

**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

OPRACOWANIE ZAMÓWIONE PRZEZ MINISTRA ŚRODOWISKA

**OBJAŚNIENIA
DO MAPY GEOŚRODOWISKOWEJ POLSKI
1:50 000**

Arkusz RAJGRÓD (184)



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

Warszawa 2012

Autorzy planszy A: Damian Kałus*, Halina Kapera*
Autorzy planszy B: Jerzy Król**, Małgorzata Marczak**
Izabela Bojakowska***, Paweł Kwecko***, Hanna Tomassi-Morawiec***

Główny koordynator MGŚP – Małgorzata Sikorska-Maykowska***
Redaktor regionalny (plansza A) – Bogusław Bąk***
Redaktor regionalny (plansza B) – Olimpia Kozłowska***
Redaktor tekstu – Iwona Walentek***

* – Krakowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne „ProGeo” Sp. z o.o., ul. Szlak 10/5, 31-161 Kraków
** – Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu PROXIMA SA, ul. Kwidzyńska 71, 51-415 Wrocław
*** – Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

ISBN

Spis treści

I.	Wstęp – <i>D. Kałus</i>	3
II.	Charakterystyka geograficzna i gospodarcza – <i>D. Kałus</i>	4
III.	Budowa geologiczna – <i>D. Kałus</i>	6
IV.	Złoża kopalin – <i>H. Kapera</i>	10
	1. Kopaliny ilaste	10
	2. Kreda jeziorna i gytia	13
	3. Kopaliny okruczowe.....	14
V.	Górnictwo i przetwórstwo kopalin – <i>H. Kapera</i>	15
VI.	Perspektywy i prognozy występowania kopalin – <i>H. Kapera</i>	15
	1. Kopaliny okruczowe.....	16
	2. Kopaliny ilaste	17
	3. Kreda jeziorna.....	17
	4. Torfy	18
VII.	Warunki wodne – <i>D. Kałus</i>	19
	1. Wody powierzchniowe	19
	2. Wody podziemne	20
VIII.	Geochemia środowiska.....	23
	1. Gleby – <i>P. Kwecko</i>	23
	2. Osady wodne – <i>I. Bojakowska</i>	25
	3. Pierwiastki promieniotwórcze – <i>H. Tomassi–Morawiec</i>	28
IX.	Składowanie odpadów – <i>J. Król, M. Marczak</i>	31
X.	Warunki podłoża budowlanego – <i>D. Kałus</i>	37
XI.	Ochrona przyrody i krajobrazu – <i>D. Kałus</i>	38
XII.	Zabytki kultury – <i>D. Kałus</i>	42
XIII.	Podsumowanie – <i>D. Kałus, J. Król, M. Marczak</i>	43
XIV.	Literatura	45

I. Wstęp

Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 arkusz Rajgród została opracowana w Krakowskim Przedsiębiorstwie Geologicznym „ProGeo” Sp. z o.o. w Krakowie (plansza A) i Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu PROXIMA SA oraz Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie (plansza B). Przy jej opracowywaniu wykorzystano materiały archiwalne i informacje zamieszczone na arkuszu Rajgród Mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000, wykonanym w 2006 roku w Krakowskim Przedsiębiorstwie Geologicznym „ProGeo” Sp. z o.o. w Krakowie (Kapera, Kruk, 2006).

Mapę wykonano zgodnie z „Instrukcją...” (2005), wydaną przez Państwowy Instytut Geologiczny. Opracowanie sporządzono na podkładzie topograficznym w skali 1:50 000 w układzie 1942.

Mapa geośrodowiskowa Polski jest kartograficznym odwzorowaniem występowania kopalin oraz gospodarki złożami na tle wybranych elementów: hydrogeologii, geologii inżynierskiej oraz ochrony przyrody, krajobrazu i zabytków kultury. Składa się ona z dwóch plansz – plansza A zawiera zaktualizowaną treść Mapy geologiczno-gospodarczej Polski, a plansza B nową warstwę informacyjną „Zagrożenia powierzchni Ziemi”, opisującą tematykę geochemii środowiska i warunki do składowania odpadów.

Dane i oceny geośrodowiskowe zaprezentowane na planszy B zawierają elementy wiedzy o środowisku przyrodniczym, niezbędne przy optymalnym typowaniu funkcji terenów w planowaniu przestrzennym poszczególnych jednostek administracji państwowej. Wskazane na mapie naturalne warunki izolacyjności podłoża są wskazówką nie tylko dla bezpiecznego składowania odpadów, lecz także powinny być uwzględniane przy lokalizowaniu innych obiektów, zaliczanych do kategorii szczególnie uciążliwych dla środowiska i zdrowia ludzi, lub mogących pogarszać stan środowiska. Informacje dotyczące zanieczyszczenia gleb i osadów dennych wód powierzchniowych są użyteczne do wskazywania optymalnych kierunków zagospodarowania terenów zdegradowanych.

Mapa geośrodowiskowa przeznaczona jest głównie do praktycznego wspomagania regionalnych i lokalnych działań gospodarczych. Służyć ma instytucjom, samorządom terytorialnym i administracji państwowej w podejmowaniu decyzji dotyczących gospodarki zasobami środowiska przyrodniczego oraz planowania przestrzennego. Informacje zawarte na mapie mogą być przydatne w kształtowaniu proekologicznych postaw lokalnych społeczności oraz edukacji na wszystkich szczeblach nauczania.

W opracowaniu wykorzystano materiały archiwalne pochodzące z: Centralnego Archiwum Geologicznego Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, Regionalnego Banku Danych Hydrogeologicznych „Hydro” w Warszawie, Urzędów Marszałkowskich w Olsztynie i Białymstoku, Warmińsko-Mazurskiego Urzędu Wojewódzkiego w Olsztynie, Podlaskiego Urzędu Wojewódzkiego w Białymstoku, Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska, starostw powiatowych w Ełku, Grajewie i Augustowie oraz urzędów gminnych. Dane archiwalne zostały zweryfikowane w trakcie prac terenowych.

Mapa przygotowana jest w formie cyfrowej jako baza danych Mapy geosrodowiskowej Polski (MGŚP). Dane dotyczące złóż kopalin zostały zamieszczone w kartach informacyjnych dla komputerowej bazy danych o złożach.

II. Charakterystyka geograficzna i gospodarcza

Obszar objęty arkuszem Rajgród określają współrzędne od 22°30' do 22°45' długości geograficznej wschodniej i od 53°40' do 53°50' szerokości geograficznej północnej.

Pod względem administracyjnym północno-zachodnia część omawianego terenu należy do województwa warmińsko-mazurskiego, powiatu ełckiego (gminy: Kalinowo, Prostki i Ełk), południowo-wschodnia – do województwa podlaskiego, powiatów: grajewskiego (miasto Rajgród, gminy: Rajgród i Grajewo) i augustowskiego (gmina Bargłów Kościelny).

Według podziału fizycznogeograficznego (Kondracki, 2002) obszar arkusza znajduje się w przeważającej części w obrębie Pojezierza Ełckiego (część Pojezierza Mazurskiego), a niewielki południowy fragment arkusza zajmuje Kotlina Biebrzańska stanowiąca fragment Niziny Północnopolaskiej, będącej częścią Wysoczyzn Podlasko-Białoruskich (fig. 1).

Morfologicznie obszar arkusza jest zróżnicowany. Centralną jego część zajmują jeziora, z których największe jest Jezioro Rajgrodzkie o bardzo urozmaiconej linii brzegowej. Rzeźba tego regionu jest pagórkowata. Najwyższe wzniesienie znajduje się w północno-wschodniej części obszaru arkusza w rejonie miejscowości Borzymy i Stożne – 157,6 m n.p.m., zaś najniżej położone są obszary na południowym-wschodzie, w pobliżu miejscowości Kosówka – około 115 m n.p.m.

Sieć rzeczna jest dobrze rozwinięta. Obszar arkusza leży w dorzeczu Wisły i należy do zlewni dwóch prawobrzeżnych dopływów Biebrzy: Ełku i Legi, która po wypłynięciu z Jeziora Dręstwo przyjmuje nazwę Jegrzni.

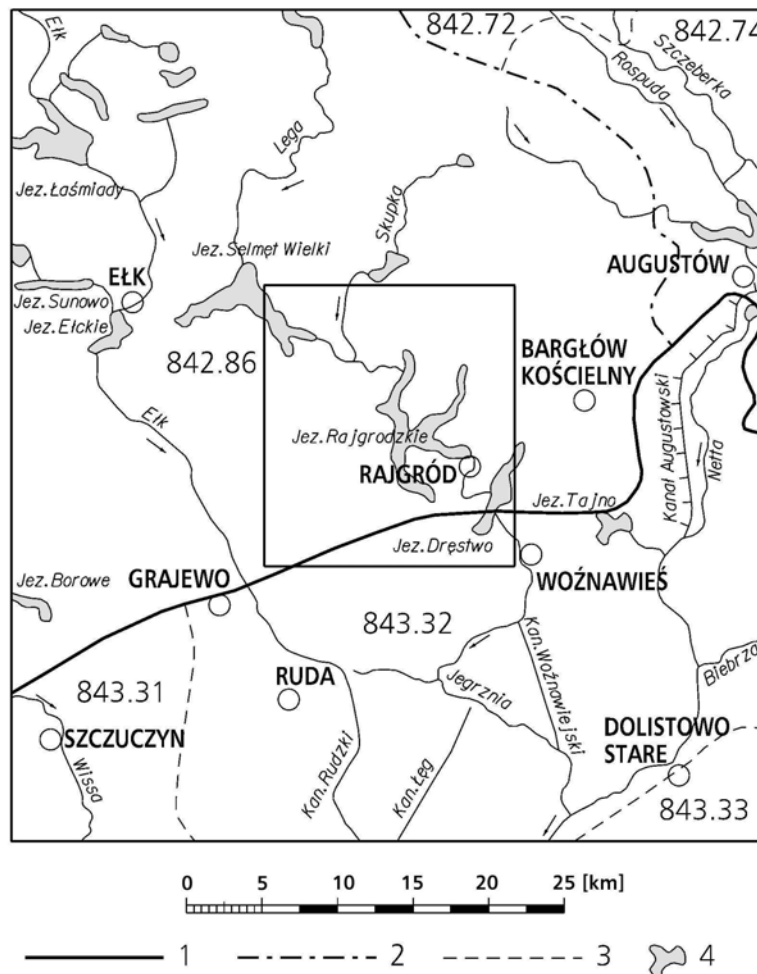


Fig. 1. Położenie arkusza Rajgród na tle jednostek fizycznogeograficznych (Kondracki, 2002)

1 – granica podprovincji, 2 – granica makroregionu, 3 – granica mezoregionu, 4 – jeziora

Podprovincja: Pojezierza Wschodniobałtyckie

Mezoregiony Pojezierza Litewskiego: 842.72 – Pojezierze Zachodniosuwalskie, 842.74 – Równina Augustowska

Mezoregiony Pojezierza Mazurskiego: 842.86 – Pojezierze Ełckie

Podprovincja: Wysoczyzny Podlasko-Białoruskie

Mezoregiony Niziny Północnopodlaskiej: 843.31 – Wysoczyzna Kolneńska, 843.32 – Kotlina Biebrzańska, 843.33 – Wysoczyzna Białostocka

Obszar arkusza położony jest w regionie klimatycznym mazursko-podlaskim i należy do jednego z najzimniejszych regionów Polski. Klimat tego rejonu zbliżony jest do kontynentalnego z elementami klimatu subborealnego. Jego cechą jest długa zima, krótkie przedwiośnie i bardzo krótki okres wegetacyjny. Zima trwa około 110, lato około 80 dni. Średnia roczna temperatura wynosi 5,3°C. Najcieplejszym miesiącem jest lipiec (średnia temperatura około 17°C), a najzimniejszym styczeń (średnia temperatura -4°C). Średnia roczna suma opadów waha się od 470–550 mm w położonej na południu Kotlinie Biebrzańskiej do około 600 mm na obszarze wysoczyzny pojeziernej. Znaczną część opadów spada stanowi śnieg, który zalega

bardzo długo (ponad 80, a w niektórych latach ponad 140 dni). Dni mgielnych jest od 30 do 70, nad torfowiskami i jeziorami jest ich dwukrotnie więcej niż nad wysoczyznami (Stachý, 1987; Starkel (red.), 1991).

Głównym źródłem utrzymania ludności jest rolnictwo. Lasy skoncentrowane są w pobliżu jezior. Obszar arkusza jest bardzo atrakcyjny pod względem turystycznym, rekreacyjnym i wypoczynkowym. Liczne ośrodki wypoczynkowe skoncentrowane są w rejonie miejscowości: Rajgród, Okoniówka i Tamy, nad jeziorami Rajgrodzkim i Dręstwo. Tereny te stanowią fragment Ełckiego Rejonu Turystyczno-Wypoczynkowego, zaliczanego do najbardziej atrakcyjnych w Polsce. Sieć osadnictwa jest równomiernie rozwinięta. Przeważają niewielkie wsie o skoncentrowanej zabudowie.

Najważniejszą trasą komunikacyjną o znaczeniu ponadregionalnym jest droga krajowa nr 61 z Augustowa do Warszawy.

III. Budowa geologiczna

Budowę geologiczną obszaru arkusza Rajgród przedstawiono na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 (Krzywicki, 2002; 2003).

Omawiany teren położony jest w zasięgu wyniesienia mazursko-suwalskiego prekambryjskiej platformy wschodnio-europejskiej. Utwory krystaliczne występują na głębokości około 700 m. Są to gnejsy, sjenity i dioryty. Utwory paleozoiczne to dewońskie skały wulkaniczne (tufy i różnego rodzaju brekcje). Pokrywą osadową tworzą utwory mezozoiczne i kenozoiczne. Najstarszymi osadami są mułowce dolnego triasu i jury środkowej. Na nich zalegają utwory węglanowe jury górnej, a powyżej piaskowce i wapienie kredy środkowej i górnej. Bezpośrednie podłoże czwartorzędu stanowią osady paleoceńskie, zachowujące ciągłość sedymentacyjną z utworami górnej kredy, a reprezentowane głównie przez gezy, margle i opoki, wapienie, mułowce, mułki i iłowce.

Osady czwartorzędowe pokrywają cały dokumentowany obszar (fig. 2). Ich miąższość wynosi od 143 do 185 m. Charakteryzują się one zmiennością litologiczną, co jest typowe dla obszaru pojezierzy. Utwory czwartorzędowe powstały głównie w plejstocenie, w wyniku akumulacji wodnolodowcowej i lodowcowej.

Najstarszymi osadami czwartorzędowymi są piaski najstarszych zlodowaceń (zlodowacenie narwi) zalegające na paleoceńskich marglach. Ich miąższość jest zróżnicowana – od 2 m na północnym wschodzie (rejon Borzym) do 40 m na zachodzie omawianego terenu. Powyżej piasków występują znacznej miąższości pakiety glin zwałowych i osadów zastoiskowych (iły i mułki), które powstały w okresie zlodowaceń południowopolskich (zlodowacenia

nidy, sanu i wilgi). Miąższość tych utworów wynosi 40–80 m, a strop występuje na wysokości 30–50 m n.p.m.

Zlodowacenia środkowopolskie na obszarze arkusza reprezentują mułki i piaski zastoiskowe zlodowacenia odry. Miąższość tego kompleksu waha się od 10 do 24 m. Utwory te wypełniają zagłębienia w glinach zlodowacenia wilgi w północnej części obszaru arkusza. Gliny zlodowacenia wilgi osadziły się na całym omawianym terenie, tworząc kompleks o miąższości od 5,0 do 17,5 m. Na glinach zwałowych leżą piaski i żwiry wodnolodowcowe stadiału górnego (mławy) tworzące ciągły poziom o miąższości 3,0–19,5 m. Zlodowacenie warty reprezentują powstałe w czasie stadiału dolnego: piaski, mułki i ily zastoiskowe (dolne i górne), gliny zwałowe oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe.

Młodsze osady zlodowaceń środkowopolskich charakteryzują się bardzo zmiennym rozprzestrzenieniem. Piaski fluwioglacjalne o miąższości od 6 do 20 m osadziły się w północno-wschodniej części, na pozostałym terenie są to gliny zwałowe i utwory zastoiskowe. Ponad nimi występują utwory stadiału środkowego zlodowacenia wisły (stadiał świecia), wykształcone w postaci kompleksu piasków fluwioglacjalnych.

Piaski występują powszechnie na omawianym terenie z wyjątkiem jego części południowo-zachodniej. W części centralnej obszaru arkusza miąższość serii piaskowej wynosi 10–20 m, w części północno-zachodniej i wschodniej – ponad 20 m, a lokalnie powyżej 40 m. Powierzchnię wysoczyzny budują gliny zwałowe o miąższości od kilku do kilkunastu metrów, powstałe w okresie stadiału górnego zlodowacenia wisły. Gliny zwałowe i ich rezydwa tworzą prawie ciągłą warstwę na całym obszarze arkusza. Jedynie w obniżeniach dolinnych występują piaski sandrowe. W okolicach miejscowości: Borzymy, Romoty, Ryczywół, Popowo, Kucze, Cisów (północny kraniec jeziora Dręstwo) oraz Kosił na powierzchni glin zwałowych występują piaski i żwiry lodowcowe o średniej miąższości około 2 m.

W południowej części obszaru arkusza, na skraju zatorfionych łąk i płaskiej powierzchni sandrowej w okolicach wsi Kosówka i Wólka Mała oraz na łąkach na północ od uroczyska Kuwasy pod Danowem, Beldą i Kosiłami, na powierzchni terenu wśród piasków występują żwiry i głazy moren czołowych.

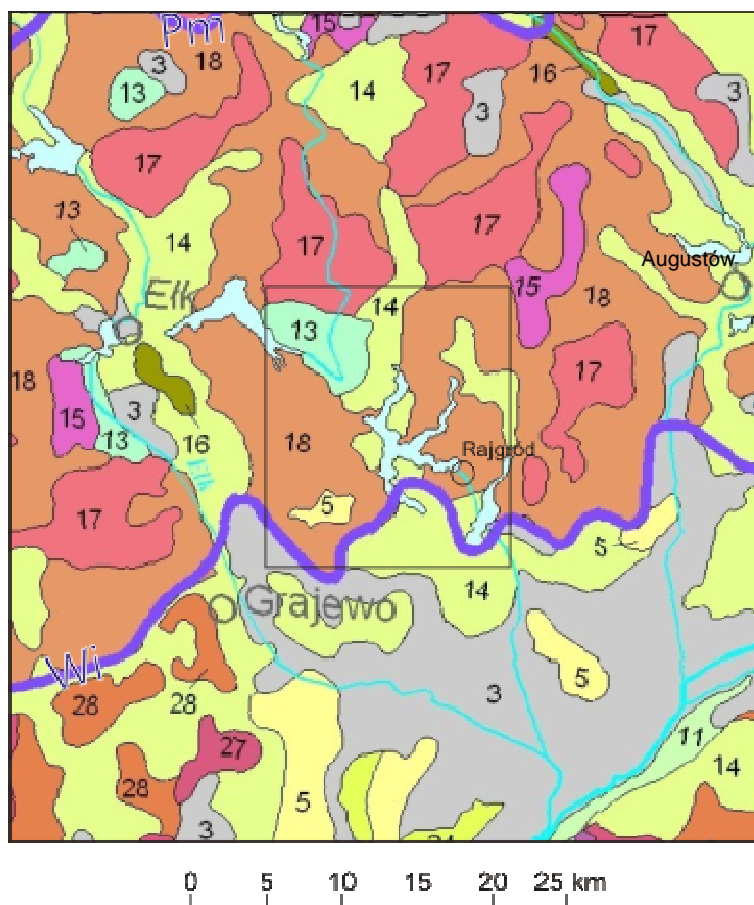


Fig. 2. Położenie arkusza Rajgród na tle Mapy geologicznej Polski w skali 1:500 000 (Marks, Ber, Gogołek, Piotrowska (red.), 2006)

Czwartorzęd

Holocen:

3 Piaski, żwiry, mady rzeczne oraz torfy i namuły

Czwartorzęd nierozdzielny:

5 Piaski eoliczne, lokalnie w wydmach

Plejstocen (złodowacenie północnopolskie):

11 Piaski, żwiry i mulki rzeczne

14 Piaski i żwiry sandrowe

15 Piaski i mulki kemów

16 Piaski, mulki i żwiry ozów

Plejstocen (złodowacenia środkowopolskie):

27 Żwiry, piaski, glazy i gliny moren czołowych

28 Gliny zwałowe, ich zwietrzliny oraz piaski i żwiry lodowcowe

—Pm— Zasięg fazy pomorskiej złodowacenia wisty

—Wi— Zasięg złodowacenia wisty
Last Glacial Maximum

jeziora

Uwaga: przy opisie wydziałów stratygraficznych zachowano oryginalną numerację z Mapy geologicznej Polski w skali 1:500 000.

W obniżeniach występują piaski wodnolodowcowe (sandrowe), powstałe w okresie regresji zlodowacenia wistły. Osady te tworzą wyraźne szlaki sandrowe, przecinające z północy na południe cały obszar arkusza. Ciągą się one wzdłuż rynien lodowcowych jezior: Krzywego, Stackiego, Rajgrodzkiego, Przepiórki i Dręstwa, łącząc się ze sobą w części południowej, gdzie tworzą rozległy sandr przylegający do Kotliny Biebrzańskiej.

W okresie kolejnego etapu regresji lądolodu na przedpolu moren położonych między Łaskami Wielkimi a Pisanicą powstał wielki zbiornik zastoiskowy, w którym osadzały się mułki, piaski i ropy zastoiskowe. Utwory te eksploatowane były w odkrywcę położonej na wschód od Makosiejów. Miąższość utworów zastoiskowych wynosi na obrzeżach dawnego zbiornika 1,2–4,0 m, w północnej części (okolice Pisanicy) do 15 m, w centralnej i zachodniej części 3,0–13,7 m, a w części południowo-zachodniej ponad 17,5 m.

Nierozdzielone osady czwartorzędu reprezentowane są przez piaski eoliczne. Tworzą one dwa prawie równoleżnikowe ciągi wydym na południe od jeziora Dręstwo i na wschód od Bełdy. Miąższość osadów wydymowych sięga 3–6 m.

Gliny i piaski deluwialne mają niewielką miąższość i jest ich niewiele na obszarze arkusza. Leżą głównie na piaskach ze żwirami i piaskach wodnolodowcowych oraz glinach zwałowych w okolicach miejscowości: Stożne, Łazarze, Turczyn, Danowo, Miecze i Kosówka.

Utwory holocenijskie reprezentowane są przez: piaski i mułki jeziorne, torfy oraz namuły torfiaste i piaszkowe den dolinnych i zagłębień bezodpływowych. Lokalnie pod torfami występują gytie. Ich obecność stwierdzono w dolinie rzeki Legi w pobliżu miejscowości Stacze, a także w obniżeniach na północ od tej miejscowości, między jeziorami Stackim i Krzywem koło Sypitek, na północ od Mieczy i w rejonie Źrobków. Kreda jeziorna została udokumentowana tylko na skraju rynny jeziora Rajgrodzkiego, pod wsią Tama.

Największe rozprzestrzenienie mają torfy. Występują one w dawnych rynnach lodowcowych, w nieckach byłych jezior, wytopiskach po bryłach martwego lodu, dolinach rzecznych. Największe torfowiska są: w rynnach jeziora Selmęt Wielki, w dolinie rzeki Legi, między jeziorami Nieciecz i Stackie, w dolinie rzeczki Przepiórki, na wschodnim brzegu jeziora Przepiórka, nad jeziorem Ślepym na zachód od Rajrodu, na zachód od jeziora Dręstwo, w dolinie cieków pomiędzy miejscowościami Skrodzkie i Kosify, na bagnie Kuwasy i w obniżeniu pomiędzy Kosówką i Toczyłowem. Maksymalne miąższości stwierdzono w przedłużeniu rynny jeziora Rajgrodzkiego w miejscowości Tama (4 m). W wielu małych torfowiskach, leżących w zagłębieniach wytopiskowych rozrzuconych na powierzchni wysoczyzny, miąższość torfów wynosi powyżej 3 m.

IV. Złóża kopalin

W granicach arkusza Rajgród znaczenie surowcowe mają kopaliny występujące w utworach czwartorzędu. Aktualnie na tym obszarze jest udokumentowanych 6 złóż. Są to: 2 złoża iłów zastoiskowych, 2 złoża kredy jeziornej i gytii wraz z współwystępującymi torfami i 2 złoża piasków i żwirów (Szuflicki i in. (red.), 2011). Charakterystykę gospodarczą i klasyfikację sozologiczną tych złóż przedstawiono w tabeli 1.

Wyeksploatowane złoża „Pisanica” i „Czyńcze” (Bartyński, 1961a; b) zostały skreślone z bilansu zasobów.

1. Kopaliny ilaste

Złoża kopalin ilastych „Pisanica A” i „Makosieje” występują w północno-zachodniej części arkusza. W wyniku akumulacyjnej działalności wód zlodowceń północnopolskich powstała rozległa równina osadów zastoiskowych reprezentowanych przez: ily, mułki ilaste i piaski.

Złoże „Makosieje” (Salachna, 1976) udokumentowano w formie karty rejestracyjnej na powierzchni 20,22 ha. W serii złożowej występują 2 rodzaje kopaliny: w części stropowej ily o większej plastyczności, z reguły odwapnione, przechodzące w spągu w ily pylaste lub pyły ilaste, słaboplastyczne, wapniste. Miąższość złoża wynosi 0,9–2,5 m. Nadkład stanowi tylko warstwa gleby o grubości od 0,1 do 1,2 m (średnio 0,3 m), a w spągu występują gliny lub piaski zaglinione.

Złoże udokumentowano jako bazę rezerwową dla cegielni Pisanica. Jakość kopaliny określono tylko na podstawie badań laboratoryjnych. Założono, że wykonanie próby przemysłowej nastąpi bezpośrednio przed rozpoczęciem eksploatacji w warunkach odpowiadających przewidywanej technologii produkcji. Przydatność do produkcji cegły pełnej klasy 100 określono na podstawie eksploatowanego wówczas złoża „Pisanica” (Bartyński, 1961b).

Złoże „Pisanica A” (Salachna, 1984) udokumentowane zostało na potrzeby istniejącej od początku XIX w. cegielni w miejscowości Pisanica. Obszar złoża o powierzchni 5,20 ha stanowi pokład plejstocenijskich utworów zastoiskowych. Serię złożową stanowią ily średnioplastyczne, wapniste i odwapnione i pyły ilaste słaboplastyczne, o miąższości 1,0–1,6 m. Złoże jest suche. Nadkład stanowi tylko gleba, podłoże tworzą pyły, piaski pylaste i piaski zaglinione.

Parametry jakościowe kopaliny obu złóż i parametry technologiczne wyrobu zestawiono w tabeli 2.

Tabela 1

Złoże kopalin i ich charakterystyka gospodarcza oraz klasyfikacja

Numer złoże na mapie	Nazwa złoże	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno-surowcowego	Zasoby geologiczne bilansowe (tys. t, tys. m ^{3*})	Kategoria rozpoznania	Stan zagospodarowania złoże	Wydobycie (tys. t, tys. m ^{3*})	Zastosowanie kopaliny	Klasyfikacja złoże		Przyczyny konfliktowości złoże
									Klasy 1-4	Klasy A-C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Makosieje	i(ic)	Q	301*	C ₁ *	N	–	Scb	4	A	–
2	Pisanica A	i(ic)	Q	17*	C ₁ *	Z	–	Scb	4	A	–
3	Romoty	kj t	Q	1121,9 342,1*	C ₂	N	–	Sr	4	A	–
4	Rajgród	kj t	Q	294,2 281,4*	C ₁	Z	–	Sr	4	A	–
5	Kosówka–Toczyłowo*	pż	Q	19 262	C ₂	N	–	Sd	4	A	–
6	Ryczywół	p,pż	Q	1 807	C ₁	N	–	Sb,Sd	4	A	–
	Pisanica	i(ic)	Q	–	–	ZWB	–	–	–	–	–
	Czyńcze	i(ic)	Q	–	–	ZWB	–	–	–	–	–

Rubryka 2 – * – złoże kontynuuje się na arkuszach sąsiednich Ruda i Ełk

Rubryka 3 – **pż** – piaski i żwiry, **i(ic)** – iły ceramiki budowlanej, **t** – torfy, **kj** – kreda jeziorna i gytia

Rubryka 4 – **Q** – czwartorzęd

Rubryka 6 – kategoria rozpoznania zasobów udokumentowanych: kopaliny stałych – C₁, C₂, złoże zarejestrowane (kategoria przypisana umownie) – C₁*

Rubryka 7 – złoże: **N** – niezagospodarowane, **Z** – zaniechane, **ZWB** – wykreślone z bilansu zasobów (zlokalizowane na mapie dokumentacyjnej zamieszczonej w materiałach archiwalnych)

Rubryka 9 – kopaliny skalne: **Sb** – budowlane, **Sd** – drogowe, **Scb** – ceramiki budowlanej, **Sr** – rolnicze

Rubryka 10 – złoże: **4** – powszechne; licznie występujące, łatwo dostępne

Rubryka 11 – złoże: **A** – małokonfliktowe

Tabela 2

Zestawienie najważniejszych parametrów górnico-geologicznych i jakościowych złóż kopalin ilastych ceramiki budowlanej

Nr złoża na mapie	Nazwa złoża	parametry górnico-geologiczne				parametry jakościowe kopaliny			parametry wyrobu							
		po- wierzch nia złoża	grubość nadkładu	miąższość serii złożowej	warunki hydroge- ologiczne	woda zarobowa względna	skurczliwość wysychania	zawartość margla w ziarnach > 0,5 mm	temperatura wypalania	wytrzymałość na ściskanie	nasiąkli- wość	mrozood- porność				
													od-do		od-do	
													śr.		śr.	
[ha]	[m]	[%]	[°C]	[MPa]	[%]	[cykle]										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
1	Makosieje	20,22	<u>0,1-1,2</u> 0,3	<u>0,9-2,5</u> 1,5	złoże częściowo zawod- nione	<u>21,0-30,9</u> 24,7	<u>5,0-7,0</u> 6,0	<u>0,01-0,64</u> 0,13	brak danych	<u>15,1-19,0</u> 16,9	<u>10,3-17,3</u> 13,5	pełna				
2	Pisanica A	5,2	<u>0,3-0,5</u> 0,3	<u>1,0-1,6</u> 1,2	złoże suche	<u>18,0-26,4</u> 23,3	<u>5,0-7,0</u> 5,8	<u>0,02-0,57</u> 0,19	930-950	<u>10,3-18,0</u> 14,1	<u>13,0-19,0</u> 15,7	pełna				

2. Kreda jeziorna i gytia

W granicach arkusza Rajgród prowadzone były liczne prace poszukiwawcze za złożami surowców węglanowych. Ich efektem jest udokumentowanie dwóch złóż kredy jeziornej i gytii.

Złoże „Romoty” (Kasprzyk, Laskowski, 1997) jest rozpoznane wstępnie. Udokumentowano w nim kredę jeziorną, gytie i torf. Serię złożową tworzą szlam wapienny i detrytus organiczny złożone w obniżeniu o charakterze rynny, powyżej występują torfy. Osad węglanowy o zawartości CaO powyżej 45% zakwalifikowano jako kredę jeziorną, a osad o zawartości CaO od 22 do 45% – jako gytie. Powierzchnia złoża wynosi 17,33 ha. Miąższość serii węglanowej waha się od 1 do 8 m (średnio 3,82 m). Pokład torfu zalegający w stropie, o grubości 1,4–2,6 m, udokumentowano jako kopalinę towarzyszącą.

Kopalina główna – węglanowa charakteryzuje się zawartością CaO (w suchej masie) 41,73–47,18% (średnio 43,59%), wysoką wilgotnością naturalną (średnio 72,94%) i korzystnym pH o wartości średniej 7,32. Kopalina stosowana jest w rolnictwie do wapnowania i poprawy struktury gleb.

Torf – kopalinę towarzyszącą, charakteryzują następujące parametry: popielność 6,7–14,65%, średnio 10,26%, stopień rozkładu H-7, zawartość siarki całkowitej 0,21–0,29%, średnio 0,26%. Zbyt wysoki stopień rozkładu ogranicza stosowanie torfu dla celów ogrodniczych, może być on stosowany do produkcji mieszanek nawozowo-mineralnych. Analizując parametry jakościowe torfu można założyć jego przydatność dla celów leczniczych (borowina) pod warunkiem spełnienia kryteriów bakteriologicznych, które na etapie dokumentowania w kategorii C₂ nie były badane.

Złoże kredy jeziornej „Rajgród” (Bieniek, Zaprzelski, 1994) udokumentowano na powierzchni 13,20 ha. Osad węglanowy złożony został w nieckowatym zagłębieniu terenu. W osiowej części nad kredą zalega kilkudziesięciocentymetrowa warstwa gytii. Miąższość złoża jest zmienna, największa w części osiowej niecki (około 7,6 m), a mniejsza przy brzegach. Średnia miąższość serii węglanowej w złożu wynosi około 3,5 m. Złoże posiada korzystne parametry jakościowe i wysoką wartość jako surowiec nawozowy. W suchej masie zawiera średnio 47,6% CaO, 0,57% MgO i jedynie śladowe zawartości pierwiastków szkodliwych – kadmu i ołowiu.

W złożu „Rajgród” pokład torfu o miąższości 0,4–3,2 m, zalegający w nadkładzie i na obrzeżach złoża kredy jeziornej na powierzchni 16,60 ha, został udokumentowany jako kopalina towarzysząca. Torf jest niejednorodny. W centralnej części występuje torf niski rodzaju

turzycowego, o średnim stopniu rozkładu 34% i popielności 5,7–8,9%, odpowiadający kryteriom torfu ogrodniczego, a na obrzeżach występuje torf niski rodzaju szuwarowego i olesowego, o znacznym stopniu rozkładu (średnio 61%) i średniej popielności 15,1%, odpowiadający bardziej wymogom torfu rolniczego. Złoże kredy i torfu jest całkowicie zawodnione.

W związku z zaniechaniem eksploatacji wykonany został dodatek do dokumentacji (Kuczyński, 2002), aktualizujący pierwotne ilości zasobów kopaliny w złożu „Rajgród”.

3. Kopaliny okrucowe

Złoże piaskowo-żwirowe „Kosówka-Toczyłowo” (Zdrojewska, 1980) rozpoznano wstępnie (w kat. C₂) w 4 polach (A, B, C, D) o łącznej powierzchni 161,60 ha. W granicach arkusza Rajgród, w jego południowo-zachodniej części zlokalizowane jest w całości pole C i fragmenty pól B i D, co stanowi około 45% całkowitej powierzchni złoża. Pole A położone jest na sąsiednim arkuszu Ełk (193). Utwory budujące złoże to piaski i żwiry wodnolodowcowe (sandrowe), pochodzące z okresu recesji lądolodu fazy leszczyńskiej zlodowacenia północnopolskiego oraz częściowo osady rzeczne tarasu zalewowego rzeki Ełk.

Seria piaskowo-żwirowa o miąższości 2,4–12,3 m (średnio 6,1 m) zalega pod nadkładem 0,3–6,0 m, do którego zaliczono piaski pylaste i zaglinione. Złoże posiada korzystne parametry jakościowe: niską zawartość pyłów – średnio 0,7% i punkt piaskowy (zawartość frakcji < 2 mm) w granicach 18,0–67,4% (średnio 47,3%). Surowiec przydatny jest do produkcji mieszanek piaskowo-żwirowych oraz piasku niepełukanego do betonów. Złoże jest częściowo zawodnione.

Złoże „Ryczywół” (Sadowski, 2008) udokumentowano w obrębie tarasu sandrowego. Rozpoznane zostało w kat. C₁ na powierzchni 16,18 ha. Seria złożowa wykazuje duże zróżnicowanie litologiczne. Reprezentują ją piaski od drobno- do gruboziarnistych, w których występują pakiety piasków ze żwirem i drobnymi otoczakami albo przewarstwienia piasków pylastych. Zawartość ziarn do 2,0 mm waha się od 51,6 do 100%, średnio 73,5%, a zawartość pyłów – od 2,7 do 15,0%, średnio 7,3%. Miąższość serii surowcowej zmienia się od 2,0 do 15,4 m. Podłoże stanowią gliny zwałowe. Do nadkładu o grubości 0,3–6,0 m włączone zostały piaski zaglinione i piaski pylaste. Seria złożowa jest częściowo zawodniona. Kopalina może być wykorzystywana w budownictwie i drogownictwie. Wymaga jednak procesu uszlachetniania przez wyflukanie pyłów i rozkruszania nadziarna, a w kolejnych fazach klasyfikacji ziarnowej.

Klasyfikacji złóż dokonano zgodnie z Zasadami dokumentowania złóż kopalnin (Nieć (red.), 2002) i na podstawie analizy przyrodniczo-krajobrazowej. Z punktu widzenia ochrony

złóż wszystkie złoża zaliczono do klasy 4, tj. powszechnych; licznie występujących, łatwo dostępnych. Z punktu widzenia ochrony środowiska złoża zaliczono do klasy A, tj. złóż mało-konfliktowych, możliwych do zagospodarowania bez większych ograniczeń.

V. Górnictwo i przetwórstwo kopalin

Koncesjonowanej działalności wydobywczej w granicach arkusza Rajgród aktualnie nie prowadzi się. W dwu złożach eksploatacja została zaniechana, a złoża: „Makosieje”, „Romoty”, „Kosówka-Toczyłowo” i „Ryczywół” nie są dotychczas zagospodarowane.

Złoże „Pisanica A” eksploatowane było od 1984 roku na podstawie koncesji, której ważność skończyła się w lipcu 2004 roku. Z tą datą eksploatacja została zakończona. Istniejąca przy złożu cegielnia produkuje niewielką ilość cegły pełnej klasy 100–150 z surowca dowożonego ze złóż położonych poza obszarem arkusza. Płytkie wyrobisko zostało w większej części zrehabilitowane w kierunku rolnym, a część użytkowana jest jako zbiornik wodny.

Złoże kredy jeziornej i torfu „Rajgród” eksploatowane było w okresie od 1994 do 1998 roku. W związku z zaniechaniem eksploatacji koncesja została wygaszona, a obszar i teren górniczy – zniesione. W wyrobisku powstał zbiornik wodny. Wydobywana kopalina była wykorzystywana w rolnictwie do wapnowania gleb.

Na obszarze omawianego arkusza zachowały się nieliczne ślady dawnej eksploatacji kruszywa piaskowo-żwirowego i ilów. Obszar intensywnej eksploatacji ilów ze złóż „Czyńcze” i „Pisanica” został w całości zrehabilitowany i przywrócony gospodarce rolnej.

Niewielkie stare żwirownie i piaskownie uległy samorehabilitacji. Na mapie zaznaczono je jako punkty występowania kopaliny. Dawne wyrobisko wglębne w miejscowości Podjezioro wykorzystane będzie jako staw rybny. Oznaki niewielkiej dorywczej eksploatacji stwierdzono w dawnej żwirowni w miejscowości Kosówka. Dla tego punktu wykonano kartę informacyjną.

VI. Perspektywy i prognozy występowania kopalin

Na obszarze arkusza Rajgród perspektywy dotyczą tylko kopalin pospolitych: piasków i żwirów, kredy jeziornej i torfów. Mają one znaczenie lokalne. Wyznaczone zostały na podstawie prowadzonych na tym obszarze badań poszukiwawczych i zwiadowczych, informacji zawartych w inwentaryzacji gminy Rajgród (Lichwa, 1995), Szczegółowej mapy geologicznej Polski (Krzywicki, 2002; 2003) i wizji terenowej.

1. Kopaliny okruchowe

Północno-wschodnia i południowo-zachodnia część obszaru arkusza to wysoczyzna morenowa z niewielkimi odosobnionymi wzgórzami morenowymi i kemowymi. Niewielkie wystąpienia piasków i pospółek były tu w przeszłości eksploatowane w wielu miejscach. Mimo to prace poszukiwawcze na większą skalę, jak i badania za złożami kruszywa dla konkretnych użytkowników kończyły się przeważnie wynikiem negatywnym. Duże zróżnicowanie genetyczne i zaburzenia glacictektoniczne powodują dużą zmienność rozprzestrzenienia, miąższości i jakości. Kruszywo w obrębie moren jest najczęściej zaglinione.

W ramach badań za złożami okruchowymi na obszarze dawnego powiatu Ełk (Liwska, 1989) w granicach arkusza przebadano 7 obszarów. Dwa spośród nich uznano za perspektywiczne. W rejonie miejscowości Romoty w utworach wodnolodowcowych stwierdzono występowanie piasków z niewielką domieszką żwirów. Wyznaczony tu obszar perspektywiczny tworzą piaski występujące bezpośrednio pod glebą, częściowo zawodnione, które do głębokości 10 m nie zostały przewiercone. Na obszarze Kosówka na północ od złoża „Kosówka-Toczyłowo” stwierdzono nie przewierconą do głębokości 10 m serię piasków różnoziarnistych z przeławiczeniami pospółki o miąższości 1,2–1,6 m. Seria surowcowa występuje pod warstwą gleby i jest w znacznym stopniu zawodniona.

Obszar perspektywiczny w rejonie miejscowości Borzymy wyznaczono na podstawie badań (Skwarczyńska, 1970) przeprowadzonych w obrębie płata utworów lodowcowych. Występują tu głównie piaski z gniazdami żwirów o zróżnicowanej miąższości od 2 do 6 m. Badań jakościowych nie wykonano.

Prace poszukiwawcze za złożami piaskowo-żwirowymi (Lichwa, 1983) w obrębie rozległego płata utworów sandrowych prowadzono w południowej części arkusza. Na rozpoznanym obszarze Bełda–Pieńczykowo wyznaczono niewielki obszar perspektywiczny utworów piaskowo-żwirowych, o miąższości 2,7–9,3 m, zalegających pod zmiennym nadkładem 1,5–3,6 m.

W obrębie tych samych utworów, przy południowym brzegu jeziora Dręstwo, perspektywę oparto na wynikach archiwalnych sondowań i otworu kontrolnego, w którym stwierdzono serię piaskowo-żwirową o miąższości 13 m. W rozpoznanych obszarach, z uwagi na brak możliwości udokumentowania złóż o znaczących zasobach, nie wykonywano badań jakościowych kopaliny (Lichwa, 1995).

Rozległe obszary sandrowe występujące w części południowo-wschodniej oraz w pasie centralnym arkusza, ze względu na fakt, że występują tu duże zwarte kompleksy leśne, nie były objęte badaniami poszukiwawczymi.

Wiercenia poszukiwawcze za kopalinami okrucowymi (Liwska, 1989) przeprowadzono również w rejonie miejscowości: Strożne, Skrzypki, Pisanica, Sypitki i Lisowo. Utwory piaskowo-żwirowe napotkano tylko w postaci niewielkich gniazd lub cienkich soczew w obrębie glin zwałowych i piasków zaglinionych. Wyniki badań uznano za negatywne.

W pracach dokumentacyjnych za złożami okrucowymi dla konkretnych użytkowników, które objęły obszary: Jędrzejki, Kucze i Laski Małe (Sadowski, 1989) również stwierdzono brak poszukiwanej kopaliny lub nieodpowiednią jej jakość. Na mapie zaznaczono je jako obszary o negatywnych wynikach badań.

2. Kopaliny ilaste

Rozległa równina utworów zastoiskowych ilasto-mułkowych była przedmiotem badań dokumentacyjnych od lat 50. ubiegłego stulecia. W rejonie tym udokumentowano kilka złóż, z których w ostatnich latach skreślone z bilansu zostały złoża „Czyńcie” i „Pisanica”. Poza udokumentowanymi obszarami seria ilasta wyklinowuje się i pogarszają się jej warunki surowcowe z powodu zwiększającej się ilości przerostów mułków i piasków. Późniejsze prace poszukiwawcze w rejonie Makosieje (Traczyk, Has, 1966) oraz w rejonie miejscowości Krzywe, Skrodzkie i Turczyn (Samocka, Zembrzycka, 1984) dały wyniki negatywne: w obszarze Makosieje ze względu na małe miąższości i zamarglenie ilów, a w pozostałych – ze względu na brak poszukiwanej kopaliny.

Poszukiwanie ilów i piasków kwarcowych do produkcji cegły wapienno-piaskowej i betonów komórkowych prowadzono w rejonie Pomiany–Popowo i jezioro Dreństwo (Salachna, 1969; 1972). Nie napotkano piasków kwarcowych ani ilów. Przebadane obszary negatywne kontynuują się na arkusz Woźnawieś.

3. Kreda jeziorna

Badania poszukiwawcze, mające na celu udokumentowanie złóż kredy jeziornej w środkowej i wschodniej części województwa suwalskiego (Liwska, 1995), na arkuszu Rajgród objęły rozległe obniżenie torfowiskowe w rejonie jezior Nieciecza i Okrągłego. Na rozpoznanym obszarze stwierdzono występowanie utworów węglanowych o bilansowej miąższości. W kolejnym etapie badań w południowej części tego obszaru udokumentowano w kategorii C₂ złożę kredy jeziornej i torfu „Romoty”. W północnej części przebadanego obszaru wyzna-

czono obszar perspektywiczny. Występuje tu, pod nakładem torfu o grubości 1,5–2,6 m, osad kredy jeziornej o miąższości 1,1–5,2 m i zawartości CaO w granicach 44,2–47,1%.

W obszarze torfowisk Kotliny Biebrzy badaniami objęto obszary: Krokowizna, Podchoinki, Pikły i Podliszewo (Oparowska, Gradys, 1982). Występowanie gytii o bilansowej miąższości i zasadowości stwierdzono na obszarach Krokowizna i Pikły. Nie ma jednak możliwości wyznaczenia perspektyw, ponieważ na obszarze Krokowizna utworzono użytek ekologiczny, a na obszarze Pikły (w części południowo-wschodniej) znajduje się rezerwat przyrody „Czapliniec-Bełda”, a w części na północny wschód od szosy – oczyszczalnia ścieków. W pozostałych obszarach stwierdzono tylko punktowe występowanie gytii organicznej.

Również badania w Kotlinie Biebrzy (Staśkiewicz, 1978) w rejonie miejscowości Rajgród, Podjeziuro (obszar kontynuuje się na arkusz Woźnawieś) i na torfowisku Kuwasy są negatywne. W torfowiskach tych nie stwierdzono osadów węglanowych.

4. Torfy

Obszar arkusza Rajgród leży w regionie o wysokim wskaźniku zatorfienia (Bolewski (red.), 1980; Ilnicki, 2002). Dominują tu torfowiska małe, do 10 ha. Kilka większych, do około 100 ha znajduje się w północnej części arkusza koło miejscowości Brodowo, Romoty, Stożne i jeziora Krzywego oraz na południu koło Czarnej Wsi i Bałdy. Zazwyczaj są to torfy niskie lub mieszanotypowe, związane z zagłębieniami bezodpływowymi, misami i rynnami jeziornymi. W przewadze zlokalizowane są na terenach chronionych przyrodniczo lub proponowanych do ochrony. Kilkanaście torfowisk w zachodniej części omawianego obszaru jest użytkowanych rolniczo jako pastwiska.

Torfowiska, wyznaczone tu jako obszary o zasobach prognostycznych w oparciu o opracowanie IUNG w Puławach (Ostrzyżek, Dembek, 1996), to obiekty małe, o powierzchni 1,8–11,0 ha, niewielkiej miąższości, małych zasobach i przeciętnych parametrach jakościowych (tabela 3). Są to torfowiska niskie (II, IV, V, VI), mieszanotypowe (I, VII) oraz przejściowe (III). Występują w nich torfy: mszarno-olesowe (I, VII), mechowiskowo-olesowe (VI), turzycowiskowo-olesowe (IV, V), mszarne (III) i szuwarowe (II). W ich spągu występuje gytia organiczna. Torfy w obrębie wyznaczonych obszarów prognostycznych nr III, IV i V były już eksploatowane.

Wykaz obszarów prognostycznych

Numer obszaru na mapie	Powierzchnia (ha)	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno surowcowego	Parametry jakościowe	Średnia grubość nadkładu (m)	Grubość kompleksu surowcowego (m)	Zasoby w kategorii D ₁ (tys. m ³)	Zastosowanie kopaliny
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	1,8	t	Q	P – 10,0% R – 35%	0	max. 3,05 śr. 1,61	28	Sr
II	7,0	t	Q	P – 8,0% R – 44%	0	max. 2,20 śr. 1,95	137	Sr
III	11,0	t	Q	P – 5,6% R – 45%	0	max. 2,80 śr. 2,00	214	Sr
IV	6,0	t	Q	P – 10,0% R – 42%	0	max. 3,00 śr. 2,16	108	Sr
V	2,2	t	Q	P – 12,9% R – 49%	0	max. 3,05 śr. 1,61	39	Sr
VI	3,5	t	Q	P – 12,0% R – 45%	0	max. 2,20 śr. 1,86	132	Sr
VII	2,5	t	Q	P – 11,8% R – 28%	0	max. 2,75 śr. 1,72	43	Sr

Rubryka 3: **t** – torfy

Rubryka 4: **Q** – czwartorzęd

Rubryka 5: **P** – popielność, **R** – stopień rozkładu

Rubryka 9: **Sr** – rolnicze

VII. Warunki wodne

1. Wody powierzchniowe

Obszar arkusza Rajgród znajduje się w obrębie zlewni hydrograficznej trzeciego rzędu rzeki Biebrzy, stanowiącej prawobrzeżny dopływ Narwi. Głównymi ciekami powierzchniowymi są dwa prawobrzeżne dopływy Biebrzy: Lega (Jegrznia) i Ełk. Biebrza przepływa na południe od arkusza Rajgród.

Wschodnia część obszaru arkusza znajduje się w zlewni Legi (Jegrzni). Lega przepływa przez obszar arkusza z północnego zachodu na południowy wschód, zmieniając nazwę na Jegrznia po wypłynięciu z Jeziora Rajgrodzkiego. Rzeka ta łączy największe na obszarze arkusza jeziora: Selmęt Wielki, Rajgrodzkie i Dręstwo.

Do jezior dopływają niewielkie ciek: do jeziora Przepiórka – rzeka Przepiórka, do jeziora Dręstwo – struga Słuczka, a do rzeki Legi – struga Pietraska. Część wód jeziora Rajgrodzkiego odprowadzana jest na południe do rzeki Ełk Kanałem Kuwasy, który wybudowano w celu melioracji bagien Kotliny Biebrzańskiej.

Centralną część mapy zajmują liczne jeziora rynnowe. Największym jest bardzo rozgałęzione Jezioro Rajgrodzkie. Powierzchnia jeziora wynosi około 1500 ha, a jego głębokość sięga 52 m. Nieco mniejsze jezioro to Selmęt Wielki, którego wschodnia część znajduje się na obszarze arkusza, jego głębokość dochodzi do 10 m. Pozostałe jeziora to: Krzywe (89 ha), Białe (138 ha) i Dręstwo (504 ha). Na południe od Rajgrodu znajduje się duży obszar stawów hodowlanych, tylko częściowo zagospodarowanych.

Jakość wód powierzchniowych kontrolowana jest przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska w Białymstoku i Olsztynie. Na obszarze arkusza znajdują się dwa przekroje pomiarowo-kontrolne: na rzece Jegrzni przy jej ujściu do jeziora Dręstwo i na jeziorze Dręstwo. W obydwu punktach badania prowadzone są przez WIOŚ Białystok. W roku 2009 w wymienionych punktach dokonano oceny jednolitych części wód powierzchniowych, zgodnie z zapisami Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Informacja..., 2010). W obydwu punktach stan ekologiczny oceniono jako umiarkowany (III klasa). Ze względu na brak oceny stanu chemicznego nie oceniono stanu JCW rzeki Jegrzni. Stan chemiczny jeziora Dręstwo oceniono jako dobry; stan JCW – zły.

Najbliższy punkt pomiarowy kontrolowany przez WIOŚ w Olsztynie znajduje się na arkuszu Straduny (145). W 2009 roku kontrolowana była rzeka Lega przy ujściu do jeziora Selmęt Wielki (przekrój pomiarowo kontrolny Sędki). Jej stan ekologiczny oceniono jako umiarkowany (III klasa) (przekroczenia stężeń azotu Kjeldahla), a stan chemiczny – jako dobry; stan JCW – zły (Raport..., 2010).

2. Wody podziemne

Według podziału regionalnego Polski (Paczyński, Sadurski (red.), 2007) cały obszar arkusza położony jest w prowincji niżowej, regionie mazowiecko-mazursko-podlaskim, subregionie pojeziernym (II₂), na terenie jednolitej części wód podziemnych (JCWPd) 34.

Charakterystykę poziomów wodonośnych i jakości wód podziemnych przedstawiono na podstawie Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Oficjalska, 2004).

Na obszarze arkusza wody podziemne występują w obrębie utworów czwartorzędowych. Brak jest danych o wodonośności utworów starszych od czwartorzędu.

W obrębie piętra czwartorzędowego występują dwa użytkowe poziomy wodonośne:

- przypowierzchniowy lub lokalnie międzymorenowy poziom użytkowy w połączonych sandrowych utworach piaszczystych zlodowaceń środkowopolskich i zlodowacenia wisły,

- podglinowy poziom użytkowy związany z piaskami zlodowacenia narwi.

W rejonie Żrodek, we wschodniej części obszaru arkusza, brak jest użytkowego poziomu wodonośnego w utworach czwartorzędu.

Przypowierzchniowy, lokalnie międzymorenowy poziom wodonośny, będący głównym poziomem użytkowym, występuje na prawie całym obszarze. Na północy i w części centralnej zwierciadło wody tego poziomu ma charakter swobodny lub lekko napięty. Wody podziemne pozostają w bezpośredniej więzi z wodami powierzchniowymi. Na pozostałym obszarze, gdzie poziom przypowierzchniowy jest izolowany od powierzchni kilku- lub kilkunastometrową warstwą glin zwałowych lub ilów, zwierciadło wody ma charakter napięty. Warstwę wodonośną tworzą przeważnie piaski gruboziarniste ze żwirami o miąższości od 20 do 40 m. Lokalnie są to piaski drobnoziarniste kilkunastometrowej miąższości. Wydajność potencjalna oceniana jest na około 50–70 m³/h, lokalnie może być wyższa 70–120 m³/h. Uśredniona wartość współczynnika filtracji wynosi 11,4 m/d.

Poziom podglinowy występuje w zachodniej i centralnej części obszaru arkusza Rajgród. Ujęty jest on tylko jedną studnią w południowym obszarze mapy. Poziom ten występuje na głębokości od 120 do 140 m, a warstwę wodonośną tworzą piaski średnio- i drobnoziarniste, których miąższość wynosi od kilkunastu do 50 m. Wydajność potencjalna studni zawiera się w przedziale 30–50 m³/h. Zwierciadło wody ma charakter napięty. Napór stwarzają występujące w stropie warstwy wodonośnej gliny zwałowe lub ily. Współczynnik filtracji, obliczony na podstawie próbnego pompowania jedynej studni ujmującej wody tego poziomu, wynosi 1,0 m/d.

Wody czwartorzędowe to wody typu wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego, średniotwarde, miejscami miękkie i twarde. Średnia mineralizacja wód poziomu przypowierzchniowego nie przekracza 400 mg/dm³, zaś poziomu podglinowego dochodzi do 500 mg/dm³. Generalnie wody poziomu czwartorzędowego zawierają podwyższone zawartości żelaza i manganu w stosunku do norm sanitarnych dla wód pitnych. Ponadnormatywne zawartości związków azotu stwierdzono na północy – w rejonie miejscowości Borzymy (azotany) oraz w południowej części obszaru arkusza (amoniak). Na ogół są to wody dobrej jakości, wymagające prostego uzdatniania.

Stopień zagrożenia jakości wód czwartorzędowych na znacznej części mapy oceniono na wysoki i średni z uwagi na brak lub niewielką miąższość utworów słaboprzepuszczalnych w nadkładzie warstwy wodonośnej. W rejonie Rajgrodu, Tamy i Okoniówka stopień zagrożenia oceniono jako bardzo wysoki ze względu na brak izolacji, płytkie występowanie wód podziemnych oraz liczne ogniska zanieczyszczeń. W południowo-zachodniej części obszaru ar-

kusza oraz na północny wschód od Rajgrodu stopień zagrożenia wód został oceniony jako bardzo niski lub niski. Wynika to przede wszystkim z obecności utworów izolujących warstwę wodonośną od powierzchni, a także z braku znaczących ognisk zanieczyszczeń.

Do największych na obszarze arkusza należą ujęcia w: Rajgrodzie, Pisanicy, Ryczywole, Lisewie, Skrzypkach i Borzymach. Na mapie zaznaczono ujęcia wód podziemnych o wydajnościach eksploatacyjnych powyżej 25 m³/h.

Na figurze 3 przedstawiono położenie arkusza Rajgród na tle obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce (Kleczkowski (red.), 1990). Południowo-zachodnia część arkusza znajduje się w obrębie głównego zbiornika wód podziemnych w utworach czwartorzędowych: GZWP nr 217 – Pradolina rzeki Biebrza, który nie został dotychczas szczegółowo rozpoznany (nie została dla niego sporządzona dokumentacja hydrogeologiczna).

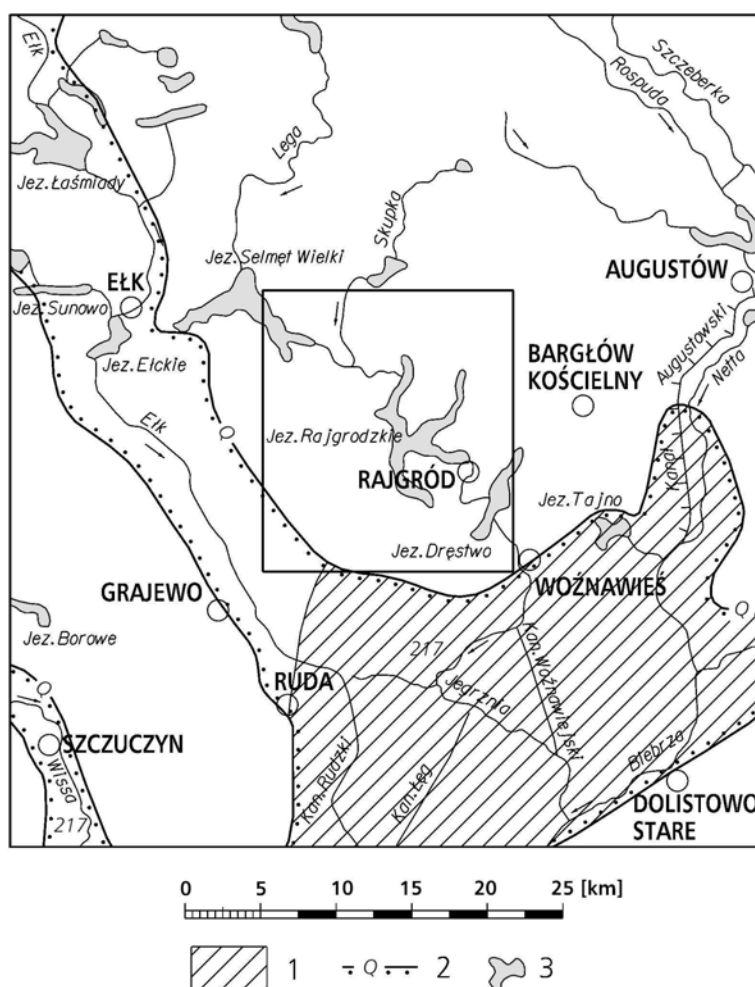


Fig. 3. Położenie arkusza Rajgród na tle obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony (Kleczkowski (red.), 1990)

1 – obszar wysokiej ochrony (OWO), 2 – granica GZWP w ośrodku porowym, 3 – jeziora

Nazwa i numer GZWP, wiek utworów wodonośnych: 217 – Pradolina rzeki Biebrza, czwartorzęd (Q)

VIII. Geochemia środowiska

1. Gleby

Kryteria klasyfikacji gleb

Dla oceny zanieczyszczenia gleb zastosowano wartości dopuszczalne stężeń metali określone w Załączniku do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU nr 165, poz. 1359). Dopuszczalne wartości pierwiastków dla poszczególnych grup użytkowania, ich zakresy oraz przeciętne zawartości w glebach z terenu arkusza 184 Rajgród, umieszczono w tabeli 4. W celu porównania tabelę uzupełniono danymi o przeciętnej zawartości (median) pierwiastków w glebach terenów niezabudowanych Polski (najmniej zanieczyszczonych w kraju).

Materiał i metody badań laboratoryjnych

Dla oceny zanieczyszczenia gleb wykorzystano wyniki ze zbioru analiz chemicznych wykonanych do „Atlasu geochemicznego Polski 1:2 500 000” (Lis, Pasieczna, 1995). Próbkę gleb pobierano za pomocą sondy ręcznej z wierzchniej warstwy (0,0–0,2 m) w regularnej siatce 5x5 km. Pobierana gleba o masie około 1000 g była suszona w temperaturze pokojowej, kwartowana i przesiewana przez sita nylonowe o wymiarach oczka 2 mm.

Przedmiotem zainteresowania była grupa metali, której źródłem są zanieczyszczenia antropogeniczne, a więc pierwiastki słabo związane i łatwo ługowalne z gleb. Gleby mineralizowano w kwasie solnym (HCl 1:4), w temperaturze 90°C, w ciągu 1 godziny. Oznaczenia As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn wykonano za pomocą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*) z zastosowaniem spektrometrów: PV 8060 firmy Philips i JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon. Analizy Hg przeprowadzono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej techniką zimnych par (CV-AAS *Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry*) z użyciem spektrometru Perkin-Elmer 4100 ZL z systemem przepływowym FIAS-100. Wszystkie oznaczenia wykonano w laboratorium Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie. Kontrolę jakości gwarantowały analizy wielokrotne tych samych próbek umieszczanych losowo w seriach analitycznych oraz stosowanie materiałów referencyjnych (wzorce Montana Soil, SRM 2710, SRM 2711, IAEA/Soil 7).

Prezentacja wyników

Zastosowana gęstość pobierania próbek (1 próbka na około 25 km²) nie jest dostateczna do wykreślenia izoliniowej mapy zawartości pierwiastków zgodnie z zasadami przyjętymi

w kartografii (dla skali 1:50 000 konieczne jest opróbowanie w siatce 0,5x0,5 km, czyli jedna próbka – jedna informacja na 1 cm² mapy dla całego arkusza). Wyniki badań geochemicznych zostały więc przedstawione na mapie w postaci punktów.

Lokalizację miejsc pobierania próbek (wraz z numeracją zgodną z bazą danych) przedstawiono na mapie w postaci kwadratów wypełnionych kolorem przyjętym dla gleb zaklasyfikowanych do grupy A zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.

Tabela 4

Zawartość metali w glebach (w mg/kg)

Metale	Wartości dopuszczalne stężeń w glebie lub ziemi (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.)			Zakresy zawartości w glebach na arkuszu 184 Rajgród	Wartość przeciętnych (median) w glebach na arkuszu 184 Rajgród	Wartość przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski ⁴⁾
	Grupa A ¹⁾	Grupa B ²⁾	Grupa C ³⁾	N=8	N=8	N=6522
		Głębokość (m p.p.t.) 0–0,3 0–2,0		Głębokość (m p.p.t.) 0–0,2		
As Arsen	20	20	60	<5	<5	<5
Ba Bar	200	200	1000	16–93	30	27
Cr Chrom	50	150	500	2–8	3	4
Zn Cynk	100	300	1000	12–58	26	29
Cd Kadm	1	4	15	<0,5	<0,5	<0,5
Co Kobalt	20	20	200	<1–3	2	2
Cu Miedź	30	150	600	2–9	4	4
Ni Nikiel	35	100	300	2–7	4	3
Pb Ołów	50	100	600	4–14	8	12
Hg Rtęć	0,5	2	30	<0,05–0,05	<0,05	<0,05
Ilość badanych próbek gleb z arkusza 184 Rajgród w poszczególnych grupach użytkowania				¹⁾ grupa A a) nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne, b) obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody; jeżeli utrzymanie aktualnego poziomu zanieczyszczenia gruntów nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi lub środowiska – dla obszarów tych stężenia zachowują standardy wynikające ze stanu faktycznego, ²⁾ grupa B – grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych, ³⁾ grupa C – tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne, ⁴⁾ Lis, Pasieczna, 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000 N – ilość próbek		
As Arsen	8					
Ba Bar	8					
Cr Chrom	8					
Zn Cynk	8					
Cd Kadm	8					
Co Kobalt	8					
Cu Miedź	8					
Ni Nikiel	8					
Pb Ołów	8					
Hg Rtęć	8					
Sumaryczna klasyfikacja badanych gleb z obszaru arkusza 184 Rajgród do poszczególnych grup użytkowania (ilość próbek)						
	8					

Zanieczyszczenie gleb metalami

Wyniki badań geochemicznych gleb odniesiono zarówno do wartości stężeń dopuszczalnych metali określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r., jak i do wartości przeciętnych określonych dla gleb obszarów niezabudowanych całego kraju (tabela 4).

Przeciętne zawartości metali ciężkich: arsenu, chromu, cynku, kadmu, kobaltu, miedzi, ołowiu i rtęci w badanych glebach na obszarze arkusza są na ogół niższe lub równe w stosunku do wartości przeciętnych (median) dla obszarów niezabudowanych Polski. Wyższą wartość mediany wykazuje jedynie zawartość baru i niklu.

Z uwagi na zbyt niską gęstość opróbowania dane prezentowane na mapie nie umożliwiają oceny zanieczyszczenia gleb z terenu całego arkusza. Pozwalają tylko na oszacowanie ich stanu w miejscach pobrania i w niezbyt odległym otoczeniu.

2. Osady wodne

W warunkach naturalnych osady gromadzące się na dnie rzek i jezior powstają w wyniku akumulacji materiału (m.in. ziaren kwarcu, skaleni, minerałów węglanowych, minerałów ilastych), pochodzącego z erozji i wietrzenia skał na obszarze zlewni oraz materiału powstałego w miejscu sedymentacji (szczątki obumarłych organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz wytrącające się z wody substancje). Na terenach uprzemysłowionych, zurbanizowanych oraz rolniczych do osadów trafiają również substancje, takie jak metale ciężkie i trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO), zawarte w ściekach przemysłowych, komunalnych i z ferm hodowlanych odprowadzanych do wód powierzchniowych. Wzrost stężenia metali ciężkich i TZO we współcześnie powstających osadach jest również skutkiem ich depozycji z atmosfery oraz spływu deszczowego i roztopowego z terenów zurbanizowanych (metale ciężkie, WWA) i rolniczych (arsen, rtęć, pestycydy chloroorganiczne) (Rocher i in., 2004; Reiss i in., 2004; Birch i in., 2001; Howsam, Jones, 1998; Mecray i in., 2001; Lindström, 2001; Pulford i in., 2009; Ramamoorthy, Ramamoorthy, 1997; Wildi i in., 2004). Wstępujące w osadach metale ciężkie i inne substancje niebezpieczne mogą akumulować się w łańcuchu troficznym do poziomu który jest toksyczny dla organizmów, zwłaszcza drapieżników, a także mogą stwarzać ryzyko dla ludzi (Vink 2009; Albering i in., 1999; Liu i in., 2005; Šmejkalová i in., 2003). Osady o wysokiej zawartości szkodliwych składników są potencjalnym ogniskiem zanieczyszczenia środowiska. Część szkodliwych składników zawartych w osadach może ulegać ponownemu uruchomieniu do wody w następstwie procesów chemicznych i biochemicznych przebiegających w osadach, jak również mechanicznego poruszenia wcześniej odłożonych zanieczyszczonych osadów na skutek naturalnych procesów albo podczas trans-

portu bądź bagrowania (Sjöblom i in., 2004; Bordas, Bourg, 2001). Także podczas powodzi zanieczyszczone osady mogą być przemieszczane na gleby tarasów zalewowych albo transportowane w dół rzek (Gocht i in., 2001; Gabler, Schneider 2000; Weng, Chen, 2000). Przemieszczenie na tarasy zalewowe zanieczyszczonych osadów powoduje wzrost stężenia metali ciężkich i trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi w glebach (Bojakowska i in., 1995; Bojakowska, Sokołowska, 1996; Miller i in., 2004; Middelkoop, 2000).

Kryteria oceny osadów

Jakość osadów dennych, w aspekcie ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi oraz wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) i polichlorowanymi bifenylami (PCB) oceniono na podstawie kryteriów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (DzU nr 55, poz. 498). Dla oceny jakości osadów wodnych ze względów ekotoksykologicznych zastosowano wartości PEL (ang. *Probable Effects Levels – przypuszczalne szkodliwe stężenie*) – określające zawartość pierwiastka, WWA i PCB, powyżej której prawdopodobny jest szkodliwy wpływ zanieczyszczonych osadów na organizmy wodne. W tabeli 5 zamieszczono dopuszczalne zawartości pierwiastków oraz trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO) w osadach wydobywanych podczas regulacji rzek, kanałów portowych i melioracyjnych, obowiązujące w Polsce oraz wartości tła geochemicznego dla osadów wodnych Polski i wartości *PEL*.

Tabela 5

Zawartość pierwiastków i trwałych zanieczyszczeń organicznych w osadach wodnych (mg/kg)

Parametr	Rozporządzenie MŚ*	PEL**	Tło geochemiczne
Arsen (As)	30	17	<5
Chrom (Cr)	200	90	6
Cynk (Zn)	1000	315	73
Kadm (Cd)	7,5	3,5	<0,5
Miedź (Cu)	150	197	7
Nikiel (Ni)	75	42	6
Ołów (Pb)	200	91	11
Rtęć (Hg)	1	0,49	<0,05
WWA ^{***} _{11 WWA}		5,683	
WWA ^{****} _{7 WWA}	8,5		
PCB	0,3	0,189	

* – ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r.

** – MACDONALD i in., 2000

*** – suma acenaftyleny, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu, dibenzo[ah]antracenu

**** – suma benzo(a)antracenu, benzo[b]fluorantenu, benzo[k]fluorantenu, benzo[a]pirenu, dibenzo[ah]antracenu, indeno[1,2,3-cd]pirenu, benzo[ghi]perylenu

Materiały i metody badań laboratoryjnych

W opracowaniu wykorzystane zostały dane z bazy OSADY zawierającej wyniki monitoringowych badań geochemicznych osadów wodnych Polski wykonywanych na zlecenie Głównego Inspektora Ochrony Środowiska w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ).

Próbki osadów rzecznych są pobierane ze strefy brzegowej koryt rzecznych, spod powierzchni wody, z przeciwnej strony do nurtu, w miejscach, gdzie tworzący się osad charakteryzuje się większą zawartością frakcji mułkowo-ilastej. Osady jeziorne są pobierane z głębozców jezior. W badaniach analitycznych wykorzystano frakcję ziarnową drobniejszą niż 0,2 mm. Zawartości arsenu, chromu, kadmu, ołowiu, miedzi, niklu i cynku oznaczono metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-OES), z roztworów uzyskanych po rozтворzeniu próbek osadów wodą królewską, a oznaczenia zawartości rtęci wykonano z próbki stałej metodą spektrometrii absorpcyjnej z zateżaniem na amalgamatorze. Zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) – acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu, dibenzo(a,h)antracenu, benzo(ghi)perylenu oznaczono przy użyciu chromatografu gazowego z detektorem spektrometrem mas (GC-MSD), a oznaczenia polichlorowanych bifenyli (kongenery PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180) wykonano przy użyciu chromatografu gazowego z detektorem wychwytu elektronów (GC-ECD). Wszystkie oznaczenia wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Prezentacja wyników

Lokalizację miejsc opróbowania osadów przedstawiono na mapie w postaci:

- trójkąta o odmiennych kolorach dla osadów zaklasyfikowanych do zanieczyszczonych (czerwony) lub niezanieczyszczonych (fioletowy) i o nieprzekroczonych wartościach *PEL* (niebieski) pod względem zawartości potencjalnie szkodliwych pierwiastków
- w postaci koła o odmiennych kolorach dla osadów zaklasyfikowanych do zanieczyszczonych (czerwony) lub niezanieczyszczonych (fioletowy) i o nieprzekroczonych wartościach *PEL* (niebieski) pod względem zawartości trwałych zanieczyszczeń organicznych.

Przy klasyfikacji stosowano zasadę zaliczania osadów do danej grupy, gdy zawartość żadnego pierwiastka lub związku organicznego nie przewyższała górnej granicy wartości dopuszczalnej w tej grupie. W przypadku zakwalifikowania osadu do zanieczyszczonego każdy punkt opisano na mapie symbolami pierwiastków lub związków organicznych decydujących o zanieczyszczeniu.

Zanieczyszczenie osadów

Spośród jezior znajdujących się na arkuszu zbadane zostały osady jezior Dręstwa, Tajna, Selmęt i Rajgrodzkiego (tabela 6). Osady jezior charakteryzują się niskimi zawartościami pierwiastków śladowych, za wyjątkiem arsenu w osadach Jeziora Rajgrodzkiego. Odnotowane zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w osadach jezior Dręstwo i Selmęt są znacznie niższe od przeciętnie spotykanych w osadach jezior, a w osadach jeziora Rajgrodzkiego znacznie wyższe. Stwierdzone zawartości pierwiastków śladowych i WWA w osadach rzecznych i jeziornych są niższe od ich dopuszczalnych stężeń według Rozporządzenia MŚ, a także niższe od ich wartości *PEL* (za wyjątkiem arsenu w osadach jeziora Rajgrodzkiego), powyżej której obserwuje się szkodliwe oddziaływanie na organizmy wodne.

Dane prezentowane na mapie umożliwiają jedynie ocenę zanieczyszczenia osadów w miejscach pobrania i w niezbyt odległym otoczeniu. Powinny być jednak sygnałem dla odpowiednich urzędów i władz wskazującym na konieczność podjęcia badań szczegółowych i wskazania źródeł zanieczyszczeń, nawet w przypadku, gdy przekroczenia zawartości dopuszczalnych zaobserwowano tylko dla jednego pierwiastka lub związku organicznego.

Tabela 6

Zawartość pierwiastków i trwałych zanieczyszczeń w osadach jeziornych (mg/kg)

Parametr	Dręstwo 2009 r.	Tajno 2007 r.	Rajgrodzkie 2011 r.	Selmęt 2011 r.
Arsen (As)	7	<5	24	4
Chrom (Cr)	7	6	8	12
Cynk (Zn)	57	50	55	56
Kadm (Cd)	0,7	0,6	<0,5	<0,5
Miedź (Cu)	15	11	9	13
Nikiel (Ni)	8	10	6	11
Ołów (Pb)	29	20	21	16
Rtęć (Hg)	0,150	0,168	0,083	0,054
WWA _{11 WWA} *	0,921	n.o.	2,323	0,261
WWA _{7 WWA} **	0,787	n.o.	2,094	0,291
PCB***	< 0,0007	n.o.	0,0032	<0,0007

* – suma acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo[a]pirenu, dibenzo[ah]antracenu

** – suma benzo(a)antracenu, benzo[b]fluorantenu, benzo[k]fluorantenu, benzo[a]pirenu, dibenzo[ah]antracenu, indeno[1,2,3-cd]pirenu, benzo[ghi]perylenu

*** – suma PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180

3. Pierwiastki promieniotwórcze

Materiał i metody badań

Do określenia dawki promieniowania gamma i stężenia radionuklidów poczarnobylskiego cezu wykorzystano wyniki badań gamma-spektrometrycznych wykonanych dla Atlasu Radioekologicznego Polski 1:750 000 (Strzelecki i in., 1993; 1994). Pomiar gamma-spektrometryczne wykonywano wzdłuż profili o przebiegu N-S, przecinających Polskę co 15". Na profilach po-

miary wykonywano co 1 kilometr, a w przypadku stwierdzenia stref o podwyższonej promieniotwórczości pomiary zagęszczano do 0,5 km. Sonda pomiarowa była umieszczona na wysokości 1,5 metra nad powierzchnią terenu, a czas pomiaru wynosił 2 minuty. Pomiary wykonywano spektrometrem GS-256 produkowanym przez „Geofizykę” Brno (Czechy).

Prezentacja wyników

Z uwagi na to, że gęstość opróbowania nie pozwalała na opracowanie map izoliniowych w skali 1:50 000, wyniki przedstawiono w formie słupkowej (fig. 4) dla dwóch krawędzi arkusza mapy (zachodniej i wschodniej). Zabieg taki jest możliwy, gdyż te dwie krawędzie są zbieżne z generalnym przebiegiem profili pomiarowych. Wykresy słupkowe sporządzono jedynie dla punktów zlokalizowanych na opisywanym arkuszu, natomiast do interpretacji wykorzystano informacje zawarte w profilach na arkuszu sąsiadującym wzdłuż zachodniej lub wschodniej granicy opisywanego arkusza.

Prezentowane wyniki dawki promieniowania gamma obejmują sumę promieniowania pochodzącego od radionuklidów naturalnych (uran, potas, tor) i sztucznych (cez).

Wyniki

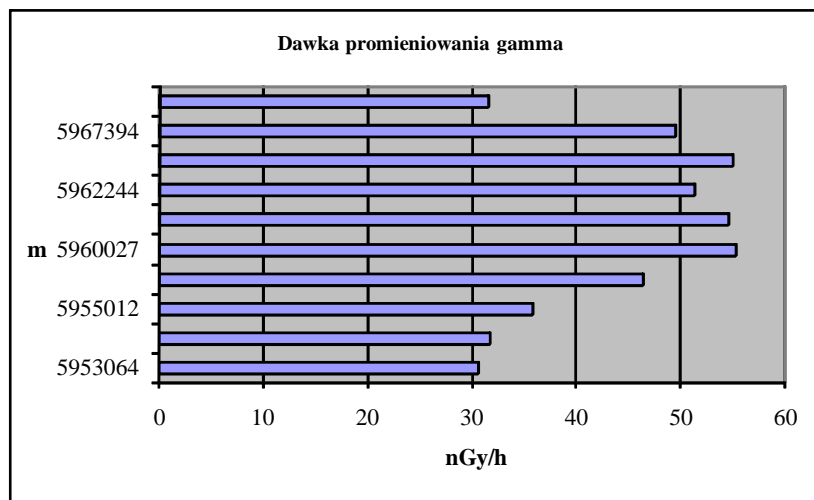
Wartości dawki promieniowania gamma wzdłuż profilu zachodniego wahają się w przedziale od około 29 do około 61 nGy/h. Przeciętnie wartość ta wynosi około 45 nGy/h i jest wyższa od średniej dla obszaru Polski wynoszącej 34,2 nGy/h. Wzdłuż profilu wschodniego wartości promieniowania gamma zmieniają się od około 27 do około 59 nGy/h i przeciętnie wynoszą także około 45 nGy/h.

W profilu zachodnim wyższe wartości promieniowania gamma (45–60 nGy/h) są związane z glinami zwałowymi fazy leszczyńskiej dominującymi wzdłuż północnej i środkowej części profilu, a niższe (30–40 nGy/h) – z utworami wodnolodowcowymi (piaski i żwiry) fazy leszczyńskiej i z torfami. W profilu wschodnim zarejestrowane dawki promieniowania gamma są dość wyrównane (przeważają wartości z zakresu: 40-60 nGy/h) co świadczy o tym, że przeważające wzdłuż tego profilu pomiarowego osady powierzchniowe – utwory wodnolodowcowe (piaski i żwiry) fazy leszczyńskiej oraz osady kemów (piaski, mułki, ility i żwiry) i glin zwałowych charakteryzują się zbliżonymi wartościami promieniowania gamma. Najniższe wartości promieniowania gamma w profilu wschodnim są związane z torfami zalegającymi w dolinach rzecznych (południowy kraniec profilu).

Stężenia radionuklidów poczynobylskiego cezu zmierzone wzdłuż obu profili są generalnie bardzo niskie, charakterystyczne dla obszarów bardzo słabo zanieczyszczonych. Wzdłuż profilu zachodniego wynoszą od 1,4 do 6,3 kBq/m², a wzdłuż profilu wschodniego wahają się od 1,4 do 5,3 kBq/m².

184 W

PROFIL ZACHODNI



184 E

PROFIL WSCHODNI

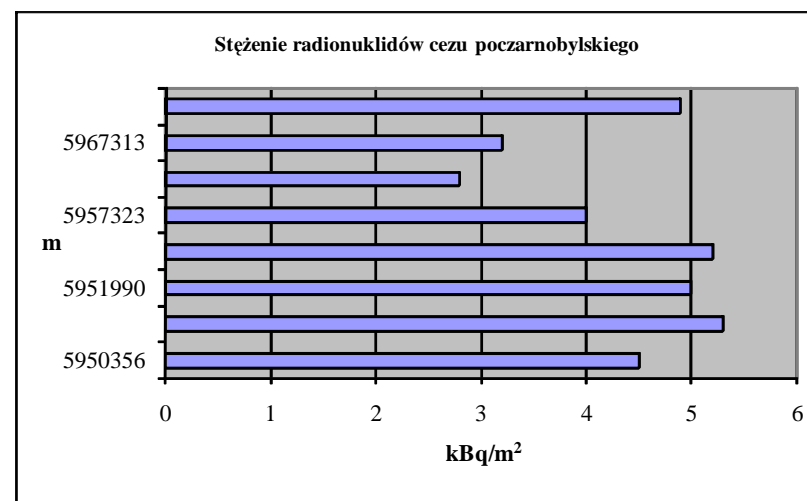
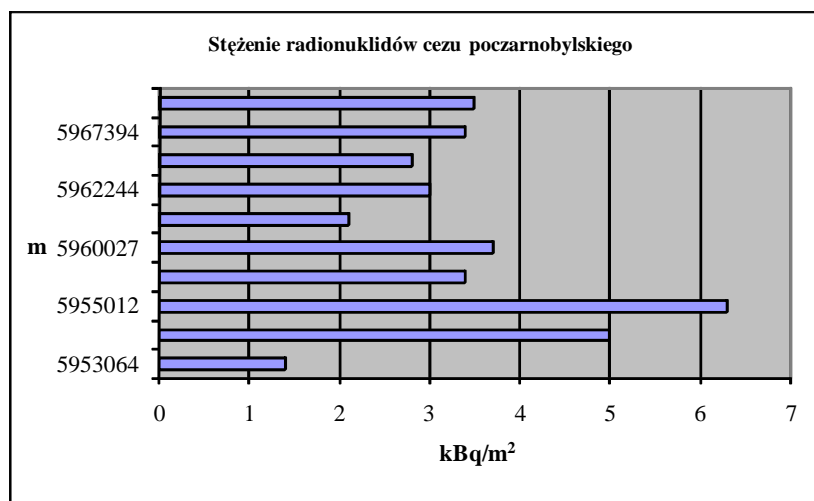
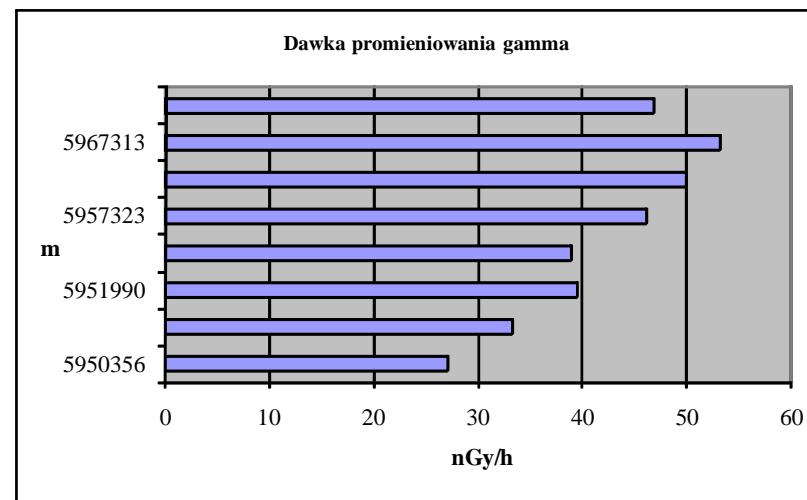


Fig. 4. Zanieczyszczenie gleb pierwiastkami promieniotwórczymi na obszarze arkusza Rajgród (na osi rzędnych – opis siatki kilometrowej arkusza)

IX. Składowanie odpadów

Zasady wydzielania potencjalnych obszarów lokalizacji składowisk odpadów

Przy określaniu obszarów predysponowanych do lokalizowania składowisk uwzględniono zasady i wskazania zawarte w Ustawie o odpadach (2001) oraz w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów i Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów. W nielicznych przypadkach przyjęto zmodyfikowane rozwiązania w stosunku do wymienionych aktów prawnych, co wynika ze skali oraz charakteru opracowania kartograficznego i nie stoi w sprzeczności z możliwością późniejszych weryfikacji i uszczegółowień na etapie projektowania składowisk.

Na mapie, w nawiązaniu do powyższych kryteriów, wyznaczono:

1. tereny wyłączone całkowicie z możliwości lokalizacji wszystkich typów składowisk ze względu na wymagania ochrony hydrosfery, przyrody, infrastruktury oraz warunki inżyniersko-geologiczne;
2. tereny preferowane do lokalizowania w ich obrębie składowisk odpadów, ze względu na istnienie naturalnej, gruntowej warstwy izolacyjnej, są one traktowane jako potencjalne obszary lokalizowania składowisk (POLS);
3. tereny nieposiadające naturalnej warstwy izolacyjnej, na których możliwa jest jednak lokalizacja składowisk odpadów pod warunkiem wykonania sztucznej bariery izolacyjnej dla dna i skarp obiektu.

Wymagania dotyczące naturalnych cech izolacyjnych podłoża, a także ścian bocznych potencjalnych składowisk są uzależnione od typu składowanych odpadów (tabela 7).

Ocena wykształcenia naturalnej bariery geologicznej pozwala na wyróżnienie w obrębie POLS:

- warunków izolacyjności podłoża zgodnych z wymaganiami przyjętymi w tabeli 7;
- zmiennych właściwości izolacyjnych podłoża (warstwa izolacyjna znajduje się pod przykryciem osadami piaszczystymi o miąższości do 2,5 m; miąższość lub jednorodność warstwy izolacyjnej jest zmienna).

Kryteria izolacyjnych właściwości gruntów

Rodzaj składowanych opadów	Wymagania dotyczące naturalnej bariery geologicznej		
	Miąższość [m]	Współczynnik filtracji k [m/s]	Rodzaj gruntów
N – odpady niebezpieczne	≥ 5	≤ 1 × 10 ⁻⁹	Iły, iłolupki
K – odpady inne niż niebezpieczne i obojętne	1-5	≤ 1 × 10 ⁻⁹	
O – odpady obojętne	≥ 1	≤ 1 × 10 ⁻⁷	Gliny

Omawiane wyżej wydzielenia przestrzenne zostały przedstawione na Planszy B Mapy geośrodowiskowej Polski. Jednocześnie na dołączonej do materiałów archiwalnych mapie dokumentacyjnej, wskazano lokalizację wybranych wierceń, których profile geologiczne dokumentują obecność potencjalnej warstwy izolacyjnej do głębokości 10 m.

Tło dla przedstawianych na Planszy B informacji stanowi stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego, przeniesiony z arkusza Rajgród Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Oficjalska, 2004). Stopień zagrożenia wód podziemnych wyznaczono w pięciostopniowej skali (bardzo wysoki, wysoki, średni, niski, bardzo niski) i jest on funkcją nie tylko wartości parametrów filtracyjnych warstwy izolującej (odporności poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia), ale także czynników zewnętrznych, takich jak istnienie na powierzchni ognisk zanieczyszczeń czy obszarów prawnie chronionych. Stopień ten jest parametrem zmiennym i syntetyzującym różne naturalne i antropogeniczne uwarunkowania. Dlatego też obszarów o różnym stopniu zagrożenia nie należy wprost porównywać z wyznaczonymi na Planszy B terenami pod składowiska odpadów. Wydzielone tereny o dobrej izolacyjności (POLs) mogą współwystępować z obszarami o różnym zagrożeniu jakości wód podziemnych.

Obszary o bezwzględnym zakazie lokalizacji składowisk odpadów

Na obszarze arkusza Rajgród około 65% powierzchni objęte jest bezwzględnym zakazem lokalizowania składowisk wszystkich typów odpadów. Wyłączenia bezwzględne obejmują:

- tereny położone w granicach obszarów Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000. Jest to obszar specjalnej ochrony ptaków PLB 200006 „Ostoja Biebrzańska”;
- teren faunistyczno-leśnego rezerwatu przyrody „Czapliniec-Belda”, na południe od Czarnej Wsi;

- otoczenie jezior: Rajgrodzkie, Selmęt Wielki, Dreństwo, Krzywe, Białe, w odległości 250 m od linii brzegowej;
- otoczenie stawów hodowlanych na południe od Rajgrodu;
- obszary pokryte utworami holoceniowymi, wykształconymi głównie jako torfy, którym towarzyszą namuły torfiaste i piaszczyste, gytie i kreda jeziorna, piaski i mułki jeziorne, jak również piaski i gliny deluwialne. Osady te występują głównie w dolinach rzek i w zagłębieniach wytopiskowych;
- obszary występowania chronionych łąk na glebach pochodzenia organicznego, wyłączonych bezwzględnie wraz ze strefą o szerokości 250 m. Najwięcej takich terenów występuje w dolinach rzek: Pietraski, Przepiórki Jegrzni i kanału Kuwasy;
- obszary bardzo płytkiego występowania zwierciadła wód podziemnych głównego użytkowego poziomu wodonośnego (północno-zachodnia i centralna część arkusza), gdzie obecność zwierciadła pierwszego poziomu wód podziemnych (zasilanego przez infiltrację wód opadowych) stwierdzono na głębokości do 5 m (Oficjalska, 2004). Poziom ten wykazuje bardzo niską i niską odporność na zanieczyszczenia antropogeniczne;
- tereny zwartej zabudowy miejscowości gminnej Rajgród;
- obszary zagrożone powierzchniowymi ruchami masowymi, związane z wysokimi brzegami Jeziora Rajgrodzkiego w rejonie Rajgrodu i Czarnej Wsi (Grabowski (red.) i in., 2007)
- zwarte kompleksy leśne o powierzchni powyżej 100 ha.

Charakterystyka i ograniczenia warunkowe obszarów spełniających wymagania dla składowania odpadów obojętnych

Rejony, w których lokalizacja składowisk odpadów jest dopuszczalna, zajmują około 35% obszaru arkusza. Preferowane do tego celu są tereny posiadające naturalną warstwę izolacyjną, zgodną z wymaganiami dotyczącymi naturalnej bariery geologicznej (tabela 7).

W obrębie omawianego obszaru rolę naturalnej bariery izolacyjnej spełniają plejstoceniowe gliny zwałowe stadiału górnego zlodowacenia wisły (zlodowacenia północnopolskie), których zasięg powierzchniowy określono na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej Polski (Krzywicki, 2002; 2003). Mogą one stanowić warstwę izolacyjną wyłącznie pod składowiska odpadów obojętnych. Są to gliny w stanie zwartym, przeważnie ilasto-piaszczyste, barwy brązowej lub brunatnobrązowej. Analiza przekroju geologicznego i otworów kartograficznych wskazuje, że na omawianym terenie gliny te tworzą warstwę o maksymalnej miąższości 17–18 metrów (rejon Lisewa w środkowej części arkusza). Na pozostałym obszarze

osiągają miąższość: 4–5 m (okolice Rajgrodu), 6 m (Wólka Mała, Podliszewo), 9 m (Borzmy, Zawady-Tworki), 9,5–14 m (Katarzynowo), 11,5 m (Skrzypki), 13,5–16 m (Miecze), 15–19 m (Ryczywół) i 16 m (Kopijki). Lokalnie gliny te leżą bezpośrednio na starszych glinach zwałowych stadiału środkowego, tworząc z nimi jeden ciągły poziom. Kompleks taki, stanowiący znaczące wzmocnienie naturalnej bariery izolacyjnej, osiąga miąższość od 15 m (na północ od Łazarzy), 22 m (Krzywe), 28 m (Podliszewo) do 21–32 m (Wiśniowo Ełckie) (Krzywicki, 2002; 2003).

Warunki izolacyjne podłoża spełniające przyjęte kryteria dla składowania odpadów obojętnych spełniają także mułki i ropy zastoiskowe stadiału górnego zlodowacenia wistły. W utworach tych przeważają mułki i mułki piaszczyste, rzadziej są to piaski drobnoziarniste i pyłowate oraz ropy i ropy zastoiskowe. Na powierzchni odsłaniają się w rejonie Makosiejów, Sypitek, Kuczy. Miąższość mułków i piasków pylastych osiąga tam ponad 2 m, a ropy – 2,1 m (Krzywicki, 2002; 2003).

Warunki zmiennego wykształcenia naturalnej bariery izolacyjnej wyznaczono w rejonach, gdzie na powierzchni stropowej glin zwałowych lub utworów zastoiskowych, tworzących naturalną barierę izolacyjną występują piaszczysto-żwirowe utwory lodowcowe, wodnolodowcowe oraz eluwalne o miąższości nieprzekraczającej 2,5 m. Lokalizacja składowisk w tym rejonie będzie wymagać usunięcia 1–2 metrowej warstwy piaszczystej zalegającej w stropie utworów słabo przepuszczalnych.

Do obszarów pozbawionych naturalnej bariery geologicznej zaliczono miejsca występowania piaszczysto-żwirowych utworów lodowcowych, morenowych, wodnolodowcowych, (w tym kemowych, ozów oraz akumulacji szczelinowej) o miąższości przekraczającej 2,5 metra. Lokalizacja składowisk odpadów w tych rejonach będzie możliwa jedynie po zastosowaniu sztucznych przesłon izolacyjnych.

W zasięgu obszarów preferowanych pod składowiska odpadów obojętnych znajduje się czwartorzędowe główne użytkowe piętro wodonośne, w obrębie którego występują dwa poziomy (Oficjalska, 2004). Przypowierzchniowy lub lokalnie międzymorenowy poziom użytkowy związany jest z utworami sandrowymi zlodowaceń środkowopolskich i zlodowacenia wistły, występującymi na głębokości od 5 do 26 metrów. W jego zasięgu znajduje się większość wyznaczonych obszarów POLS. Stopień jego zagrożenia w granicach obszarów POLS jest zróżnicowany. Niski stopień zagrożenia tego poziomu wskazano w rejonach, gdzie występuje izolacja słaba i brak jest ognisk zanieczyszczeń (Długosze, Rydzewo, Łazarze, Skrodzkie, Karwowo, Draństwo, Lisewo oraz obszary zlokalizowane na północ od Rajgrodu). W rejonach, gdzie utwory wodonośne nie mają izolacji przy braku ognisk zanieczyszczeń

stopień zagrożenia jest średni (Laski Małe, Wiśniowo Etckie, Katarzynowo, Krzywe, okolice Rajgorgu, na wschód od Stożnych, Popowo). Na północ od Lisewa, w rejonie Makosiejów, Ryczywołu, Borzym, Jędrzejek i Kuczy wskazano wysoki stopień zagrożenia GPU w związku z brakiem izolacji. Stopień bardzo wysoki określono jedynie na południowy-zachód od Rajgrodu. Podglinowy poziom wodonośny, jako GPU, związany jest z piaskami zlodowacenia nidy. Występuje on na głębokości około 140 metrów, w związku z czym jest dobrze izolowany. Z tego powodu w rejonie Wólki Piotrkowskiej, Wólki Małej, Mieczys oraz na południe od Długoszy wskazano bardzo niski stopień jego zagrożenia. We wschodniej części arkusza, na południe od Żrobków, brak jest użytkowego poziomu wodonośnego w osadach czwartorzędowych.

Dla rejonów POLS zlokalizowanych w okolicy Rajgrodu wyznaczono obszarowe ograniczenie warunkowe wynikające z sąsiedztwa zwartej zabudowy miejscowości gminnych. Przestrzenne ograniczenie z uwagi na ochronę przyrody wskazano w zachodniej, centralnej i wschodniej części arkusza (Obszar Chronionego Krajobrazu Jeziora Rajgrodzkie, Obszar Chronionego Krajobrazu Pojezierze Etckie).

Wskazania lokalizacyjne pod składowiska odpadów mogą nastąpić dopiero po przeprowadzeniu szczegółowych badań hydrogeologicznych i geologicznych mających na celu rozpoznanie budowy geologicznej terenu planowanego składowiska.

Charakterystyka i ograniczenia warunkowe obszarów spełniających wymagania dla składowania odpadów komunalnych

Na obszarze arkusza nie wyznaczono rejonów spełniających wymagania pod lokalizację składowisk odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne (komunalnych), dla których wymagana jest przypowierzchniowa warstwa gruntów spoiстых (osadów ilastych) o współczynniku wodoprzepuszczalności $<1 \times 10^{-9}$ m/s i miąższości większej od 1 m.

W południowej części arkusza, w rejonie Wólki Małej odwiercone zostały dwa otwory hydrogeologiczne, dokumentujące płytkie (na głębokości 0,9 i 2,0 m) występowanie plejstoceńskich osadów ilastych o miąższości 1,5 i 5,0 m. Co prawda nie są znane ich właściwości izolacyjne, lecz obecność utworów ilastych w profilach otworów wskazuje, że w tym rejonie można poszukiwać terenów spełniających wymagania pod lokalizację składowisk typu „K”.

W przypadku konieczności realizacji na omawianym terenie inwestycji wykazującej niekorzystne oddziaływanie na środowisko naturalne, należy przeprowadzić szczegółowe badania geologiczne, umożliwiające określenie cech izolacyjnych i rozprzestrzenienia istniejącej naturalnej bariery geologicznej (NBG). Może się to wiązać również z koniecznością

zastosowania dodatkowych sztucznych barier izolacyjnych. W pierwszej kolejności należałoby rozpatrywać rejony, gdzie kompleksy NBG dla składowania odpadów obojętnych mają największe miąższości, a lokalizacja inwestycji wykluczy możliwość skażenia wód powierzchniowych i podziemnych. Jednak z uwagi na bezpośrednie sąsiedztwo obszarów o dużych walorach przyrodniczych, lokalizowanie na omawianym terenie obiektów uciążliwych dla środowiska nie jest wskazane.

Na obszarze arkusza zlokalizowane są dwa czynne składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne (komunalnych) – w Wojdach i Wiśniowie Ełckim.

Ocena najkorzystniejszych warunków geologiczno-hydrogeologicznych dla lokalizowania składowisk odpadów

Na waloryzowanym obszarze arkusza występują grunty spełniające wymagania przyjęte dla naturalnej bariery geologicznej odpowiedniej dla bezpośredniego lokalizowania składowisk jedynie odpadów obojętnych. Nie stwierdzono obecności osadów o właściwościach umożliwiających składowanie odpadów komunalnych.

Najkorzystniejsze warunki naturalne dla składowania tego typu odpadów wskazać należy w miejscach przypowierzchniowego występowania glin zwałowych stadiału górnego zlodowacenia wisły, gdzie naturalna bariera geologiczna jest najlepiej wykształcona i tworzy wspólny kompleks z glinami zwałowymi stadiału środkowego. Warunki takie istnieją w rejonie Wiśniowa Ełckiego, gdzie miąższość takiego pakietu osiąga 21–32 metry. Korzystne warunki istnieją również w rejonie Podliszewa, gdzie miąższość utworów słabo przepuszczalnych może osiągać około 28 metrów oraz w rejonie Krzywego, gdzie miąższość pakietu glin dochodzi do 22 m. Wskazane obszary znajdują się na terenach niskiego i średniego zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego. Nie posiadają one żadnych ograniczeń warunkowych.

Charakterystyka wyrobisk poeksploatacyjnych

Na terenach nieobjętych bezwzględnym zakazem lokalizowania składowisk wskazano dwa wyrobiska związane z niekoncesjonowaną eksploatacją kopalni okrucowych, w których możliwe jest składowanie odpadów. Położone są one na obszarach pozbawionych warstwy izolacyjnej (piaski i żwiry). Wyznaczono dla nich punktowe ograniczenia warunkowe związane z bliskim sąsiedztwem obiektów zabudowy wiejskiej (Kosówka, Podliszewo).

X. Warunki podłoża budowlanego

Zgodnie z zasadami sporządzania MGŚP na obszarze arkusza Rajgród dokonano uproszczonej oceny warunków podłoża budowlanego. Dla powyższej oceny wykorzystano Szczegółową mapę geologiczną Polski w skali 1:50 000 arkusz Rajgród (Krzywicki, 2002; 2003) oraz mapy topograficzne w skali 1:50 000. Waloryzacją geologiczno-inżynierską nie objęto: lasów, gleb chronionych dla użytkowania rolniczego w klasach I–IVa, łąk na glebach pochodzenia organicznego, rezerwatu przyrody i udokumentowanych złóż kopalin. W wyniku waloryzacji wyznaczono obszary o warunkach korzystnych dla budownictwa oraz o warunkach niekorzystnych, utrudniających budownictwo.

Za obszary o warunkach korzystnych dla budownictwa uznano rejony, na których występują grunty niespoiste (sypkie) średniozagęszczone i zagęszczone, w których głębokość występowania zwierciadła wody gruntowej przekracza 2 m p.p.t. oraz grunty spoiste: zwarte, półzwarte i twardoplastyczne.

Najkorzystniejsze podłoże dla budownictwa stwierdzono w obrębie gruntów niespoistych, gdzie występują piaski i żwiry wodnolodowcowe powstałe w czasie zlodowaceń północnopolskich tworzące równiny sandrowe. Równiny sandrowe związane są z obecnością rynien subglacjalnych biegnących z północy i północnego zachodu na południe i południowy wschód. W rynnach tych leży m.in. Jezioro Rajgrodzkie.

Korzystne warunki geologiczno-inżynierskie, związane z gruntami spoistymi, wyznaczono w rejonach występowania nieskonsolidowanych glin zwałowych powstałych w czasie zlodowaceń północnopolskich (zlodowacenie wisty stadiał górny). Gliny te występują równomiernie na obszarze całego arkusza, z wyjątkiem obszaru rynien subglacjalnych w centralnej jego części. Obszary występowania glin zwałowych na większości terenu nie były poddane waloryzacji z uwagi na obecność tam gleb wysokich klas bonitacyjnych (I–IVa).

Piaski i mułki występujące w obrębie równiny zastoiskowej w północno-zachodniej części obszaru arkusza, jakkolwiek zaliczone do gruntów o korzystnych warunkach budowlanych, odznaczają się nieco gorszymi parametrami geologiczno-inżynierskimi, wynikającymi z obecności wkładek mułków (frakcji pylastej).

Do obszarów o warunkach niekorzystnych, utrudniających budownictwo, zaliczono tereny, na których występują grunty słabonośne. Są to przede wszystkim: grunty organiczne, grunty spoiste w stanie miękkoplastycznym i plastycznym. Utrudnienia budowlane mogą występować także na gruntach sypkich luźnych. Utwory te występują na południe od Rajgrodu. Tereny te są porośnięte lasami i nie były poddane waloryzacji geologiczno-inżynierskiej.

Grunty organiczne reprezentowane są przez torfy, namuły, mułki organiczne. Są to jednocześnie obszary płytkiego zalegania wód gruntowych (0–2 m). Obszary te występują głównie na obrzeżach jezior, a także w dolinach rzek: Przepiórki, Legi (Jegrzni) oraz Kanału Kuwasy. Również na wysoczyznach znajduje się wiele zagłębień wytopiskowych, bezodpływowych lub częściowo wciągniętych w odpływ, wypełnionych torfami. Wody występujące w obrębie gruntów organicznych mogą wykazywać agresywność względem betonu i stali.

Jako utrudniające lub niekorzystne dla budownictwa przyjmuje się wszystkie obszary, na których zwierciadło wody gruntowej znajduje się na głębokości mniejszej niż 2 m. Na terenach tych następuje pogorszenie parametrów geologiczno-inżynierskich gruntów. Wykonywanie robót fundamentowych poniżej zwierciadła wód gruntowych może prowadzić do zwiększenia stopnia plastyczności gruntów spoistych (glin zwałowych) oraz zmniejszenia stopnia zagęszczenia gruntów niespoistych (piasków i żwirów).

Przy występowaniu omawianych warunków geologiczno-inżynierskich istotnym elementem niekorzystnym dla budownictwa może być nierównomierne osiadanie podłoża, a także okresowe podtapianie fundamentów budowli.

Według mapy glacitektonicznej Polski (Ber, 2006) na terenie arkusza nie stwierdzono znaczących zjawisk glacitektonicznych.

Na obszarze arkusza Rajgród nie występują czynne osuwiska. Obszary zagrożone powierzchniowymi ruchami masowymi związane są z wysokimi brzegami Jeziora Rajgrodzkiego w rejonie Rajgrodu i Czarnej Wsi (Grabowski (red.) i in., 2007). W ich obrębie wyznaczono na mapie niekorzystne warunki budowlane, a przed podjęciem inwestycji konieczne jest wykonanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

Ze względu na rolniczo-leśny charakter regionu objętego arkuszem, nie występują tu tereny znacząco zmienione w wyniku działalności człowieka (składowiska, hałdy, duże wyrobiska poeksploatacyjne).

XI. Ochrona przyrody i krajobrazu

Formami ochrony przyrody i krajobrazu na obszarze arkusza Rajgród są: lasy, gleby chronione klas I–IVa, łąki na gruntach organicznych, rezerwat, obszary chronionego krajobrazu oraz pomniki przyrody.

Krajobraz naturalny tworzą lasy, występujące na około 25% powierzchni arkusza. Dominującym typem są siedliska borowe, lasy mieszane wraz z fragmentami grądów oraz olsy. Drzewostany tworzą przede wszystkim: sosna oraz świerk, brzoza i dąb w charakterze domieszek. W lasach mieszanych i grądach dominują dęby, graby, klony i brzozy. Większość lasów

tu rosnących to bory świeże i bory mieszane. W runie tych lasów zachowała się liczna grupa charakterystycznych roślin borowych, podkreślająca naturalność siedlisk.

Według Instytutu Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, chronione grunty rolne klasy I–IVa, wytworzone z piasków i glin w typie gleb brunatnych, stanowią około 80% powierzchni wszystkich gruntów rolnych. Łąki na glebach pochodzenia organicznego występują głównie w dolinach rzek: Pietraski, Przepiórki Jegrzni i kanału Kuwasy.

Na obszarze arkusza Rajgród ustanowiono trzy obszary chronionego krajobrazu: Obszar Chronionego Krajobrazu Jeziora Rajgrodzkie i Obszar Chronionego Krajobrazu Pojezierze Ełckie, utworzone w 1998 roku oraz Obszar Chronionego Krajobrazu Pojezierza Rajgrodzkiego, utworzony w 1982 roku. Obejmują one swym zasięgiem obszary o bardzo urozmaiconej, pagórkowatej rzeźbie terenu, z bogactwem jezior typu rynnowego i otaczającymi jeziora lasami. Są to tereny o specjalnych walorach krajobrazowych.

Na obszarze arkusza istnieje jeden rezerwat leśno-faunistyczny „Czapliniec-Bełda”. Znajdująca się tu kolonia czapli przed 30 laty zmieniła miejsce lęgówisk. Obecnie ochronie podlega 250-letni drzewostan sosnowy z domieszką świerka i dębu, a na terenach bagiennych olchy.

Na obszarze arkusza ustanowiono 2 pomniki przyrody oraz 1 użytek ekologiczny (tabela 8). Pomniki przyrody to okazałe drzewa rosnące na polach, zaś użytek ekologiczny to śródleśne jezioro z bagnem i łąkami.

Tabela 8

Wykaz rezerwatów, pomników przyrody i użytków ekologicznych

Numer obiektu na mapie	Forma ochrony	Miejscowość	Gmina Powiat	Rok zatwierdzenia	Rodzaj obiektu (powierzchnia w ha)
1	2	3	4	5	6
1	R	Czarna Wieś	Rajgród grajewski	1958	Fn-L – „Czapliniec-Bełda” (11,58)
2	P	Kukowo	Bargłów Kościelny ełcki	1996	Pż – 2 jałowce pospolite
3	P	Reszki	Bargłów Kościelny ełcki	1996	Pż – 2 jesiony wyniosłe, lipa drobnolistna
4	U	Rajgród	Rajgród grajewski	2005	„Ślepe Jezioro Okoniówek” (62,03)

Rubryka 2 – **R** – rezerwat, **P** – pomnik przyrody, **U** – użytek ekologiczny

Rubryka 6 – rodzaj rezerwatu: **L** – leśny, **Fn** – faunistyczny

– rodzaj pomnika przyrody: **Pż** – żywej

Na obszarze arkusza Rajgród znajdują się dwa elementy, należące do Krajowej Sieci Ekologicznej ECONET (Liro (red.), 1998): 26M – Biebrzański międzynarodowy obszar węzłowy, zajmujący centralną i południowo-wschodnią część arkusza oraz 21k – krajowy korytarz ekologiczny Ełku w północno-zachodniej części arkusza (fig. 5).

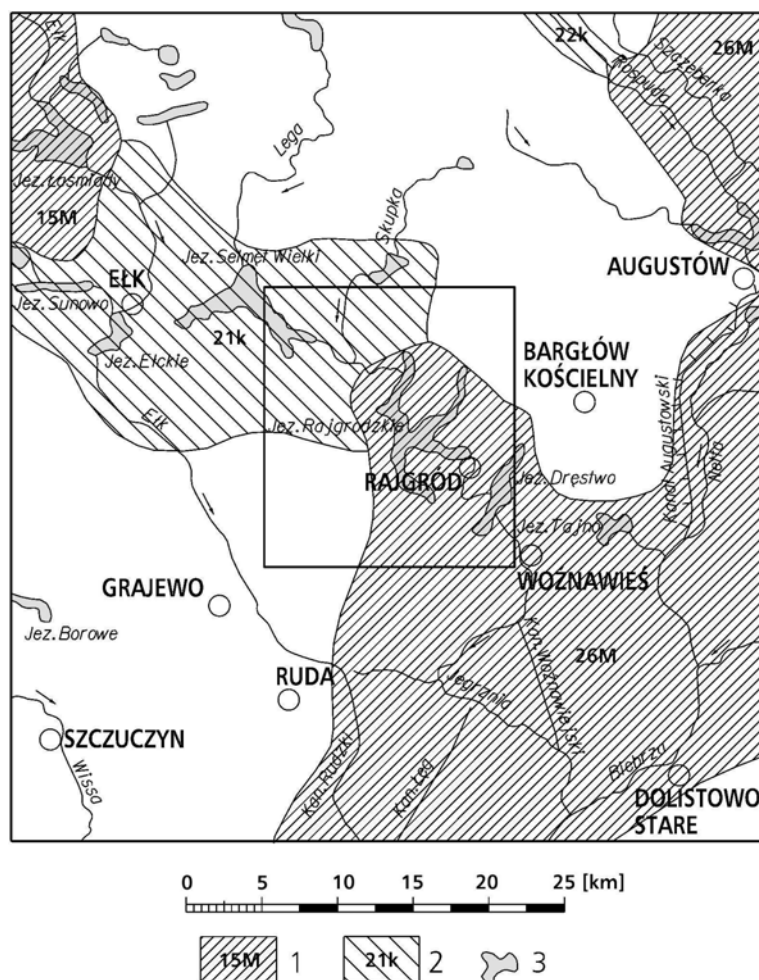


Fig. 5. Położenie arkusza Rajgród na tle systemu ECONET (Liro (red.), 1998)

1 – międzynarodowy obszar węzłowy i jego numer: 15M – Wschodniomazurski, 26M – Biebrzański; 2 – krajowy korytarz ekologiczny i jego numer: 21k - Elku, 22k – Rospudy, 3 – jeziora

Na obszarze arkusza występuje obszar włączony do Europejskiej Sieci Ekologicznej „Natura 2000” (tabela 9), wyznaczony na podstawie tzw. Dyrektywy „Ptasiej”. Jest to obszar specjalnej ochrony ptaków PLB200006 Ostoja Biebrzańska. Informacje na temat sieci „Natura 2000” są zamieszczone na oficjalnej stronie internetowej Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska (<http://natura2000.gdos.gov.pl/natura2000/>).

Torfowiska Doliny Biebrzy są największym, prawie niezmienionym kompleksem torfowisk dolinowych w Europie. Koryto rzeki Biebrzy z licznymi meandrami i starorzeczami w różnym stadium zarastania ma charakter naturalny. Spośród 15 typów siedlisk występujących w ostoi największy udział powierzchniowy posiadają szczególnie cenne torfowiska przejściowe i trzęsawiska, zmiennowilgotne łąki oraz bory i lasy bagienne. Dolina Biebrzy jest bardzo ważną w skali kraju ostoją bobra i wydry, jak również wielu gatunków ptaków, szczególnie wodno-błotnych i drapieżnych, które osiągają tu rekordowe liczebności.

Wykaz obszarów chronionych Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000

Lp.	Typ obszaru	Kod obszaru	Nazwa obszaru (symbol oznaczenia na mapie)	Położenie centralnego punktu obszaru		Powierzchnia obszaru (ha)	Położenie administracyjne obszaru w obrębie arkusza			
				Długość geogr.	Szerokość geogr.		Kod NUTS	Województwo	Powiat	Gmina
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	F	PLB 200006	Ostoja Biebrzańska (P)	E 22°59'38"	N 53°38'53"	148 508,8	PL343 PL344 PL345	podlaskie	grajewski	Rajgród

Rubryka 2 – **F** – obszar specjalnej ochrony ptaków, całkowicie zawierający w sobie specjalny obszar ochrony siedlisk

Rubryka 4 – **P** – obszar specjalnej ochrony ptaków

XII. Zabytki kultury

Udokumentowane stanowiska archeologiczne świadczą o tym, że człowiek pierwotny żył na rozpatrywanym obszarze już na początku środkowej epoki kamiennej (mezolitu), która przypada na preborealną i borealną fazę klimatyczną. Na początku młodszej epoki kamienia (neolitu), czyli około 4500 lat temu rozprzestrzenione już było tu rolnictwo motykowe. Narzędzia z brązu pojawiły się w omawianym regionie około 1300–1100 lat p.n.e., a z żelaza – na początku naszej ery. W tym czasie docierały tu wpływy rzymskie.

Tereny objęte arkuszem były od II–III do XIII w. zamieszkiwane przez staropruskie plemiona Bałtów Zachodnich. Do XIII w. tereny te stanowiły siedzibę plemienia Jaćwingów. Dalej na zachód od rzeki Ełk zamieszkiwali Galindowie. Okolice Rajgrodu zasiedlało jaćwieskie plemię Zlińców, których przywódca Stekint pod koniec XIII w. był wzmiankowany w kronikach. Centralnym grodem Zlińców był Raj położony na terenie dzisiejszego Rajgrodu.

Łupieskie wyprawy Jaćwingów i Galindów na sąsiednie ziemie Mazowsza i Litwy, a także Rusi, spowodowały odwetowe wyprawy krzyżackie i mazowiecko-ruskie, których nasilenie nastąpiło pod koniec XIII w. Spowodowały one wyludnienie tych terenów na blisko 150 lat. Następną falą osadnictwa nastąpiła w okresie późnego średniowiecza i w czasach nowożytnych.

Jak wynika z dokumentacji archiwalnych, wykonanych w ramach Archeologicznego Zdjęcia Polski (AZP), żadne stanowisko archeologiczne nie jest objęte ochroną konserwatorską. Na mapie zaznaczono obiekty archeologiczne o znacznej wartości poznawczej i wymagające ochrony w celu przeprowadzenia dalszych prac dokumentacyjnych.

W miejscowości Stacze odnaleziono ślady osady z mezolitu i wczesnej epoki brązu, należącej do tzw. kultury kundyjskiej – pierwsze odnalezione na ziemiach polskich, a także obozowiska należące do kultury niemeńskiej. Ślady osadnictwa z okresu rzymskiego – wędrówek ludów, zachowały się w Mazurowie i Sypitkach. W pobliżu tych miejscowości oraz we wsi Makosieje odnaleziono ślady osadnictwa z epoki kamienia, a także resztki osad należących do kultur zachodnio-bałtyjskich.

Wokół jeziora Rajgrodzkiego odnaleziono zarówno ślady osadnictwa z epoki kamienia, jak i pozostałości osad wczesnośredniowiecznych. W rejonie jeziora Rajgrodzkiego w okresie wczesnego średniowiecza istniała bogata sieć osadnicza. W samym Rajgrodzie odnaleziono ślady osady z późnego paleolitu (kultura łużycka), a także pozostałości grodziska jaćwieskiego z wczesnego średniowiecza. W pobliżu odkryto obozowisko z późnego mezolitu i wczesnej epoki brązu, zaliczone do kultury niemeńskiej.

Nad jeziorem Dręstwo odnaleziono ślady osad z mezolitu (kultura niemeńska), osady jaćwieskiej i wczesnośredniowiecznej.

Zabytki objęte ochroną konserwatorską to na obszarze arkusza przede wszystkim kościoły. Zabytkowe kościoły z przełomu wieków XIX i XX znajdują się w: Pisanicy, Wiśnio-
wie Ełckim, Rydzewie i Rajgrodzie. W Rajgrodzie ochroną konserwatorską objęty jest historyczny układ przestrzenny miasta, a także kaplica cmentarna z przełomu wieków XIX i XX i cmentarz rzymsko-katolicki z mogiłą powstańców z 1863 roku.

W miejscowości Wojdy ochroną objęty jest park podworski z aleją wiązów, a także budynki podworskie – czworaki, stajnie i młyn wodny (XIX/XX w.).

Zabytkowy budynek stacyjny Ełckiej Kolei Wąskotorowej znajduje się w Zawadach-Tworkach. Kolej ta, wybudowana w latach 1910–17, została wpisana do rejestru zabytków w 1992 roku. Obecnie jest atrakcją turystyczną w południowej części Pojezierza Ełckiego.

Tablice upamiętniające rozstrzelanie mieszkańców Rajgrodu w czasie okupacji niemieckiej znajdują się w lesie na południe od tej miejscowości. Zabytkowe cmentarze ewangelickie i cmentarze wojenne związane z walkami z okresu I wojny światowej znajdują się w miejscowościach: Borzomy, Makosieje, Romowo, Romoty, Belda i Kosówka.

XIII. Podsumowanie

Obszar arkusza Rajgród to rejon rolniczo-turystyczny o dobrych glebach. Lasy zajmują około 25% powierzchni arkusza. Na omawianym obszarze ustanowiono obszary chronionego krajobrazu: Jeziora Rajgrodzkie, Pojezierze Ełckie oraz Pojezierza Rajgrodzkiego. Obszary chronione mają za zadanie zachowanie walorów przyrodniczych, krajobrazowych, kulturowych, historycznych i turystycznych środowiska tego rejonu. Dolina Biebrzy w południowo-wschodniej części obszaru włączona została do Europejskiej Sieci Ekologicznej „Natura 2000” jako obszar specjalnej ochrony ptaków PLB2000006 Ostoja Biebrzańska. Stosunkowo liczne stanowiska archeologiczne zgrupowane są wokół jezior jako dogodnych miejsc osadnictwa od czasu epoki kamienia po wczesne średniowiecze.

Baza surowcowa jest uboga i mało zróżnicowana. Dotychczas eksploatowane były kopaliny ilaste i torfy. Obecnie cegielnia w Pisanicy, bazująca na surowcu miejscowym produkuje cegłę pełną z kopaliny dowożonej ze złóż położonych poza obszarem arkusza. Perspektywy surowcowe są ograniczone do kopalin okrucowych, a obszary prognostyczne wyznaczono tylko dla torfów. Mają one lokalne znaczenie.

Na całym obszarze występuje tylko jedno użytkowe piętro wodonośne w utworach czwartorzędowych. Zasilanie warstw wodonośnych odbywa się przez infiltrację opadów atmosferycznych. Są to wody dobrej jakości, wymagające prostego uzdatniania.

Przeciętne zawartości metali ciężkich w glebach na obszarze arkusza są na ogół niższe lub równe w stosunku do wartości przeciętnych (median) dla obszarów niezabudowanych Polski. Wyższą wartość mediany wykazuje jedynie zawartość baru i niklu.

Stwierdzone zawartości pierwiastków śladowych i WWA w osadach rzecznych i jeziornych są niższe od ich dopuszczalnych stężeń według Rozporządzenia MŚ, a także niższe od ich wartości PEL (za wyjątkiem arsenu w osadach jeziora Rajgrodzkiego), powyżej której obserwuje się szkodliwe oddziaływanie na organizmy wodne.

Stężenia radionuklidów poczynobylskiego cezu są bardzo niskie, charakterystyczne dla obszarów bardzo słabo zanieczyszczonych.

W granicach arkusza wyznaczono rejony, w których możliwe jest bezpośrednie składowanie odpadów obojętnych, natomiast nie stwierdzono osadów, mogących stanowić naturalną barierę geologiczną dla składowisk odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne. Rozmieszczone są one na obszarach wysoczyznowych, gdzie w strefie przypowierzchniowej występują gliny zwałowe stadiału górnego zlodowacenia wisły. Wykazują one miąższość od kilku do kilkunastu metrów. W niektórych miejscach (np. w rejonie Wiśniowa Ełckiego) występuje kompleks różnowiekowych plejstocenijskich glin zwałowych, którego miąższość może dochodzić do 21–32 metrów. Lokalnie przykryte są one cienką warstwą osadów piaszczystych. Wyznaczone rejony POLS położone są przeważnie w strefach o niskim i średnim stopniu zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego.

Na mapie wskazano dwa wyrobiska, które mogłyby w przyszłości stanowić niszę pod składowiska odpadów. Lokalizacja składowisk odpadów na wyznaczonych obszarach powinna być poprzedzona szczegółowymi badaniami geologiczno-inżynierskimi i hydrogeologicznymi, które pozwolą na dokładne rozpoznanie parametrów, określających właściwości izolacyjne glin zwałowych oraz ich miąższość i rozprzestrzenienie.

Najkorzystniejsze podłoże dla budownictwa występuje płatami w obrębie nizin sandrowych oraz miejscami na obszarze wysoczyzny pojeziernej. Jako niekorzystne dla budownictwa uznano tereny bagienne zlokalizowane w dolinach rzek oraz w pobliżu jezior.

Podstawą utrzymania ludności pozostaje rolnictwo z prężnie rozwijającą się agroturystyką i rekreacją.

XIV. Literatura

- ALBERING H., LEUSEN S., MOONEN E., HOOGEWERFF J., KEINJANS J., 1999 – Human Health Risk Assessment: A Case Study Involving Heavy Metal Soil Contamination After the Flooding of the River Meuse during the Winter of 1993-1994. *Environmental Health Perspectives* 107 (1), 37-43.
- BARTYŃSKI A., 1961a – Karta rejestracyjna złoża surowców ilastych ceramiki budowlanej „Czyńcze” pow. Ełk. Archiwum Urzędu Marszałkowskiego Województwa Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn.
- BARTYŃSKI A., 1961b – Karta rejestracyjna złoża surowców ilastych ceramiki budowlanej w Pisanicy. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- BER A., 2006 – Mapa glaciektoniczna Polski 1:1 000 000. *Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- BIENIEK B., ZAPRZELSKI Z., 1994 – Dokumentacja geologiczna uproszczona złoża kredy jeziornej „Rajgród” w miejscowości Rajgród. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- BIRCH G., SIAKA M., OWENS C., 2001 – The source of anthropogenic heavy metals in fluvial sediments of a rural catchment: Cocks River, Australia. *Water, Air & Soil Pollution*, 126 (1–2): 13–35.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1996 – Heavy metals in the Bystrzyca river flood plain. *Geological Quarterly*, 40 (3): 467–480.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., LEWANDOWSKI P., 1995 – Metale ciężkie w glebach tarasów zalewowych Pisi. *Prz. Geol.* 44 (1), 75, 1996.
- BOLEWSKI A. (red.), 1980 – Surowce Mineralne Świata – Torf. *Wyd. Geol., Warszawa.*
- BORDAS F., BOURG A., 2001 – Effect of solid/liquid ratio on the remobilization of Cu, Pb, Cd and Zn from polluted river sediment. *Water, Air, and Soil Pollution* 128:391–400.
- GABLER H., SCHNEIDER J., 2000 – Assessment of heavy metal contamination of floodplain soils due to mining and mineral processing in the Harz Mountains, Germany. *Environmental Geology* 39 (7): 774–781.
- GOCHT T., MOLDENHAUER, K.M. AND PÜTTMANN, W., 2001 – Historical record of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and heavy metals in floodplain sediments from the Rhine River (Hessische Ried, Germany). *Applied Geochemistry* 16: 1707–1721.

- GRABOWSKI D (red.), KRZYWICKI T., CZARNOGÓRSKA M., FRANKIEWICZ A., 2007 – Mapa osuwisk i obszarów predysponowanych do występowania ruchów masowych w województwie podlaskim. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HOWSAM M., JONES K., 1998 – Sources of PAHs in the environment. In: PAHs and related compounds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 137- 174.
- <http://natura2000.gdos.gov.pl/natura2000/>
- ILNICKI P., 2002 – Torfowiska i torfy. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Poznań.
- Informacja** o stanie środowiska na obszarze województwa podlaskiego w 2009 roku, 2010 – Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białymstoku.
<http://www.wios.bialystok.pl/pdf/raport2009.pdf>
- Instrukcja** opracowania Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, 2005 – Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KAPERA H., KRUK L., 2006 – Mapa geologiczno-gospodarcza Polski w skali 1:50 000, arkusz Rajgród (184). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KASPRZYK S., LASKOWSKI W., 1997 – Dokumentacja geologiczna w kat. C₂ złoża gytii wapiennej i torfu „Romoty”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KLECZKOWSKI A. S. (red.), 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.
- KONDRACKI J., 2002 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- KRZYWICKI T., 2002 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Rajgród (184). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KRZYWICKI T., 2003 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Rajgród (184). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KUCZYŃSKI A., 2002 – Dodatek nr 1 do uproszczonej dokumentacji geologicznej złoża kredy jeziornej „Rajgród” w kat. C₁ w związku z zaniechaniem eksploatacji złoża. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LICHWA M., 1983 – Sprawozdanie z prac badawczych dla określenia warunków występowania serii piaszczysto-żwirowej w województwie łomżyńskim. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LICHWA M., 1995 – Inwentaryzacja złóż surowców mineralnych stałych na terenie województwa łomżyńskiego, gmina i miasto Rajgród.

- LINDSTRÖM M., 2001 – Urban land use influences on heavy metal fluxes and surface sediment concentrations of small lakes. *Water, Air & Soil Pollution*, Vol.126 Nos. 3–4 p. 363 – 383.
- LIRO A. (red.), 1998 – Strategia wdrażania krajowej sieci ekologicznej ECONET-Polska. Wyd. Fundacja IUCN Poland, Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIU H., PROBST A. LIAO B., 2005 – Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China). *Sci Total Environ.* 339(1–3):153–166, 2005.
- LIWSKA H., 1989 – Sprawozdanie z prac poszukiwawczych złóż kruszywa w rejonie Ełku. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIWSKA H., 1995 – Sprawozdanie z prac poszukiwawczych złóż kredy jeziornej w środkowej i wschodniej części woj. suwalskiego. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MACDONALD D., INGERSOLL C., BERGER T., 2000 – Development and Evaluation of consensus-based Sediment Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39: 20–31.
- MARKS L., BER A., GOGOŁEK W., PIOTROWSKA K. (red.), 2006 – Mapa geologiczna Polski w skali 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MECRAY E. L., KING J. W., APPLEBY P. G., HUNT A. S., 2001 – Historical trace metal accumulation in the sediments of an urbanized region of the Lake Champlain Watershed, Burlington, Vermont. *Water, Air & Soil Pollution* Vol. 125 Nos. 1–4 p 201 – 230.
- MIDDELKOOP H., 2000 – Heavy metal pollution of the river Rhine and Meuse floodplains in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences* 79 (4): 411–428.
- MILLER J., HUDSON-EDWARDS K., LECHCLER P., PRESTON D., MACKLIN M., 2004 – Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo basin, Bolivia. *Sci. Total Environ.* 320(2-3):189-209.
- NIEĆ M. (red.), 2002 – Zasady dokumentowania złóż kopalin stałych. Ministerstwo Środowiska Departament Geologii i Koncesji Geologicznych Komisja Zasobów Kopalin, Warszawa.

- OFICJALSKA H., 2004 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Rajgród (0184). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- OPAROWSKA G., GRADYS A., 1982 – Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych złóż kredy jeziornej na terenie woj. łomżyńskiego w rejonie miejscowości: Niemyje, Łacha, Popiołki, Podliszewo, Krokowizna, Podchoinki, Pikły. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- OSTRZYŻEK W., DEMBEK K., 1996 – Zlokalizowanie i charakterystyka złóż torfowych w Polsce, spełniających kryteria potencjalnej bazy surowcowej z ustaleniem i uwzględnieniem wymogów związanych z ochroną i kształtowaniem środowiska. IMiUZ, Falenty.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski, tom I. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PULFORD I., MACKENZIE A., DONATELLO S., LAURA HASTINGS L., 2009 – Source term characterisation using concentration trends and geochemical associations of Pb and Zn in river sediments in the vicinity of a disused mine site: implications for contaminant metal dispersion processes. *Environmental Pollution* 157(5): 1649–1656
- RAMAMOORTHY S., RAMAMOORTHY S., 1997 – Chlorinated organic compounds in the Environment. Lewis Publishers. pp.370.
- Raport** o stanie środowiska województwa warmińsko-mazurskiego w 2009 roku, 2010 – Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Olsztynie. http://www.wios.olsztyn.pl/publikacje/raporty/raport_2009.pdf
- REISS D., RIHM B., THÖNI C., FALLER M., 2004 – Mapping stock at risk and release of zinc and copper in Switzerland – dose response functions for runoff rates derived from corrosion rate data. *Water, Air, and Soil Pollution* v. 159: 101–113.
- ROCHER V., AZIMI S., GASPERI J., BEUVIN L., MULLER M., MOILLERON R., CHEBBO G., 2004 – Hydrocarbons and metals in atmospheric deposition and roof runoff in Central Paris. *Water, Air, and Soil Pollution* vol. 159:67–86.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r., w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (DzU nr 55, poz. 498).
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU nr 165, poz. 1359).

- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (DzU nr 61, poz. 549).
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (DzU nr 162, poz. 1008).
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (DzU nr 39, poz. 320).
- SADOWSKI W., 1989 – Sprawozdanie z prac zwiadowczych złóż kruszywa naturalnego na terenie gminy Kalinowo. Archiwum Urzędu Marszałkowskiego Województwa Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn.
- SADOWSKI W., 2008 – Dokumentacja geologiczna złoża kruszywa naturalnego „Ryczywół” w kat. C₁ w miejsc. Ryczywół. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SALACHNA P., 1969 – Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych za surowcem ceramicznym ilastym i piaskami kwarcowymi w powiecie Augustów. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SALACHNA P., 1972 – Sprawozdanie z prac poszukiwawczych za surowcem ceramicznym i piaskami kwarcowymi w powiecie Grajewo. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SALACHNA P., 1976 – Karta rejestracyjna złoża ilów zastoiskowych „Makosieje” do produkcji cegły pełnej. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SALACHNA P., 1984 – Karta rejestracyjna złoża ilów zastoiskowych „Pisanica A” do produkcji cegły pełnej. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SAMOCKA B., ZEMBRZYCKA D., 1984 – Sprawozdanie z prac zwiadowczych w celu wstępnego zlokalizowania złóż surowców istotnych na terenie gmin Prostki, Nowinka, Lipsk, Sztabin (południowa część gminy Augustów) oraz złóż surowców ilastych i kruszywa naturalnego na terenie gminy Bargłów Kościelny. Archiwum Urzędu Marszałkowskiego Województwa Podlaskiego, Suwałki.
- SJÖBLOM A, HÅKANSSON K., ALLARD B., 2004 – River water metal speciation in a mining region – the influence of wetlands, limning, tributaries, and groundwater. *Water, Air, and Soil Pollution* 152: 173–194.

- SKWARCZYŃSKA Z., 1970 – Sprawozdanie z prac poszukiwawczych złóż kruszywa naturalnego w rejonie Grądzkie–Ełckie Borzymy. Archiwum Urzędu Marszałkowskiego Województwa Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn.
- STACHÝ J., 1987 – Atlas hydrologiczny Polski. Wyd. Geol., Warszawa.
- STARKEL L. (red.), 1991 – Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze. PWN, Warszawa.
- STAŚKIEWICZ E., 1978 – Projekt poszukiwań złóż kredy jeziornej na terenie woj. łomżyńskiego. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1993 – Mapy Radioekologiczne Polski. cz. I: Mapa mocy dawki promieniowania gamma w Polsce. Mapa stężenia cezu w Polsce. Skala 1:750 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1994 – Mapy Radioekologiczne Polski. cz. II: Mapa koncentracji uranu, toru i potasu w Polsce. Skala 1:750 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2011 – Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31.XII.2010 r. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- ŠMEJKALOVÁ M., MIKANOVÁ O., BORŮVKA L., 2003 – Effects of heavy metal concentrations on biological activity of soil micro-organisms. *Plant & Soil Environ.*, 49 (7): 321–326.
- TRACZYK S., HAS T., 1966 – Sprawozdanie z I etapu badań geologicznych złóż surowców ilastych ceramiki budowlanej w rejonie Ełku. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Ustawa** o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. (tekst jednolity DzU z 2010 nr 185, poz. 1243).
- VINK J., 2009 – The origin of speciation: Trace metal kinetics over natural water/sediment interfaces and the consequences for bioaccumulation. *Environmental Pollution* 157: 519–527.
- WENG H., CHEN X., 2000 – Impact of polluted canal water on adjacent soil and groundwater systems. *Environmental Geology* vol. 39 (8): 945–950.
- WILDI W., DOMINIK J., LOIZEAU J., THOMAS R., FAVARGER P., HALLER L., PERROUD A., PEYTREMANN C., 2004 – River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of Switzerland. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 9 (1): 75–87.
- ZDROJEWSKA E., 1980 – Dokumentacja geologiczna w kat. C₂ złoża kruszywa naturalnego „Kosówka-Toczyłowo”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.