



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

ALEKSANDER FRANKIEWICZ

Główny koordynator Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski — W. MORAWSKI
Koordynator regionu Polski północno-wschodniej i wschodniej — D. GAŁĄZKA

OBJAŚNIENIA

DO SZCZEGÓŁOWEJ MAPY GEOLOGICZNEJ

POLSKI

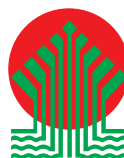
1 : 50 000

Arkusz Drobin (406)

(z 5 tab. i 4 tabl.)



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA



Wykonano na zamówienie Ministra Środowiska
za środki finansowe wypłacone przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

WARSZAWA 2012

Autor: Aleksander FRANKIEWICZ

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

Redakcja merytoryczna: Andrzej SZEWCZYK

Akceptował do udostępniania
Dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego
prof. dr hab. Jerzy NAWROCKI

ISBN 978-83-7538-893-0

© Copyright by Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2012

Przygotowanie wersji cyfrowej: Jacek STRĄK

SPIS TREŚCI

I. Wstęp	5
II. Ukształtowanie powierzchni terenu	8
A. Jednostki i formy geomorfologiczne	8
B. Hydrografia	11
III. Budowa geologiczna	12
A. Stratygrafia	12
1. Paleogen	12
a. Oligocen	12
2. Neogen	12
a. Miocen	12
b. Pliocen	13
3. Czwartorzęd	14
a. Plejstocen	14
Zlodowacenia najstarsze	14
Zlodowacenie Narwi	14
Zlodowacenia południowopolskie	15
Zlodowacenie Nidy	16
Interglacjał małopolski	18
Zlodowacenie Sanu 1	18
Zlodowacenie Sanu 2	19
Interglacjał wielki ?	21
Zlodowacenia środkowopolskie	22
Zlodowacenie Odry	23
Stadiał dolny	23

Stadiał górny	25
Zlodowacenie Warty	26
Stadiał dolny	26
Stadiał środkowy	30
Interglacjał eemski	37
Zlodowacenia północnopolskie	38
Zlodowacenie Wisły	38
Stadiał górny	38
b. Czwartorzęd nierozdzielony	39
c. Holocen	40
B. Tektonika i rzeźba podłoża czwartorzędu	41
C. Rozwój budowy geologicznej	44
IV. Podsumowanie	48
L i t e r a t u r a	50

SPIS TABLIC

Tablica I — Szkic geomorfologiczny w skali 1:100 000

Tablica II — Szkic geologiczny odkryty w skali 1:100 000

Tablica III — Zestawienie otworów badawczych dla SMGP (kartograficznych)

Tablica IV — Przekrój geologiczny C–D

I. WSTĘP

Obszar arkusza Drobin (406) Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000 położony jest między 19°45' a 20°00' długości geograficznej wschodniej i 52°40' a 52°50' szerokości geograficznej północnej i obejmuje około 313 km². Według podziału fizyczno-geograficznego Polski (Kondracki, 2000) obszar położony jest w obrębie makroregionu Niziny Północnomazowieckiej i mezoregionu Wysoczyzny Płońskiej. Jedynie niewielka część północno-wschodnia obszaru arkusza to mezoregion Równiny Raciąskiej.

Administracyjnie obszar należy do województwa mazowieckiego, powiatów: sierpeckiego, plockiego, płońskiego i żuromińskiego oraz gmin: Sierpc, Zawidz, Gozdowo, Bielsk, Drobin, Raciąż, Siemiątkowo Koziębrodzkie.

Pod względem gospodarczym obszar ma charakter rolniczy. Jedynie w Drobinie rozwinął się przemysł spożywczy (Zakłady Mięsne „Olewnik”, młyn) oraz materiałów budowlanych. Przez obszar arkusza przebiegają dwie drogi główne: nr 10 Szczecin–Płońsk–Warszawa, nr 60 Kutno–Drobin–Ostrów Mazowiecka i droga krajowa nr 560 Płock–Sierpc–Brodnica oraz linia kolejowa Nasielsk–Sierpc–Toruń.

Prace i badania geologiczne prowadzone były w oparciu o projekt prac geologicznych opracowany przez J. Kotarbińskiego i A. Frankiewicza w 1997 r. i zatwierdzony przez KOK dnia 25.03.1999 r. (KOK/AO/489-NY19/99). Decyzją Ministerstwa Środowiska prace nad realizacją projektu rozpoczęto w kwietniu 2000 r., ukończono w marcu 2003 r. Zakres prac i badań obejmował:

- kartowanie geologiczne na obszarze 313 km², które wykonał A. Frankiewicz
- prace dokumentacyjne – 980 punktów w tym: 95 sond mechanicznych o łącznym metrażu 600 m (wykonawca „Geofizyka” – Toruń), 868 sond ręcznych o łącznym metrażu 2323 m, 6 wkopów, oraz oczyszczono ściany 6 odsłoneń wkopów.

Na mapie geologicznej zlokalizowano 44 punkty dokumentacyjne, które zostały wykorzystane przy konstruowaniu przekrojów oraz są cytowane w tekście (tab. 1).

— wykonanie badań geofizycznych w zakresie sondowań geoelektrycznych wzdłuż dwóch przekrojów: A–B (ciągu o długości 24,0 km w ilości 80 SGE i reinterpretacji 30 archiwalnych SGE) i C–D (ciągu o długości 20 km w ilości 70 SGE i reinterpretacji 30 archiwalnych SGE) (Okrasa, 2001) (wykonawca „BIPROMEL” – Warszawa)

— wykonanie pięciu otworów kartograficznych o łącznym metrażu 697,3 mb (wykonawca „Geofizyka” – Toruń): 6 – Szumanie, 8 – Krajewice, 11 – Chorzewo, 21 – Dobrosielice, 33 – Bomballice.

— wykonanie badań laboratoryjnych litopetrograficznych w ilości 134 próbek (PIG – Oddział Geologii Morza w Gdańsku; Masłowska, Michałowska, 2002)

— wykonanie oznaczeń stratygraficznych: palinologia 5 próbek (PIG Kraków) (Granoszewski, 2002)

— wykonanie profilowania sejsmicznego wysokiej rozdzielczości wzdłuż przekroju A–B na odcinku Szumanie–Majki Duże (Kaszubowski, 2003).

Tabela 1

Wykaz wybranych punktów dokumentacyjnych

Numer na mapie geologicznej	Numer kolejnego punktu (według notatnika terenowego)	Rodzaj punktu (według słownika)	Nazwa miejscowości, w której znajduje się punkt dokumentacyjny	Rzędna punktu (m n.p.m.)	Głębokość punktu w m	Uwagi
1	1	sm	Dziembakowo	118,0	10,0	Przekrój geologiczny C–D
2	4	sm	Góry	121,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
3	5	sm	Zawidz Kościelny	122,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
4	2	sm	Kosemice	116,5	10,0	Przekrój geologiczny C–D
5	105	sr	Krajewice Małe	107,0	3,0	Przekrój geologiczny C–D
6	12	sm	Bakalary	116,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
7	880	wk	Szczepanki	125,0	2,0	Fluwioglać przykryty gliną zlodowacenia Warty
8	35	sm	Krajewice Duże	126,0	10,0	Przekrój geologiczny C–D
9	73	sm	Świerkocin	125,0	10,0	Przekrój geologiczny C–D
10	258	sr	Świerkocin	125,0	2,5	Przekrój geologiczny C–D
11	339	sr	Cetlin	131,5	3,0	Przekrój geologiczny A–B
12	342	sr	Chorzewo	121,0	3,0	Przekrój geologiczny C–D
13	14	sm	Majki Małe	125,5	10,0	Przekrój geologiczny A–B
14	15	sm	Gutowo Górki	121,0	10,0	Przekrój geologiczny C–D
15	13	sm	Majki Duże	121,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
16	39	sm	Lelice	131,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
17	38	sm	Miodusy	127,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
18	37	sm	Miodusy	128,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
19	337	sr	Miodusy	125,5	3,0	Przekrój geologiczny A–B
20	36	sm	Cetlin	125,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
21	16	sm	Gutowo Górki	127,0	10,0	Przekrój geologiczny C–D
22	17	sm	Kosmaczewo	128,0	10,0	Przekrój geologiczny C–D
23	459	sr	Nowe Kowalewo	122,0	3,0	Przekrój geologiczny C–D
24	70	sm	Kosmaczewo			Analiza palinologiczna (interglacjał eemski i wczesny vistulian)
25	18	sm	Nowe Kowalewo	129,0	10,0	Przekrój geologiczny C–D
26	515	sr	Świerczyn-Bęchy	131,0	3,0	Przekrój geologiczny C–D
27	43	sm	Świerczyn-Bęchy	129,0	6,0	Przekrój geologiczny C–D

28	44	sm	Świerczynek	131,0	14,0	Przekrój geologiczny C–D na 5,5 m — neogen
29	45	sm	Drobin	132,0	10,0	Przekrój geologiczny C–D
30	33	sm	Bonisław	133,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
31	32	sm	Bonisław	134,5	10,0	Przekrój geologiczny A–B
32	31	sm	Bonisław	136,5	10,0	Przekrój geologiczny A–B
33	89	sm	Bombalice	129,0	6,0	Torfy i namuły eemskie
34	689	sr	Tłubice	128,0	3,0	Osady zasoisłkowe przykryte osadami glacialnymi zlodowacenia Warty
35	530	od	Kisielewo			sandr
36	40	sm	Bombalice	138,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
37	41	sm	Jęczewo Jeziorne	141,0	10,0	Przekrój geologiczny A–B
38	75	sm	Bielsk	129,0	6,0	Przekrój geologiczny A–B
39	76	sm	Ułtowo	130,0	6,0	Torfy i namuły eemskie
40	79	sm	Szewce	126,0	7,0	Analiza palinologiczna (interglacjał eemski i wczesny vistulian)
41			Chudzyno	135,0	3,0	Osady wodnolodowcowe przykryte osadami glacialnymi zlodowacenia Warty
42			Cieszewko	128,0	4,0	Analiza palinologiczna (interglacjał eemski i wczesny vistulian)
43			Cieszewko	128,0	7,0	Analiza palinologiczna (interglacjał eemski i wczesny vistulian)
44			Cieszewo			Osady glacialne na kemach zlodowacenia Warty

Poza materiałami dokumentacyjnymi i zdjęciowymi z prac własnych do opracowania arkusza wykorzystano otwory wiertnicze oraz dokumentacje surowcowe, geofizyczne i hydrogeologiczne pochodzące z archiwów: Centralne Archiwum Geologiczne PIG-PIB w Warszawie, Delegatury Mazowieckiego Urzędu Wojewódzkiego w Płocku, „Wodrolu” w Bydgoszczy, Urzędów Gmin w Bielsku, Drobinie i Zawidzu oraz z banku danych „Hydro” (PIG-PIB w Warszawie).

Z opracowań kartograficznych wykorzystano mapy geologiczne 1:50 000 i materiały autorskie obszarów przylegających (Baraniecka, 1992a, b; Kotarbiński, 1999a, b, 2000a, b; Lamparski, 1979a, b; Różański, 2003), mapy geologiczne w skali: 1:100 000 (Dembowski, 1948), 1:200 000 (Chmurski i in., 1967; Kotarbiński, 1978; Galon i in., 1979), 1:300 000 (Areń, 1964; Łyczewska, 1948; Łyczewska, Pożaryski, 1948), mapy i opracowania z dziedziny geomorfologii (Czernicka-Chodkowska, 1969; Kotarbiński, 1966; Lencewicz, 1927; Urbaniak, 1967), stratygrafii (Baraniecka, 1974; Baraniecka, Janczyk-Kopikowa, 1991, Baraniecka i in., 1994, Kotarbiński, Krupiński, 1995, Skompski, 1969) oraz budowy podłoża podczwartorzędowego (Areń, 1964; Baraniecka, 1995; Lamparski, 1981, 1983; Mojski, Rühle, 1965; Pożaryski, Marek, 1970; Skompski, Słowański, 1961), mapy geofizyczne (Graniczny, Doktor, Kucharski, 1995; Zientara, 1988), mapy hydrogeologiczne (Macioszczyk, Stępień, 2002; Pawlak, 1963a, b; Sukowska, 1986), mapy surowców mineralnych (Dragowski, Stochlak, 1963; Mańkowska, Zalewska, 1964) oraz mapę inżynierską (Watycha, 1955).

Podczas realizacji opracowania prace koordynacyjne i konsultacyjne prowadził koordynator ds. litopetrografii dr Stanisław Lisicki oraz koordynatorzy regionalni: dr Wojciech Morawski i mgr Ryszard Dobracki.

II. UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI TERENU

Obszar objęty arkuszem Drobin obejmuje głównie wysoczyznę polodowcową uformowaną w czasie zlodowacenia Warty. Rzeźba terenu arkusza Drobin ma charakter równinny. Najwyżej wzniesiony punkt (145,5 m n.p.m.) znajduje się w południowo-zachodnim narożu, a najniżej położony (108,7 m n.p.m.) w północno-wschodnim narożu arkusza.

A. JEDNOSTKI I FORMY GEOMORFOLOGICZNE

Na obszarze arkusza Drobin wydzielono dwie główne jednostki geomorfologiczne o odmiennej genezie: wysoczyznę morenową oraz równinę sandrową.

Poszczególne jednostki i formy geomorfologiczne scharakteryzowano poniżej w układzie genetycznym, zgodnie z wydzieleniami na szkicu geomorfologicznym (tabl. I).

Wysoczyzna morenowa płaska częściowo zdenudowana, utworzona w czasie stadiału środkowego zlodowacenia Warty, występuje na większości powierzchni obszaru arkusza. Powierzchnia wysoczyzny morenowej wznosi się stopniowo w kierunku południowym i południowo-wschodnim. Fragment północny położony jest na wysokości 112–125 m n.p.m. Powierzchnię wysoczyzny urozmaicają (miejscami w znacznym stopniu zniszczone): pagórki kemowe, moren martwego lodu oraz równiny piasków przewianych i wydmy. Ten fragment wysoczyzny rozcięty jest szeroką doliną Sierpienicy i płytkimi dolinkami mniejszych cieków. Wyżej (125,0–145,5 m n.p.m.) położony jest południowy fragment wysoczyzny, który charakteryzuje się większymi deniwelacjami. Największe deniwelacje (ponad 10 m) stwierdza się w południowo-zachodnim rejonie arkusza (okolice Bielska), gdzie formom akumulacji szczelinowej towarzyszy dolina wód roztopowych i zagłębienia bezodpływowe. W części południowo-wschodniej (rejon Krajkowo–Maliszewko) licznie występują zagłębienia bezodpływowe i równiny jeziorne. Powierzchnia wysoczyzny w swojej południowej części, porozcinana jest także głębokimi dolinami rzeki Sierpienicy i jej dopływów.

Moreny martwego lodu występują w okolicach: Sulenczyc (część zachodnia), Druchowa (część północno-wschodnia arkusza) i Maliszewka (część południowo-wschodnia). W okolicach Sulenczyc i Druchowa są to rozległe wzgórza piaszczysto-żwirowe o wysokości względnej 2–5 m otoczone zagłębieniami bezodpływowymi, a w rejonie Maliszewka dwa pagórki o stromych zboczach i wysokości względnej ponad 6 m. Moreny martwego lodu powstały w czasie deglacjacji arealnej lądolodu stadiału środkowego zlodowacenia Warty.

Równiny sandrowe i wodnolodowcowe w ogólności występują w północnej i północno-wschodniej części obszaru arkusza. Teren ten zajmuje Równina Raciąska. Leżąca na wysokości 108–113 m n.p.m. równina utworzona została przez wody roztopowe płynące od czoła lądolodu fazy pomorskiej stadiału górnego zlodowacenia Wisły. Powierzchnie równiny tworzą piaski i żwiry sandrowe oraz piaski humusowe. Równinny krajobraz urozmaicają torfowiska, pola piasków eolicznych i wydmy o wysokości względnej do 5 m. Równina sandrowa graniczy od południa z położoną wyżej wysoczyzną morenową.

Przy zachodniej granicy arkusza od Bonisławia do Kisielewa występują płaty osadów piaszczysto-żwirowych akumulowanych w czasie fazy poznańsko-leszczyńskiej stadiału górnego zlodowacenia Wisły.

Północny fragment wysoczyzny morenowej (między Druchowem, Zawidzem Kościelnym a Jeżewem nadbudowany jest osadami sandrowymi, które tworzą równiny wodnolodowcowe położone na wysokości 114–118 m n.p.m. Są to pokrywy piaszczysto-żwirowe wód roztopowych akumulowane w czasie recesji lądolodu stadiału środkowego zlodowacenia Warty. Powierzchnia równiny nadbudowana jest pokrywami piasków przewianych i wydmami o wysokości względnej dochodzącej do 8 m.

Formy akumulacji szcelinowej występują pomiędzy Bonisławiem a Bielskiem (w południowo-zachodnim narożu arkusza). Są to cztery żwirowo-piaszczyste pagórki o długości 700, 800, 850 i 5600 m, i szerokości: 300, 320, 700 i 1300 m o dłuższych osiach w kierunku NW–SE i wysokości względnej dochodzącej do 10 m, zlokalizowane po obu stronach wydłużonego obniżenia erozyjnego.

Kemy. W części północno-wschodniej obszaru arkusza (okolice Druchowa i Milewa) w obrębie wysoczyzny, zlokalizowanych jest kilka pagórków kemowych o powierzchniach od 0,2 do 1,5 km² i wysokości względnej 3–7 m, powstałych w stadiale środkowym zlodowacenia Warty. Towarzyszą im liczne niewielkie zagłębienia bezodpływowe.

Doliny wód roztopowych rozcinają powierzchnię wysoczyzny w środkowej, północno-zachodniej i południowo-zachodniej jej części. Dna dolin, powstałych w wyniku erozyjnej działalności wód roztopowych, położone są od 3 do 6 m poniżej powierzchni wysoczyzny. Obecnie wykorzystywane są przez rzekę Sierpienicę (trzy odnogi) i jej niewielkie dopływy. Wypełnione są osadami organicznymi i rzecznyymi, a miejscami osadami wodnolodowcowymi.

Zagłębienia powstałe po martwym lodzie występują dość licznie na powierzchni całej wysoczyzny i są dziś zagłębieniami bezodpływowymi wypełnionymi deluwiami, torfami, namułami, gytiami i osadami jeziornymi. Najliczniej drobne zagłębienia bezodpływowe występują w północno-wschodniej części wysoczyzny w sąsiedztwie pagórków kemowych oraz na południowym wschodzie arkusza (między Kowalewem a Maliszewkiem) na obszarze równiny wodnolodowcowej. Zagłębienia te powstały w wyniku nierównomiernej deglacjacji lądolodu stadiału środkowego zlodowacenia Warty.

Równiny piasków przewianych i wydmy występują w rejonach: Szumani (północna część obszaru arkusza) i Kozichbród (północno-wschodnie naroże obszaru arkusza). W rejonie Szumani równiny piasków przewianych zalegają na powierzchniach równin wodnolodowcowych jak i wysoczyzny zajmując obszary dochodzące do 2 km². Nadbudowane są wydrami parabolicznymi o wysokości względnej 3–8 m. W północno-wschodnim narożu obszaru arkusza osady eoliczne zalegają na powierzchni równiny sandrowej. Tworzą dwa równoległe pasy równin piasków przewianych oraz wydmy parabolicznych i podłużnych o wysokości 2–5 m i rozciągłości W–E. Pojedyncze pola piasków przewianych spotyka się także w północno-zachodniej części obszaru arkusza.

Doliny rzeczne przecinają wysoczyznę w części północnej, zachodniej i centralnej. Doliny rzeki Sierpienicy i trzech dopływów, wykorzystując starsze doliny wód roztopowych, przecinają wysoczyznę z południa na północ. W południowej części doliny rzeczne są wąskie (20–80 m szerokości) i najgłębsze (do 10 m głębokości). Im dalej na północ, tym doliny stają się płytsze i szersze by na północ od Słupi osiągnąć szerokość 500 m i głębokość 2–5 m.

Dolinki w ogólności, nierozdzielone występują przede wszystkim w zboczach większych dolin rzecznych. Są to wąskie (do 40 m) i płytkie (do 4 m głębokości), o długości dochodzącej do 1500 m dolinki, wypełnione osadami rzecznyymi lub deluwialnymi. Dna dolin często są suche lub płyną nimi niewielkie ciek. Część z omawianych form to prawdopodobnie dolinki denudacyjne.

Równiny denudacyjne występują w zachodniej, południowej i południowo-wschodniej części obszaru arkusza. W zachodniej części między Lelicami a Sulenczycami, erozja i procesy denudacyjne odsłoniły osady piaszczysto-żwirowe akumulowane w czasie transgresji lądolodu stadiału środkowego zlodowacenia Warty. Osady te miejscami przykryte są młodszymi osadami glacialnymi lub ich rezydiami (głazy). W części południowej w okolicach Zakrzewa osady mułkowato-piaszczyste ze stadiału środkowego zlodowacenia Warty tworzą powierzchnię stoków wysoczyzny schodzących do dolin rzeki Sierpienicy, położone na wysokości 129,0–135,0 m n.p.m.

W części południowo-wschodniej (między Kowalewem, Kozłowem a Maliszewkiem) równiny deluwialne tworzą rozległe płaskie powierzchnie położone na wysokości 130,0–141,0 m n.p.m., zbudowane z osadów zastoiskowych i wodnolodowcowych, akumulowanych w czasie transgresji lądolodu stadiału środkowego zlodowacenia Warty. Na powierzchni tych równin występują dość licznie głazowiska będące pozostałością po młodszym osadach glacialnych.

Długie stoki powstały na styku wysoczyzny z równiną sandrową jako efekt długotrwałej denudacji. Na omawianym terenie widoczne są na niewielkim odcinku (około 1 km) na północ od Zawidza Kościelnego (północna granica obszaru arkusza). Są to stoki o długości 200 m i różnicy wysokości wynoszącej 6–8 m.

Drobne zagłębienia o różnej genezie najliczniej występują w północnej części omawianego obszaru, choć spotkać je można na całej powierzchni wysoczyzny. Zagłębienia te mają niewielką powierzchnię i głębokość, dlatego na szkicu geomorfologicznym zaznaczono tylko największe mieszczące się w skali szkicu.

Równiny jeziorne napotkać można w północnej, północno-wschodniej, południowo-zachodniej i południowo-wschodniej części obszaru arkusza. W okolicy Jeżewa (część północna) w powierzchni wysoczyzny występują dwa niewielkie zagłębienia wypełnione osadami jeziornymi. W części północno-wschodniej w rejonie Osieku osady jeziorne wypełniają zagłębienia powstałe w powierzchni równiny sandrowej. W rejonie Bielska (południowo-zachodnie naroże obszaru arkusza) zlokalizowane jest rozległe obniżenie wypełnione osadami jeziornymi i organicznymi. W południowo-wschodniej części omawianego terenu w okolicy Chudzyńca i Cieszewka znajdują się dwa obniżenia o szerokości 500 i 900 m i długości 2 i 4 km, będące pozostałością po jeziorach, które istniały w czasie interglacjału eemskiego. Obecnie wypełnione są osadami organicznymi.

Równiny torfowe występują powszechnie na całym omawianym obszarze. Największe powierzchnie zajmują one w dnach dolin rzecznych równiny sandrowej (północno-wschodnia część obszaru arkusza) i dnach równin jeziornych (południowo-zachodnia i południowo-wschodnia część obszaru arkusza). Niewielkie torfowiska spotyka się na terenie całego arkusza zarówno na powierzchni wysoczyzny jak i równin wodnolodowcowych. Niestety większość z nich nie mieści się w skali szkicu.

Piaskownie i piaskownie-żwirownie zlokalizowane są głównie we wschodniej połowie terenu badań. W części północno-wschodniej w okolicy Milewa, eksploatowane są piaszczyste utwory kemowe, a w okolicy Druchowa piaszczysto-żwirowe morem martwego lodu. W części południowo-wschodniej obszaru arkusza, na południe od Kowalewa oraz w okolicy Maliszewka, zlokalizowane są duże piaskownie eksploatujące piaski wodnolodowcowe. Na omawianym terenie występują także mniejsze, dzikie punkty eksploatacji kruszyw naturalnych o kilkumetrowej średnicy i głębokości, nie mieszczące się w skali szkicu i mapy geologicznej.

B. HYDROGRAFIA

Obszar arkusza Drobin należy w większości do zlewni rzeki Skrwy i jej dopływu Sierpienicy. Sierpienica przepływa przez obszar arkusza trzema niezależnymi ciekami, łączącymi się w jeden w okolicy Gołocina. Przez większą część swojego biegu płynie w kierunku NE, dopiero w okolicy Młodziszynka gwałtownie skręca pod kątem prostym w kierunku NW. Dopływami Sierpienicy są bezimienne rzeczki lub rowy melioracyjne.

Północno-wschodnia część terenu objętego arkuszem odwadniana jest przez prawostronny dopływ Wkry – rzekę Raciażnicę, płynącą w kierunku SE, i jej niewielkie dopływy.

III. BUDOWA GEOLOGICZNA

A. STRATYGRAFIA

Badany obszar leży w środkowej części synklinorium brzeżnego, zwanej niecką warszawską lub płocką (Marek, red., 1983). Znajomość podłoża paleozoicznego i mezozoicznego opiera się na wynikach głębokich wierceń w obszarach sąsiednich, gdyż na obszarze arkusza Drobin nie ma wierceń nie tylko przebijających, ale nawet dochodzących do kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego.

Litologia, stratygrafia i tektonika podłoża paleozoicznego i mezozoicznego została omówiona w pracach zbiorowych pod redakcją S. Marka (1983) oraz S. Marka i M. Pajchlowej (1997).

Najbliższym otworem nawiercającym utwory mezozoiczne jest otwór kartograficzny w Strzeszewie na obszarze arkusza Biezuń (366), przylegającym do omawianego od północy. Stwierdzono w nim zalegające na wysokości 124 m p.p.m. margle kredowe mastrychtu (Kotarbiński, 2000b).

Najstarszymi nawierconymi osadami na terenie omawianego arkusza są utwory oligocenu.

1. Paleogen

a. Oligocen

Osady morskie i jeziorne oligocenu stwierdzono tylko w dwóch otworach wiertniczych. W otworze kartograficznym w Szumaniach (otw. 6) na głębokości 43,6 m (72,9 m n.p.m.) nawiercono brązowe iłowce (przekrój A–B). Wiek podobnych osadów nawierconych w Szpetalu Dolnym koło Włocławka, określono na podstawie analizy pyłkowo-sporowej, na oligocen środkowy (Grabowska, Słodkowska, 1993). W otworze studziennym w Bielsku (otw. 37) nawiercono morskie iły szarozielonkawe i zielonkawe (przekrój A–B). W obu otworach osady oligocenu leżą znacznie wyżej niż na pozostałym obszarze arkusza. Spowodowane jest to tektonicznym (glacitektonicznym?) wyniesieniem skrzydeł depresji Mochowa, na których umiejscowione są te otwory.

2. Neogen

a. Miocen

Osady neogenu występują na obszarze arkusza w postaci: piasków średnio-, drobnoziarnistych i pyłowatych, mułków, ilów z wkładkami węgla brunatnego i fosforytami. Łączna miąższość osadów przewierconych wynosi 10,5 m w otworze 37. W pozostałych otworach osady te nie zostały przewiercone a ich przebieg i ciągłość zalegania jest trudna do prześledzenia. W obrębie depresji miocen reprezentowany jest przez mułki piaszczyste, piaski drobnoziarniste, pylaste z okruchami węgla i fosforytami oraz węgiel brunatny (zweglone drewno). Strop tych osadów układa się na wysokości od 63,8 do 28,0 m

p.p.m. (otwory: 8 w Krajewicach, 11 w Chorzewie, 33 w Bombalicach na przekroju A–B) (Masłowska, Michałowska, 2002). Na krawędziach depresji i poza nią miocen reprezentują głównie piaski drobnoziarniste i ły szare i węgliste z wtrąceniami węgla brunatnego. W otworze 5 w Zawidzu Kościelnym strop tych osadów nawiercono na poziomie 53,2 m n.p.m., (w otworze 21 w Dobrosielicach — 42,7 m n.p.m., a w otworze 37 w Bielsku — 59,0 m n.p.m. W otworze kartograficznym 6 w Szumanach (przekrój A–B) brak jest osadów miocenu, a na osadach oligocenu bezpośrednio leżą osady pliocenu.

b. Pliocen

Osady pliocenu reprezentowane są przez ły pstre z wkładkami mułków i piasków pyłowatych oraz podrzędnie węgla brunatnych. Być może, według obecnie obowiązujących podziałów litostratigraficznych neogenu (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995), część tych osadów należałoby zaliczyć do górnego miocenu. Występują w większości otworów wiertniczych dochodzących do podłoża podczwartorzędowego. Najniżej zalegające ły i mułki pliocenu (pstre) stwierdzono na głębokości 192,1 m (51,7 m p.p.m.) w otworze 33 w Bombalicach w obrębie depresji Mochowa. Nie stwierdzono ich w pozostałych otworach dokumentujących dno depresji (otwory: 8 w Krajewicach i 11 w Chorzewie). Na pozostałym obszarze arkusza osady te tworzą warstwę o bardzo zróżnicowanej miąższości i wysokości zalegania.

W północnej części obszaru arkusza utwory pliocenu stwierdzono w okolicy Zawidza Kościelnego. W otworze 6 w Szumaniach (przekrój A–B) ły pstre z przewarstwieniami mułków i piasków drobnoziarnistych zalegają na głębokości 25,9–43,6 m (90,6–72,9 m n.p.m.). Pokrywają one wyniesioną tektonicznie elewację powierzchni podczwartorzędowej. Spąg tych osadów opada na północ w kierunku kolejnego obniżenia w podłożu czwartorzędu (Kotarbiński, 2000a, b). W Zawidzu Kościelnym w otworze 4 zalegają na głębokości 77,5 m (43,6 m n.p.m.) a w otworze 5 w Zawidzu Kościelnym na głębokości 74 m (45,8 m n.p.m.) i osiąga miąższość 99,0 m (przekrój A–B). W otworze 15 w Mańkowie nawiercono ły i mułki pliocenu na głębokości 34,0 m (88,0 m n.p.m.). W otworze kartograficznym 21 w Dobrosielicach (przekrój C–D) na głębokości 81,6–86,3 m (47,4–42,7 m n.p.m.) stwierdzono warstwę łów pstrych, leżącą na zboczu krawędzi depresji Mochowa. Najwyżej położony strop osadów plioceńskich udokumentowano w otworach: 24–28, 30–32 w rejonie Drobina oraz w punkcie dokumentacyjnym 28 w Świerczynie. Wysokość zalegania stropu tych osadów waha się od 70,9 m n.p.m. w otworze 24 w Drobinie do 125,0 m n.p.m. w punkcie dokumentacyjnym 28 w Świerczynie (przekrój C–D). Utwory pliocenu wykształcone są tu w postaci łów pstrych z przewarstwieniami mułków, piasków drobnoziarnistych i węgla brunatnego. Maksymalna miąższość dochodzi do 158 m (otwór 26 w Drobinie). Żaden z otworów nie osiągnął spagu tej warstwy. W otworze kartogra-

ficznym w Drobinie na arkuszu Raciąż (Baraniecka, 1992b) badania palinologiczne węgla brunatnego występującego w stropie iłów pstrych wskazują, że osad ten należy zaliczyć do miocenu górnego (Baraniecka, 1995; Słodkowska, 1991). Na południowy zachód od Droбина w okolicach Kozłowa łą i mułki pliocenские występują na powierzchni. Nie ma pewnych dowodów czy są to kry w osadach czwartorzędowych czy fragmenty glacitektonicznie podniesionego podłoża. Za glacitektonicznie podniesionym fragmentem podłoża przemawia fakt występowania podobnej struktury na obszarze sąsiedniego arkusza Raciąż (struktura Wrogocina) i sugestia jej kontynuacji na omawiany arkusz (Baraniecka, 1992b). W południowej części obszaru arkusza osady pliocenu wykształcone są w postaci łą i mułków pstrych. W otworze 37 w Bielsku (przekrój A–B) osady pliocenu stwierdzono na głębokości 77,5–79,0 m (60,5–59,0 m n.p.m.) a w otworze 38 w Giżynie strop tych osadów nawiercono na głębokości 60,0 m (71,2 m n.p.m.). W otworze 39 w Krajkowie warstwę mułków i łą pstrych nawiercono na głębokości 59,0 m (68,5 m n.p.m.). W Mokrzku w otworze 41 strop osadów pliocenu zalega na wysokości 84,2 m n.p.m.

3. Czwartorzęd

Utwory czwartorzędowe zalegają na osadach miocenu i pliocenu. Miąższość uzależniona jest głównie od morfologii podłoża i wynosi od 0 m w okolicy Kozłowa, 5,5 m w Świerczynku do 192,1 m w Bombalicach. Takie deniwelacje powierzchni podłoża są wynikiem prawdopodobnych ruchów tektonicznych i zaburzeń glacitektonicznych.

a. Plejstocen

Osady deponowane były w trakcie procesów zachodzących podczas zlodowaceń południowopolskich, środkowopolskich i zlodowacenia Wisły. Dotychczas nie udokumentowano w pełni (jednoznacznie) za pomocą analizy palinologicznej organicznych osadów interglacjalnych. Osady interglacjału małopolskiego i interglacjału wielkiego zostały określone na podstawie korelacji z sąsiednimi arkuszami. Jedynie wstępnie zostały przebadane osady interglacjału eemskiego i wczesnego vistulianu. Stratygrafię plejstocenu oparto przede wszystkim na korelacji z sąsiednimi arkuszami oraz na badaniach litologiczno-petrograficznych.

Zlodowacenia najstarsze

Reprezentowane są przez łą i mułki zastoiskowe oraz jeden poziom gliny zwałowej.

Zlodowacenie Narwi

Iły i mułki zastoiskowe podścielają cienką warstwą gliny tego samego zlodowacenia. Stwierdzono je jedynie w otworach kartograficznych 11 i 33 (tabl. III). W otworze kartograficz-

nym 11 w Chorzewie (przekroje A–B i C–D), na głębokości 189,1–190,2 m (62,4–63,5 m p.p.m.), tworzą warstwę iłów i mułków niebiesko-zielonych z grudkami gliny, wymieszanych z paleogeńsko-neogeńskimi iłami węglistymi i okruchami węgla.

Gliny zwałowe zlodowacenia Narwi są najstarszymi glinami występującymi na tym arkuszu. Zachowały się w głębokim obniżeniu powierzchni podczwartorzędowej (depresji Mochowa) w centralnej i wschodniej części obszaru arkusza. Gliny te stwierdzono w trzech otworach kartograficznych wykonanych dla tego arkusza.

W otworze 8 w Krajewicach (przekrój C–D, [tabl. IV](#)) stwierdzono na głębokości 148,4–152,1 m (23,4–27,1 m p.p.m.) glinę mułkowato-piaszczystą, bardzo zwięzłą, brązowo-zieloną, wymieszaną w spągu z osadami trzeciorzędowymi (iły węgliste), o niskiej zawartości CaCO_3 – 4,5%. W składzie petrograficznym żwirów skały krystaliczne przeważają nad wapieniami paleozoicznymi a udział dolomitów jest wysoki (5,9%) (Masłowska, Michałowska, 2002). Współczynniki petrograficzne¹ przedstawione są w [tabeli 2](#).

W otworze 11 w Chorzewie (przekroje A–B i C–D) strop gliny zalega na głębokości 180,8 m (54,1 m p.p.m.) a spąg na 189,1 m (62,4 m p.p.m.). W spągowej partii wymieszana jest także z iłami zastoiskowymi i osadami podłoża. Jest to glina mułkowato-piaszczysta o zawartości CaCO_3 – 46,1%. W składzie petrograficznym skały krystaliczne (49,4%) przeważają nad wapieniami paleozoicznymi (27,2%) a zawartość dolomitów wynosi 5,6%. Zawartość skał lokalnych najwyższa jest w spągu i maleje w kierunku stropu (średnio wynosi 8,7%, w tym piaskowców 3,8%). Współczynniki petrograficzne są niemal identyczne ze współczynnikami gliny nawierconej w Krajewicach (Masłowska, Michałowska, 2002) ([tabela 2](#)). Współczynniki te są identyczne ze współczynnikami ustalonymi dla glin tego wieku na obszarze dorzecza Wisły (Lisicki, 2003). Gliny tej nie stwierdzono w pozostałych otworach wiertniczych wykonanych na terenie arkusza.

Zlodowacenia południowopolskie

Reprezentowane są przez trzy poziomy glin zwałowych, przedzielone interglacjalnymi piaskami rzecznyymi, piaski ze żwirami wodolodowcowe oraz iły i mułki zastoiskowe. Miększe pokłady glin zwałowych i osadów zastoiskowych zlodowaceń Sanu 1 i Sanu 2 stanowią główne wypełnienie depresji Mochowa.

¹Współczynniki petrograficzne obliczone dla żwirów o średnicy 5–10 mm, uzyskanych z glin zwałowych, charakteryzują zależność pomiędzy grupami skał skandynawskich, gdzie: O – skały osadowe, K – skały krystaliczne i kwarc, W – skały węglanowe, A – skały nieodporne na wietrzenie, B – skały odporne na wietrzenie.

Wartości współczynników petrograficznych glin zwałowych

Wiercenia kartograficzne	Szumanie 6		Krajewice 8		Chorzewo 11		Dobrosielice 21		Bombalice 33	
Stratygrafia	głębokość pobrania próbek lub ilość próbek	współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B (wartości średnie)	głębokość pobrania próbek lub ilość próbek	współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B (wartości średnie)	głębokość pobrania próbek lub ilość próbek	współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B (wartości średnie)	głębokość pobrania próbek lub ilość próbek	współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B (wartości średnie)	głębokość pobrania próbek lub ilość próbek	współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B (wartości średnie)
Złodowacenie Warty – stadał środkowy	4,6–5,6 m 5,6–6,3 m 6,8–7,8 m	1,44–0,73– 1,30	3,8–11,5 m (5 próbek)	1,30–0,74– 1,31	4,3–5,4 m 6,0–7,0 m 7,5–8,5 m	0,96–1,12– 0,86	0,9–11,2 m (5 próbek)	0,67–1,63– 0,64	2,9–3,9 m 5,0–6,0 m 8,6–9,6 m 10,2–11,2 m	0,98–1,05– 0,94 1,33–0,78– 1,24
Złodowacenie Warty – stadał dolny	10,0–11,0 m 14,0–15,0 m	1,33–0,79– 1,19	11,5–27,8 m (8 próbek)	0,61–1,90– 0,58	16,0–17,0 m 17,5–18,5 m 19,0–20,0 m 21,0–22,0 m	0,62–1,88– 0,53	12,0–13,0 m 14,0–15,0 m	0,69–1,48– 0,66	18,4–19,4 m 20,0–21,0 m 22,0–23,0 m	1,28–0,82– 1,24
Złodowacenie Odry			27,8–47,0 m (8 próbek)	0,72–1,64– 0,71	22,0–41,8 m (8 próbek)	0,87–1,27– 0,78				
Złodowacenie Sanu 2			47,0–69,7 m (8 próbek)	0,63–1,68– 0,60	59,5–80,3 m (10 próbek)	0,78–1,49– 0,67				
Złodowacenie Sanu 1					83,2–134,7 (25 próbek)	0,86–1,29– 0,77				
Złodowacenie Nidy	15,8–16,9 m 17,5–18,5 m	0,80–1,34– 0,71	115,8–142,8 m (11 próbek)	0,74–1,54– 0,64	141,5–149,0 (6 próbek) 149,0–158,9 m (4 próbki)	0,48–2,35– 0,43 0,86–1,25– 0,80	72,8–73,8 78,0–79,0 80,2–81,2 m	0,86–1,20– 0,81	183,8–184,8 185,2–186,2 m	0,88–1,31– 0,73
Złodowacenie Narwi			149,0–150,0 m 151,0–152,0 m	0,61–1,75– 0,57	181,0–182,0 183,0–184,0 185,0–186,0 187,0–188,0 m	0,63–1,72– 0,57				

Złodowacenie Nidy

Iły i mułki zastoiskowe występują pod glinami tego złodowacenia zarówno w obrębie depresji Mochowa, gdzie tworzą rozległą i mięszką warstwę (otwory kartograficzne: 8, 11 na przekroju C–D i 33 na przekroju A–B), jak i poza nią (otwór kartograficzny 6 na przekroju A–B, [tabl. III](#)).

Poza depresją osady zastoiskowe stwierdzono w otworze 6 w Szumaniach. Mułki piaszczyste z przewarstwieniami piasków drobnoziarnistych i okruchami lignitu nawiercono na głębokości 20,5–25,9 m (96,0–90,6 m n.p.m.). Leżą one bezpośrednio na paleogeńsko-neogeńskich osadach wyniesionej tektonicznie elewacji powierzchni podczwartorzędowej.

W otworze 8 w Krajewicach występują mułki szare z przewarstwieniami piasków i iłów, z kawałkami lignitu, o miąższości 4,6 m (głębokość 142,8–148,4 m; 17,8–23,4 m p.p.m.). Warstwa kontynuuje się prawdopodobnie ku wschodowi.

W otworze 11 w Chorzewie na głębokości 158,9–180,8 m (32,2–54,1 m p.p.m.) stwierdzono mułki z przewarstwieniami iłu oraz piasku drobnoziarnistego z kawałkami lignitu.

W otworze 33 w Bombalicach warstwa iłów tłustych z przewarstwieniami mułków zalega na głębokości 186,8–192,1 m (46,4–51,7 m p.p.m.).

Gliny zwałowe występują w depresji Mochowa prawdopodobnie w formie ciągłej warstwy leżącej na glinach zwałowych zlodowacenia Narwi oraz utworach zastoiskowych poprzedzających akumulację tych glin. Na obszarze poza depresją gliny te zachowane są jedynie w postaci płytów o niewielkiej miąższości, co jest spowodowane długotrwałą erozją i denudacją w czasie późniejszego wypiętrzania tego obszaru.

W otworze kartograficznym 8 w Krajewicach (przekrój C–D, [tabl. IV](#)) glina zwałowa występuje na głębokości 115,8–142,8 m (9,2 m n.p.m. – 17,8 m p.p.m.). Jest to glina mułkowo-piaszczysta z okruciami lignitu i przewarstwieniami iłów pstrych. Średnia zawartość CaCO₃ wynosi 7,4%. W składzie petrograficznym frakcji żwirowej przeważają skały krystaliczne (44,1%) nad wapieniami paleozoicznymi (30,0%), a udział dolomitów jest niski (średnio 2,8%) i wzrasta w stropie do 8,2%. Udział skał lokalnych wynosi 16,0%, w tym: wapieni 2,2%, piaskowców 2,3%, krzemieni 1,7% i fosforytów 2,5% (Masłowska, Michałowska, 2002). Współczynniki petrograficzne przedstawione są w [tabeli 2](#).

W otworze kartograficznym 11 w Chorzewie (przekroje A–B i C–D) natrafiono na dwudzielną warstwę gliny zwałowej brązowszarej z licznymi przewarstwieniami mułków i okruciami lignitu o miąższości 17,4 m (głębokość 141,5–158,9 m; 14,8–32,2 m p.p.m.). W składzie petrograficznym dominują skały krystaliczne (38,7–51,3%) nad wapieniami paleozoicznymi (26,5–29,2%). Zawartość dolomitów zmniejsza się ku stropowi z 5,1% do 1,3%. Zmniejsza się także udział skał lokalnych z 22,5% na 10,1%, w tym: wapieni 1,2%, piaskowców 2,4% i fosforytów. Współczynniki petrograficzne dla warstwy dolnej wynoszą: O/K–0,86; K/W–1,25; A/B–0,80 a dla warstwy górnej O/K–0,48; K/W–2,35; A/B–0,43 (Masłowska, Michałowska, 2002). Prawdopodobnie górna warstwa zawiera materiał starszy z gliny zlodowacenia Narwi, na co wskazują wartości współczynników (Lisicki, 2003).

W otworze kartograficznym 33 w Bombalicach (przekrój A–B) na głębokości 183,5–186,8 m (43,1–46,4 m p.p.m) stwierdzono cienką warstwę gliny zwałowej ilasto-piaszczystej, brązowszarej, twardej, silnie zaburzonej z iłami pstrymi z podłoża. Skład petrograficzny wykazuje przewagę skał krystalicznych (42,3%) nad wapieniami paleozoicznymi (32,9%) ([tabela 2](#)). Udział skał lokalnych jest wysoki – średnio 12,5%, w tym: margle kredowe 5,2%, fosforyty 2,9% i krzemienie 1,2%, Węglanowość jest stosunkowo niska i wynosi 4,8% zawartości CaCO₃.

W otworze kartograficznym 6 w Szumaniach (przekrój A–B), zlokalizowanym w północnej części obszaru arkusza na elewacji podłoża czwartorzędu, strop gliny mułkowato-piaszczystej z kawałkami lignitu, o miąższości 3,6 m zalega na wysokości 101,2–97,6 m n.p.m. W składzie petrograficznym dominują skały krystaliczne (45,9%) nad wapieniami paleozoicznymi (33,8%) ([tabela 2](#)), a węglanowość 5,7% zawartości CaCO₃ (Masłowska, Michałowska, 2002).

W otworze kartograficznym 21 w Dobrosielicach (wschodnia krawędź depresji) (przekrój C–D) strop gliny zwałowej nawiercono na głębokości 72,7 m (56,3 m n.p.m.) a spąg osiągnięto na głębokości

81,6 m (47,4 m n.p.m.). Jest to glina mułkowato-piaszczysta, przewarstwiona piaskami gliniastymi, wymieszana z iłami pstryimi i piaskami glaukonitowymi i zalegająca bezpośrednio na osadach podłoża. W składzie petrograficznym zaznacza się przewaga skał krystalicznych (42,0%) nad wapieniami paleozoicznymi (34,9%) oraz znaczny udział dolomitów i margli dolomitycznych — 6,2%. Zawartość skał lokalnych wynosi 8,1% (Masłowska, Michałowska, 2002). Gliny tej nie stwierdzono w pozostałych otworach wiertniczych wykonanych na terenie arkusza.

Interglacjał małopolski

Piaski ze żwirami, piaski i piaski pyłowate rzeczne występują w części zachodniej obszaru arkusza. Nie stwierdzono ich w żadnym otworze wiertniczym. Wyznaczono je w rejonie Dziembakowa jedynie na podstawie badań geoelektrycznych (Okrasa, 2001), które wskazują na obecność w obrębie glin zwałowych zlodowacenia Nidy dwóch soczew osadów piaszczystych (wysokooporowych). Osady tego poziomu występują na sąsiednim arkuszu Sierpc (Kotarbiński, 1999b) w podobnym położeniu stratygraficznym i na takiej samej wysokości (strop na 10–20 m n.p.m. a spąg na 18–50 m p.p.m.).

Zlodowacenie Sanu 1

Iły i mułki zastoiskowe podścielające gliny zlodowacenia Sanu 1 stwierdzono w trzech otworach wiertniczych.

W otworze kartograficznym 11 w Chorzewie, dokumentującym depresję Mochowa (przekroje A–B, C–D), na głębokości 134,7–138,3 m (8,0–11,6 m p.p.m.) występują ily tłuste ciemnoszare i szarobrazowe z wtrąceniami piasków drobnoziarnistych szarych. Osady te są silnie zaburzone i przewarstwione gliną zwałową. W składzie minerałów ciężkich w tej serii przeważają chloryty i amfibole (74,6–95,3%). Niska zawartość CaCO_3 (3,1%), wtrącenia glin zwałowych i zaburzenia są wskaźnikiem, że osady te powstawały w zbiorniku proglacialnym (Masłowska, Michałowska, 2002).

W otworze 37 w Bielsku (przekrój A–B) w południowo-zachodniej części obszaru arkusza, na głębokości od 69,0 m (69,0 m n.p.m.) do 77,5 m (60,5 m n.p.m.) występują: ily, mułki i piaski mułkowate z porwakami iłowców paleogeńskich i wtrąceniami glin. Leżą one bezpośrednio na iłach i mułkach neogeńskich.

W północno-wschodniej części obszaru arkusza w otworze 16 w Druchowie na głębokości 99,5–114,5 m (24,5–9,5 m n.p.m.) stwierdzono osady zastoiskowe wykształcone w postaci piasków drobnoziarnistych, pyłowatych i pyłów. Wypełniają one obniżenie w powierzchni podczwartorzędowej i leżą bezpośrednio na iłach paleogeńsko-neogeńskich.

Gliny zwałowe tworzą warstwę o dużej miąższości wypełniającą depresję Mochowa w zachodniej i centralnej części obszaru arkusza oraz w obniżeniu powierzchni starszego podłoża

w części północno-wschodniej. Brak tej warstwy na pozostałym obszarze arkusza spowodowany jest prawdopodobnie długotrwałą erozją i denudacją w trakcie tektonicznego podnoszenia obszarów wokół depresji.

W otworze kartograficznym 11 w Chorzewie (przekroje A–B i C–D) na głębokości 83,2–134,7 m (43,5 m n.p.m. – 8 m p.p.m.) występuje glina mułkowato-piaszczysta z okruchami lignitu i piasków glaukonitowych i przewarstwieniami iłu i mułku. Zawartość CaCO_3 wynosi 5,0%. W składzie petrograficznym frakcji żwirowej przeważają skały krystaliczne (39,2%) nad wapieniami paleozoicznymi (31,1%) Współczynniki petrograficzne przedstawione są w tabeli 2. Duży jest udział skał lokalnych (18,9%), w tym: wapieni 2,4%, piaskowców 2,6%, mułowców 5,2% i fostorytów 2,3% (Masłowska, Michałowska, 2002).

Na sąsiednich arkuszach SMGP również odnotowuje się duże miąższości tych glin w obrębie depresji Mochowa (Lamparski, 1979b; Kotarbiński, 1999b).

W otworze 37 w Bielsku (przekrój A–B), na głębokości 57,0–69,0 m (81,0–69,0 m n.p.m.) stwierdzono glinę zwałową przedzieloną 3,5 m warstwą piasków i mułków. Wysokie położenie gliny zwałowej w Bielsku ma związek z tektonicznym wyniesieniem fragmentu podłoża w tym rejonie.

W otworze 16 w Druchowie (północno-wschodnia część obszaru arkusza) glinę zwałową szarą z otoczkami stwierdzono na głębokości 81,0 (43,0 m n.p.m.) – 99,5 m (24,5 m n.p.m.). Gлина ta zalega na osadach zastoiskowych wypełniających obniżenie w powierzchni podczwartorzędowej.

Złodowacenie Sanu 2

Iły, mułki i piaski zastoiskowe z glinami zwałowymi w spływach występują w zachodniej, południowo-zachodniej i północno-wschodniej części obszaru arkusza. Nie tworzą większej pokrywy a jedynie wypełniają zagłębienia zastoiskowe w powierzchni osadów starszych złodowaceń.

W otworze kartograficznym 8 w Krajewicach (przekrój C–D) na głębokości 84,8–115,8 m (40,2–9,2 m n.p.m.) stwierdzono warstwę piasków bardzo drobno-, drobno- i średnioziarnistych z przewarstwieniami mułków, ilów i gliny zwałowej (spływy) oraz kawałkami węgla. Węglanowość osadów maleje od 8% w spągu warstwy do 1,85% na głębokości 103,3 m (21,7 m.n.p.m.) i ponownie rośnie do 6,4% zawartości CaCO_3 w stropie. Skład minerałów ciężkich a zwłaszcza wysoka zawartość granatów (do 38,7%) w spągowej części osadu (głębokość 115,8–103,3 m) wskazuje na dynamiczne warunki akumulacji tej partii osadu. W wyższej partii osadu (głębokość 103,3–84,8 m) w składzie minerałów przezroczystych przeważają amfibole i minerały blaszkowe (biotyt i chloryty), a w grupach mineralnych wzrasta zawartość grupy węglanów i glaukonitu. Znaczna zawartość amfiboli i minerałów blaszkowych świadczy o spokojnych warunkach sedymentacji i niedalekim transporcie

(Masłowska, Michałowska, 2002). Osady te wypełniają głębokie zagłębienie erozyjne w glinach zlodowacenia Sanu 2 i Nidy do głębokości 115,8 m (9,2 m n.p.m.).

W części północno-wschodniej obszaru arkusza w Druchowie (otwór 16) na głębokości 76,0–81,0 m (48,0–43,0 m n.p.m.) występuje warstwa piasków drobnoziarnistych i pyłowatych z wtrąceniem gliny spływowej o miąższości 0,5 m, zalegająca poziomo na glinie zwałowej zlodowacenia Sanu 1.

Na powierzchni terenu osady zastoiskowe zlodowacenia Sanu 2 występują w okolicy Maliszewka w południowo-wschodniej części obszaru arkusza i kontynuują się na obszar sąsiedniego arkusza Raciąż (Baraniecka 1992a, b).

Badania geoelektryczne (Okrasa, 2001) sugerują występowanie soczew osadów zastoiskowych o miąższości do 35 m w rejonie Słupi (przekrój A–B). Badania te wskazują również, iż prawdopodobnie osady zastoiskowe zlodowacenia Sanu 2 rozdzielają gliny zlodowacenia Sanu 1 i Sanu 2 na odcinku przekroju C–D od Krajewic do Dobrosielic.

P i a s k i z e ż w i r a m i , w o d n o l o d o w c o w e występują w zachodniej części obszaru arkusza, gdzie wypełniają niewielkie zagłębienia w osadach starszych. Przewiercono je tylko w dwóch otworach wiertniczych.

W otworze kartograficznym 8 w Krajewicach (przekrój C–D) w przedziale głębokości 69,7–84,8 m (55,3–40,2 m n.p.m.) stwierdzono piaski drobno-, średnio- i gruboziarniste, dobrze i umiarkowanie wysortowane o niskiej zawartości CaCO_3 – 4,3%. Wśród minerałów przezroczystych przeważają granaty (33,3%) oraz minerały odporne na niszczenie (11,3%), w tym cyrkon 3,4% i staurolit 3,5%. Odnotowuje się też niewielką zawartość grupy węglanów i grupy glaukonitu. Wymienione cechy wskazują na dynamiczne warunki akumulacji osadów.

W Chorzewie w otworze 11 (przekroje A–B i C–D) na głębokości 80,3–83,2 m (46,4–43,5 m n.p.m.) występuje warstwa piasków różnoziarnistych z przewarstwieniami mułków. W składzie minerałów ciężkich przeważają amfibole (32,3%) nad granatami (29,0%) i epidotami (6,3%), a wśród minerałów odpornych, których jest 8,3% występuje staurolit (4%) i turmalin (2%) (Masłowska, Michałowska, 2002). Osady te akumulowane były przez wody na przedpolu lądolodu zlodowacenia Sanu 2.

W rejonie Bombalic zasięg osadów wodnolodowcowych zlodowacenia Sanu 2, o dużej miąższości (30–40 m), został wyznaczony na podstawie badań geoelektrycznych (Okrasa, 2001).

G l i n y z w a ł o w e występują w zachodniej, centralnej, południowej, północnej i północno-wschodniej części arkusza. Na obszarze depresji Mochowa tworzą ciągłą warstwę o miąższości 21,0–53,0 m za wyjątkiem rejonu Bombalic, gdzie rozcięte są bardzo głęboką rynną subglacjalną.

W otworze kartograficznym 8 w Krajewicach (przekrój C–D) w przedziale głębokości 50,7–69,7 m (74,3–55,3 m n.p.m.) występuje glina mułkowato-piaszczysta, zwięzła, z przewarstwieniami mułków i ilów. Na głębokości 60,6–65,5 m oraz 56,0–58,0 m występują wkładki (porwaki)

pliocenijskie mułków piaszczystych, ilów węglistych i okruchów węgla. Na głębokości 50,7–55,5 m stwierdzono występowanie porwaka starszych osadów czwartorzędowych w postaci gliny piaszczystej czerwono-brązowej z bardzo dużą ilością żwirów i gładzików głównie wapiennych, silnie zaburzonej. Współczynniki petrograficzne tej gliny wynoszą O/K – 0,83, K/W – 1,22, A/B – 0,81 i różnią się od współczynników przyjętych dla glin zwałowych tego zlodowacenia (tabela 2). Barwa, zawartość frakcji piaszczystej i żwirowej oraz wartości współczynników petrograficznych wskazują, iż jest to najprawdopodobniej porwak gliny zwałowej zlodowacenia Narwi.

W otworze kartograficznym 11 w Chorzewie (przekroje A–B i C–D) glinę piaszczysto-mułkową z wtrąceniami ilów, mułków, gliny czerwonej i kawałkami lignitu, stwierdzono na głębokości 59,3–80,3 m (67,4–46,4 m n.p.m.). Podobnie jak w glinach zwałowych niżej ległych, w składzie petrograficznym przeważają skały krystaliczne (39,2%) nad wapieniami paleozoicznymi (29,5%). Większa jest zawartość dolomitów (5,2%) i skał lokalnych (21,3%) (Masłowska, Michałowska, 2002). Współczynniki petrograficzne glin zwałowych zlodowacenia Sanu 2 stwierdzonych w otworach kartograficznych przedstawia tabela 2.

W części północnej obszaru arkusza w otworze 4 w Zawidzu Kościelnym (przekrój A–B) nawiercono na głębokości od 64,5 m (56,6 m n.p.m.) do 77,5 m (43,6 m n.p.m.) glinę zwałową, którą zaliczono do zlodowacenia Sanu 2. Spąg gliny leży bezpośrednio na osadach neogenu (pliocenu) i opada w kierunku północnym (Kotarbiński, 2000b). Glinę zwałową, prawdopodobnie tego samego wieku, stwierdzono w części północno-wschodniej obszaru arkusza w otworze 16 w Druchowie na głębokości 35,5–76,0 m (88,5–48,0 m n.p.m.). Strop tej gliny uchwycono także w otworach: 12 i 14 w Majkach (przekrój A–B) na głębokości 27,0 m (91,0 m n.p.m.) i 28,0 m (90,8 m n.p.m.), 20 w Lelicach (przekrój A–B) na głębokości 82,0 m (48,5 m n.p.m.) i 34 w Łęgu Probostwo na głębokości 37,0 m (93 m n.p.m.).

Interglacjał wielki ?

Do interglacjału wielkiego zaliczono serie osadów dzielących poziomy glacialne reprezentujące zlodowacenia południowopolskie i środkowopolskie. Wobec braku danych palinologicznych ich pozycja jest niepewna. Osady interglacjału wielkiego najlepiej udokumentowane zostały na sąsiednim arkuszu Mochowo (405), Datowania metodą TL określiły wiek osadów piaszczysto-żwirowych, rozdzielających osady glacialne zlodowaceń południowopolskich i środkowopolskich, na 369–379 tys. lat BP (Lamparski, 1979b). Mała wiarygodność metody TL nie pozwala na jednoznaczne przyjęcie wieku tych osadów.

Piaski ze żwirami, ily i mułki jeziorne i jeziorno-rzeczne, stwierdzono w licznych otworach wiertniczych zlokalizowanych głównie na obrzeżach depresji Mochowa lub

poza nią. Wypełniają one doliny erozyjne o zróżnicowanej głębokości. Największą miąższość osady te osiągają w Bonisławiu i Lelicach (część zachodnia obszaru arkusza).

W Bonisławiu w otworach 22 i 23 (przekrój A–B) na głębokości 58,0 m (74,8 m n.p.m.) i 59,0 m (73,0 m n.p.m.) nawiercono strop pakietu osadów ilasto-mułkowato-piaszczystego. Iły i mułki przechodzą ku górze w piaski, piaski ze żwirami i żwiry z głazikami, które w warstwie stropowej graniczą obocznie z piaskami i mułkami jeziornymi. Spąg osadów wyznaczony został na podstawie badań geoelektrycznych a miąższość ich wynosi około 38,0 m.

W Lelicach w otworach: 17 na głębokości 42,0 m (90,6 m n.p.m.) i 20 na głębokości 35,0–82,0 m (95,5–48,5 m n.p.m.) stwierdzono warstwę piasków drobnoziarnistych o miąższości 47,0 m wypełniających głęboką dolinę wyciętą w glinie zwałowej zlodowacenia Sanu 2 (przekrój A–B).

W części centralnej obszaru arkusza, w strefie krawędziowej depresji Mochowa w otworze 9 w Ostrowach (przekrój A–B) na głębokości 28,0 m (88,0 m n.p.m.) nawiercono piaski różnoziarniste ze żwirami, wypełniające niewielką dolinkę, którą wyznaczono na podstawie badań geoelektrycznych.

Na południu badanego terenu w Krajkowie w otworach 39 i 40 na tej samej głębokości 43,0 m (84,4 m n.p.m. i 87,0 m n.p.m.) stwierdzono strop warstwy piasków średnio-, grubo- i różnoziarnistych, ze żwirami i otoczkami. W otworze 39 spąg tych osadów zalega bezpośrednio na ilach neogeńskich na głębokości 59 m (68,5 m n.p.m.), a w otworze 40 nie zostały one przewiercone do głębokości 66,0 m (64,0 m n.p.m.).

W otworze 24 (przekrój C–D) w Drobinie (wschodnia część obszaru arkusza) na głębokości od 47,0 m (80,9 m n.p.m) do 57,0 m (70,9 m n.p.m.) występuje warstwa żwirów z otoczkami, przechodzących ku stropowi w piaski gruboziarniste ze żwirem i piaski drobnoziarniste. Osady te wypełniają dolinkę erozyjną wyciętą w osadach neogenu.

W północno-zachodnim narożu arkusza w Koziębrodach (otwór 10) na głębokości 29,0 m (87,4 m n.p.m.) nawiercono piaski, mułki i ily jeziorne przykryte 3 m warstwą rzecznych żwirów z otoczkami. Pełna miąższość tych osadów nie jest znana, gdyż nie zostały przewiercone. Podobne osady w identycznym położeniu stratygraficznym i hipsometrycznym stwierdzono na sąsiednich arkuszach SMGP (Baraniecka, 1992b; Lamparski, 1979b; Kotarbiński, 1999b, 2000b).

Zlodowacenia środkowopolskie

Na omawianym obszarze występują osady zlodowaceń Odry i Warty, które odgrywają zasadniczą rolę w budowie strefy przypowierzchniowej. Na powierzchni terenu występują osady zlodowacenia Warty, jedynie w południowo-wschodniej części obszaru w strefie silnych zaburzeń glacitektonicznych odsłaniają się utwory zlodowacenia Odry.

Zlodowacenie Odry

Stadiał dolny

Iły i mułki zastoiskowe z glinami zwałowymi w spływach zalegają w północnej, zachodniej, południowo-zachodniej i centralnej części obszaru arkusza. Zaliczono je do osadów transgresywnych zlodowacenia Odry.

Stwierdzono je w otworach: 5 w Zawidzu, 22 i 23 w Bonisławiu, 35 i 37 w Bielsku oraz w dwóch otworach kartograficznych: w Chorzewie (otwór 11) i Dobrosielicach (otwór 21).

W otworze kartograficznym 11 w Chorzewie (przekroje A–B i C–D) warstwę występującą na głębokości od 41,8 m (84,9 m n.p.m.) do 59,3 m (67,4 m n.p.m.) tworzą mułki ilaste, silnie zaburzone, z wtrąceniami gliny zwałowej szarobrazowej a na głębokości 52,3–53,4 m gliny zwałowej czerwonej. Powyżej tej gliny leżą ily szarozielone tłuste, zaburzone. Osady te charakteryzują się wysoką węglanowością (8,6–14,2% zawartości CaCO_3). W składzie minerałów przezroczystych amfibole (37,4%) przeważają nad granatami (18,9%). Podwyższony udział (6,6–9,3%) minerałów odpornych na niszczenie (turmalin, cyrkon) wskazuje na dopływ materiału z podłoża (Masłowska, Michałowska, 2002).

W otworze 21 w Dobrosielicach (przekrój C–D) na głębokości od 48,0 m (81,0 m n.p.m.) do 72,7 m (56,3 m n.p.m.) stwierdzono mułki ilaste oraz mułki szare i czarne związane z pojedynczymi żwirami skał krystalicznych i wapieni, w spągu z licznymi wtrąceniami glin zwałowych o 8,3% zawartości CaCO_3 . W składzie minerałów przezroczystych amfibole (39,9%) przeważają nad granatami (10,9%) i epidotami (11,6%) a udział minerałów odpornych (turmalin, cyrkon) wynosi 7,0%. Można zatem przyjąć iż sedymentacja odbywała się w zbiorniku proglacialnym o spokojnych warunkach (Masłowska, Michałowska, 2002).

Otwory nr 11 i 21 dokumentują osady tego samego rozległego zastoiska utworzonego w obrębie depresji Mochowa. Wypełnia ono erozyjne obniżenie w glinach zlodowacenia Sanu 2 i Sanu 1. Od wschodu zastoisko zamykają wypiętrzone osady podczwartorzędowego.

Wysokość zalegania warstwy omawianej serii osadów na pozostałym obszarze waha się od 53,6 m n.p.m. w otworze nr 5 w Zawidzu Kościelnym do 84,8–87,0 m n.p.m. w otworach 22 i 23 w Bonisławiu i 85,0–87,3 m n.p.m. w otworach 35 i 37 w Bielsku, a spągu od 45,8 m n.p.m. w otworze 5 w Zawidzu Kościelnym do 84,3 w otworze 37 w Bielsku (przekrój A–B). W podłożu tego poziomu występują osady zlodowacenia Sanu 2 i Sanu 1 oraz neogenu (rejon Zawidza i Dobrosielic), a w nadkładzie gliny zlodowacenia Odry. Na powierzchni terenu osady zastoiskowe stadiału dolnego zlodowacenia Odry występują w okolicy Maliszewka w południowo-wschodniej części obszaru arkusza i kontynuują się na obszar sąsiedniego arkusza Raciąż (Baraniecka 1992a, b).

Gliny zwałowe występują niemal na całym obszarze arkusza za wyjątkiem jego części północnej i wschodniej w rejonie tektonicznie podniesionego obrzeża depresji Mochowa. W południo-

wej części obszaru arkusza gliny nie tworzą zwartej pokrywy a jej ciągłość przerwana jest dolinami i rozcięciami, wypełnionymi osadami wodnolodowcowymi i zastoiskowymi. Warstwa ta występuje w wielu otworach wiertniczych, w tym dwóch kartograficznych.

W otworze kartograficznym 8 w Krajewicach (przekrój C–D) stwierdzono mięszszą warstwę gliny zwałowej, niejednorodnej pod względem uziarnienia, węglanowości i składu petrograficznego. Za glinę zwałową zlodowacenia Odry uznano zalegającą na głębokości od 27,8 m (97,2 m n.p.m.) do 50,7 m (74,3 m n.p.m.) glinę piaszczystą, zwięzłą, jednolitą bez przewarstwień, z okruchami lignitu. W składzie petrograficznym tego osadu przeważają skały krystaliczne (44,7%) nad wapieniami paleozoicznymi (30,5%) (Masłowska, Michałowska, 2002).

W Chorzewie w otworze kartograficznym 11 (przekroje A–B i C–D) na głębokości od 22,0 m (104,7 m n.p.m.) do 41,8 m (84,9 m n.p.m.) występuje glina mułkowato-piaszczysta z przewarstwieniami iłu szarego, brązowego, soczewkami mułku szarego i okruchami węgla. W składzie petrograficznym przeważają skały krystaliczne (36,0%) nad wapieniami paleozoicznymi (31,9%). Stwierdza się także wysoką zawartość skał lokalnych – 18,7% (Masłowska, Michałowska, 2002).

Współczynniki petrograficzne (tabela 2) glin zwałowych z obu otworów kartograficznych znacznie różnią się od przyjętych dla glin zwałowych zlodowacenia Odry dla rejonu dorzecza Wisły (Lisicki, 2003). Pomimo tego, uznano je za osad ze zlodowacenia Odry, gdyż warstwy glin zwałowych zaliczonych do tego zlodowacenia na sąsiednich arkuszach (Lamparski, 1979b; Baraniecka, 1992b; Kotarbiński, 2000b) zalegają na podobnej wysokości i mają podobną miąższość. Odmienność współczynników prawdopodobnie może być wynikiem znacznego udziału materiału starszego (południowopolskiego?) w składzie tych osadów.

Glina zwałowa o miąższości rzędu 20–23 m występuje w rejonie Lelic (otw. 17 i 20) i Zawidza (otw. 5) (przekrój A–B). W rejonie Drobinia w otworze 26 poziom gliny zwałowej jest zredukowany do cienkiej warstwy, której miąższość wynosi 1,5 m.

Na pozostałym obszarze występowania omawianej gliny zwałowej jej miąższość waha się od 8,5 do 18 m. Strop leży na wysokości od 60,6–78,0 m n.p.m. w okolicach Zawidza Kościelnego (otw. 2–5) do 113,6 m n.p.m. w Lelicach (otw. 17), a spąg od 53,6 m n.p.m. w otworach 4 i 5 w Zawidzu Kościelnym do 95,5 m n.p.m. w otworze 20 w Lelicach (przekrój A–B). Glina zwałowa piaszczysto-mułkowa, zwięzła, szaroniebieska ze stadiału dolnego zlodowacenia Odry występuje na powierzchni terenu w okolicy Maliszewka w południowo-wschodniej części obszaru arkusza, jako kontynuacja wychodni tej warstwy z obszaru sąsiedniego arkusza Raciąż (407) (Baraniecka, 1992b). Zróżnicowanie wysokości stropu i miąższości gliny zwałowej lub jej brak spowodowane jest spiętrzeniem glaci-tektonicznym osadów podłoża starszego czwartorzędu w południowo-wschodniej części obszaru oraz bardzo silną erozją na wyniesionych krawędziach depresji Mochowa. Spąg glin zwałowych zalega na

iłach neogeńskich, glinie zwałowej zlodowacenia Sanu 2, osadach rzecznych interglacjału wielkiego lub osadach zastoiskowych zlodowacenia Odry.

Stadiał górny

Piaszki i mułki zastoiskowe występują jedynie w północnej i północno-wschodniej części obszaru arkusza (rejon Zawidza i Koziebród). W otworze 1 w Zawidzu Kościelnym (przekrój A–B) na głębokości 59,0 m (57,5 m n.p.m.) nawiercono mułki ilaste i piaszczyste prawdopodobnie niewielkiej miąższości.

W północno-wschodnim rejonie w Koziebrodach w otworze 10 na głębokości 40,0 m (76,4 m n.p.m.) nawiercono warstwę mułków i piasków. Nie została ona jednak przewiercona. Osady te zostały dobrze udokumentowane na sąsiednim arkuszu Biezuń, gdzie tworzą ciągłą warstwę o miąższości do 20,0 m zalegającą na glinie stadiału dolnego zlodowacenia Odry (Kotarbiński, 2000b).

Piaszki ze żwirami wodnolodowcowe występują w północnej i północno-wschodniej części obszaru arkusza. Tworzą rozległą ciągłą warstwę od Zawidza Kościelnego aż po Koziebrody. W Zawidzu Kościelnym w otworach 1–3 (przekrój A–B) strop piasków drobno- i średnioziarnistych stwierdzono na wysokości 74,5–82,4 m n.p.m., a spąg na wysokości 57,5–63,4 m n.p.m. Warstwa zalega na glinie stadiału dolnego i osadach zastoiskowych stadiału górnego zlodowacenia Odry i w tej pozycji kontynuuje się na obszarze arkusza Biezuń (Kotarbiński, 2000b).

W Koziebrodach (otwór 10) głębokości 36,0–40,0 m (80,4–76,4 m n.p.m.) występuje warstwa żwirów z otoczkami i domieszką piasku średnioziarnistego, leżąca na osadach zastoiskowych tego samego stadiału. Zaliczono je do osadów transgresywnych stadiału górnego zlodowacenia Odry.

Gliny zwałowe tworzą ciekłą pokrywę tylko w północnej i północno-wschodniej części obszaru arkusza. Zasięg tej serii glin zwałowych nieznacznie przekracza zasięg osadów wodnolodowcowych z tego stadiału i w części północno-wschodniej (Druchowo) dochodzi do krawędzi wypiętrzonych osadów neogenu.

W rejonie Zawidza Kościelnego tylko w otworze 1 (przekrój A–B) na głębokości 37,5–42,0 m (79,0–74,5 m n.p.m.) stwierdzono warstwę gliny zwałowej zalegającej na osadach wodnolodowcowych stadiału górnego zlodowacenia Odry. Kontynuuje się ona na północ na obszar arkusza Biezuń, gdzie została nawiercona i udokumentowana w trzech otworach kartograficznych (Kotarbiński, 2000b). Wskaźniki petrograficzne, obliczone dla glin zwałowych z tych otworów korelują się ze wskaźnikami przyjętymi dla całego regionu dorzecza Wisły (Lisicki, 2003).

W Druchowie (północno-wschodnia część arkusza) w otworze 16 na głębokości 35,5–44,0 m (88,5–97,0 m n.p.m.) występuje warstwa gliny zwałowej szarej, leżąca na glinie zlodowacenia Sanu 2. Warstwa ta kontynuuje się na północ i w otworze 10 w Koziebrodach stwierdzono glinę zwałową o miąższości 20 m (100,4–80,4 m n.p.m.). Dwudzielność osadów glacialnych zlodowacenia Odry no-

tuje się na arkuszu Biezuń SMGP (Kotarbiński, 2000a, b). Na pozostałym obszarze arkusza Drobin jak i sąsiednich arkuszach (Baraniecka, 1992b; Lamparski, 1979b) nie ma dowodów na dwudzielność osadów glacialnych zlodowacenia Odry.

Zlodowacenie Warty

Reprezentowane jest przez gliny zwałowe dwóch stadiałów, osady zastoiskowe i wodnolodowcowe.

Stadiał dolny

Iły, mułki i piaski zastoiskowe występują lokalnie pod osadami wodnolodowcowymi lub glinami zwałowymi zlodowacenia Warty. Wypełniają głębokie, szerokie zagłębienia głównie w glinach zwałowych zlodowacenia Odry i osadach starszych zlodowaceń. Stwierdzono je w szeregu otworów w południowo-zachodniej, południowej i wschodniej części obszaru arkusza.

W otworze kartograficznym 21 w Dobrosielicach (przekrój C–D) na głębokości 24,5–48,0 m (104,5–81,0 m n.p.m.) występują piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste, miejscami zamulone, o zmiennym wysortowaniu (od złego do dobrego). Zalegają one na osadach zastoiskowych zlodowacenia Odry i wypiętrzonych osadach neogeńskich. Węglanowość w obrębie omawianej warstwy waha się od 2,34 do 5,86% CaCO_3 . W składzie minerałów ciężkich amfibole (36,46%) przeważają nad epidotami (14,8%) i granatami (12,1%) a minerały odporne na niszczenie stanowią 11,55%. Skład minerałów odpornych jest zbliżony do składu w osadach z podłoża: średnia zawartość turmalinu wynosi 6,6% a dystenu 2,7%. Świadczy to o erozji blisko leżących osadów podłoża i dostawie ich do zbiornika sedymentacyjnego (Masłowska, Michałowska, 2002).

W Bonisławiu w otworach 22 i 23 (przekrój A–B) na wysokości 120,0–122,8 m n.p.m. przewiercono warstwę piasków mułkowatych, mułków piaszczystych i ilastych z pyłem węglowym o miąższości 19,0–20,0 m. Warstwa ta poprzecinana rynkami subglacialnymi kontynuuje się na południe w kierunku Bielska, gdzie w otworze 37 stwierdzona została na głębokości 24,0–50,7 m (114,0–87,3 m n.p.m.). Wykształcona jest tam w postaci ilów i mułków zwięzłych przechodzących w stropie w piaski pyłowate o miąższości 25,0 m.

Na południu obszaru w Giżynie w otworze 38 piaski pyłowate i drobnoziarniste występujące na głębokości 18,0–60,0 m (113,2–71,2 m n.p.m.) osiągają największą udokumentowaną miąższość na omawianym terenie – 42,0 m i zalegają bezpośrednio na ilach neogeńskich. Na osadach neogenu zalegają także piaski pyłowate i drobnoziarniste stwierdzone w Mokrzku w otworze 41 (południowa część obszaru) na głębokości 17,1–45,2 m (112,3–84,2 m n.p.m.).

W otworze 42 w Maliszewku (część południowo-wschodnia) strop piasków drobnoziarnistych i pyłowatych występuje na wysokości 132,4 m n.p.m. pod niewielkim przykryciem młodszych osadów zastoiskowych i glacialnych. Spagu warstwy nie osiągnięto.

W części wschodniej obszaru arkusza w otworze 16 w Druchowie osady pyłowato-mułkowe stwierdzone na głębokości 25,0–35,5 m (99,0–88,5 m n.p.m.) wypełniają niewielkie zagłębienie w powierzchni gliny zlodowacenia Odry.

Piaski ze żwirami i żwiry wodnolodowcowe, podścielające gliny zwałowe zlodowacenia Warty, występują płatami w różnych rejonach za wyjątkiem części północno-wschodniej i południowo-zachodniej obszaru arkusza. Osady te uznano za utworzone w okresie transgresji zlodowacenia Warty. W części północnej omawianego terenu w okolicy Zawidza Kościelnego (otwory 1–5) (przekrój A–B) wysokość zalegania stropu warstwy żwirów różnoziarnistych i piasków różnoziarnistych zawiera się w przedziale 76,8–80,5 m n.p.m. Tworzą one cienką warstwę (0,5–4,5 m miąższości) rozdzielającą gliny zlodowacenia Odry i Warty i urywającą się przed wyniesionymi osadami podłoża. Osady te pojawiają się ponownie na południe od Zawidza w Ostrowach w otworze 9 i w Słupi w otworze 13 (przekrój A–B), gdzie na wysokości 94,0 i 101,5 m n.p.m. stwierdzono strop warstwy żwirów z domieszką piasków różnoziarnistych, dobrze przemytych, o miąższości 0,5–1,5 m.

W otworze kartograficznym 21 w Dobrosielicach (przekrój C–D) na głębokości 15,3–24,5 m (113,7–104,5 m n.p.m.) występują piaski średnio- i drobnoziarniste przechodzące od głębokości 20,1 m w piaski zaglinione ze żwirem i gładzikami. W składzie minerałów ciężkich dominują amfibole (44,8%) nad epidotami (16,2%) i granatami (11,6%) w tym minerały odporne na niszczenie mechaniczne i wietrzenie chemiczne 6,33–14,07%. Węglanowość warstwy jest wyrównana i wynosi 4,98% zawartości CaCO₃ (Masłowska, Michałowska, 2002).

W części południowej obszaru występuje warstwa żwirów piaszczystych przykrywająca glinę zlodowacenia Odry i osady zastoiskowe zlodowacenia Warty. Została ona stwierdzona w otworze 41 w Mokrzku na głębokości 14,2–17,1 m (115,2–112,3 m n.p.m.).

Przy wschodniej granicy obszaru w Drobinie w otworze 26 (przekrój C–D) na głębokości 33,0–38,5 m (94,0–88,5 m n.p.m.) występują piaski różnoziarniste ze żwirem (pospółka) wypełniające zagłębienie erozyjne w glinie zwałowej zlodowacenia Odry.

W centralnej części obszaru, w rejonie Gutowa i Kowalewa (przekrój C–D), oraz w zachodniej części obszaru arkusza, w okolicy Krajewic i Dziembakowa warstwy osadów wodnolodowcowych wypełniające obniżenia o głębokości od 15,0 do 35,0 m, wyznaczono na podstawie wyników badań geoelektrycznych (Okrasa, 2001).

Piaski i piaski ze żwirami wodnolodowcowe rynnien subglacialnych wypełniają dwie głębokie rynny na południowym wschodzie obszaru arkusza.

W otworze kartograficznym 33 w Bombalicach (przekrój A–B) od głębokości 23,2 m (117,2 m n.p.m.) występują osady wodnolodowcowe tworzące warstwę o miąższości 160,3 m. W spągu serii na głębokości od 183,5 do 167,0 m (43,1–26,6 m p.p.m.) występuje materiał grubszy w postaci piasków

różno- i drobnoziarnistych z domieszką żwirów i głazików skał północnych, o zawartości CaCO_3 – 14%. Skład mineralny wykazuje niewielką zawartość grupy węglanów (7,8%) i glaukonitu (5,4%). Wśród minerałów przezroczystych przeważają granaty (40,8%) nad amfibolami (25,1%) i epidotami (8,7%) (Masłowska, Michałowska, 2002). Powyżej, na głębokości 167,0–90,5 m (26,6 m p.p.m. – 49,9 m n.p.m.) występują piaski średnio- i drobnoziarniste z przewarstwieniami mułków i grudkami kredy jeziornej oraz rozproszoną substancją organiczną, o zawartości CaCO_3 – 7,4%. W składzie minerałów ciężkich zaznacza się zmienność – przewaga amfiboli nad granatami i epidotami i odwrotnie. Na głębokości 90,5–29,0 m (49,9–111,4 m n.p.m.) występują piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste z domieszką frakcji mułowej o zmiennym wysortowaniu i przewarstwieniami mułków i okruchami lignitu. Zawartość CaCO_3 jest niższa i wynosi 5,2%. Wśród minerałów ciężkich wzrasta zawartość węglanów (9,9%) a zmniejsza się udział glaukonitu (4,0%). W składzie minerałów ciężkich dominują amfibole (46,2%). W części stropowej omawianej serii na głębokości 23,2–29,0 m występuje warstwa mułków szarych ze skośnymi niezaburzonymi smugami substancji organicznej. Zawartość minerałów ciężkich jest podobna jak w osadach niżejleżących, natomiast w grupie minerałów przezroczystych dominują chloryty i biotyt o łącznej zawartości 57,9% (Masłowska, Michałowska, 2002).

Osady omawianej serii tworzą jeden cykl sedymentacyjny od osadów gruboziarnistych w spągu, poprzez piaski średnio- i drobnoziarniste do mułkowych w stropie. Świadczą o tym płynne przejścia pomiędzy poszczególnymi warstwami i przewarstwieniami bez wyraźnych granic. Brak jest też cykli niższego rzędu w obrębie omawianej serii osadów. Zawartość CaCO_3 maleje od spągu w kierunku stropu od 14,0 do 5,1%. Skład minerałów ciężkich wskazuje, że osady spągowe powstawały w dynamicznych, a w części środkowej w zmiennych warunkach środowiska sedymentacyjnego. W części stropowej przeważały procesy spokojnej sedymentacji (Masłowska, Michałowska, 2002).

Na podobne osady natrafiono w otworze 36 w Bielsku (przekrój A–B), gdzie od głębokości 37,0 m (100,5 m n.p.m) występują piaski drobno-, średnioziarniste i pyłowate z przewarstwieniami pyłu piaszczystego. Osady te nie zostały przewiercone. Wypełniają one rynnę subglacialną o głębokości co najmniej 56,0 m.

Badania elektrooporowe (Okrasa, 2001) sugerują również występowanie w okolicach Chorzewa (przekrój C–D) rynny subglacialnej o głębokości ponad 40 m wypełnionej osadami piaszczystymi.

Gliny zwałowe tworzą zwartą pokrywę zalegającą głównie na glinach zwałowych zlodowacenia Odry, w rejonie Bielska (otwory: 33, 36, 37) (południowo-zachodnia część obszaru arkusza) i Zawidza (otwory 1–5) (północny rejon obszaru arkusza) na ilach, mułkach i piaskach zastoiskowych oraz piaskach ze żwirami wodnolodowcowych rynien subglacialnych zlodowacenia Warty, a w okolicach Dobrosielic i Drobina (otwór 27) (wschodnia część obszaru arkusza) na osadach neogenu. Miąższość glin zwałowych jest zmienna i wynosi od 1,9 m (otwór 41 w Mokrzku) do 36,6 m (otwór 5

w Zawidzu Kościelnym), najczęściej pokład gliny zwałowej ma miąższość 6–25 m. Strop gliny zwałowej najwyżej położony jest w rejonie Krajkowa (otwór 39) i Bielska (otwór 36) i osiąga wartość 121,5–127,5 m n.p.m. Najniższe położenie stropu gliny zwałowej zanotowano w rejonie Zawidza Kościelnego (otwór 1) na wysokości 104,5 m n.p.m. oraz Ostrowów (otwór 9) na wysokości 107,5 m n.p.m. (przekrój A–B). Niskie położenie stropu gliny zwałowej jak i mała jej miąższość ma związek z procesami późniejszej erozji i denudacji powierzchni omawianego terenu. Na powierzchni terenu glina zwałowa odsłania się w okolicach: Świerczyna, Świerczynka, Kozłowa, Cieszewa, Stanisławowa i Chudzyna w południowo-wschodniej i wschodniej części obszaru arkusza. Jest to glina zwałowa piaszczysto-mułkowata, szara i stalowoszara ze żwirami skał północnych.

Występuje ona we wszystkich otworach kartograficznych wykonanych na potrzeby arkusza.

W otworze kartograficznym 6 w Szumaniach (przekrój A–B) na głębokości 9,8–15,3 m (106,7–101,2 m n.p.m.) stwierdzono warstwę gliny zwałowej piaszczysto-mułkowej z dużą ilością żwirów i gładzików skał północnych, z tocząciami piasków glaukonitowych, z przewarstwieniami żwiru z otoczkami. Skład petrograficzny charakteryzuje się przewagą wapieni paleozoicznych (42,2%) nad skałami krystalicznymi (37,2%) i znaczną (9,8%) zawartością dolomitów i margli dolomitycznych. Udział skał lokalnych wynosi 5,5%, a węglanowość 15,15% zawartości CaCO_3 (Masłowska, Michałowska, 2002).

W Krajewicach w otworze 8 (przekrój C–D) glina zwałowa piaszczysta z dużą ilością drobnego żwiru i kawałkami węgla występuje w przedziale głębokości od 11,5 (113,5 m n.p.m.) do 27,8 m (97,2 m n.p.m.). Węglanowość wynosi 6,27% zawartości CaCO_3 . W składzie petrograficznym przeważają skały krystaliczne (45,1%) nad wapieniami paleozoicznymi (24,3%). Zaznacza się wysoki udział skał lokalnych (21,1%) (Masłowska, Michałowska, 2002).

W otworze 11 w Chorzewie (przekroje A–B i C–D) na głębokości 14,1–22,0 m (112,6–104,7 m n.p.m.) stwierdzono glinę zwałową mułkowato-piaszczystą i ilastą z przewarstwieniami iłu i mułku szarego i okruchami węgla. Węglanowość gliny zwałowej jest niewielka – 2,73% zawartości CaCO_3 . W składzie petrograficznym przeważają skały krystaliczne (47,2%) nad wapieniami paleozoicznymi (26,2%). Dodatkowo pojawia się kwarc pelegoński-neogeoński – 2,3% i krzemienie – 1,6% (Masłowska, Michałowska, 2002).

Glina zwałowa mułkowata i mułkowato-piaszczysta z przewarstwieniami mułku węglatego, silnie zaburzona, występuje w Dobrosielicach w otworze 21 (przekrój C–D) na głębokości 11,2–15,3 m (117,8–113,7 m n.p.m.). W składzie petrograficznym przeważają skały krystaliczne (48,4%) nad wapieniami paleozoicznymi (30,1%). Węglanowość wynosi 7,36% zawartości CaCO_3 (Masłowska, Michałowska, 2002).

W otworze 33 w Bombalicach (przekrój A–B) na głębokości 18,0 m (122,4 m n.p.m) – 23,2 m (117,2 m n.p.m.) stwierdzono warstwę gliny mułkowato-piaszczystej zwięzłej z wtrąceniami piasków glaukonitowych o węglanowości 13,49% zawartości CaCO₃. W składzie petrograficznym przeważają wapienie paleozoiczne (41,9%) nad skałami krystalicznymi (35,8%).

Współczynniki petrograficzne dla glin zwałowych w poszczególnych otworach kartograficznych są bardzo zmienne (tabela 3).

Współczynniki petrograficzne glin zwałowych stadiału dolnego zlodowacenia Warty

Tabela 3

Szumanie 6 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B	Krajewice 8 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B	Chorzewo 11 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B	Dobrosielice 21 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B	Bombalice 33 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B
1,33–0,79–1,19	0,61–1,90–0,58	0,62–1,88–0,53	0,69–1,48–0,66	1,28–0,82–1,24

Współczynniki petrograficzne obliczone dla glin zwałowych z otworów: 6 (Szumanie) i 33 (Bombalice) korelują się w pełni ze współczynnikami przyjętymi dla glin zwałowych tego wieku z rejonu dorzecza Wisły (Lisicki, 2003). Współczynniki obliczone dla glin zwałowych z otworów: 8 (Krajewice), 11 (Chorzewo) i 21 (Dobrosielice) są za to bardzo zbliżone są do współczynników obliczonych dla glin południowopolskich (Masłowska, Michałowska, 2002; Lisicki, 2003). Tak silne zróżnicowanie składu petrograficznego i współczynników petrograficznych może oznaczać, iż mamy prawdopodobnie do czynienia z wtrąceniami osadów glacialnych starszych zlodowaceń w składzie glin zwałowych zlodowacenia Warty w środkowej części depresji Mochowa. Współczynniki z otworów 6 i 33 są typowe dla glin stadiału dolnego zlodowacenia Warty na arkuszach sąsiednich (Baraniecka, 1992b; Kotarbiński, 1999b, 2000b; Lamparski, 1979b). Odmienne współczynniki glin i węglanowość rzędu 2,73–7,36% zawartości CaCO₃ w otworach: 8, 11, 21 mogą również świadczyć o silnym wietrzeniu glin zwałowych w tych rejonach badanego obszaru.

Stadiał środkowy

Iły zastoiskowe o miąższości 6 m, zalegające na glinach zwałowych stadiału dolnego zlodowacenia Warty, zostały nawiercone w punkcie dokumentacyjnym 16 w Lelicach (przekrój A–B) pod warstwą gliny zwałowej. W otworze 42 w Maliszewku utwory ilaste o miąższości 4,0 m (spąg na wysokości 132,4 m n.p.m.) zalegają na osadach zastoiskowych stadiału dolnego zlodowacenia Warty. Przykryte są 3,0 m warstwą gliny zwałowej i 2,0 m warstwą piasków zastoiskowych stadiału środkowego zlodowacenia Warty.

Na powierzchni terenu ily zastoiskowe (warwowe) występują w południowo-wschodniej części obszaru arkusza w okolicach Gawronów, Nowego Bromierza i Maliszewka w rejonie płytkiego zalegania osadów starszego czwartorzędu. Są to ily tłuste niebieskie i niebieskoszare z przewarstwieniami

mułków szarych ilastych i mułków piaszczystych (iły warwowe) wypełniające płytkie zagłębienia. Leżą one na glinach zwałowych stadiału dolnego zlodowacenia Warty a przykryte bywają piaskami zastoiskowymi tego samego zlodowacenia.

Piaski, piaski pyłowate i mułki zastoiskowe występują lokalnie w obniżeniach erozyjnych wciętych w osady glacialne i zastoiskowe zlodowaceń Odry i Warty. W otworze kartograficznym 11 w Chorzewie (przekroje A–B i C–D) na wysokości 117,9 do 112,6 m n.p.m. występują piaski drobno- i średnioziarniste z przewarstwieniami mułków ilastych i piaszczystych oraz kawałkami lignitu. Występuje w nich podwyższona zawartość węglanów (8,6%) a wśród minerałów przezroczystych znaczna zawartość amfiboli (44,7%) a niewielka (4,7%) granatów, co wskazuje na spokojny charakter sedymentacji (Masłowska, Michałowska, 2002).

W Kosmaczewie w punkcie dokumentacyjnym 22 (przekrój C–D), pod 6,5 m warstwą piasków lodowcowych i gliny zwałowej, nawiercono mułki piaszczyste szare z przewarstwieniami mułku ilastego ciemnoszarego.

W Świerczynie-Bęczach w punkcie dokumentacyjnym 27 (przekrój C–D) nawiercono na głębokości 2,0 m warstwę piasków drobno- i bardzo drobnoziarnistych z dużą ilością pyłu węglowego i minerałów ciemnych.

W Miodusach w punkcie dokumentacyjnym 17 (przekrój A–B) identyczne osady rozdzielające gliny zwałowe dwóch stadiałów zlodowacenia Warty stwierdzono w przedziale głębokości 3,4–5,5 m (123,6–121,5 m n.p.m.).

W punkcie dokumentacyjnym 38 (przekrój A–B) w Bielsku pod 5,0 m warstwą piasku ze żwirami i gliną zlodowacenia Warty nawiercono piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste z dużą zawartością pyłu węglowego. W Zakrzewie (otwór 38) piaski drobnoziarniste i pyłowate występują na głębokości 5,0–60,0 m (126,2–71,2 m n.p.m.).

W Maliszewku (południowo-wschodnia część obszaru arkusza) w otworze 42 warstwa piasków drobnoziarnistych zalega na głębokości 3,0–5,0 m (138,4–136,4 m n.p.m.) pod przykryciem gliny zwałowej zlodowacenia Warty.

Na powierzchni terenu piaski pyłowate i mułki zastoiskowe występują w kilku rejonach omawianego terenu. Niewielkie powierzchniowo wychodnie tych osadów występują w okolicy Milewka i Druchowa we wschodniej części obszaru arkusza. Odsłaniają się one w erozyjnych obniżeniach terenu położonych między wzgórzami kemowymi. W części zachodniej (okolice: Krajewic Dużych, Rogieńnic, Świerkocina i Majek Małych) i południowo-zachodniej (okolice: Łysakowa, Bombalic i Dębska) piaski drobno-, bardzo drobnoziarniste i mułkowate z przewarstwieniami mułku piaszczystego i pyłu węglowego odsłaniają się w dolinach rzecznych i obniżeniach erozyjnych terenu. Miejscami przykryte są osadami lodowcowymi zlodowacenia Warty. W Krajewicach i Świerkocinie osiągają miąższość

od 3 do ponad 10 m (punkty dokumentacyjne: 8 i 9 na przekroju C–D). W rejonie Giżyna i Zakrzewa (południowy rejon obszaru arkusza) osady zastoiskowe odsłaniają się na znacznym obszarze spod przykrycia młodszymi osadami lodowcowymi lub wodnolodowcowymi zlodowacenia Warty. W części wschodniej, w okolicy Siemków, Drobinia i Gawronów, piaski i mułki zastoiskowe odsłaniają się w obniżeniach erozyjnych terenu. Miejscami przykryte są młodszymi osadami lodowcowymi lub wodnolodowcowymi zlodowacenia Warty i zalegają na glinach zwałowych zlodowacenia Odry.

W południowo-wschodnim narożu obszaru arkusza w rejonie Czeszewo–Nowy Bromierz piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste i mułki tworzą rozległą równinę przykrytą miejscami piaskami i glinami lodowcowymi lub piaskami wodnolodowcowymi zlodowacenia Warty a w zagłębieniach osadami organicznymi. Odsłaniają się także w dolinie rzeki Sierpienicy w okolicy Tłubic. W krawędzi tej doliny zostały przykryte piaskami lodowcowymi zlodowacenia Warty (punkt dokumentacyjny 34).

P i a s k i z e ż w i r a m i w o d n o l o d o w c o w e (dolne). Seria piaszczysto-żwirowa z głazikami, występuje w postaci cienkich warstw rozdzielających gliny zwałowe zlodowacenia Warty. Zaliczono je do osadów transgresywnych poprzedzających bezpośrednio akumulację gliny zwałowej stadiału środkowego zlodowacenia Warty.

W otworze kartograficznym 33 w Bombalicach (przekrój A–B) na głębokości 11,2–18,0 m (129,2–122,4 m n.p.m.) nawiercono piaski gruboziarniste ze żwirem i wtrąceniami piasków glaukonitowych. W składzie mineralnym tych piasków zawartość grupy węglanów jest niska (3,69%) a w grupie minerałów przezroczystych przeważają granaty (34%). Udział minerałów odpornych na niszczenie wynosi 5,6%. Taki skład sugeruje, że osady formowane były przy udziale znacznej siły transportowej.

Osady piaszczysto-żwirowe pod przykryciem młodszych glin zwałowych stwierdzono także w otworach: 17 w Lelicach (przekrój A–B) na wysokości 122,6–120,6 m n.p.m, 24 w Drobinie (przekrój C–D) na wysokości 115,9–113,9 m n.p.m, 34 w Łęgu Probstwo (125,2–120,0 m n.p.m.) i 41 w Mokrzku (122,3–117,1 m n.p.m.) oraz w punkcie dokumentacyjnym 15 w Majkach Dużych (przekrój A–B) na wysokości 113,0–112,0 m n.p.m.

Bezpośrednio na powierzchni terenu piaski i żwiry wodnolodowcowe dolne występują w zachodniej i południowo-wschodniej części obszaru arkusza. W rejonie Rogieniczek, Zbójna, Majek Małych i Dębska (część zachodnia) piaski drobno- i średnioziarniste z domieszką różnoziarnistych i drobnego żwiru odsłaniają się spod piasków i glin zwałowych stadiału środkowego zlodowacenia Warty. W punkcie dokumentacyjnym 7 w Szczepankach stwierdzono piaski drobno- i różnoziarniste z domieszką piasków bardzo drobnoziarnistych zalegające pod 1,0 m warstwą gliny zwałowej ze stadiału środkowego zlodowacenia Warty.

Największe powierzchnie piaski i żwiry wodnolodowcowe zajmują w południowo-wschodniej części obszaru arkusza. W rejonie Kowalewo–Kisielewo–Kozłówko piaski różno-, średnio- i drobno-

ziarniste ze żwirem występują na powierzchni 6 km² a ich miąższość wynosi 5,0–15,0 m (punkt dokumentacyjny 35). Miejscami przykryte są gliną zwałową stadiału środkowego zlodowacenia Warty lub reziduum po tej glinie (głazowiska). W okolicy Brzechowa, Chudzyńka, Cieszewka, Preciszewa i Maliszewka po obu stronach zagłębienia jeziornego ciągną się pagórki o powierzchniach 1,5–3,5 km² zbudowane z materiału piaszczysto-mułkowego z przewarstwieniami piasków gruboziarnistych ze żwirami i wtrąceniami fauny jeziornej (muszelki) o miąższości 8 m, miejscami przykryte osadami jeziornymi interglacjału eemskiego (punkt dokumentacyjny 44). W okolicach Psar przykryte są piaskami lodowcowymi a w okolicach Chudzyna i Cieszewa gliną zwałową stadiału środkowego zlodowacenia Warty (punkt dokumentacyjny 41) oraz dużą ilością głazów narzutowych (reziduum po glinie zwałowej zlodowacenia Warty).

Gliny zwałowe występują powszechnie w obrębie wysoczyzny morenowej, pokrywając większość obszaru arkusza. Miejscami w obrębie obszarów wodnolodowcowych (w części północno-wschodniej) zostały w większości usunięte erozyjnie i występują tylko w postaci ostańców. Miąższość gliny piaszczystej i mułkowo-piaszczystej ze żwirem jest zmienna, najczęściej wynosi 1,4–17 m. W zachodniej i centralnej części obszaru arkusza, w okolicy Dziembakowa, Kosemic, Miodusów, Kosmaczewa, Chorzewa (otwór 11 i punkty dokumentacyjne: 1, 4, 13, 17, 18, 22) miąższości tej gliny są najmniejsze i wynoszą od 1,4 do 5 m. Największą miąższość – 8 do 17 m notuje się we wschodniej części obszaru arkusza w Drobinie (otwory: 24–27, 32 i punkt dokumentacyjny 29), oraz południowo-zachodniej części obszaru w rejonie Bielska (otwór 37). W rejonie Rogieniczek (część zachodnia) oraz Brzechowa, Chudzyńka, Cieszewka, Preciszewa, Maliszewka, Chudzyna i Cieszewa (część południowo-wschodnia) glina ta występuje w postaci cienkich płatów (o miąższości 0,2–3,5 m) lub głazowisk (rezidua) przykrywających osady wodnolodowcowe zlodowacenia Warty. Na pozostałym obszarze miąższość wynosi 5–13 m.

Powierzchnia omawianej gliny pokryta jest na znacznych obszarach piaskami o różnej genezie, eluwiami, deluwiami, oraz utworami holocenijskimi. Glina ta charakteryzuje się barwami szarymi, szaro-zielonymi, szaro-brunatnymi lub brązowo-żółtymi.

Glinę zwałową mułkowo-piaszczystą zwięzłą, szarą, z przewarstwieniami mułków bez okruczków węgla stwierdzono we wszystkich otworach kartograficznych wykonanych dla potrzeb arkusza. Analizy litopetrograficzne wykazały zmienność składu mineralnego omawianych glin zwałowych. Wśród minerałów przezroczystych przeważają amfibole (24,25–44,33%), granaty (14,67–34,55%) i epidoty (8,97–18,33%). W składzie petrograficznym w otworach w Szumaniach, Krajewicach i Bombalicach (otwory: 6, 8, 33) (przekroje A–B i C–D) przeważają wapienie paleozoiczne (40,5–43,4%) nad skałami krystalicznymi (34,5–37,2%) natomiast w otworach: 11 w Chorzewie i 21 w Dobrosielicach (przekrój C–D) przeważają skały krystaliczne (40,5–41,6%) nad wapieniami paleozoicznymi

(26,4–34,4%). W składzie skał lokalnych przeważają mułowce (1,68–11,5%) nad wapieniami (0,5–3,5%) i piaskowcami (0,68–5,86%). Węglanowość gliny waha się od 14,04 do 17,18% zawartości CaCO₃ (Masłowska, Michałowska, 2002).

Wskaźniki petrograficzne glin zwałowych w poszczególnych otworach kartograficznych są zróżnicowane (tabela 4).

Współczynniki petrograficzne glin zwałowych stadiału środkowego zlodowacenia Warty

Tabela 4

Szumanie 6 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B	Krajewice 8 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B	Chorzewo 11 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B	Dobrosielice 2 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B	Bombalice 33 Współczynniki petrograficzne O/K–K/W–A/B
1,44-0,73-1,30	1,30-0,74-1,31	0,96-1,12-0,86	0,67-1,63-0,64	1,33-0,78-1,24

Współczynniki petrograficzne obliczone dla glin zwałowych z otworów: 6 (Szumanie), 8 (Krajewice) i 33 (Bombalice) korelują w pełni ze współczynnikami przyjętymi dla glin zwałowych stadiału środkowego zlodowacenia Warty z rejonu dorzecza Wisły (Lisicki, 2003). Współczynniki obliczone dla glin zwałowych z otworów: 11 (Chorzewo) i 21 (Dobrosielice) są podobne do współczynników glin zwałowych ze stadiału dolnego zlodowacenia Warty i zbliżone do współczynników obliczonych dla glin południowopolskich (Masłowska, Michałowska, 2002; Lisicki, 2003).

W otworze kartograficznym 33 w Bombalicach (przekrój A–B) na głębokości 2,0–4,7 m na wiercono także glinę piaszczystą, brązowożółtą, słabozwięzłą, z dużą ilością żwiru, znacznie różniącą się składem od pozostałych glin omawianego poziomu. W składzie petrograficznym przeważają nieznacznie skały krystaliczne (42,5%) nad wapieniami paleozoicznymi (36,5%), węglanowość jest wysoka – 13,49% zawartości CaCO₃, a współczynniki petrograficzne wynoszą: O/K–0,98, K/W–1,05, A/B–0,94 (Masłowska, Michałowska, 2002).

Zróżnicowanie składu mineralnego i współczynników petrograficznych jest prawdopodobnie wynikiem udziału osadów starszych zlodowaceń w budowie glin zwałowych zlodowacenia Warty w obrębie depresji Mochowa oraz lokalnego (przy krawędziach depresji) bardzo silnego wietrzenia tych glin. Spąg omawianej serii gliny zalega na glinach zwałowych zlodowacenia Odry i stadiału dolnego zlodowacenia Warty, piaskach i mułkach zastoiskowych oraz piaskach i żwirach wodnolodowcowych stadiału środkowego zlodowacenia Warty a w rejonie Świerczyńka na łąkach plioceńskich.

P i a s k i i p i a s k i z e ż w i r a m i l o d o w c o w e przykrywają osady zastoiskowe, wodnolodowcowe i gliny zwałowe zlodowacenia Warty rozległymi płacami na większości obszaru arkusza. W części południowo-wschodniej ich udział jest znacznie mniejszy. Miąższość osadów wynosi zwykle około 0,8–3,0 m, lokalnie może osiągać 5,0 m. Są to piaski z dużą zawartością frakcji pyłowatej, z domieszką ziaren grubszych i żwirów oraz drobnych otoczków. W rejonie Świerkocina (zachodnia część obszaru arkusza) przykrywają one osady zastoiskowe zlodowacenia Warty. W Wilkęsach (część

centralna) zalegają warstwą o miąższości 1,5–2,5 m na osadach wodnolodowcowych zlodowacenia Warty. W otworze kartograficznym 11 w Chorzewie (przekrój A–B) na glinie zwałowej zalega warstwa piasków różnoziarnistych z domieszką gliny pyłowatej i drobnego żwiru. Piaski te akumulowane były równocześnie z glinami zwałowymi zlodowacenia Warty. Granica między tymi osadami często jest niewyraźna a przejście glin w piaski płynne.

Piaski pyłowate, piaski ze żwirami z wkładkami glin zwałowych akumulacji szczelinowej występują jedynie w południowo-wschodniej części obszaru arkusza w okolicy Bielska, Bombalic i Jączewa. Występują tam cztery wydłużone w kierunku NW–SE żwirowo-piaszczyste pagórki o długościach od 0,7 do 5,6 km, szerokościach od 0,3 do 1,3 km. Zbudowane są one z piasków drobnoziarnistych, pyłowatych, różnoziarnistych ze żwirami, miejscami zaglinionych, z przewarstwieniami glin piaszczystych i ilastych o barwach brązowo-żółtych i brązowo-czerwonych, o miąższości 2,0–16,0 m.

W otworze kartograficznym 33 w Bombalicach i w punktach dokumentacyjnych: 31 i 32 w Bonisławiu (przekrój A–B) stwierdzono piaski różnoziarniste ze żwirem, gliniaste, brązowożółte (o miąższości 1,8–2,8 m), zalegające na glinie zwałowej stadiału środkowego zlodowacenia Warty.

W otworze 36 w Bielsku oraz punkcie dokumentacyjnym 37 w Jączewie w (przekrój A–B) występuje od powierzchni warstwa piasków średnioziarnistych, ciemnożółtych i żółtobrązowych, gliniastych. W otworze 36 osady te zalegają na glinie zwałowej stadiału dolnego zlodowacenia Warty na głębokości 10 m (127,5 m n.p.m.). W punkcie dokumentacyjnym 37 omawiane osady nie zostały przewiercone do głębokości 10 m. Strop glin zwałowych podścielających te osady obniża się o kilka metrów co świadczy o erozyjnym charakterze kontaktu między tymi osadami. Formy erozyjne powstały w szczelinie z okresu zaniku lądolodu stadiału środkowego zlodowacenia Warty w wyniku przepływu wód roztopowych i dość spokojnej akumulacji osadów piaszczysto-gliniastych.

Piaski, żwiry i głązy oraz gliny zwałowe moren czołowych występują w południowo-wschodnim narożniku obszaru arkusza Drobin. Tworzą one płaskie wzniesienia o wysokości względnej ok. 3 m określone przez autorów sąsiednich arkuszy (Bulkowo, Staroźleby) jako wzgórze czołowomorenowe.

Piaski ze żwirami moren martwego lodu wyodrębniono w części zachodniej, wschodniej i południowo-wschodniej obszaru.

W części zachodniej (okolice Krajewic i Wróblewa) piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste ze żwirem i przewarstwieniami gliny piaszczystej (otwór kartograficzny 8 w Krajewicach) i piaski różnoziarniste z dużą ilością żwiru (punkt dokumentacyjny 5 w Krajewicach) (przekrój C–D) tworzą dwa rozległe wzgórza zalegające na glinach zwałowych i piaskach lodowcowych zlodowacenia Warty. W południowo-wschodniej części (okolice Maliszewka) osady te tworzą pagórki otoczone obniżeniami wytopiskowymi.

We wschodniej części obszaru (między Drobinem a Druchowem) występuje płaskie wzniesienie o kierunku rozciągłości SE–NW otoczone szeregiem małych zagłębień i dolinek. Osady piaszczysto-żwirowe, z gładzami i tocząciami glin, tworzące to wzniesienie kontynuują się na wschód. Miąższość osadów wynosi od 2,0 do 5,0 m. Materiał pochodzi z wytopienia brył martwego lodu. Na sąsiednim arkuszu SMGP Raciąż (Baraniecka, 1992a, b), osady te określone zostały jako piaski i żwiry lodowcowe moren martwego lodu lub moren czołowych.

P i a s k i z e ż w i r a m i w o d n o l o d o w c o w e (górne) tworzą serię piaszczysto-żwirową o miąższości 1,0–4,0 m. Osady te są wynikiem erozyjno-akumulacyjnej działalności wód roztopowych zlodowacenia Warty. Występują w północnej, północno-wschodniej i wschodniej części obszaru arkusza, gdzie tworzą płyty osadów piaszczysto-żwirowych o miąższości od 1,2 do ponad 3,0 m, zalegających na glinach zwałowych zlodowacenia Warty. W rejonie Kisielewo–Młotkowo–Milewo występują rozległe, płaskie powierzchnie, poprzecinane dolinkami rzecznyymi, miejscami urozmaicone pagórkami i wałami wydmowymi oraz obniżeniami z akumulacją osadów organicznych. Materiał tworzący równiny to w przewadze piaski drobno- i średnioziarniste lub piaski różnoziarniste z różną zawartością żwiru, zalegające na glinach zwałowych zlodowacenia Warty. Miąższość osadów w tej części badanego terenu jest zróżnicowana – od 1,2 do 3,4 m, a największe miąższości występują w rejonie: Zawidz Kościelny–Szumanie (2,6–6,0 m).

W Szumaniach w otworze kartograficznym 6 (przekrój A–B), pod 2,0 m warstwą piasków eolicznych występują piaski różnoziarniste ze żwirem skał krystalicznych i białych wapieni o miąższości 2,6 m zalegające na glinach zwałowych zlodowacenia Warty na wysokości 111,9 m n.p.m. Zawartość CaCO_3 w tych piaskach wynosi 3,0%. W składzie minerałów przezroczystych przeważają amfibole (33,22%) i granaty (31,92%) nad epidotami (15,31%) (Masłowska, Michałowska, 2002).

W rejonie Słupii (otwory: 12 i 14 na przekroju A–B) żwiry z gładzami, piaski różnoziarniste i piaski drobnoziarniste o miąższości 17,0–18,0 m wypełniają głęboką dolinę wód roztopowych utworzoną w glinach zwałowych zlodowacenia Warty. Materiał żwirowy z gładzami w spągu warstwy świadczy o dynamicznych warunkach akumulacji osadu i bliskości lądolodu. U ujścia tej doliny w rejonie Mańkowa piaski drobno- i średnioziarniste tworzą rozległą równinę porozcinaną jedynie drobnymi dolinkami rzecznyymi. W okolicy Cieszewka na południowym wschodzie omawianego terenu osady te występują wokół zagłębienia pojeziornego i towarzyszą osadom zastoiskowym i wodnolodowcowym zlodowacenia Warty. W południowo-zachodniej części obszaru arkusza w okolicy Cekanowa osady piaszczysto-żwirowe zlokalizowane są w dolince utworzonej przez wody roztopowe zlodowacenia Warty. Odmienny skład osadów tworzących równiny na wysoczyźnie i wypełniających doliny rzeczne świadczy o zróżnicowanych warunkach ich akumulacji.

P i a s k i i m u ł k i k e m ó w tworzą kilka form, o wysokości względnej do 7 m, w północno-wschodniej części obszaru (okolice Milewa i Druchowa). W odsłonięciu w Milewie stwierdzono

serię piasków drobno- i bardzo drobnoziarnistych z domieszką mułków, przewarstwionych cienkimi poziomami piasków różnoziarnistych i żwirów. Formy te pokryte są zarówno na brzegach jak i partiach szczytowych glinami zwałowymi kemów o miąższości 1,0–2,5 m.

Pojedynczy pagórek kemowy zbudowany z piasków i mułków znajduje się przy południowej granicy obszaru arkusza w okolicy Bielska.

Interglacjał eemski

Mułki, piaski i ropy jeziorne występują w północnej, południowo-wschodniej i południowo-zachodniej części obszaru arkusza. W rejonie Młotkowa (północna część) wypełniają one zagłębienia po bryłach martwego lodu. Są to piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste z przewarstwieniami mułków, miejscami mułki piaszczyste z przewarstwieniami ropy o miąższości 1,8–3,5 m, leżące na glinach zwałowych lub piaskach ze żwirami wodnolodowcowych zlodowacenia Warty.

W części południowo-wschodniej obszaru arkusza w okolicy Brzechowa, Cieszewka i Chudzyńska osady zaliczone do interglacjału eemskiego wypełniają dno jeziora o długości 4 km i szerokości 200–900 m, powstałego prawdopodobnie po zlodowaceniu Warty. Są to piaski i mułki szare z konkrekcjami limonitycznymi i przewarstwieniami ropy szarych, o miąższości powyżej 2,6 m, zalegające na glinach zwałowych i piaskach z mułkami zlodowacenia Warty. W części centralnej obniżenia przykryte są one osadami organicznymi interglacjału eemskiego (punkt dokumentacyjny 43) i holocenu oraz deluwiami. W okolicach Łęgu Probostwa, Kozłówka i Psar osady jeziorne wypełniają szereg płytkich zagłębień powstałych po wytopieniu brył martwego lodu.

W południowo-zachodniej części omawianego obszaru w rejonie Łysakowa osady jeziorne stwierdzono w dnie głębokiej doliny wód roztopowych, a w okolicy Bombalic wypełniają rozległe zagłębienie powstałe prawdopodobnie po wytopieniu bryły martwego lodu. Osady jeziorne miejscami przykryte są namułami interglacjału eemskiego i początku zlodowacenia Wisły oraz torfami, namułami i gytiami holocenu.

Torfy i namuły torfiaste występują w dnach obniżen powstałych w powierzchni wysoczyzny w części zachodniej, centralnej i południowej obszaru arkusza. W okolicy Bombalic (punkt dokumentacyjny 33) 3,0 m miąższości warstwa namułów i torfów z okruciami drewna przedzielona warstwą gytii zalega na glinie zwałowej zlodowacenia Warty i przykryta jest 1,1 m warstwą deluwii. W Kosmaczewie pod 1,0 m warstwą piasków deluwialnych natrafiono na torf i gytie o łącznej miąższości 4,5 m (punkt dokumentacyjny 24). Przeprowadzona analiza pyłkowa próbki pobranej z głębokości 1,5–2,0 m (Granoszewski, 2002) wskazała na eemską lub wczesnovistuliańską sukcesję pyłkową. Ten sam wiek sukcesji pyłkowej określono (Granoszewski, 2002) w próbkach pobranych z głębokości 5,5–6,0 m z namułów wypełniających dno doliny Sierpienicy w okolicy Szewców (punkt dokumentacyjny 40). Namuły te o miąższości powyżej 6,0 m pokrywa 1,5 m warstwa piasków i namułów holocenijskich.

Największe miąższości osadów organicznych interglacjału eemskiego stwierdzono w południowo-wschodniej części obszaru arkusza. Namuły torfiaste z okruchami drewna o miąższości ponad 4,5 m, wypełniają zagłębienie jeziora eemskiego w okolicy Cieszewka (punkty dokumentacyjne 42 i 43). Zalegają one na osadach jeziornych interglacjału eemskiego. Przykryte są 1,5 m warstwą piasków ze żwirami i holocenijskimi osadami organicznymi. Próbkę pobrane do badań palinologicznych ze środkowych partii osadów (głębokość 2,0–2,5 i 3,5–4,0 m) wykazały obecność pyłków roślin charakterystycznych dla schyłkowego okresu interglacjału eemskiego lub początkowego okresu zlodowacenia Wisły (Granoszewski, 2002). Wskazuje to na stopniowe zarastanie zbiornika jeziornego w czasie interglacjału eemskiego, początku zlodowacenia Wisły i w holocenie.

W niewielkim zagłębieniu w południowo-wschodnim narożu arkusza w okolicy Maliszewka na łąkach i mułkach warwowych (zastoiskowych) zlodowacenia Warty zalegają torfy i namuły z przewartwieniem gytii o łącznej miąższości 4,7 m. Przykrywają je piaski deluwialne o miąższości 1,1 m. Na obszarze arkusza Raciąż w rejonie Sokolnik stwierdzono występowanie osadów organicznych wypełniających szereg podobnych obniż, uznanych w wyniku przeprowadzonych badań (Baraniecka, Janczyk-Kopikowa, 1991) za pozostałości po jeziorach istniejących w interglacjale eemskim.

Zlodowacenia północnopolskie

Zlodowacenie Wisły

Według aktualnego stanu wiedzy, omawiany obszar jest położony na przedpolu maksymalnego zasięgu zlodowacenia Wisły. Do zlodowacenia tego zaliczono pokrywowe osady ekstraglacjałne zastoiskowe i sandrowe. Utwory zlodowacenia Wisły pokrywają płacami północną, zachodnią, południową i centralną część oraz północno-wschodnie naroże obszaru arkusza. Powierzchniowo występują osady stadiału górnego.

Stadiał górny

Iły i mułki zastoiskowe występują lokalnie w północno-zachodniej części obszaru arkusza w rejonie Kisielewa, Grąbca i Dziembakowa (przekrój C–D). Odślaniają się jedynie w krawędziach dolin dwóch dopływów rzeki Sierpienicy w postaci cienkich pasów położonych między osadami wodnolodowcowymi a rzecznyymi. Kontynuują się na zachód na obszary sąsiednich arkuszy (Lamparski, 1979a, b; Kotarbiński, 2000a, b).

Piaski ze żwirami wodnolodowcowe (sandrowe) występują w północnej, północno-zachodniej, zachodniej i środkowej części obszaru arkusza. Wzdłuż zachodniej granicy, od Bonisławia do Dziembakowa, stwierdzono płaty osadów piaszczysto-żwirowych leżące na osadach wodnolodowcowych i lodowcowych zlodowacenia Warty, o miąższości od 1,0 do 6,0 m.

W Bonisławiu w otworach: 22 i 23 (przekrój A–B) osady piaszczysto-żwirowe wypełniają głęboką na 12–15 m dolinę utworzoną w osadach zastoiskowych i glinach zwałowych zlodowacenia Warty. Piaski i żwiry wodnolodowcowe występują także w krawędziach północno-zachodniego odcinka Sierpienicy od Kęsic do Kisielewa oraz jednego z lewobrzeżnych dopływów Sierpienicy od Lelic do Dziembakowa. Osady te zalegają erozyjnie na glinach zwałowych zlodowacenia Warty i łąkach zastoiskowych zlodowacenia Wisły a ich powierzchnia rozcięta jest przez dolinki rzeczne. Powstanie tych osadów wiązać można z jednej strony z wtargnięciem od zachodu wód sandrowych na wysoczyznę i zatamowaniem odpływu w dolinach rzecznych, a z drugiej, z szukaniem dróg odpływu wód starszymi dolinami rzecznyymi w czasie zaniku lądolodu fazy poznańsko-leszczyńskiej stadiału górnego zlodowacenia Wisły (Lamparski, 1979a, b).

Piaski, piaski ze żwirami wodnolodowcowe (sandrowe) występujące w północno-wschodnim narożu arkusza w rejonie Żabowo–Osiek–Osiek Parcele–Koziebrody, tworzą niewielki fragment równiny sandrowej kontynuującej się na obszary sąsiednich arkuszy: Biezuń, Sierpc (Kotarbiński, 1999a, b, 2000a, b) i Raciąż (Baraniecka, 1992a, b). Materiał tworzący równinę to w przewadze piaski średnio- i różnoziarniste z domieszką żwirów o miąższości od 1,0 do 13,0 m (Kotarbiński, 2000b). Na styku z wysoczyzną utwory sandrowe nieznacznie ją przykrywają. Powierzchnia równiny sandrowej nadbudowana jest piaskami eolicznymi, a w zagłębieniach wytopiskowych ma miejsce akumulacja organiczna. Sandr związany jest z recesją lądolodu fazy pomorskiej i silnym odpływem wód roztopowych na przedpolu moren dobrzyńskich (Kotarbiński, 1966, 1978, 1999a, b; Kotarbiński, Urbaniak-Biernacka, 1975).

Piaski, mułki i łąki jeziorne występują lokalnie w obniżeniach w północno-wschodniej części obszaru arkusza. W rejonie Osieka Parcel wypełniają zagłębienia w powierzchni sandru, gdzie przykrywają piaski i żwiry wodnolodowcowe (górnego) zlodowacenia Wisły.

b. Czwartorzęd nierozdzielony

Piaski, mułki i gliny deluwialne osadziły się w małych dolinkach i obniżeniach oraz na zboczach wysoczyzny wskutek procesów stokowych rozmywania i spływania osadów tworzących wysoczyznę. W zależności od budowy obszaru deluwia są piaszczyste, piaszczysto-gliniaste lub gliniaste. Tworzą się również obecnie, co można często obserwować w czasie wczesnowiosennych roztopów. Obszar powszechnego występowania utworów deluwialnych znajduje się południowej części terenu badań w okolicach Mokrzku i Psar. Piaski, mułki i gliny deluwialne wypełniają tam liczne dolinki usytuowane w zboczach wysoczyzny i równin wodnolodowcowych. Miąższość osadów zwykle dochodzi do 2,0 m, choć w okolicach Nowego Kowalewa przekracza 3,0 m (punkt dokumentacyjny 23 na przekroju C–D).

Piaski pyłowato-ilaste zwietrzelinowe (eluwialne) jako pokrywa zwietrzelinowa występują powszechnie w stropie glin zwałowych zlodowaceń Odry i Warty, jednak ich miąższość jest przeważnie niewielka. Wyodrębnione zostały w rejonie Żabowa, Lelic, Gutowa, Dobrosielic, Drobinia, Mogielnicy, Kłaków i Maliszewka, gdzie osiągają miąższość do 1,4 m. W rejonie Cekanowa występują eluwia przechodzące z obszaru sąsiedniego arkusza Mochowo (Lamparski, 1979a, b), na którym są opisane jako samodzielne wydzielenie. Eluwia charakteryzują się dużą piaszczystością, rozsypliwością, odwapnieniem oraz barwami brunatnymi i żółto-zielono-brunatnymi.

Piaski eoliczne, piaski eoliczne w wydmach występują najczęściej na piaskach wodnolodowcowych (sandrowych) dolnych i górnych a także na piaskach ze żwirami lodowcowych i glinach zwałowych w północnej części obszaru arkusza. Największe wydmy paraboliczne, wskazujące na przewagę wiatrów zachodnich (Urbaniak, 1967), występują w rejonie Stropkowa i Szumania. Wzgórza wydmowe, o wysokościach względnych dochodzących do 8 m, zbudowane są z osadu drobnopiaszczystego pochodzącego z przewiania materiału miejscowego. Pokrywa piasków eolicznych zalega w tym rejonie na piaskach wodnolodowcowych dolnych, miejscami na piaskach i glinach lodowcowych.

W północno-wschodnim narożu obszaru arkusza osady eoliczne tworzą wydłużone formy wałowe nadbudowane wydmami podłużnymi i parabolicznymi o wysokości do 5 m, zalegające na piaskach wodnolodowcowych górnych. Na obszarze wysoczyzny w okolicy Dziembakowa spotyka się pola piasków eolicznych przykrywające gliny i osady wodnolodowcowe pokrywą o miąższości 1,4–3,0 m.

Piaski, piaski ze żwirem i mułki rzeczne występują w obrębie dolin rzeki Sierpienicy, ponadto występują w młodych dolinkach dorzecza Sierpienicy i Raciążnicy. Najczęściej są to piaski średnioziarniste, drobnoziarniste, ze żwirem i przewarstwieniami mułków. W spagu często występują żwiry i gładziki. Miąższość wynosi od 1,1 m w mniejszych dolinkach do 10,0 m w dolinie Sierpienicy, gdzie w podłożu występują piaski, piaski ze żwirem i żwiry wodnolodowcowe dolin wód roztopowych (otwory 12 i 14 na przekroju A–B).

c. Holocen

Gytie występują w podłożu torfów w zagłębieniach wytopiskowy na obszarze wysoczyzny den dolin rzecznych w okolicach: Kęsic, Rogienic, Milewa, Kosmaczewa, Cetlina, Mokrzku, Przeciszewa i Maliszewka. Są to gytie torfiaste, ilaste, ilasto-węglanowe i węglanowe o miąższościach od 0,6 do 2,0 m. W spagu miejscami występują namuły i mułki zastoiskowe lub jeziorne, a w większości piaski rzeczne i gliny zwałowe.

Piaski humusowe występują w obrębie równin sandrowych, dnach dolin i dolinek rzecznych i w zagłębieniach bezodpływowych na wysoczyźnie. Są to piaski o różnej zawartości humusu,

który określa ich barwę od ciemnoszarej do czarnej. Największą powierzchnię zajmują w północno-wschodniej części obszaru arkusza wypełniając dno równiny sandrowej i doliny Raciążnicy. Miąższość osadów jest niewielka, zwykle nie przekracza 3,0 m.

Torfy zajmują znaczne obszary den dolinnych i równin sandrowych. Największe torfowiska występują w okolicy Jezewa, gdzie zalegają na osadach jeziornych i wodnolodowcowych, oraz w dnie doliny Sierpienicy w okolicy Dziedzic. W okolicy Cieszewka torfy zalegają na osadach organicznych wypełniających misę jeziora eemskiego (punkty dokumentacyjne 42 i 43). Miąższość torfu wynosi przeważnie 0,4–1,4 m, maksymalnie 2,7 m. Generalnie są to torfy niskie. Przeważające gatunki torfów to torfy: olchowe, drzewno-turzycowe, drzewno-trzcinowe, drzewno-mszyste, trzcinowo-turzycowe, trzcinowe i turzycowe zapiaszczone lub zailone.

Torfy wypełniają również liczne mniejsze zagłębienia w obrębie równiny sandrowej na północnym wschodzie obszaru arkusza, doliny Sierpienicy na odcinku od Łęgu Kasztelańskiego do Kisielewa i małych dolinek rzecznych. Torfy wypełniają także zagłębienia różnej genezy na wysoczyźnie w rejonach Krajewic, Lelic, Starego Chabowa, Druchowa, Świerczyna, i Biskupic. Miąższość ich zawiera się w przedziale 0,2–2,6 m. W podłożu torfów występują gytie, namuły, piaski rzeczne, piaski i żwiry wodnolodowcowe, mułki i iły jeziorne oraz gliny zwałowe.

Namuły den dolinnych i zagłębien bezodpływowych, do których zaliczono: namuły piaszczyste, namuły ilaste, namuły gliniaste oraz namuły torfiaste występują w zagłębieniach wytopiskowych na wysoczyźnie i równinach sandrowych w rejonie Stropkowa, Szumania, Osieka, Miodusów, Bonisława, Śmiłowa, Gawronów, Cieszewka, dolinach erozyjnych wód roztopowych oraz w dolinach Sierpienicy i jej dopływów. Miąższość ich jest niewielka i zazwyczaj nie przekracza 3,0 m.

B. TEKTONIKA I RZEŻBA PODŁOŻA CZWARTORZĘDU

Obszar arkusza położony jest w środkowej części synklinorium brzeźnego, zwanego niecką warszawską (płocką) (Marek, 1983).

Informacje o budowie i rzeźbie podłoża osadów czwartorzędowych zamieszczone na szkicu (tabl. II) pochodzą z otworów wiertniczych przebijających osady czwartorzędowe, profili geoelektrycznych wykonanych wzdłuż przekrojów A–B i C–D (Okrasa, 2001) oraz badań sejsmicznych wysokiej rozdzielczości (Kaszubowski, 2003).

W powierzchni podłoża czwartorzędu można wydzielić trzy wyraźnie zaznaczające się obszary: głęboką depresję (Mochowa) (część zachodnia i centralna obszaru arkusza), obniżenie Koziębród w północno-wschodniej części obszaru arkusza oraz wyniesione tereny między depresją Mochowa a obniżeniem Koziębród. Istnieje duża zbieżność granic depresji, osi elewacji i obniżeń z wyznaczonymi

na podstawie danych teledetekcyjnych i geofizycznych elementami strukturalnymi (Graniczny, Doktor, Kucharski, 1995).

Depresja Mochowa kontynuuje się od zachodu, z terenu arkusza Mochowo (Lamparski, 1979b), gdzie jej dno stwierdzono na wysokości 90 m p.p.m. Na obszarze depresji w granicach omawianego arkusza strop podłoża tworzy płaską powierzchnię zalegającą na wysokości od około 20 m p.p.m. na brzegu północno-zachodnim (otwór kartograficzny 8 na przekroju C–D) i około 30 m p.p.m. na brzegu południowym (przekrój A–B) do 63,8 m p.p.m. w Chorzewie w otworze kartograficznym 11 (przekroje A–B i C–D) i ponad 70 m p.p.m. w okolicy Ostrowów (przekrój A–B). Jest to najniższy położony fragment powierzchni podłoża czwartorzędu. Depresję od wyniesionych fragmentów podłoża czwartorzędu oddziela prawdopodobnie szereg uskoków w okolicach Szumania, Bombalic i Dobrosielic zaznaczonych na przekrojach A–B i C–D jako uskoki przypuszczalne (Graniczny, Doktor, Kucharski, 1995; Kaszubowski, 2003; Okrasa, 2001). W rejonie Szumania–Mańkowo, badania sejsmiczne wysokiej rozdzielczości (Kaszubowski, 2003), sugerują istnienie kilku zespołów uskoków normalnych, dochodzących prawie do powierzchni terenu. Przypuszczalnie uskoki ograniczają depresję od strony północno-wschodniej a wzdłuż uskoków zaznaczają się pionowe krawędzie i powierzchnie przesunięć osiągające wysokości 75–155 m względem dna depresji. Za dużym prawdopodobieństwem istnienia tych uskoków przemawia profil osadów nawierconych w otworze kartograficznym nr 6 (przekrój A–B) wykonanym tuż za domniemaną krawędzią depresji Mochowa. W otworze tym osady pliocenu nawiercono na wysokości 90,6 m n.p.m, a oligocenu na wysokości 72,9 m n.p.m., czyli o 136,4 m wyżej niż strop osadów miocenu nawierconych w dnie depresji (otwór 11 na przekrojach A–B i C–D). W otworze 6 (przekrój A–B) bezpośrednio na osadach pliocenu zalegają osady zastoiskowe i lodowcowe zlodowacenia Nidy (do wysokości 101,2 m n.p.m.), podczas gdy w obrębie depresji (otwór 11 w Chorzewie) ten sam zespół osadów występują na wysokości 54,1–32,2 m p.p.m., (ponad 133 m niżej). Uskoki mają wyraźny wpływ na zróżnicowanie rzeźby poprzez dodatkowe zaburzenia i odkucia warstw w swoich skrzydłach (Kaszubowski, 2003).

Przypuszczalne uskoki o zrzucie 70–100 m, tworzące wyraźne progi, ograniczają depresję także od strony wschodniej (rejon Dobrosielice–Brzechowo) i południowej (rejon Bombalice–Łęg). Wyznaczono je na podstawie profilu otworu kartograficznego 21 w Dobrosielicach (przekrój C–D), gdzie strop osadów pliocenu nawiercono na wysokości 47,4 m n.p.m, a miocenu na 42,7 m n.p.m. (ponad 100 m wyżej niż w dnie depresji). Gwałtowne podniesienie się granicy pomiędzy osadami czwartorzędu a osadami podłoża oraz dwie wyraźne strefy nieciągłości (uskoki) w rejonie Dobrosielic są dobrze widoczne na profilu geoelektrycznym wykonanym wzdłuż przekroju C–D (Okrasa, 2001). Uskoki te są powiązane z uskokami występującymi w okolicy Szumania (tabl. II).

W rejonie Bielsk–Bombalice południową granicę depresji wyznaczają prawdopodobnie dwa uskoki zrzucające schodkowo osady podłoża podczwartorzędowego jak i starszego czwartorzędu o około 80 i 20 m w kierunku północnym (przekrój A–B). W otworze 37 w Bielsku strop utworów

pliocenu nawiercono na wysokości 60,5 m n.p.m., a w otworze kartograficznym 33 w Bombalicach strop tych samych utworów zalega na wysokości 51,7 m p.p.m., (przekrój A–B). Obraz ten, choć miejscami niezbyt wyraźny, widoczny jest także na profilu geoelektrycznym wykonanym wzdłuż przekroju A–B (Okrasa, 2001).

Na południe od depresji spąg tektonicznie podniesionego podłoża osiąga wysokość 50–80 m n.p.m, z kulminacją w okolicy Mokrzku (84,2 m n.p.m. w otworze 41) i obniżeniem w rejonie Chudzyńka (poniżej 30 m n.p.m.). W tym rejonie powierzchnia podłoża jest prawdopodobnie słabo zaburzona. Na obszarze położonym na północny wschód i wschód od krawędzi depresji (Szumanie–Mańkowo–Kłaki) zaznacza się bardzo wyraźnie obszar wysokiego zalegania spągu podłoża czwartorzędu. Jest to prawdopodobnie struktura zrębowa (elewacja) o rozciągłości NW–SE, ograniczona z obu stron uskokiemi (przekroje A–B i C–D).

W północno-zachodniej części wyniesienia strop podłoża tworzy płaską powierzchnię zalegającą na wysokości 80–90 m n.p.m. Południowo-wschodnia część wyniesienia nadbudowana jest osadami glacitektonicznie spiętrzonymi, przez co wysokość zalegania podłoża jest tu znaczna i wynosi od 100 do ponad 130 m n.p.m. W rejonie Świerczynka, Drobina i Kłaków podłoże charakteryzuje się rzeźbą pagórkowato-falistą co może świadczyć o występowaniu zaburzeń glacitektonicznych (Baraniecka, 1992). Jedynie przy krawędzi uskoku powierzchnia podłoża czwartorzędu obniża się do 50–80 m n.p.m. Od północnego wschodu struktura zrębowa ograniczona jest kolejnym uskokiem o niewielkim zrzucie (10–20 m).

Na północny wschód od tego uskoku podłoże stopniowo obniża się do wartości około 10,0 m n.p.m. (9,5 m n.p.m. w otworze 16 w Druchowie), a obniżenie kontynuuje się na obszarze sąsiedniego arkusza Biezuń (Kotarbiński, 2000b).

Brak jest danych o położeniu stropu osadów podłoża w północno-zachodnim i północno-wschodnim narożu omawianego terenu.

Silne zaburzenia glacitektoniczne osadów czwartorzędu stwierdzono w otworach kartograficznych 8 i 11 (przekroje A–B i C–D). Najwyraźniej zaburzenia te widać na granicach utworów zastoiskowych z glacialnymi zlodowaceń południowopolskich. Granice między tymi osadami są nachylone pod dużym kątem a miejscami ustawione są pionowo. Przejścia między warstwami są często rozmazane a materiał przemieszany. Geneza tych zaburzeń nie jest niestety określona z powodu niewystarczającej ilości geologicznych materiałów obserwacyjnych. Powstanie tych zaburzeń można wyjaśnić w dwojaki sposób: są one wynikiem sfałdowania osadów o różnej gęstości na styku podłoża z wkraczającym lądolodem lub (co bardziej prawdopodobne) mamy tu do czynienia z łuskami glacitektonicznymi zbudowanymi głównie z glin zwałowych jednego ze zlodowaceń południowopolskich.

W podsumowaniu można przypuszczać, że na ostateczny kształt rzeźby podłoża podczwartorzędowego miały przede wszystkim wpływ procesy młodotektoniczne, (trwające od zlodowacenia najstarszego do chwili obecnej) oraz erozja i denudacja głównie wczesnoplejstocenska zróżnicowanych osadów tworzących podłoże. W wyniku działania tych czynników powstała urozmaicona morfologicznie powierzchnia o dużych deniwelacjach, osiągających maksymalną wartość ponad 200 m.

C. ROZWÓJ BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Historię rozwoju geologicznego omawianego terenu w paleozoiku i mezozoiku zawierają opracowania pod redakcją Marka (1983) oraz Marka i Pajchlowej (1997).

W oligocenie panowały warunki, w których tworzyły się osady brakiczne powstałe w przybrzeżnych zbiornikach jeziornych, zalewanych okresowo przez wody morskie (tab. 5).

Od miocenu panowały warunki lądowe, deltowe z gdzieśgdzie rozwijającymi się izolowanymi zbiornikami typu bagiennego. Obszar był poddawany słabym ruchom tektonicznym, które powodowały okresowe wynurzanie się den zbiorników sedymentacyjnych i powstawanie pokładów węgla z lokalnej roślinności oraz równoczesne występowanie szczątków roślin lądowych, przybrzeżnych i typowo wodnych.

W górnym miocenie rozpoczęła się akumulacja iłów pstrych, która trwała przez cały pliocen. W pliocenie i na początku czwartorzędu zaznaczyły się słabe ruchy tektoniczne powodujące obniżanie się terenu obecnej depresji Mochowa. W wyniku tych procesów ukształtowana została rzeźba podłoża przedczwartorzędowego, która na skutek silnej tektoniki generowanej izostatycznie przez kolejne lądolody, uległa dalszemu przemodelowaniu tworząc obecną powierzchnię podczwartorzędową.

Przed czołem lądolodu zlodowacenia Narwi tworzyły się niewielkie zastoiska, które później zostały przykryte osadami lodowcowymi. Osady te zachowały się najpełniej w najniższym położonym obszarze depresji. Możliwe jest, iż nacisk lądolodu ożywił ruchy pionowe wzdłuż uskoku istniejących w starszym podłożu. Po zlodowaceniu Narwi następują słabe pionowe ruchy tektoniczne oraz erozja sięgająca w niektórych miejscach osadów neogenu.

Zlodowacenie Nidy rozpoczynała akumulacja zastoiskowa w rozległych i głębokich zbiornikach. Wkraczający lądolód zlodowacenia Nidy pozostawił na całym obszarze warstwę osadów glacialnych. Po wycofaniu się lądolodu nastąpiły pionowe ruchy tektoniczne wynoszące tereny wokół depresji.

W interglacjale małopolskim następowała denudacja i erozja wyniesionych obszarów. Rozwinięła się sieć rzeczna powodująca początkowo erozję w obrębie dolin rzecznych a później akumulację korytową. Na tak zróżnicowaną powierzchnię wkroczył lądolód zlodowacenia Sanu 1. Okresowe zatamowanie przepływu przez czoło lądolodu spowodowało akumulację osadów mułkowo-iłastych w rozległych zbiornikach zastoiskowych. Osady lodowcowe akumulowane przez lądolód z tego zledo-

TABELA LITOLOGICZNO-STRATYGRAFICZNA

Stratygrafia				Utworki (opis litologiczny)	Procesy geologiczne			
System	Oddział	Pododdział	Piętro					
C z w a r t o c e n o r z e	P l i c e	Zlodowacenia północnopolskie	Zlodowacenie Wisły	Stadial górny	Namuly den dolinnych i zagłębień bezodpływowych — _n Q _h Namuly torfiaste — _{nr} Q _h Tofy niskie — _{tn} Q _h Piaski humusowe — _{ph} Q _h Gytie — _{gy} Q _h	Akumulacja mineralno-organiczna w obrębie dolin rzecznych, zarastających jezior i obniżen bezodpływowych Akumulacja organiczna Akumulacja mineralno-organiczna w dnach dolin rzecznych o zanikającym przepływie Akumulacja mineralno-organiczna w obrębie małych i dużych zbiorników wodnych		
					Piaski, piaski ze żwirami i mułki rzeczne — _{ppz} ^f Q Piaski eoliczne — _p ^c Q Piaski eoliczne w wydmach — _p ^c Q ^(w) Piaski pyłowato-ilaste zwietrzelinowe (eluwialne) — _{ppy} ^z Q Piaski, mułki i gliny deluwialne — _{pmg} ^d Q	Akumulacja rzeczna Akumulacja eoliczna Wietrzenie, denudacja Rozmycie materiału na stokach i akumulacja w obniżeniach		
	P l i c e	Zlodowacenia północnopolskie	Zlodowacenie Wisły	Stadial górny	Piaski, mułki i ily jeziorne — _{pm} ^{li} Q _p ^{B3} Piaski, piaski ze żwirami, wodnolodowcowe (sandrowe) — _p ^{fg} Q _p ^{B3} Piaski i piaski ze żwirami, wodnolodowcowe (sandrowe) — _{ppz} ^{fg} Q _p ^{B3} Ily i mułki zastoiskowe — _{im} ^b Q _p ^{B3}	Akumulacja jeziorna w zagłębieniach bezodpływowych Depozycja materiału niesionego przez wody wypływające z lodowca na jego przedpolu Depozycja materiału niesionego przez wody roztopowe Akumulacja zastoiskowa przed czołem transgredującego lądolodu		
					Interglacjał eemski		Torfy i namuly torfiaste — _{tnf} Q _p ³⁻⁴ Mułki, piaski i ily jeziorne — _{mp} ^{li} Q _p ³⁻⁴	Akumulacja organiczna w jeziorach i zagłębieniach bezodpływowych Erozja i denudacja Akumulacja jeziorna w zbiornikach wodnych
					Zlodowacenia środkowopolskie	Zlodowacenie Warty	Stadial środkowy	Gliny zwałowe kemów — _{gzw} ^(k) Q _p ^{W2} Piaski i mułki kemów — _{pm} ^(k) Q _p ^{W2} Piaski ze żwirami wodnolodowcowe (górze) — _{pz} ^{fg} Q _p ^{W2} Piaski ze żwirami moren martwego lodu — _{pz} ^(sm) Q _p ^{W2} Piaski, żwiry i głązy oraz gliny zwałowe moren czołowych — _{pz} ^(g) Q _p ^{W2} Piaski pyłowate i piaski ze żwirami z wkładkami glin zwałowych akumulacji szczelinowej — _{ppy} ^(gs) Q _p ^{W2} Piaski, piaski ze żwirami, lodowcowe — _{ppz} ^g Q _p ^{W2} Gliny zwałowe — _{gzw} ^g Q _p ^{W2} Piaski ze żwirami, wodnolodowcowe (dolne) — _{pzl} ^{fg} Q _p ^{W2} Piaski, piaski pyłowate i mułki zastoiskowe — _{pppy} ^b Q _p ^{W2} Ily zastoiskowe — _i ^b Q _p ^{W2}

C P	w a r s t o c e n ę d	Zlodowacenia północnopolskie	Zlodowacenie Odry	Stadiał górny	Gliny zwałowe — $^{ig}_{gzw} Q_p^{W1}$ Piaski ze żwirami, wodnolodowcowe, ry- nien subglacialnych — $^{(S)}_{ppz} Q_p^{W1}$ Piaski ze żwirami i żwiry wodnolodowcowe — $^{fg}_{pzz} Q_p^{W1}$ Iły, mułki i piaski zastoiskowe — $^b_{im} Q_p^{W1}$	Akumulacja lodowcowa Akumulacja przez wody lodowcowe w rynnach pod lodem Akumulacja przez wody lodowcowe przed czołem ładolodu Akumulacja zastoiskowa przed czołem transgredującego ładolodu	
				Stadiał dolny	Gliny zwałowe — $^{ig}_{gzw} Q_p^{O3}$ Piaski ze żwirami, wodnolodowcowe — $^{fg}_{pz} Q_p^{O3}$ Piaski i mułki zastoiskowe — $^b_m Q_p^{O3}$	Akumulacja lodowcowa — nasunięcie ładolodu na cały obszar i późniejsze wytopienie Depozycja materiału niesionego przez wody wypływające i spływające z lodowca na jego przedpole Akumulacja zastoiskowa przed czołem transgredującego ładolodu	
				Interglacjał lubelski		Bardzo silne ruchy tektoniczne (wypiętrzające)	
			Zlodowacenia środkowopolskie	Zlodowacenie Warta	Stadiał dolny	Gliny zwałowe — $^{ig}_{gzw} Q_p^{O1}$ Iły i mułki zastoiskowe z glinami zwałowymi w spływach — $^b_{im} Q_p^{O1}$	Akumulacja lodowcowa — nasunięcie ładolodu na cały obszar i późniejsze wytopienie Akumulacja w zbiornikach zastoiskowych między czołem transgredującego ładolodu a wypiętrzonymi fragmentami podłoża
					Interglacjał wielki ?	Piaski ze żwirami, iły i mułki jeziorne i jezior- no-rzeczne — $^{li}_{pzim} Q_p^{2-3}$	Denudacja i erozja. Erozja rzeczna, akumulacja rzeczna i jeziorna. Silne ruchy wypiętrzające
		Zlodowacenia najstarsze	Zlodowacenie Narwi	Zlodowacenie Sanu 2	Gliny zwałowe — $^{ig}_{gzw} Q_p^G$ Gliny zwałowe zlodowacenia Narwi jako kry w gli- nach zwałowych zlodowacenia Sanu 2 — $^{Q^A}_{p1} Q_p^G$ Iły, piaski i mułki plioceńskie jako kry w glinach zwałowych zlodowacenia Sanu 2 — $^{pl} Q_p^G$ Piaski ze żwirami, wodnolodowcowe — $^{fg}_{pz} Q_p^G$ Iły, mułki i piaski zastoiskowe z glinami zwałowymi w spływach — $^b_{imp} Q_p^G$	Akumulacja lodowcowa — nasunięcie ładolodu na cały obszar i późniejsze wytopienie Procesy glacitektoniczne Akumulacja przez wody lodowcowe przed czołem transgredującego ładolodu Akumulacja w zbiornikach zastoiskowych przed czołem transgredującego ładolodu	
					Zlodowacenie Sanu 1	Gliny zwałowe — $^{ig}_{gzw} Q_p^S$ Iły i mułki zastoiskowe — $^b_{im} Q_p^S$	Akumulacja lodowcowa — nasunięcie ładolodu na cały obszar i późniejsze wytopienie Akumulacja zastoiskowa przed czołem transgre- dującego ładolodu
					Interglacjał małopolski	Piaski ze żwirami, piaski i piaski pyłowate rzeczne — $^{f}_{pz} Q_p^K$	Denudacja, erozja i akumulacja rzeczna Ruchy tektoniczne
					Zlodowacenie Nidy	Gliny zwałowe — $^{ig}_{gzw} Q_p^N$ Iły i mułki zastoiskowe — $^b_{im} Q_p^N$	Akumulacja lodowcowa — nasunięcie ładolodu na cały obszar i późniejsze wytopienie Akumulacja zastoiskowa przed czołem transgre- dującego ładolodu Ruchy tektoniczne
				Zlodowacenie Narwi	Gliny zwałowe — $^{ig}_{gzw} Q_p^A$ Iły i mułki zastoiskowe — $^b_{im} Q_p^A$	Akumulacja lodowcowa — nasunięcie ładolodu na cały obszar i późniejsze wytopienie Akumulacja zastoiskowa przed czołem transgre- dującego ładolodu	
		Neogen	Pliocen		Iły pstre z wkładkami mułków, piasków pyłowa- tych i węgla brunatnych — $^{ipe} P1$	Akumulacja w jeziorzysku Słabe ruchy tektoniczne	
Miocen			Piaski, mułki piaszczyste i iły węgliste z węglem brunatnym i fosforowymi — $^p M$	Akumulacja w warunkach deltowych i bagiennych			
Paleogen	Oligocen		Zlepieńce, iły i ilowce — $^{zci} O1$	Akumulacja jeziorna i morska			

wacenia są najbardziej miększe. Wraz z akumulacją tych osadów następowało obniżanie się dna depresji, ale na niewielką skalę. Po wycofaniu się lądolodu ruchy odprężeniowe ponownie podnoszą obszary wokół depresji.

Zlodowacenie Sanu 2 pozostawiło po sobie osady zastoiskowe i wodnolodowcowe przykryte osadami lodowcowymi. Równocześnie z akumulacją tych osadów następowało stopniowe obniżanie się dna depresji i wypiętrzanie się bloków wokół depresji. W interglacjale mazowieckim w wyniku odprężeń izostatycznych po ustąpieniu lądolodu, nastąpiło silne wypiętrzanie się obszarów otaczających depresję wzdłuż uskoków odmłodzonych przez lądolody. W tym okresie miała też miejsce akumulacja rzeczna i jeziorna. Wyniesione obszary podlegały silnej erozji i denudacji, co zaznaczyło się prawie całkowitym zniszczeniem na nich osadów zlodowaceń południowopolskich.

Na przedpolu transgredującego lądolodu Odry akumulowane były utwory ilaste i mułkowe noszące cechy osadów proglacialnych. Powstały wówczas rozległe zastoiska na skutek zahamowania odpływu wód z jednej strony przez lądolód a z drugiej przez wypiętrzone partie podłoża. Wypiętrzone fragmenty podłoża ulegały też dalszym zaburzeniom glacitektonicznym w południowo-wschodniej i wschodniej strefie depresji Mochowa.

W interglacjale lubelskim nastąpiły bardzo silne ruchy tektoniczne, wypiętrzające obszary wokół depresji Mochowa. Utwory zlodowacenia Odry na tych obszarach zostały zniszczone w wyniku wzmożonej denudacji i erozji.

Zlodowacenie Warty rozpoczęło się osadzeniem przez wody lodowcowe osadów piaszczystych na przedpolu transgredującego lądolodu. Działanie wód subglacialnych na etapie transgresji lądolodu Warty powodowało powstanie bardzo głębokich rynien wypełnionych, w późniejszym etapie, miększymi osadami wodnolodowcowymi. Następnie wskutek akumulacji lodowcowej i wytapiania lodów osadzały się gliny dwóch stadiałów rozdzielone osadami zastoiskowymi i wodnolodowcowymi o dużej miąższości. W otwartych przetainach tworzyły się wydłużone formy szczelinowe, a w wyniku wytapiania lądolodu powierzchnia moreny dennej urozmaiconą została morenami martwego lodu, kemami, zagłębieniami jeziornymi i bezodpływowymi. Pod koniec zlodowacenia Warty strumienie wód roztopowych pozostawiają osady piaszczysto-żwirowe a w licznych obniżeniach osady jeziorne. Po ustąpieniu lądolodu Warty nastąpiły kolejne słabe ruchy wypiętrzające wzdłuż uskoków dochodzących do powierzchni osadów zlodowacenia Warty. O ciągłej aktywności tektonicznej na tym obszarze i blokowym wypiętrzaniu fragmentów podłoża świadczy obecność coraz starszych elementów podłoża podczwartorzędowego w osadach lodowcowych, zastoiskowych i wodnolodowcowych coraz młodszych zlodowaceń (oprócz zlodowacenia Narwi).

W czasie interglacjalu eemskiego cały obszar był objęty procesami erozji i denudacji. W południowej części obszaru arkusza tworzą się jeziora stopniowo zasypywane jeziornymi osadami piaszczysto-mułkowymi i ilastymi.

Z początkiem zlodowacenia Wisły zagłębienia bezodpływowe i jeziora wypełniane były torfami, gytiami i namułami z licznymi pyłkami roślin tego okresu.

W czasie fazy leszczyńsko-poznańskiej stadiału górnego zlodowacenia Wisły wody roztopowe wtargnęły na obszar wysoczyzny na wschodzie i północy omawianego terenu deponując tam materiał piaszczysto-żwirowy.

W wyniku silnego odpływu wód roztopowych w czasie recesji lądolodu fazy pomorskiej na północnym wschodzie terenu utworzyła się rozległa równina sandrowa.

W klimacie peryglacjalnym, sprzyjającym wietrzeniu mrozowemu, procesom denudacji i procesom zboczowym powierzchnia wysoczyzny uległa zrównaniu. Na obszarach płaskich tworzyły się eluwia a małe zagłębienia w wysoczyźnie wypełniane były deluwiami. W zagłębieniach powierzchni miejscami powstały jeziorzyska, w których następowała akumulacja namulów, torfów i gytii węglanowej już pod koniec plejstocenu. Akumulacja węglanowa w tych zbiornikach przetrwała do holocenu, przechodząc do akumulacji mineralno-organicznej i organicznej. Odsłonięte powierzchnie równin sandrowych ulegały miejscami eolizacji, miejscami zatorfieniu. Powierzchnia wysoczyzny ulega w holocenie przekształcaniu w wyniku procesów denudacyjnych, wietrzeniowych, rozwoju gleb oraz działalności człowieka.

IV. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone w obszarze arkusza badania geologiczne pozwoliły na opracowanie szczegółowej mapy geologicznej, która może być podstawą do opracowań hydrogeologicznych, geologiczno-gospodarczych, surowcowych, oraz do sporządzania planów zagospodarowania przestrzennego. Wykonane dla mapy wiercenia kartograficzne pozwoliły na zbadanie profili wiertniczych pod kątem litologii i facji osadów (Masłowska, Michałowska, 2002) oraz ich korelacji stratygraficznej (Lisicki, 2003). Na podstawie badań osadów z rdzeni otworów kartograficznych określono przynależność osadów czwartorzędowych do zlodowaceń: Nidy, Narwi, Sanu 1, Sanu 2, Odry, Warty oraz Wisły. Stratygrafia została oparta korelacje regionalne i o wyniki badań litopetrograficznych.

W dwóch otworach kartograficznych (otwory: 8 w Krajewicach, 11 w Chorzewie) stwierdzono występowanie w podłożu czwartorzędu osadów miocenu a w trzech osadów pliocenu (otwory 6 w Szumaniu, 21 w Dobrosielicach i 33 w Bombalicach).

Wyniki przeprowadzonych badań geoelektrycznych (Okrasa, 2001) i sejsmicznych (Kaszubowski, 2003) sugerują występowanie stref uskokowych i przyczyniają się do uszczegółowienia rzeźby podłoża. Wyniki badań geoelektrycznych określiły także zasięgi występowania osadów o zróżnicowanej oporności elektrycznej i pomogły w wyznaczeniu skupisk osadów piaszczysto-żwirowych w warstwach glin zwałowych.

W rejonach: Szumanie–Mańkowo, Bombalice–Łęg i Dobrosielice–Brzechowo stwierdzono silne zuskokowanie strefy oddzielającej depresję Mochowa od wyniesionych fragmentów podłoża czwartorzędu.

Analiza profili otworów wiertniczych archiwalnych i wykonanych na potrzeby arkusza, badań geoelektrycznych i sejsmicznych pozwoliła na przesunięcie zasięgu depresji Mochowa znacznie na wschód niż było to dotychczas przyjęte.

Szczegółowa analiza materiału dokumentacyjnego pozwoliła na ocenę warunków surowcowych obszaru. Perspektywiczne dla poszukiwań piasków budowlanych i żwirów są głównie obszary kemów, form szczelinowych i równin sandrowych.

Obszar bogaty jest również w torfy niskie i gytie, których znaczne ilości nagromadzone są w dolinie Sierpienicy i w okolicy Cieszewka. Zlokalizowano także rudy darniowe żelaza w rejonie Świerczyńka, Psar, Chudzyna i Cieszewka.

Dalszych badań i uszczegółowienia wymagają następujące problemy wyłonione w ramach opracowania arkusza Drobin:

- kształt i zasięg w poziomie depresji Mochowa
- geneza depresji Mochowa
- charakter i zasięg pionowy uskoków otaczających depresję Mochowa
- geneza i zasięg ewentualnych uskoków występujących na obszarze depresji
- geneza, zasięg i wiek zaburzeń glacitektonicznych osadów zlodowaceń południowopolskich w obrębie depresji Mochowa
- geneza i zasięg głębokiej rynny w rejonie Bombalic
- geneza i wiek zaburzeń glacitektonicznych w wyniesionych fragmentach podłoża
- wyjaśnienie problemu zróżnicowania współczynników petrograficznych obliczonych dla glin zwałowych w otworach kartograficznych i ich niezgodności ze współczynnikami przyjętymi dla tego regionu
- wiek osadów fluwioglacjalnych występujących na zachodzie badanego terenu, przykrytych gliną zwałową lub reziduum a określonych na arkuszu Mochowo jako osady ze zlodowacenia Wisły.

Zakład Kartografii Geologicznej
Struktur Płytkich
Państwowego Instytutu Geologicznego
Państwowego Instytutu Badawczego
w Warszawie

Warszawa 2012 r.

LITERATURA

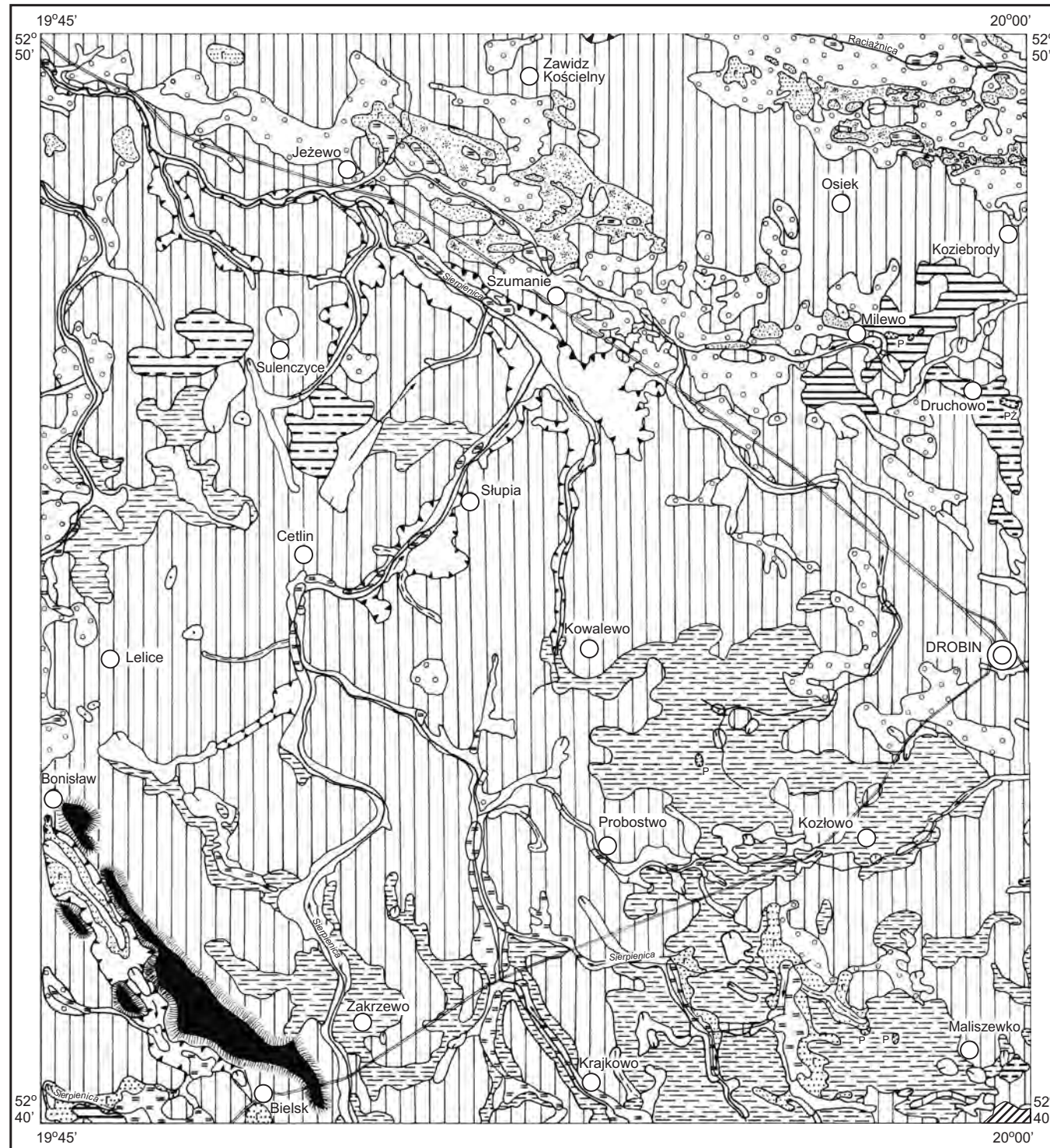
- Areń B., 1964 — Atlas Geologiczny Polski 1:300 000, zagadnienia stratygraficzno-facjalne, z. 11. Trzeciorzęd. Inst. Geol., Warszawa.
- Baraniecka M. D., 1974 — Plejstocen nad dolną Wkrą. *Biul. Inst. Geol.*, 268.
- Baraniecka M. D., 1992a — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Raciąż. Centr. Arch. Geol., PIG-PIB, Warszawa.
- Baraniecka M. D., 1992b — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Raciąż. Centr. Arch. Geol., PIG-PIB, Warszawa.
- Baraniecka M. D., 1995 — O pozycji stratygraficznej iłów pstrych w podłożu czwartorzędu na Mazowszu. *Prz. Geol.*, **43**, 7.
- Baraniecka M. D., Janczyk-Kopikowa Z., 1991 — Deposits and pollen analysis of the Eemian Intergacial Section at Sokolniki Stare (Płock Upland) – *Kwart. Geol.*, **35**, 1.
- Czernicka-Chodkowska D., 1969 — Oz trzebuński koło Płocka. *Pr. Muzeum Ziemi*, **16**.
- Dembowski J., 1948 — Mapa Geologiczna Polski w skali 1:100 000, ark. Raciąż. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Drągowski A., Stochlak J., 1963 — Mapa Kopalni Budowlanych 1:100 000, ark. Drobin. Inst. Geol., Warszawa.
- Galon R., Kotarbiński J., Wójcik C., 1979 — Objasnienia do Mapy Geologicznej Polski 1:200 000 ark. Brodnica. Inst. Geol., Warszawa.
- Grabowska J., Słodkowska B., 1993 — Katalog profili osadów trzeciorzędowych opracowanych palinologicznie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Graniczny M., Doktor S., Kucharski R., 1995 — Mapa liniowych elementów strukturalnych Polski w skali 1:200 000 na podstawie kompleksowej analizy komputerowej zdjęć geofizycznych i teledetekcyjnych, ark. Brodnica. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Granoszewski W., 2002 — Ekspertyza palinologiczna pięciu prób z sond z arkusza Drobin. SMGP 1:50 000. Państw. Inst. Geol., Kraków.
- Kacprzak L., Lisicki S., 2004 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Bulkowo. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB.
- Kaszubowski L., 2003 — Badania sejsmiczne wysokiej rozdzielczości na odcinku Szumanie–Majki Duże przekroju geologicznego wykonanego na potrzeby SMGP 1:50 000, arkusz Drobin. PTPN, Szczecin.
- Kondracki J., 2000 — Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kotarbiński J., 1966 — Budowa i wiek moren czołowych w okolicy Gozdowa na Wysoczyźnie Płockiej. *Prz. Geogr.*, **38**, 1.
- Kotarbiński J., 1978 — Mapa Geologiczna Polski 1:200 000 ark. Brodnica, wyd. B. Inst. Geol., Warszawa.
- Kotarbiński J., 1999a — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Sierpc. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Kotarbiński J., 1999b — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Sierpc. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Kotarbiński J., 2000a — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Biezuń. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Kotarbiński J., 2000b — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Biezuń. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Kotarbiński J., Krupiński K. M., 1995 — Osady interglacjału eemskiego w Studzieniu i Babcu Piasecznym koło Sierpca. *Prz. Geol.*, **43**, 7.
- Kotarbiński J., Urbaniak-Biernacka U., 1975 — Kierunki odpływu wód z Kotliny Płockiej podczas ostatniego zlodowacenia. *Czas. Geogr.*, **46**, 1.

- Lamparski Z., 1979a — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Mochowo. Inst. Geol., Warszawa.
- Lamparski Z., 1979b — Objąsnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Mochowo. Inst. Geol., Warszawa.
- Lamparski Z., 1981 — Pleistocene of the Mochowo Depression the Dobrzyń Lakeland. *Acta Geol. Pol.*, **31**, 1–2.
- Lamparski Z., 1983 — Plejstocen i jego podłoże w północnej części środkowego Powiśla. *Stud. Geol. Pol.*, **76**.
- Lencewicz S., 1927 — Dyluwium i morfologia środkowego Powiśla. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **2**, 2.
- Lisicki S., 2003 — Litotypy i litostratygrafia glin lodowcowych plejstocenu dorzecza Wisły. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, CLXXVII.
- Łyczewska J., 1948 — Przeglądowa Mapa Geologiczna Polski 1:300 000, wyd. A, ark. Płock. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Łyczewska J., Pożaryski W., 1948 — Przeglądowa Mapa Geologiczna Polski 1:300 000, wyd. B, ark. Płock. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Macioszczyk A., Stępień M., 2002 — Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Drobin. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Mańkowska A., Zalewska B., 1964 — Przeglądowa Mapa Surowców Skalnych Polski 1:300 000, ark. Płock. Inst. Geol., Warszawa.
- Marek S. (red.), 1983 — Budowa geologiczna niecki warszawskiej (płockiej) i jej podłoża. *Pr. Inst. Geol.*, 103.
- Marek S., Pajchłowa M. (red.), 1997 — Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 153.
- Masłowska M., Michałowska M., 2002 — Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych dla Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Drobin. Państw. Inst. Geol., Gdańsk.
- Mojski J.E., Rühle E., 1965 — Atlas Geologiczny Polski 1:300 000, zagadnienia stratygraficzno-facjalne, z. 12 Czwartorzęd. Inst. Geol., Warszawa.
- Okrasa T., 2001 — Dokumentacja badań elektrooporowych dla arkusza Drobin Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000. Bipromel, Warszawa.
- Pawlak J., 1963a — Przeglądowa Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:300 000, wyd. A, ark. Płock. Inst. Geol., Warszawa.
- Pawlak J., 1963b — Przeglądowa Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:300 000, wyd. B, ark. Płock. Inst. Geol., Warszawa.
- Piwocki M., Ziemińska-Tworzydło M., 1995 — Litostratygrafia i poziomy sporowo-pyłkowe neogenu na Niżu Polskim. *Prz. Geol.*, **43**, 11.
- Pożaryski W., Marek S., 1970 — Atlas geostukturalny i naftowy 1:200 000. Ropo- i gazoność synklinorium warszawskiego na tle budowy geologicznej. Inst. Geol., Warszawa.
- Różański P., 2003 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Starożreby (materiały autorskie). Państw. Inst. Geol., Wrocław.
- Skompski S., 1969 — Stratygrafia osadów czwartorzędowych wschodniej części Kotliny Płockiej. *Biul. Inst. Geol.*, **220**.
- Skompski S., Słowański W., 1961 — Z zagadnień geologii Płocka i jego okolic. *Kwart. Geol.*, **5**, 4.
- Słodkowska B., 1991 — Wyniki badań palinologicznych osadów trzeciorzędowych z profilu Drobin. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Sukowska K., 1986 — Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Brodnica. Inst. Geol., Warszawa.
- Urbanik U., 1967 — Wydmy Kotliny Płockiej. *Pr. Geogr.*, 61.
- Watycha L., 1955 — Przeglądowa Mapa Geologiczno-Inżynierska Polski 1:300 000, ark. Płock. Inst. Geol., Warszawa.
- Zientara P., 1988 — Mapa grawimetryczno-sejsmicznych elementów strukturalnych kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na obszarze wału pomorsko-kujawskiego i obszarów przyległych w skali 1:200 000, ark. Brodnica. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000
Ark. Drobin (406)

SZKIC GEOMORFOLOGICZNY

Skala 1:100 000



Formy lodowcowe

- Wysoczyzna morenowa płaska (wysokości względne do 2 m)
- Moreny czołowe

Formy utworzone w strefie martwego lodu

- Moreny martwego lodu

Formy wodnolodowcowe

- Równiny sandrowe i wodnolodowcowe w ogólności
- Formy akumulacji szczelinowej
- Kemy
- Doliny wód roztopowych
- Zagłębienia powstałe po martwym lodzie

Formy eoliczne

- Wydmy
- Równiny piasków przewianych

Formy rzeczne

- Dna dolin rzecznych
- Dolinki w ogólności, nierozdzielone

Formy denudacyjne

- Równiny denudacyjne
- Długie stoki
- Drobnie zagłębienia o różnej genezie

Formy jeziorne

- Równiny jeziorne

Formy utworzone przez roślinność

- Równiny torfowe

Formy antropogeniczne

- Piaskownie-żwirownie (PŻ), piaskownie (P)

Opracował: A. FRANKIEWICZ

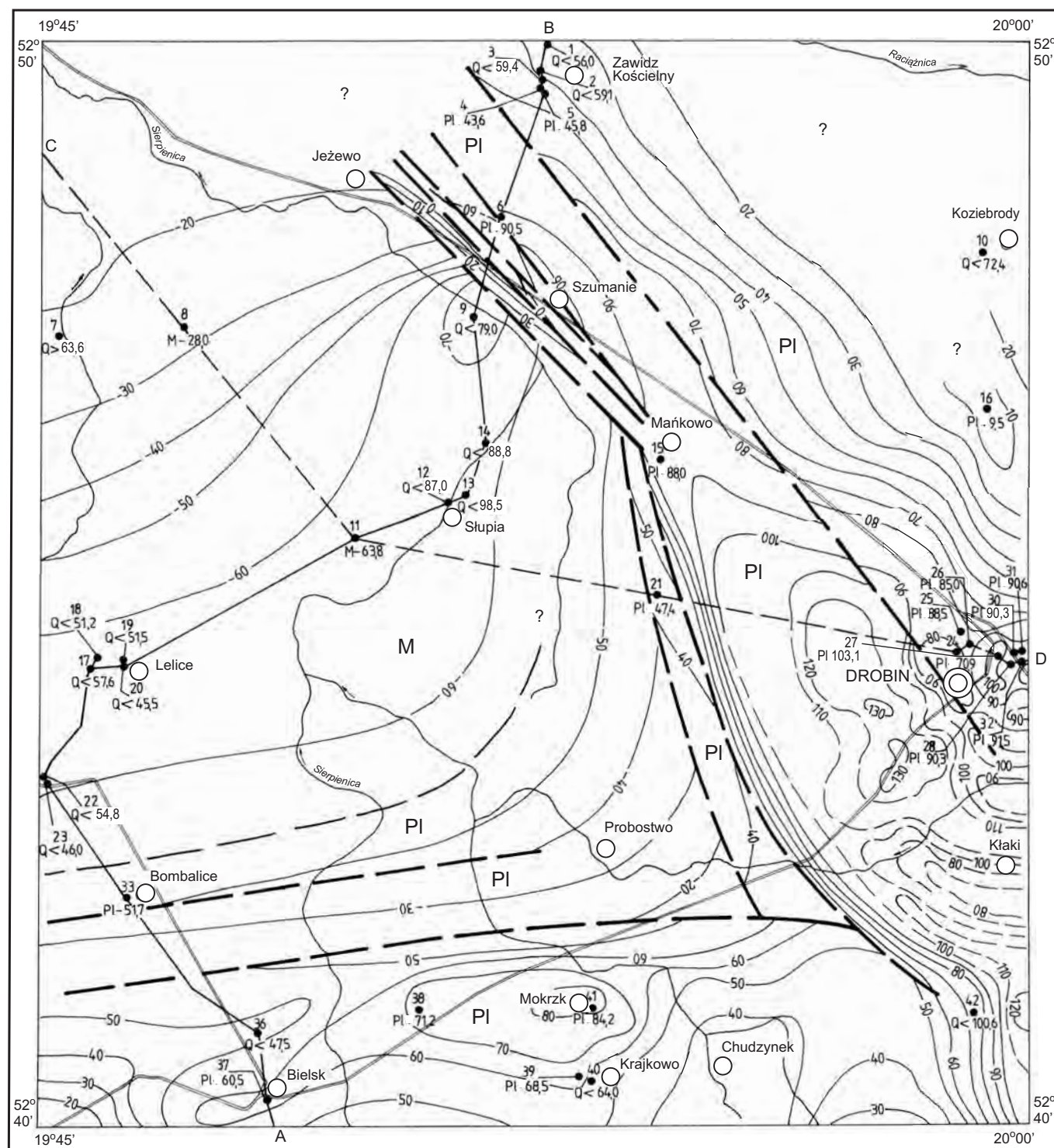
Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000
Ark. Drobin (406)

SZKIC GEOLOGICZNY ODKRYTY

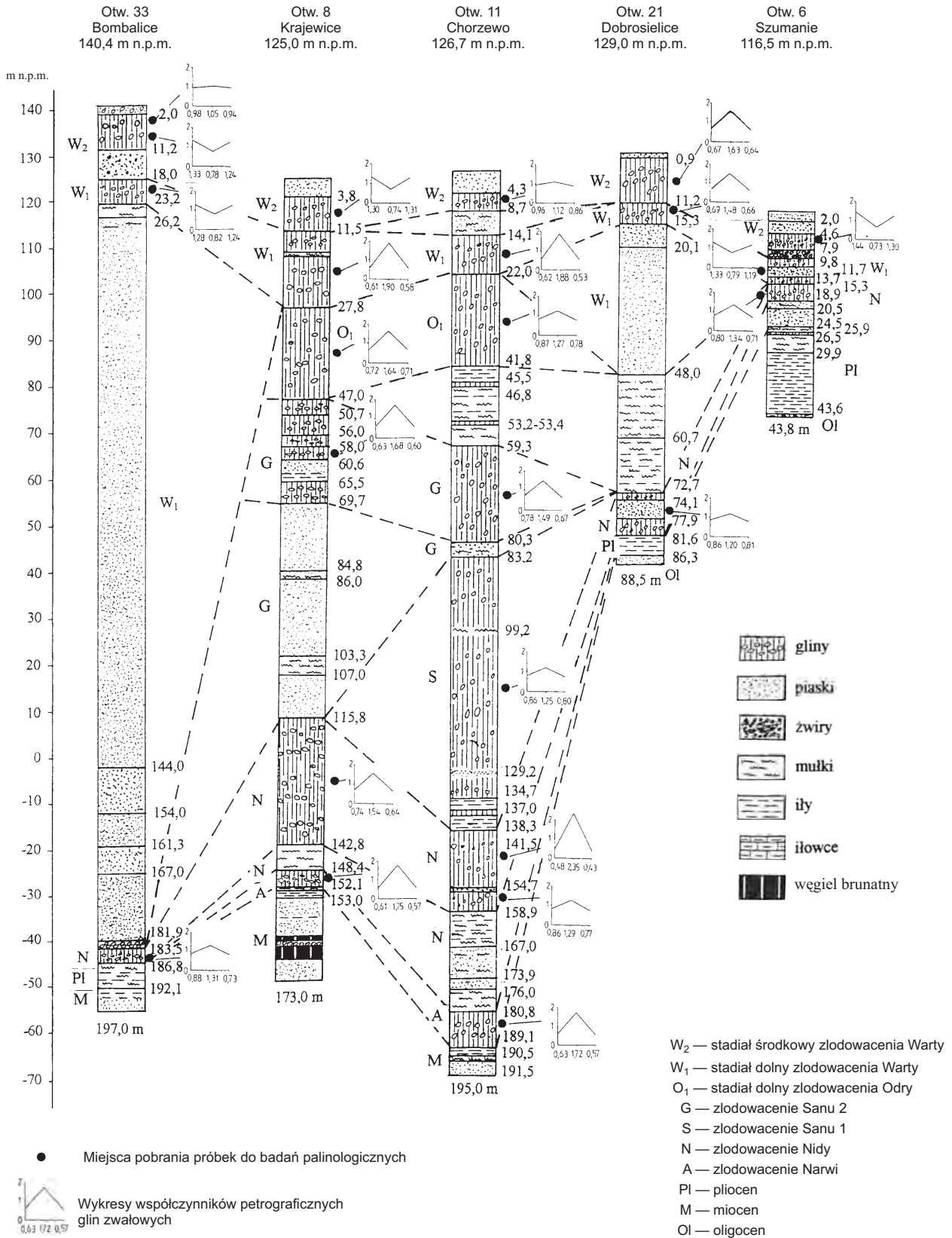
Skala 1:100 000

- | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NEOGEN | { | PLIOCEN | PI | Iły pstre z wkładkami mułków, piasków pyłowatych i węgla brunatnych |
| | | MIOCEN | M | Piaski średnio-, drobnoziarniste, pyłowate; mułki piaszczyste i iły węgliste i szare z węglem brunatnym i fosforytami |
| <p>— — — Granice geologiczne</p> <p>— 30 — Izohipsy stropu utworów podczwartorzędowych w m n.p.m.</p> <p>— — — Uskoki przypuszczalne</p> <p>30
●
PI 90,3</p> <p>Wybrane otwory wiertnicze z numeracją według mapy geologicznej (symbol oznacza wiek: Q — czwartorzęd, PI — pliocen, M — miocen; liczba — wysokość stropu utworów starszych od czwartorzędu, w m n.p.m.)</p> <p>A — B Linia przekroju geologicznego na mapie geologicznej</p> <p>C — D Linia przekroju geologicznego załączonego w tekście</p> | | | | |

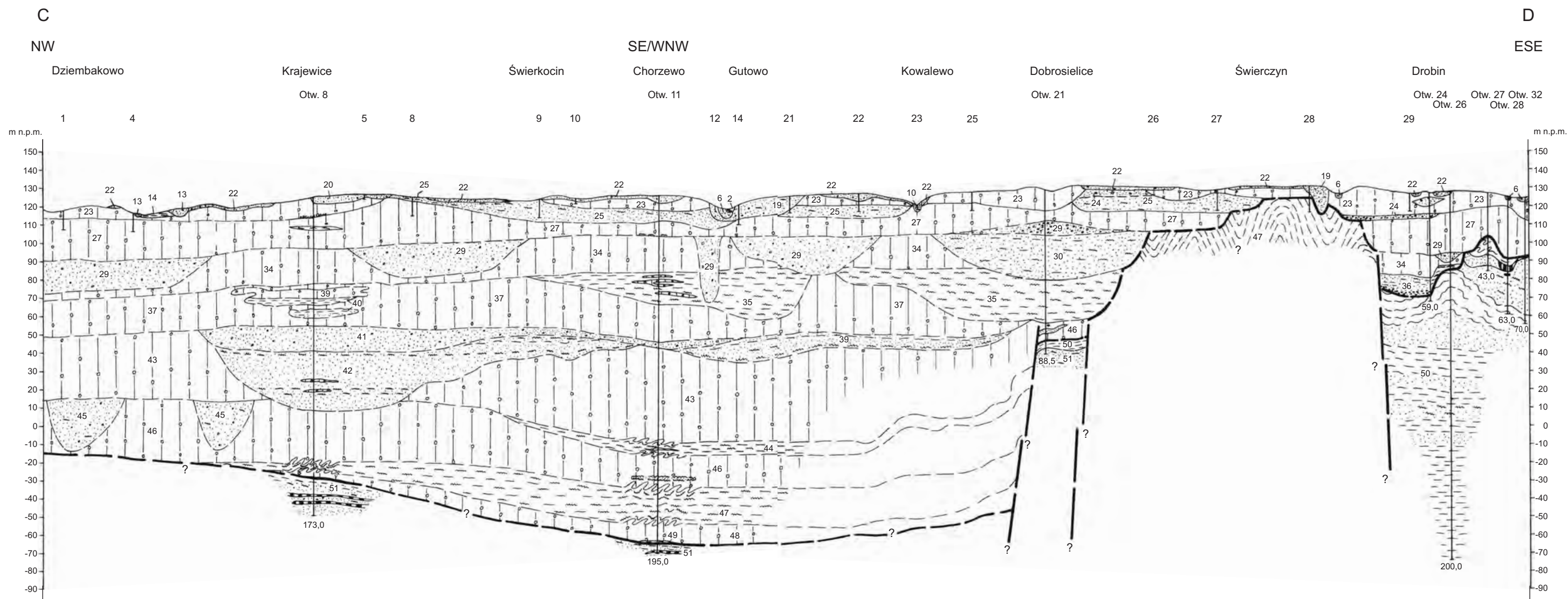
Opracował: A. FRANKIEWICZ



ZESTAWIENIE OTWORÓW BADAWCZYCH DLA SMGP (KARTOGRAFICZNYCH)



PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY C-D



- | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| 2 — tn_{Qh} | 23 — $g_{Qp^3}^{W2}$ | 36 — $li_{Qp^{2-3}}$ | 45 — $p_{Qp^2}^{fK}$ |
| 6 — $p_{Qp^4}^f$ | 24 — $p_{Qp^3}^{fg_{W2}}$ | 37 — $g_{Qp^2}^G$ | 46 — $g_{Qp^2}^N$ |
| 10 — $p_{Qp^4}^d$ | 25 — $p_{Qp^3}^{ppym_{W2}}$ | 39 — $Q_{p^2}^A$ | 47 — $im_{Qp^2}^b$ |
| 13 — $fg_{Qp^4}^{B3}$ | 27 — $g_{Qp^3}^{W1}$ | 40 — $p_{Qp^2}^I$ | 48 — $g_{Qp^1}^A$ |
| 14 — $im_{Qp^4}^{B3}$ | 28 — $p_{Qp^3}^{fg_{W1}}$ | 41 — $fg_{Qp^2}^G$ | 49 — $im_{Qp^1}^b$ |
| 19 — $p_{Qp^3}^{fg_{W2}}$ | 30 — $imp_{Qp^3}^b$ | 42 — $imp_{Qp^2}^b$ | 50 — ipe_{PI} |
| 20 — $p_{Qp^3}^{gm_{W2}}$ | 34 — $g_{Qp^3}^{O1}$ | 43 — $g_{Qp^2}^S$ | 51 — p_M |
| 22 — $p_{Qp^3}^g$ | 35 — $im_{Qp^3}^b$ | 44 — $im_{Qp^2}^b$ | |

- | | | | |
|--|---------------------------------|--|----------------------------|
| | Piaski | | Mułki ilaste; mułki i ropy |
| | Piaski i żwiry | | Mułki, ropy i piaski |
| | Piaski żwirowate | | ropy |
| | Piaski pyłowate; piaski i mułki | | Gliny zwalowe |
| | Mułki | | Węgiel brunatny |
| | Mułki piaszczyste | | Torfy |

Opracował: A. FRANKIEWICZ

U w a g a : pozostałe objaśnienia jak na mapie geologicznej