszczystych znajdujących się w obrębie pyłów i iłów zastoiskowych oraz glin zwałowych. Głębokość do zwierciadła wód pierwszego poziomu nie przekracza 5 m.

Arkusz 15 – Sopot (SOP)

W strefie krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego obejmującą centralną część obszaru arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w utworach zaburzonych glacitektonicznie. Są to głównie piaski od drobnych do grubych plejstocenu, często zawierające domieszki żwiru oraz drobne piaski miocenu. Wody płynące w tych różnych stratygraficznie utworach pozostają ze sobą w ścisłym kontakcie hydraulicznym. Zwierciadło wody ma charakter swobodny i obniża się w kierunku Zatoki Gdańskiej od 80 do 20 m n.p.m. Osady wodnolodowcowe występujące pod przypowierzchniowymi glinami z uwagi na bliskość baz drenażu pozostają do znacznych głębokości suche. Stąd głębokość występowania PPW jest znaczna i mieści się najczęściej w przedziale 20–50 m, lokalnie przekracza nawet 50 m. Jedynie w rejonie wysoko wyniesionych utworów miocenu w Renuszewie głębokość jest mniejsza i mieści się w przedziale 5–10 m. W profilu pionowym zdecydowanie przeważają osady piaszczyste, natomiast gliny i inne osady słabo przepuszczalne występują w postaci „czap” lub niezbyt miąższych przewarstwień. Płytko pod powierzchnią terenu mogą występować sączenia lub zawodnione przewarstwienia o lokalnym rozprzestrzenieniu.

Wzdłuż zachodniej granicy omawianego arkusza występują zróżnicowane warunki występowania warstw wodonośnych. Mogą stanowić je przekładki osadów nieprzepuszczalnych (glin, pyłów i iłów) powodując powstawanie lokalnych, płytkich poziomów wodonośnych, o zmiennej wysokości występowania i rozprzestrzenieniu. Występujące na tym terenie warstwy wodonośne nie pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Głębokość do zwierciadła PPW na przeważającej części nie przekracza 5 m.

Wschodnią część obszaru arkusza obejmują niziny nadmorskie, gdzie występowanie pierwszego poziomu wodonośnego związane jest z osadami piaszczysto-żwirowymi stożków napływowych. Głębokość jego występowania mieści się z reguły w przedziale 10–20 m i tylko na niewielkim obszarze strop jest na głębokości mniejszej niż 10 m. Litologicznie serię piaszczystą budują piaski drobne, rzadziej piaski od drobnych do grubych. Obniżenie nadmorskie płynnie przechodzi w doliny rozcinające prostopadle strefę krawędziową. Wypełniają je najczęściej piaski dolinne, zawodnione. Głębokość do zwierciadła wody jest zmienna: od 0,5 do ok. 5 m.

Arkusz 16 – Sopot Dolny (SDO)

Na przeważającej części arkusza pierwszy poziom wodonośny jest jednocześnie głównym poziomem użytkowym. Pomimo występowania przekładek

utworów słaboprzepuszczalnych stabilizacja wody jest wyrównana a zwierciadło swobodne. Głębokość do stropu poziomu wodonośnego zmniejsza się w stronę linii brzegowej Zatoki Gdańskiej od mieszczącej się w przedziale 10–20 m do mniejszej niż 1 m w rejonie plaży.

Poziom wodonośny tworzą piaski o różnej granulacji i genezie. Są to piaski od drobnych do grubych ze żwirami stożków napływowych, piaski średnie, eoliczne mierzei znajdujące się na zapleczu plaż, piaski mierzei występujące pod namułami lub torfami oraz piaski wodnolodowcowe. Piaski wodnolodowcowe występują poniżej osadów eolicznych, osadów mierzei oraz stożków napływowych. Na obszarze tej jednostki zlokalizowane są główne ujęcie wód podziemnych miasta Sopotu – ujęcie „Bitwy pod Płowcami” i Gdańska – ujęcie „Czarny Dwór”. W rejonie oddziaływania w/w ujęć komunalnych głębokość zwierciadła wody może ulegać zmianom.

Arkusz 19 – Gdańsk Klukowo (GKL) oraz fragment ark. 17 – Banino (BAN)

Wody pierwszego poziomu wodonośnego na obszarze arkusza występują w dwóch różnych strefach. Na zachodzie (w tym na skrawku ark. 17) pierwszy poziom wodonośny jest tożsamy z głównym poziomem międzymorenowym w różnoziarnistych oraz podrzędnie drobnych piaskach wodonośnych oraz lokalnie w piaskach ze żwirami. Zwierciadło wody jest napięte, lokalnie swobodne i układa się na rzędnych 110–125 m n.p.m. Głębokość występowania wynosi od około 10 m do około 50 m. Lokalnie mogą jednak występować płytkie wody zawieszane w przedziale głębokości < 5 m.

Odmienne warunki występują we wschodniej części obszaru arkusza, gdzie przeważają zróżnicowane warunki występowania i własności warstw wodonośnych. Występujące na tym terenie warstwy wodonośne nie pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Wody powierzchniowe pozostają w kontakcie z wodami pierwszego poziomu wodonośnego. Głębokość do zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego w tej części obszaru arkusza nie przekracza 5 m, jedynie w Gdańsku-Firodze dochodzi do 6 m, zaś w rejonie Kokoszek do 12 m.

Arkusz 19 – Gdańsk Oliwa (GOL)

Wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w strefie zaburzeń glaciektonicznych w obrębie strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego. Wodonośnic stanowią głównie piaski od drobnych do grubych plejstocenu, często zawierających domieszki żwiru oraz drobne piaski miocenu. Wody płynące w tych różnych stratygraficznie utworach pozostają ze sobą w ścisłym kontakcie hydraulicznym. Zwierciadło wody w północnej części obszaru arkusza ma

charakter swobodny i obniża się w kierunku Zatoki Gdańskiej, od 100 do 30 m n.p.m. Natomiast w południowej części zwierciadło wody napina kompleks glin zwałowych.

Głębokość występowania PPW jest znaczna i mieści się najczęściej w przedziale 20–50 m, lokalnie przekracza nawet 50 m. Pod powierzchnią terenu (na niewielkich głębokościach) mogą występować wody zwieszane i sączenia wód gruntowych. Północną część obszaru arkusza przecina dolina Radości, gdzie wody gruntowe występują w osadach dolinnych na głębokości od 0,5 do ok. 5 m. Zachodnią część obszaru arkusza obejmuje pas terenu, gdzie wody podziemne występują w znacznie zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych i na różnych głębokościach.

Na niewielkim obszarze arkusza w jego północno-wschodniej części wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w utworach o różnej genezie. Są to piaski od drobnych do grubych ze żwirami stożków napływowych oraz piaski wodnolodowcowe.

Arkusz 20 – Gdańsk Wrzeszcz (GWR)

Tuż przy krawędzi wysoczyzny występują przekładki osadów słaboprzepuszczalnych rozdzielających serię piaszczystą na dwie warstwy wodonośne. Płytsza z nich stanowi pierwszy poziom wodonośny, podrzędny w stosunku do głównego, głębszego poziomu użytkowego. Występowanie pierwszego poziomu wodonośnego związane jest z osadami piaszczysto-żwirowymi stożków napływowych. Głębokość jego występowania mieści się z reguły w przedziale 10–20 m i tylko na niewielkim obszarze strop jest na głębokości mniejszej niż 10 m. Zwierciadło układa się na rzędnych od 20 m do około 5 m, współkształtnie do linii brzegowej Zatoki Gdańskiej i ma charakter swobodny. Litologicznie serię piaszczystą budują piaski drobne, rzadziej piaski od drobnych do grubych.

Na wschód od tego terenu rozpościera się obszar, gdzie główny poziom wodonośny stanowi jednocześnie pierwszy poziom. Głębokość do stropu poziomu wodonośnego zmniejsza się w stronę linii brzegowej Zatoki Gdańskiej od mieszczącej się w przedziale 10–20 m do mniejszej niż 1 m w rejonie plaży. Poziom wodonośny tworzą piaski o różnej granulacji i genezie. Są to piaski od drobnych do grubych ze żwirami stożków napływowych, piaski średnie, eoliczne mierzei znajdujące się na zapleczu plaż, piaski mierzei występujące pod namułami lub torfami oraz piaski wodnolodowcowe. Piaski wodnolodowcowe występują poniżej osadów eolicznych, osadów mierzei oraz stożków napływowych. Na obszarze tej jednostki zlokalizowane są główne ujęcia wód

podziemnych Gdańska: „Czarny Dwór” i „Zaspa”. Przeważa tu zwarta zabudowa miejska.

W południowo-zachodniej części obszaru arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w utworach międzymorenowych najczęściej pod przykryciem glin zwałowych na znacznych głębokościach (poniżej 20, a nawet 50 m). Powyżej tych wód mogą występować strefy wód zawieszonych na różnych głębokościach. Część omawianego obszaru jest przecięta dolinami, gdzie wody występują w piaszczystych osadach dolinnych na głębokościach nieprzekraczających 5 m.

Arkusz 21 – Gdańsk Nowy Port (GNP)

Niewielki obszar na zachodzie arkusza obejmuje strefa wód podziemnych występujących w utworach wodnolodowcowych stanowiących główny poziom wodonośny. Teren ten znajduje się w obszarze oddziaływania ujęcia komunalnego „Czarny Dwór” i „Zaspa”. W związku z tym mogą występować znaczące wahania zwierciadła wód podziemnych (do ok. 3 m). Pozostały obszar arkusza obejmuje fragment rozległej równiny aluwialnej delty Wisły. Występujący tu pierwszy poziom wodonośny, tak jak pozostałych obszarach Żuław Gdańskich wykazuje specyficzne warunki występowania. W obrębie warstwy mad wieku holoceni (określanych w opisie profili geologicznych otworów studziennych jako namuły) i torfów zlokalizowane są liczne, nierównomiernie rozmieszczone przewarstwienia zawodnionych piasków drobnych, często silnie pylastych, z domieszką substancji organicznej. Przewarstwienia te charakteryzują się zmienną miąższością od kilkudziesięciu centymetrów do kilkunastu m, zmienną wodoprzepuszczalnością zależną od zawartości frakcji pyłowej i zróżnicowaną rozciągłością. Piaski te lokalnie występują bezpośrednio na powierzchni terenu. Woda gruntowa zawarta w opisywanych przewarstwach pozostaje w bezpośrednim kontakcie z wodami powierzchniowymi i zalega na głębokości poniżej 5 m. Jeżeli przewarstwienia te nie spełniają kryteriów pierwszego poziomu wodonośnego, wtedy jako pierwszy poziom wodonośny interpretowany jest plejstoceni-holoceni poziom wodonośny zalegający pod warstwą mad (namułów) na głębokości przekraczającej 5 m.

Arkusz 22 – Gdańsk Port Północny (GPP)

Pierwszy poziom wodonośny, o zwierciadle swobodnym występuje w czwartorzędowych piaskach, o różnej granulacji i nie jest izolowany od powierzchni terenu. Znajduje się on na głębokościach od mniej niż 1 m w strefie plaż nadmorskich i podmokłości do mieszczącej się w przedziale 2–5 m w rejonie

wydm, a w dwóch punktach kulminacyjnych głębokość jest nawet rzędu około 10 m (nie zostało to przedstawione ze względu na skalę opracowania).

Arkusze 23 – Gdańsk Kokoszki (GKO) oraz fragment ark. 32 – Sulmin (SUL)

Na przeważającym obszarze arkusza 23 pierwszy poziom wodonośny cechują zróżnicowane warunki występowania i własnościach warstw wodonośnych jest to obszar związany z obszarem równiny zastoiskowej występującej w obrębie wysoczyzny morenowej. Rozpoznanie jednostki opiera się przede wszystkim na danych pochodzących ze studni kopanych, punktowo potwierdzonych przez informacje z otworów wiertniczych. Wody pierwszego poziomu wodonośnego występują na różnej wysokości nad poziomem morza w przewarstwieniach i soczewkach piaszczystych znajdujących się w obrębie pyłów i ilów zastoiskowych oraz glin zwałowych. Występujące na tym terenie warstwy wodonośne nie pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Wody powierzchniowe pozostają w kontakcie z wodami pierwszego poziomu wodonośnego. Głębokość do zwierciadła PPW na przeważającej części nie przekracza 5 m, lokalnie może jednak dochodzić do 6 m. Utrudniony odpływ płytkich wód gruntowych w obrębie glin zwałowych powoduje lokalne podtopienia zwłaszcza w okresie długotrwałych deszczy.

W południowej części omawianego arkusza oraz w obrębie ark. 32 pierwszy poziom wodonośny, tożsamy z głównym poziomem występuje w czwartorzędowych piaskach, głównie drobnoziarnistych i podrzędnie z piasków różnoziarnistych. Zwierciadło wody jest napięte, lokalnie swobodne i występuje na głębokości od ok. 10 m do kilkudziesięciu. Lokalnie mogą występować płytkie wody zawieszane.

Arkusze 24 – Gdańsk Jasień (GJA)

W północnej części obszaru arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w strefie zaburzeń glacitektonicznych w obrębie strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego. Wodonośiec stanowią głównie piaski od drobnych do grubych plejstocenu, często zawierających domieszki żwiru oraz drobne piaski miocenu. Wody płynące w tych różnych stratygraficznie utworach pozostają ze sobą w ścisłym kontakcie hydraulicznym. Zwierciadło wody ma charakter napięty i obniża się w kierunku Zatoki Gdańskiej: od 100 do 60 m n.p.m. Północno-wschodnią część tego obszaru arkusza przecina dolina, gdzie wody gruntowe występują w osadach dolinnych na głębokości od 0,5 do ok. 5 m. Powyżej tych wód, na różnych głębokościach, mogą występować strefy wód zawieszonych (sączenia, odizolowane warstwy wodonośne o niewielkiej miąższości).

Pozostały obszar arkusza charakteryzuje się zróżnicowanymi warunkami występowania warstw wodonośnych. Występowanie płytko zalegających wód podziemnych wiąże się z obecnością przewarstwień i soczewek piaszczystych w obrębie glin, często bardzo ilastych. Przewarstwienia te charakteryzują się również dużą zmiennością wysokości występowania i rozprzestrzenienia. Występujące na tym terenie warstwy wodonośne nie pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Natomiast wody powierzchniowe pozostają w kontakcie z wodami pierwszego poziomu wodonośnego. Głębokość do zwierciadła wód podziemnych na przeważającej części nie przekracza 5 m, jedynie lokalnie, na południu od doliny Potoku Oliwskiego, w rejonie Kiełpina Górnego oraz w południowej części arkusza, głębokość ta mieści się w przedziale 5–20 m. Utrudniony odpływ płytkich wód gruntowych w obrębie glin zwałowych powoduje lokalne podtopienia zwłaszcza w okresie długotrwałych deszczy. Z tego powodu część tego obszaru jest zdrenowana stałymi urządzeniami drenarskimi, np. w rejonie jeziora Jasień.

Wzdłuż południowej granicy arkusza wody pierwszego poziomu występują w obrębie czwartorzędowych piasków od drobnych do grubych. Płynące w tym poziomie wody posiadają z reguły zwierciadło napięte, tylko lokalnie swobodne.

Arkusze 25 – Gdańsk Piecki Migowo (GPM)

W północnej części obszaru arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w strefie zaburzeń glacitektonicznych w obrębie strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego. Wodonośce stanowią głównie piaski od drobnych do grubych plejstocenu, często zawierających domieszki żwiru oraz drobne piaski miocenu. Wody płynące w tych różnych stratygraficznie utworach pozostają ze sobą w ścisłym kontakcie hydraulicznym. Zwierciadło wody ma charakter napięty, lokalnie swobodny i obniża się w kierunku Zatoki Gdańskiej: od 60 do 10 m n.p.m. Powyżej tych wód, na różnych głębokościach, mogą występować strefy wód zawieszonych (sączenia, odizolowane warstwy wodonośne o niewielkiej miąższości). Omawianą część obszaru arkusza przecinają doliny, gdzie wody gruntowe występują w osadach dolinnych na głębokości od 0,5 do ok. 5 m.

Południowy obszar arkusza charakteryzuje się zróżnicowanymi warunkami występowania warstw wodonośnych. Występowanie płytko zalegających wód podziemnych wiąże się z obecnością przewarstwień i soczewek piaszczystych w obrębie glin, często bardzo ilastych. Przewarstwienia te charakteryzują się również dużą zmiennością wysokości występowania i rozprzestrzenienia. Występujące na tym terenie warstwy wodonośne nie pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Natomiast wody powierzchniowe pozostają w kontakcie z wodami pierwszego poziomu wodonośnego. Głębokość do zwierciadła wód podziemnych

na przeważającej części nie przekracza 5 m, chociaż na południu w rejonie Chełma i Ujeściska głębokość ta mieści się w przedziale 5–20 m.

Arkusz 26 – Gdańsk Śródmieście (GSR)

Zachodnią część obszaru arkusza charakteryzuje się zróżnicowanymi warunkami występowania warstw wodonośnych. Występowanie płytko zalegających wód podziemnych wiąże się z obecnością przewarstwień i soczewek piaszczystych w obrębie glin zwałowych. Przewarstwienia te charakteryzują się również dużą zmiennością wysokości występowania i rozprzestrzenienia. Występujące na tym terenie warstwy wodonośne nie pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Natomiast wody powierzchniowe pozostają w kontakcie z wodami pierwszego poziomu wodonośnego. Głębokość do zwierciadła wód podziemnych na przeważającej części nie przekracza 5 m, chociaż na południu w rejonie Chełma głębokość ta mieści się w przedziale 5–20 m. W rejonie ulicy Kartuskiej zwierciadło pierwszego poziomu najczęściej znajduje się w przedziale 10–20 m.

Pozostałą część obszaru arkusza jest rozcłonkowana na oddzielne fragmenty poprzez koryto Martwej Wisły. Obejmuje fragment rozległej równiny aluwialnej delty Wisły. Występujący tu pierwszy poziom wodonośny, tak jak pozostałych obszarach Żuław Gdańskich wykazuje specyficzne warunki występowania. W obrębie warstwy mad wieku holocenijskiego (określanych w opisie profili geologicznych otworów studziennych jako namuły) i torfów zlokalizowane są liczne, nierównomiernie rozmieszczone przewarstwienia zawodnionych piasków drobnych, często silnie pylastych, z domieszką substancji organicznej. Przewarstwienia te charakteryzują się zmienną miąższością od kilkudziesięciu centymetrów do kilkunastu m, zmienną wodoprzepuszczalnością zależną od zawartości frakcji pyłowej i zróżnicowaną rozciągłością. Piaski te lokalnie występują bezpośrednio na powierzchni terenu. Woda gruntowa zawarta w opisywanych przewarstwieńach pozostaje w bezpośrednim kontakcie z wodami powierzchniowymi. Jeżeli jednak przewarstwienia te nie spełniają kryteriów pierwszego poziomu wodonośnego, wtedy jako pierwszy poziom wodonośny interpretowany jest plejstocenijsko-holocenijski poziom wodonośny zalegający pod warstwą mad (namułów). Graficzne wyznaczenie głębokości zalegania stropu pierwszego poziomu wodonośnego jest utrudnione ze względu na duże zróżnicowanie litologiczne. Strop wyznacza swobodne zwierciadło występujące w piaskach, ale także występowanie mad (namułów) przy powierzchni terenu. Strop jest znacznie głębiej a zwierciadło lekko napięte. W związku z tym w rejonie na zachód i południe od Martwej Wisły zastosowano szersze przedziały określające głębokość do pierwszego poziomu wodonośnego: <5 i 5–20 m.

Arkusz 27 – Gdańsk Stogi (GST)

Obszar arkusza jest rozczłonkowany poprzez koryto Martwej Wisły. W środkowej i południowej części obejmuje ona fragment rozległej równiny aluwialnej delty Wisły. Występujący tu pierwszy poziom wodonośny, tak jak pozostałych obszarach Żuław Gdańskich wykazuje specyficzne warunki występowania.

W obrębie warstwy mad wieku holocenijskiego (określanych w opisie profili geologicznych otworów studziennych jako namuły) i torfów zlokalizowane są liczne, nierównomiernie rozmieszczone przewarstwienia zawodnionych piasków drobnych, często silnie pylastych, z domieszką substancji organicznej. Przewarstwienia te charakteryzują się zmienną miąższością od kilkudziesięciu centymetrów do kilkunastu metrów, zmienną wodoprzepuszczalnością zależną od zawartości frakcji pyłowej i zróżnicowaną rozciągłością. Piaski te lokalnie występują bezpośrednio na powierzchni terenu. Woda gruntowa zawarta w opisywanych przewarstwiach pozostaje w bezpośrednim kontakcie z wodami powierzchniowymi. Jeżeli przewarstwienia te nie spełniają kryteriów pierwszego poziomu wodonośnego, wtedy jako pierwszy poziom wodonośny interpretowany jest plejstocenijsko-holocenijski poziom wodonośny zalegający pod warstwą mad (namułów).

Strop wyznacza swobodne zwierciadło występujące w piaskach, a zaraz obok w związku z występowaniem mad (namułów) przy powierzchni terenu, strop jest znacznie głębiej a zwierciadło lekko napięte. W związku z tym przeważają głębokości między 0 a 5 m.

Arkusz 26 – Gdańsk Śródmieście (GSR)

Zachodnia część obszaru arkusza charakteryzuje się zróżnicowanymi warunkami występowania warstw wodonośnych. Występowanie płytko zalegających wód podziemnych wiąże się z obecnością przewarstwień i soczewek piaszczystych w obrębie glin zwałowych. Przewarstwienia te charakteryzują się również dużą zmiennością wysokości występowania i rozprzestrzenienia. Występujące na tym terenie warstwy wodonośne nie pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Natomiast wody powierzchniowe pozostają w kontakcie z wodami pierwszego poziomu wodonośnego. Głębokość do zwierciadła wód podziemnych na przeważającej części nie przekracza 5 m, chociaż na południu w rejonie Chełma głębokość ta mieści się w przedziale 5–20 m. W rejonie ulicy Kartuskiej zwierciadło pierwszego poziomu najczęściej znajduje się w przedziale 10–20 m.

Pozostałą część obszaru arkusza jest rozczłonkowana na oddzielne fragmenty poprzez koryto Martwej Wisły. Obejmuje fragment rozległej równiny aluwialnej delty Wisły. Występujący tu pierwszy poziom wodonośny, tak jak pozostałych obszarach Żuław Gdańskich wykazuje specyficzne warunki występowania. W obrębie warstwy mad wieku holocenińskiego (określanych w opisie profili geologicznych otworów studziennych jako namuły) i torfów zlokalizowane są liczne, nierównomiernie rozmieszczone przewarstwienia zawodnionych piasków drobnych, często silnie pylastych, z domieszką substancji organicznej. Przewarstwienia te charakteryzują się zmienną miąższością od kilkudziesięciu centymetrów do kilkunastu m, zmienną wodoprzepuszczalnością zależną od zawartości frakcji pyłowej i zróżnicowaną rozciągłością. Piaski te lokalnie występują bezpośrednio na powierzchni terenu. Woda gruntowa zawarta w opisywanych przewarstwiach pozostaje w bezpośrednim kontakcie z wodami powierzchniowymi. Jeżeli jednak przewarstwienia te nie spełniają kryteriów pierwszego poziomu wodonośnego, wtedy jako pierwszy poziom wodonośny interpretowany jest plejstoceniśko-holoceniśki poziom wodonośny zalegający pod warstwą mad (namułów). Graficzne wyznaczenie głębokości zalegania stropu pierwszego poziomu wodonośnego jest utrudnione ze względu na duże zróżnicowanie litologiczne. Strop wyznacza swobodne zwierciadło występujące w piaskach, ale także występowanie mad (namułów) przy powierzchni terenu. Strop jest znacznie głębiej a zwierciadło lekko napięte. W związku z tym w rejonie na zachód i południe od Martwej Wisły zastosowano szersze przedziały określające głębokość do pierwszego poziomu wodonośnego: <5 i 5–20 m.

Arkusze 27 – Gdańsk Stogi (GST)

Obszar arkusza jest rozczłonkowany poprzez koryto Martwej Wisły. W środkowej i południowej części obejmuje ona fragment rozległej równiny aluwialnej delty Wisły. Występujący tu pierwszy poziom wodonośny, tak jak pozostałych obszarach Żuław Gdańskich wykazuje specyficzne warunki występowania.

W obrębie warstwy mad wieku holocenińskiego (określanych w opisie profili geologicznych otworów studziennych jako namuły) i torfów zlokalizowane są liczne, nierównomiernie rozmieszczone przewarstwienia zawodnionych piasków drobnych, często silnie pylastych, z domieszką substancji organicznej. Przewarstwienia te charakteryzują się zmienną miąższością od kilkudziesięciu centymetrów do kilkunastu metrów, zmienną wodoprzepuszczalnością zależną od zawartości frakcji pyłowej i zróżnicowaną rozciągłością. Piaski te lokalnie występują bezpośrednio na powierzchni terenu. Woda gruntowa zawarta w opisywanych przewarstwiach pozostaje w bezpośrednim kontakcie z wodami

powierzchniowymi. Jeżeli przewarstwienia te nie spełniają kryteriów pierwszego poziomu wodonośnego, wtedy jako pierwszy poziom wodonośny interpretowany jest plejstoceno-holocenoński poziom wodonośny zalegający pod warstwą mad (namułów).

Strop wyznacza swobodne zwierciadło występujące w piaskach, a zaraz obok w związku z występowaniem mad (namułów) przy powierzchni terenu, strop jest znacznie głębiej a zwierciadło lekko napięte. W związku z tym przeważają głębokości między 0 a 5 m.

W północnej części obszaru arkusza pierwszy poziom wodonośny, o zwierciadle swobodnym występuje w czwartorzędowych piaskach, o różnej granulacji i nie jest izolowany od powierzchni terenu. Znajduje się on na głębokościach od mniej niż 1 m w strefie plaż nadmorskich i podmokłości do mieszczącej się w przedziale 2–5 m w rejonie wydym, a w dwóch punktach kulminacyjnych głębokość jest nawet rzędu około 10 m (nie zostało to przedstawione ze względu na skalę opracowania).

Na obszarze arkusza występują dość rozległe obszary, na których zwierciadło wody podziemnej układa się na rzędnych niższych niż poziom morza. Związane to jest z drenażem tych wód poprzez systemy odwadniające.

Arkusz 28 – Gdańsk Górki Wschodnie (GGW)

W strefie przylegającym do brzegu morskiego i na północ od Martwej Wisły wody pierwszego poziomu wodonośnego o zwierciadle swobodnym występują w piaskach od drobnych do grubych na głębokościach od mniej niż 1 m w strefie plaż nadmorskich i jezior przybrzeżnych do ponad 30 m w rejonie najwyższych wydym. Na południe od tego obszaru pierwszy poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym, lokalnie lekko napiętym, występuje w czwartorzędowych (holocenońskich) piaskach drobnych, miejscami z domieszką piasków pylastych oraz podrzędnie w madach na piaskach drobnych na głębokości od 0,9 do około 10 m. Położenie zwierciadła wody jest regulowane systemem melioracyjnym Żuław i systemem drenażowym Rafinerii Gdańskiej. Zwierciadło wody zalega poniżej 0 m n.p.m. na głębokości do ok. 5 m.

Arkusz 29 – Gdańsk Sobieszewo (GSO), ark. 30 – Gdańsk Świbno (GSW) wraz z fragmentem ark. 31 – Mikoszewo (MIK)

W północnej, nadmorskiej części ark. 29 i 30 oraz we fragmencie ark. 31 wody pierwszego poziomu wodonośnego związane są z mierzeją morską. Pierwszy poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym występuje w czwartorzędowych piaskach od drobnych do grubych na głębokościach od mniej niż 1 m w strefie plaż nadmorskich i jezior przybrzeżnych do ponad 30 m

w rejonie najwyższych wydmy. Natomiast w południowej części ark. 29 i 30 wody pierwszego poziomu wodonośnego związane są z osadami aluwialnymi delty Wisły.

Zwierciadło, najczęściej o charakterze swobodnym, lokalnie lekko napiętym, występuje w czwartorzędowych (holoceńskich) piaskach drobnych, miejscami z domieszką piasków pylastych oraz podrzędnie w madach na piaskach drobnych na głębokości od 0,5 do około 5 m.

Arkusz 33 – Kowale

Na przeważającej części omawianych arkuszy pierwszy poziom wodonośny występuje, w obrębie strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego. Tworzy mozaikę powiązanych hydraulicznie bądź odizolowanych międzymorenowych warstw wodonośnych. Zwierciadło wód podziemnych układa się na rzędnych od kilkudziesięciu do ponad 100 m n.p.m. a głębokość do PPW wynosi od 5 do kilkudziesięciu metrów. W południowo-zachodniej części obszaru arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w obrębie czwartorzędowych piasków od drobnych do grubych. Płynące w tym poziomie wody mają z reguły zwierciadło napięte, tylko lokalnie swobodne. Głębokość do pierwszego poziomu mieści się w przedziale 10–20 m. Stwierdzono występowanie płytkich wód zawieszonych (poniżej 5 m).

Arkusz 34 – Gdańsk Orunia Górna (GOG) wraz z fragmentami ark. 40 i 41

Na przeważającej części omawianych arkuszy pierwszy poziom wodonośny występuje, w obrębie strefy krawędziowej Pojezierza Kaszubskiego. Tworzy mozaikę powiązanych hydraulicznie bądź odizolowanych międzymorenowych warstw wodonośnych. Zwierciadło wód podziemnych układa się na rzędnych od kilku do 105 m n.p.m. a głębokość do PPW wynosi od <5 do ponad 100 m. Obszar o skomplikowanej hydrodynamicie rozdzielony jest doliną potoku Oruńskiego, gdzie pierwszy poziom wodonośny zbudowany jest z piasków od drobnych do grubych, a zwierciadło wód podziemnych jest swobodne i układa się na rzędnych od 5 do ponad 40 m n.p.m.

Arkusz 35 – Gdańsk Orunia (ORU) wraz z fragmentem ark. 36

W zachodnim fragmencie arkusza wody pierwszego poziomu wodonośnego występują w skomplikowanych warunkach hydrodynamicznych i litologicznych. Charakterystyka tego obszaru została przedstawiona przy opisie jednostki 34. Zasadnicza część obszaru arkusza obejmuje Żuławy Gdańskie, gdzie pierwszy poziom wodonośny, będący zarazem głównym poziomem użytkowym, występuje w utworach deltowych Wisły, przeważnie w piaszczysto-żwirowych osadach

plejstocenijskich nadbudowanych piaskami od drobnych do grubych serii deltowej, tworząc wspólny plejstocenijsko-holocenijski poziom wodonośny. Głębokość zalegania tego poziomu jest zróżnicowana od około 2 do ponad 15 m, najczęściej w przedziale 5-20 m i zależy to od miąższości słabo przepuszczalnych osadów organiczno-mineralnych zalegających w nadkładzie. Zwierciadło wody jest napięte, lokalnie tylko swobodne. Reżim wód podziemnych uzależniony jest od działania systemu wodno-melioracyjnego.

W południowej części arkusza zaznacza się niewielki fragment stożka napływowego Raduni, gdzie warunki występowania płytkich wód są najlepsze. Dotyczy to zarówno parametrów hydrogeologicznych jak i ułatwionego kontaktu wód podziemnych poziomu plejstocenijsko-holocenijskiego z wodami starszych poziomów i pięter. Na dynamikę wód pierwszego poziomu zasadniczo wpływa ujęcie komunalne Gdańska „Lipce”. W jego rejonie zaznacza się lej depresji.

Należy zwrócić uwagę, że w obrębie słabo przepuszczalnych osadów organiczno-mineralnych występujących od powierzchni terenu do głębokości kilku a nawet 20 m występują przewarstwienia piaszczyste. Są one zawadnione i najczęściej stanowią „pierwsze” zwierciadło od powierzchni terenu na głębokości: od 0,5 do kilku metrów.

Arkusz 38 – Gdańsk Przegalina (GPR) wraz z fragmentem ark. 42

Pierwszy poziom wodonośny występuje w holocenijskich (czwartorzędowych) piaskach drobnych, miejscami z domieszką piasków pylastych oraz podrzędnie w madach na piaskach drobnych na głębokości od mniej niż 1 do 5 m, lokalnie do około 15 m. Zwierciadło wody jest najczęściej lekko napięte przez osady słabo przepuszczalne zalegające w nadkładzie, a jego położenie zależne jest od pracy układów polderowych. W północnej części arkusza 38 zalega poniżej 0 m n.p.m.

11. OSADY MORSKIE

Mapa osadów morskich (Zał. 13) opracowano na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1: 50 000 arkusze: Gdynia (Mojski, 1979a), Gdańsk, Mojski, (1979c), Sobieszewo, Drewnica (Mojski, 1990) oraz Mapy geologicznej dna Bałtyku w skali 1:200 000 arkusz Gdańsk (Uścińowicz, Zachowicz, 1992). W obszarze morskim osady pokazano do izobaty 20 m. W części morskiej przeważają osady piaszczyste średnio-i drobnoziarniste. Na przedpolu Gdyni, a także Sopotu, oraz pomiędzy Gdańskiem a Ujściem Wisły Śmiałej występują piaski gruboziarniste których miąższość nie przekracza 2 m. Generalnie miąższość piasków morskich jest niewielka (średnio nie przekracza 10 m). Leżą one na mułach i piaskach deltowych najprawdopodobniej od Sopotu

do ujścia Wisły Przekop a dalej na północ na mułach i piaskach wodnolodowcowych lub na glinach zwałowych. Na powierzchni, w formie niewielkich płatów, występują na ogół mułki deltowe, a w portach osady antropogeniczne. Również w formie płatów występują mułki piaszczyste. Współczesny stożek Wisły Przekop budują piaski drobno-średnio- i gruboziarniste oraz mułki deltowe. W obszarze lądowym zaznaczono obszar występowanie osadów morskich w obszarze Mierzei Wiślanej tj. od Sępiego Wzgórza w Sopocie po Ujście Wisły Przekop oraz w wąskiej strefie wzdłuż brzegu morskiego od Sopotu do Nowego Obłęża. Na tym obszarze zasięg piasków morskich związany jest z maksymalnym zasięgiem morza litorynowego w okresie atlantyckim, a linię zasięgu znaczy kopalny klif widoczny od Sopotu do Przymorza, a dalej na wschód przez zasięg mierzei. W piaskach morskich spotyka się faunę morską, drobne kawałki bursztynu, a także detrytus roślinny. Spąg osadów morskich leży zazwyczaj na głębokości 10 do 12 m.

12. KWASOWOŚĆ GLEB OBSZARU AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ

Do sporządzenia mapy kwasowości wykorzystano dane uzyskane w trakcie opracowywania Atlasu geochemicznego Pobrzeża Gdańskiego (Lis, Pasieczna, 1999). W przypadku mapy pH gruntów w przedziale głębokości 0,0–0,3 m przyjęto podział na gleby kwaśne, obojętne i zasadowe (Zał. 14).

Na terenie Trójmiasta przeważają gleby kwaśne (73%). Gleby o odczynie obojętnym (25,5%) obserwuje się w niektórych dzielnicach Gdyni i Gdańska (Zał.14). Gleby zachodniej części Gdańska oraz pasa nadbrzeżnego charakteryzują się odczynem kwaśnym o pH <6,7. W dzielnicach centralnych i nad Martwą Wisłą występują gleby o odczynie obojętnym, miejscami zasadowym. Gleby o odczynie zasadowym stanowią tylko 1,5% analizowanych próbek.

13. MAPA GRUP UŻYTKOWANIA GRUNTÓW WYDZIELONYCH NA PODSTAWIE ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH

Sumaryczną ocenę zanieczyszczenia gleb metalami (z podziałem na grupy użytkowania A, B i C) przedstawiono w postaci kartodiagramów (Zał.15). Zawartość arsenu w większości gleb Trójmiasta utrzymuje się poniżej 5 mg/kg, co odpowiada wartości naturalnego tła geochemicznego. Niezbyt rozległa anomalia (prawdopodobnie pochodzenia antropogenicznego) z zawartością maksymalną 45 mg/kg As w glebach powierzchniowych występuje w rejonie Nabrzeża Chemików i Nabrzeża Przemysłowego, z których korzystają Gdańskie Zakłady Nawozów Fosforowych, oraz Nabrzeża Szczecińskiego i Stoczni Remontowej na wyspie Ostrów. Zawartość baru zmienia się od 2 do 981 mg/kg, a ilość przeciętna (mediana) wynosi 24 mg/kg (Tab. 19).

Tabela 19. Zawartość metali w glebach (w mg/kg)

Metale	Wartości dopuszczalne stężeń w glebie lub ziemi (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.)			Zakresy zawartości w glebach Trójmiasta N=418	Wartość przeciętnych (median) w glebach Trójmiasta N=418	Wartość przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski ⁴⁾ N=6522
	Grupa A ¹⁾	Grupa B ²⁾	Grupa C ³⁾	Frakcja ziarnowa <2 mm Mineralizacja – woda królewska	Frakcja ziarnowa <1 mm Mineralizacja HCl (1:4)	
				Głębokość (m ppt) 0,0-0,3 0-2		
As Arsen	20	20	60	<5-45	<5	<5
Ba Bar	200	200	1000	2-981	24	27
Cr Chrom	50	150	500	<1-266	6	4
Zn Cynk	100	300	1000	6-1156	35	29
Cd Kadm	1	4	15	<0,5-9	<0,5	<0,5
Co Kobalt	20	20	200	<1-9	2	2
Cu Miedź	30	150	600	<1-261	6	4
Ni Nikiel	35	100	300	1-31	4	3
Pb Ołów	50	100	600	<3-9232	13	12
Hg Rtęć	0,5	2	30	<0,05-5,5	<0,05	<0,05
Ilość badanych próbek gleb Trójmiasta w poszczególnych grupach użytkowania terenu				¹⁾ grupa A a) nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne, b) obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody; jeżeli utrzymanie aktualnego poziomu zanieczyszczenia gruntów nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi lub środowiska – dla obszarów tych stężenia zachowują standardy wynikające ze stanu faktycznego, ²⁾ grupa B – grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych, ³⁾ grupa C – tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne, ⁴⁾ Lis, Pasieczna, 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1: 2 500 000 N – ilość próbek		
As Arsen	416		2			
Ba Bar	413		5			
Cr Chrom	414	2	2			
Zn Cynk	345	58	15			
Cd Kadm	374	41	3			
Co Kobalt	418					
Cu Miedź	384	31	3			
Ni Nikiel	418					
Pb Ołów	368	29	29			
Hg Rtęć	408	8	2			
Sumaryczna klasyfikacja badanych gleb z obszaru Trójmiasta do poszczególnych grup użytkowania terenu (ilość próbek)						
	310	81	27			

Zawartość kadmu jest niższa od 0,5 mg/kg dla większości gleb. Gleby o zawartości >0,5 mg/kg Cd występują w dzielnicy przemysłowej Gdańska (wokół wyspy Ostrów) oraz między Martwą Wisłą a Motławą, gdzie zaznacza się anomalia o maksymalnej zawartości kadmu 10,0 mg/kg. Podwyższone zawartości kadmu występują również w rejonie portu w Gdyni.

Tło geochemiczne kobaltu w glebach jest niskie (<1–9 ppm) i zbliżone do wartości określonej przez Czarnowską i Gworek (1987) dla gleb Polski północnej na 4,7 ppm Co. Podobnie niskie zawartości kobaltu w granicach 0,20 – 4,45 ppm zawarto w ocenie stanu gleb byłego województwa gdańskiego

Zawartość chromu w glebach utrzymuje się w granicach <1–266 mg/kg. W centrum Gdańska występują podwyższenia do 8–20 mg/kg Cr. Anomalia chromu została stwierdzona w rejonie wyspy Ostrów. Wysokie zawartości chromu w glebach miejskich Gdańska (do 266 ppm) i w rejonie portu w Gdyni mają niewątpliwie pochodzenie antropogeniczne.

Miedź należy do pierwiastków o wyraźnie podwyższonej koncentracji. Gleby w zachodniej części Gdańska najczęściej zawierają miedź w granicach <1–8 mg/kg, a w części centralnej 10–20 mg/kg. W rejonie śródmieścia i Ostrowia oraz w części Wrzeszcza zanotowano anomalię miedzi z maksimum 261 mg/kg. Gleby z rejonu portu w Gdyni i dzielnic nadmorskich Sopotu zawierają ponad 40 mg/kg miedzi.

Tło geochemiczne rtęci w glebach jest niskie (<0,05–0,09 ppm) i stosunkowo mało zróżnicowane. Na tym tle wyróżniają się wyraźnie antropogeniczne anomalie w glebach Gdańska, Sopotu i Gdyni. Na zachodnich i wschodnich krańcach Gdańska zawartość rtęci zazwyczaj nie przekracza 0,05 mg/kg. W centrum częste są zawartości przekraczające 0,07 mg/kg Hg, a w rejonie wyspy Ostrów, śródmieścia i części Wrzeszcza oraz na pograniczu Zaspy i Przymorza zlokalizowane są anomalie o zawartości rtęci >0,12 mg/kg (Pasieczna, 2003). Maksymalna zawartość rtęci na obszarze anomalii wynosi 5,50 mg/kg. Na obrzeżach terenu Zakładów Nawozów Fosforowych zawartość rtęci osiąga 3,61 mg/kg. Gleby te są również znacznie zanieczyszczone kadmem.

Zawartość niklu, rozpuszczalnego w wodzie królewskiej, w glebach badanego terenu jest niska (od 1 do 31ppm; przeciętnie 4 ppm).

Ołów wykazuje tendencję kumulacji w glebach. Zawartość <20 mg/kg jest spotykana najczęściej w zachodniej części Trójmiasta. W śródmieściu Gdańska i w dzielnicach przemysłowych występują kumulacje powyżej 40 mg/kg Pb, maksymalnie 1098 mg/kg Pb. Maksymalną zawartość Pb (9232 ppm) stwierdzono w glebie w Porcie Gdyni.

Na terenach miast: Gdańska, Sopotu i obserwuje się wyraźnie antropogeniczne zanieczyszczenia gleb cynkiem; średnia zawartość dla gleb

miejskich wynosi 35 ppm Zn (tab. 3). Obraz przestrzennego rozmieszczenia cynku jest bardzo podobny do rozmieszczenia ołowiu. Do wysokich należą kumulacje w rejonie portu w Gdańsku — do 974 mg/kg.

Dla gleb przeprowadzono sumaryczną ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami klasyfikując je do grup użytkowania A, B i C na podstawie zawartości dopuszczalnych (Rozporządzenia Ministra środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165 z dnia 4 października 2002 r., poz. 1359). Przy klasyfikacji stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przekraczała wartość dopuszczalną.

Wartości dopuszczalne pierwiastków dla poszczególnych grup zanieczyszczeń oraz zakresy i ich przeciętne zawartości w glebach Trójmiasta zamieszczono w tabeli 19. W celu porównania tabelę uzupełniono danymi zawartości przeciętnych (median) pierwiastków w glebach terenów niezabudowanych Polski (najmniej zanieczyszczonych w kraju).

Przeciętne wartości metali w glebach Trójmiasta są identyczne lub zbliżone do wartości przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski (Tab. 19).

Ze względu zawartości metali 74,1% spośród badanych próbek spełnia warunki klasyfikacji do grupy użytkowania A (standard obszaru poddanego ochronie). Do grupy B (wielofunkcyjne użytkowanie gleb) zaliczono 19,4% analizowanych próbek, a do grupy C – 6,5%. Gleby zaliczone do grupy C (obszary, które powinny być użytkowane tylko jako tereny przemysłowe i komunikacyjne) występują w rejonie portów w Gdyni i w Gdańsku oraz na terenie zwartej zabudowy miejskiej Gdańska.

Przy korzystaniu z mapy obrazującej stopień zanieczyszczenia gleb metalami (Zał. 15) nie należy wyciągać wniosków dotyczących stanu zanieczyszczenia gleb dla obiektów, których powierzchnia jest mniejsza niż wynikająca ze skali mapy i gęstości pobierania próbek. Przedstawiony obraz geochemiczny należy traktować jedynie jako sygnał do podjęcia bardziej szczegółowych badań i określenia rzeczywistego zasięgu naturalnych lub antropogenicznych anomalii (skażeń). Szczegółowe badania w odpowiedniej skali mogą wykazać, że obraz geochemiczny jest bardziej skomplikowany. Obok miejsc silnie skażonych wystąpią rejon o zawartościach pierwiastków mieszczących się w granicach lokalnego, naturalnego tła geochemicznego.

14. PODSUMOWANIE

Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji Trójmiasta jest cyfrowym opracowaniem zagadnień geologiczno-inżynierskich z uwzględnieniem specyfiki regionu.

Zebrane w bazie dane są kompatybilne z Centralną Bazą Danych Geologicznych. W bazie danych zebrano 20 606 otworów, co jest równoznaczne z 49 punktami dokumentacyjnymi na 1 km². Materiały archiwalne zebrano w różnych instytucjach, ze znacznego przedziału czasowego od lat 50 – tych ubiegłego stulecia do roku 2007. Pewnym utrudnieniem w uzyskaniu dokumentacji geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych były zmiany w gospodarce, które spowodowały likwidację niektórych przedsiębiorstw.

Zebrane materiały archiwalne zostały przeanalizowane i zweryfikowane przez doświadczonych geologów zespołu opracowującego atlas.

Na podstawie informacji z otworów wiertniczych zebranych w bazie danych opracowano mapy tematyczne. Oprócz map geologiczno-inżynierskich takich jak: mapy gruntów na różnych głębokościach, mapa hydroizobat, mapa warunków budowlanych, mapa gruntów antropogenicznych, opracowano także mapy geomorfologiczną, zagospodarowania terenu, występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego, osadów morskich, zanieczyszczeń osadów powierzchniowych (na podstawie atlasu geochemicznego), terenów podatnych na wystąpienie ruchów masowych oraz powodzi i podtopień. Mapy te stanowią zbiór informacji o geologii i warunkach hydrogeologicznych oraz o sposobie użytkowania i zagospodarowania.

Do opracowania poszczególnych map wykorzystano „Instrukcję wykonywania atlasów geologiczno-inżynierskich dla miast techniką komputerową” (Bażyński, Frankowski, Wysokiński, 2000).

Podsumowując, opracowany zestaw map – w jednolitej cyfrowej formie – stanowi kompleksową ocenę warunków geologiczno-inżynierskich całej aglomeracji, a w jej granicach poszczególnych miast.

Zebrane dane umożliwiają:

- uaktualnianie bazy danych o nowe materiały geologiczno-inżynierskie,
- wydruk dowolnego wycinka poszczególnych map lub przekrojów geologiczno-inżynierskich,
- rozszerzanie tematyki o nowe zagadnienia,

- przygotowanie analiz i raportów na podstawie kompilacji opracowanych warstw tematycznych.

Przedstawiona w opracowaniu kompleksowa ocena warunków geologiczno-inżynierskich będzie pomocna przy opracowywaniu planów zagospodarowania przestrzennego i zagadnień z zakresu ochrony środowiska dla całej aglomeracji, jak i jej części oraz do różnych zagadnień budowlanych.

LITERATURA

- Bażyński J., Frankowski Z., Wysokiński L., 2000 — Instrukcja sporządzania atlasów geologiczno-inżynierskich dla miast techniką komputerową. PIGi ITB Warszawa.
- Bodenkennwerte von Bodenarten. Grundbau-Taschenbuch. Vierte Auflage. Teil 1. 1990.
- Buca B., Molski P., 2005 — Uwagi do ustalenia wartości charakterystycznych modułów ścisłości pierwotnej namulów Delty Wisły. Inżynieria Morska Geotechnika nr.1:14–16.
- Chmielowska U., 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Żukowo. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Czarnowska K., Gworek B., 1987 — Metale ciężkie w niektórych glebach środkowej i północnej Polski. *Roczn. Glebozn.* 38, nr 3.
- Frankowski Z., Zachowicz J., 2006 — „Geologiczno-inżynierska ocena osadów delty Wisły w rejonie Portu Północnego w Gdańsku”, XIV Seminarium Naukowe Regionalne Problemy Ochrony Środowiska, Międzyzdroje.
- Hettler A., 2000. — „Grundung von Hochbauten”, Ernst&Sohn, a Wiley Company, Berlin.
- Instrukcja nr 302, 1991 – Wykonywanie map warunków budowlanych dla obszarów miejskich. ITB Warszawa.
- Instrukcja sporządzania mapy warunków geologiczno-inżynierskich w skali 1:10 000 i większej dla potrzeb planowania przestrzennego w gminach., 1999 – Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Instrukcja 2000 — Instrukcja wykonywania atlasów geologiczno – inżynierskich dla miast techniką komputerową. PIG i ITB Warszawa.
- Karwik A., 2006 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50000 pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, wraz z objaśnieniami, arkusz Żukowo (26). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Kondracki J., 1998 — Geografia Regionalna Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kordalski Z., 2006 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50000 pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, wraz z objaśnieniami, arkusz Pruszcz Gdański (55). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Kordalski Z., Kaulbarsz D., Lidzbarski M., Uscinowicz Sz., 2007 — Klimat zmienia się na naszych oczach. *Pomerania* 12 (404):3–7. Gdańsk.
- Kordalski Z., Jegliński W., Kaulbarsz D., 2007 — Skutki zmian klimatu w rejonie Gdańska. Państw. Instyt. Geol. Gdańsk.

- Kozerski B., 1988 — Warunki występowania i eksploatacja wód podziemnych w gdańskim systemie wodonośnym. Mat. 4 Ogólnopolskiego Sympozjum „Aktualne problemy hydrogeologii”. Wyd. Inst. Morskiego. Gdańsk.
- Kozerski B., 1990 – Wody podziemne okolic Gdańska. Przegląd Geol. Warszawa.
- Kramarska R., 2006 — Paleogen i neogen południowego Bałtyku i jego wybrzeża. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Oddz. Geol. Morza, Gdańsk.
- Lis J., Pasieczna A., 1995 — Atlas geochemiczny Polski 1: 2 500 000. Państwowy Instytut Geologiczny.
- Lis J., Pasieczna A., 1999 – Atlas geochemiczny Pobrzeża Gdańskiego 1:250 000. Część I. Państwowy Instytut Geologiczny
- Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50000 Instrukcja, 2004 – Udostępnianie, weryfikacja, aktualizacja i rozwój. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Mojski J.E., 1979a — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Gdynia. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mojski J.E., 1979b — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, arkusz Gdynia. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mojski J.E., 1979c — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Gdańsk. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mojski J.E., 1979d — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, arkusz Gdańsk. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mojski J.E., 1981a — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Pruszcz Gdański. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mojski J.E., 1981b — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, arkusz Pruszcz Gdański. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mojski J.E., 1990a — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Drewnica, Sobieszewo. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mojski J.E., 1990b — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, arkusz Drewnica, Sobieszewo. Wyd. Geol. Warszawa.
- Myślińska E. 2001 — „Grunty organiczne i laboratoryjne, metody ich badania”. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- Obarska-Pempkowiak H., 1994 – Wpływ przemysłu i gospodarki komunalnej na czystość wód powierzchniowych w regionie gdańskim. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, nr 5, 228-232.
- Olańczuk-Neyman K., Zadroga B., 2001 — Ochrona i rekultywacja podłoża gruntowego. Aspekty geotechniczno-budowlane. Politechnika Gdańska.
- Orłowski R., 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Rumia. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

- Orłowski R., 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Gdynia. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Pasierowska B., 2006a — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50000 pierwszy poziom wodonośny — występowanie i hydrodynamika, wraz z objaśnieniami, arkusz Rumia (15). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Pasierowska B., 2006b — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50000 pierwszy poziom wodonośny — występowanie i hydrodynamika, wraz z objaśnieniami, arkusz Gdynia (16). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Pasieczna A. 2003 — Atlas zanieczyszczeń gleb miejskich w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny.
- Płochniewski Z., 1973 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód mineralnych z utworów triasu w Sopocie. Centralne Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Płochniewski Z., 1974 — Wody mineralne w Sopocie. Przegląd Geol. 22 (7). Warszawa.
- Pikies R., Zaleszkiewicz L., 1994 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Rumia. Centralne Geol. Warszawa.
- Pikies R., Zaleszkiewicz L., 1994 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, Rumia. Wyd Geol. Warszawa.
- Pikies R., 1997 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Żukowo. Państw. Inst. Geol. Filia Centralnego Archiwum Geologicznego. Gdańsk.
- Pikies R., 1997 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Żukowo. Państw. Inst. Geol. Filia Centralnego Archiwum Geologicznego. Gdańsk.
- Pisarczyk S., 2001 — „Gruntoznawstwo inżynierskie”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Plan zagospodarowania przestrzennego województwa pomorskiego, 2004 r
- Prussak E., 2006a – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, wraz z objaśnieniami, arkusz Sobieszewo (28). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Prussak E., 2006b – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, wraz z objaśnieniami, arkusz Drewnica (56). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Prussak W., 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000. Arkusz Sobieszewo (28). Państw. Inst. Geol. Warszawa.

- Prussak W., 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000. Arkusz Drewnica (56). Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Roszkówna L., 1961 — End moraines of Chwaszczyno (W of Gdynia). W: Guide-Book of Excursion from the Balic to the Tatras, North Poland VI INQUA. Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165 z dnia 4 października 2002 r., poz. 1359).
- Sadurski A., 1989 — Górnokredowy system wód podziemnych Pomorza Wschodniego. Zesz. Nauk. AGH, Geologia z. 46. Kraków.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Gdańska (2007).
- Studium uwarunkowań i zagospodarowania przestrzennego miasta Sopotu (2002 r)
- Studium uwarunkowań i zagospodarowania przestrzennego miasta Gdyni (2007 r.)
- Stupnicka E., 1997 — Geologia regionalna Polski, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego
- Szelewicka A., Lidzbarski M., 2006 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, wraz z objaśnieniami, arkusz Gdańsk (27). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Turke H., 1999 — „Statik im Erdbau”, Ernst&Sohn, a Wiley Company, Berlin.
- Uścińowicz St., 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Gdańsk(27). Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Uścińowicz Sz., Zachowicz J., 1993a — Mapa Geologiczna Dna Bałtyku w skali 1:200 000 Arkusz Gdańsk. Wyd. Geol., Warszawa.
- Uścińowicz Sz., Zachowicz J., 1993c — Objaśnienia do Mapy geologiczna dna Bałtyku w skali 1:200 000 Arkusze: Gdańsk, Elbląg, Głębina Gdańska. Wyd. Geol., Warszawa.
- Werno M., Ciechanowicz Z., 1972 — ”Badania geotechniczne w akwenie Portu Północnego w Gdańsku”, Technika i Gospodarka Morska nr.12
- Wiłun Z., 2000 — Zarys geotechniki, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa

NORMY

PN-86/B-02480, Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.

PN-81/B-03020, Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli.

Obliczenia statyczne i projektowanie;

DIN- Bodenkenngrossen fur Erdlast und Erddruck nach DIN 1055 Teil 2;