

**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

OPRACOWANIE ZAMÓWIONE PRZEZ MINISTRA ŚRODOWISKA

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

Arkusz KĘTRZYN (102)



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

Warszawa 2012

Autorzy plansza A: Katarzyna Bednarz*, Alicja Pobratyn*, Mateusz Szymanowski*
Autorzy plansza B: Izabela Bojakowska**, Paweł Kwecko**, Hanna Tomassi-Morawiec**,
Krzysztof Wojciechowski***

Główny koordynator MGŚP: Małgorzata Sikorska-Maykowska**

Redaktor regionalny planszy A: Albin Zdanowski**

Redaktor regionalny planszy B: Joanna Szyborska-Kaszycka**

Redaktor tekstu: Sylwia Tarwid-Maciejowska**

* – Przedsiębiorstwo Geologiczne Sp. z o.o., ul. Hanke Bosaka 3A, 25-214 Kielce

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

*** – Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL SA, ul. Berezyńska 39, 03-908 Warszawa

ISBN

Spis treści

I. Wstęp <i>K. Bednarz</i>	3
II. Charakterystyka geograficzna i gospodarcza <i>K. Bednarz</i>	4
III. Budowa geologiczna <i>A. Pobratyn</i>	7
IV. Złoża kopalin <i>K. Bednarz</i>	11
V. Górnictwo kopalin <i>K. Bednarz</i>	14
VI. Perspektywy i prognozy występowania kopalin <i>K. Bednarz</i>	15
VII. Warunki wodne <i>A. Pobratyn</i>	17
1. Wody powierzchniowe.....	17
2. Wody podziemne	18
VIII. Geochemia środowiska.....	20
1. Gleby <i>P. Kwecko</i>	21
2. Osady <i>I. Bojakowska</i>	24
3. Pierwiastki promieniotwórcze <i>H. Tomassi-Morawiec</i>	27
IX. Składowanie odpadów <i>K. Wojciechowska</i>	30
X. Warunki podłoża budowlanego <i>K. Bednarz</i>	37
XI. Ochrona przyrody i krajobrazu <i>K. Bednarz</i>	39
XII. Zabytki kultury <i>M. Szymanowski</i>	44
XIII. Podsumowanie <i>K. Bednarz, K. Wojciechowska</i>	46
XIV. Literatura	48

I. Wstęp

Arkusz Kętrzyn Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000 opracowany został w 2011 roku w Przedsiębiorstwie Geologicznym Sp. z o.o. w Kielcach (plansza A), Przedsiębiorstwie Geologicznym „POLGEOL” SA w Warszawie oraz Państwowym Instytucie Geologicznym-Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie (plansza B). Wykonano go zgodnie z „Instrukcją opracowania Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000” (2005). Przy opracowaniu niniejszego arkusza wykorzystano materiały archiwalne arkusza Kętrzyn Mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000 (Sroga, 2006 r.).

Plansza A zawiera dane zgrupowane w następujących warstwach informacyjnych: kopaliny, górnictwo i przetwórstwo, wody powierzchniowe i podziemne, warunki podłoża budowlanego oraz ochrona przyrody i zabytków kultury.

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 adresowana jest przede wszystkim do instytucji, samorządów terytorialnych i administracji państwowej zajmujących się racjonalnym zarządzaniem zasobami środowiska przyrodniczego. Analiza jej treści stanowi pomoc w realizacji postanowień ustaw o zagospodarowaniu przestrzennym i prawa ochrony środowiska. Informacje zawarte na mapie mogą być wykorzystywane w pracach studialnych przy opracowywaniu strategii rozwoju województwa oraz projektów i planów zagospodarowania przestrzennego, a także w opracowaniach ekofizjograficznych. Przedstawione na mapie informacje środowiskowe stanowią dużą pomoc przy wykonywaniu wojewódzkich, powiatowych i gminnych programów ochrony środowiska oraz planów gospodarki odpadami.

Materiały do niniejszego opracowania zebrano w archiwach: Warmińsko-Mazurskiego Urzędu Wojewódzkiego w Olsztynie, Starostwa Powiatowego w Kętrzynie, Centralnym Archiwum Geologicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, a także w Wo-

jewódzkim Oddziale Służby Ochrony Zabytków w Olsztynie. Wykorzystane zostały również materiały uzyskane w Urzędzie Miasta Kętrzyna i urzędach gmin, a także ze stron internetowych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Olsztynie. Dane zostały zweryfikowane w terenie.

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

II. Charakterystyka geograficzna i gospodarcza

Obszar arkusza Kętrzyn wyznaczają współrzędne $21^{\circ}15'$ – $21^{\circ}30'$ długości geograficznej wschodniej i $54^{\circ}00'$ – $54^{\circ}10'$ szerokości geograficznej północnej. Jest on położony w północnej części województwa warmińsko-mazurskiego i obejmuje środkową część powiatu kętrzyńskiego. W granicach arkusza znajdują się fragmenty gmin: Korsze, Barciany i Srokowo, większa część gminy Kętrzyn oraz miasto Kętrzyn.

Według podziału fizycznogeograficznego Polski (Kondracki, 2002) obszar omawianego arkusza znajduje się na pograniczu dwóch podprowincji: Pobrzeża Wschodniobałtyckie i Pojezierza Wschodniobałtyckie (prowincja Niż Wschodniobałtycko-Białoruski). Zgodnie z podziałem na mniejsze jednostki – mezoregiony, cała północno-zachodnia część obszaru arkusza należy do Niziny Sępopolskiej (makroregion Nizina Staropruska), część środkowa i południowa do Pojezierza Mrągowskiego, a północno-wschodnia do Krainy Wielkich Jezior Mazurskich. Dwa ostatnie mezoregiony stanowią element rozległego makroregionu Pojezierze Mazurskie (fig. 1).

Nizina Sępopolska jedynie w części północnej omawianego obszaru przedstawia nieckę wypełnioną gliną morenową. W rejonie na północ i zachód od Kętrzyna powierzchnia terenu wznosi się do wysokości rzędu 85-110 m n.p.m. i jest morfologicznie urozmaicona wzgórzami morenowymi. Dodatkowym urozmaiceniem rzeźby są tu erozyjne doliny rzeczne Gubra i jego dopływu – Dajny, wcięte w podłoże na głębokość do 20 m. Ku wschodowi i południowemu wschodowi falista nizina przechodzi w wysoczyznę morenową Krainy Wielkich Jezior Mazurskich i Pojezierza Mrągowskiego. Krawędź wysoczyzny ze wzgórzami strefy marginalnej lodowca przebiega od Wilkowa przez Kętrzyn, Starą i Nową Różankę. Dominującym elementem w krajobrazie wysoczyzny są wzgórza morenowe o znacznych niekiedy wysokościach względnych (do 40 m) i kemy. Wznoszą się one ponad pofalowaną wysoczyznę do wysokości 140-160 m n.p.m. Obniżenia są wypełnione utworami zastoiskowymi, wodnol-

do terenów centralnej Polski i trwa zaledwie 157 dni. Specyficzne dla tego regionu jest bardzo rzadkie występowanie pogody przymrozkowej bardzo chłodnej i jednocześnie słonecznej.

W granicach arkusza na wysoczyźnie dominują gleby bielcowe i pseudobielcowe, wytworzone na glinach zwałowych i piaskach gliniastych. W dolinach rzecznych i obniżeniach terenu występują gleby organogeniczne: torfowe, murszowo-torfowe, mułowo-torfowe i murszowo-mineralne. Zajęte są one przeważnie przez łąki i pastwiska. Na glinach zwałowych i ilach zastoiskowych Niziny Sępopolskiej wytworzyły się ciężkie gleby brunatne i czarne ziemie o dużej urodzajności. Stosunkowo małą powierzchnię zajmują tu gleby hydrogeniczne.

Tereny leśne zajmują około 11% powierzchni arkusza, w wyższych położeniach części pojeziernej, na nieco słabszych glebach. Są to w zdecydowanej większości lasy państwowe, administrowane przez nadleśnictwa w Srokowie i w Mrągowie. Dominującym typem siedliska jest las świeży; znaczne powierzchnie na terenach podmokłych zajmuje las mieszany świeży i ols. Gatunkami panującymi w drzewostanie są gatunki liściaste, zajmujące około 60% powierzchni leśnej. Są to głównie: brzoza, dąb i olcha. Na południu wzrasta udział sosny, modrzewia i świerka.

Podstawą gospodarki omawianego regionu jest rolnictwo, czemu sprzyja stosunkowo wysoka jakość gleb, dobre warunki agroklimatyczne oraz korzystna struktura własnościowa gospodarstw rolnych. Pod względem urodzajności gleb powiat kętrzyński plasuje się na pierwszym miejscu w województwie. Znaczny odsetek gleb należy do klasy bonitacyjnej IIIb i IIIa, szczególnie w części nizinnej (na północnym zachodzie). W strukturze zasiewów dominują rośliny zbożowe (pszenica, jęczmień, gryka), uprawia się także rośliny przemysłowe (buraki cukrowe, rzepak) (Biesiacki, 1980). W hodowli bardzo istotną rolę odgrywa hodowla trzody chlewnej. Ilościowo przeważają średnie i duże gospodarstwa indywidualne, powstałe po zlikwidowanych PGR-ach.

Największą miejscowością w granicach arkusza jest blisko 30-tysięczny Kętrzyn. Miasto, pomimo szeregu przekształceń stosunków własnościowych, utrzymało tradycyjną rolę ośrodka przemysłu rolno-spożywczego (m.in. SPPH „Majonezy”, Lesaffre-Bio-Corporation Sp. z o.o.). Funkcjonują tu również niewielkie zakłady przemysłowe: Philips Lighting Farel Mazury Sp. z o.o. (elektrotechnika), MTI Furninova Polska Sp. z o.o. (produkcja mebli), ZPO Warmia (produkcja odzieży). Lokalnymi ośrodkami obsługi rolnictwa są większe miejscowości: Winda, Kruszewiec, Biedaszki (fabryka maszyn rolniczych – POL-MOT TUR SA), Nakomiady.

Kętrzyn jest siedzibą starostwa powiatowego i władz gminy, a także ważnym węzłem komunikacji drogowej i kolejowej. Prowadzi tędy kilka dróg wojewódzkich: nr 592 z Bartoszyc do Giżycka, nr 591 z Mrągowa do granicy państwowej oraz droga nr 594 z Bisztynka i Reszla. Gęsta jest sieć lokalnych dróg powiatowych i gminnych. Utrzymywana jest jeszcze linia kolejowa z Olsztyna przez Korsze i Kętrzyn do Ełku, a linia z Kętrzyna do Węgorzewa służy jedynie do przewozu towarów. Zupełnej dewastacji uległa natomiast gęsta niegdyś (i wykorzystywana) sieć linii wąskotorowych. W sferze planów pozostaje uruchomienie drogowego przejścia granicznego z Rosją (w Michałkowie, poza arkuszem), co z pewnością przyczyniłoby się do znacznego ożywienia gospodarczego w regionie.

III. Budowa geologiczna

Przedstawiony poniżej rys budowy geologicznej obszaru arkusza Kętrzyn jest uproszczony i ogranicza się jedynie do tych elementów, które są istotne dla omawianej dalej problematyki złożowej, wód podziemnych i warunków podłoża budowlanego. Bliższą charakterystykę geologiczną omawianego obszaru zawiera arkusz Kętrzyn Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 (Rychel, 2009).

Omawiany obszar jest położony w obrębie platformy wschodnioeuropejskiej, na pograniczu dwóch dużych jednostek tektonicznych: tzw. obniżenia perybałtyckiego (na północy) i wyniesienia mazursko-suwalskiego. Prekambryjskie podłoże krystaliczne nawiercono tu trzema otworami: dwoma strukturalnymi – Kętrzyn IG-1 i Kętrzyn IG-2 oraz poszukiwawczym za ropą naftową (Klewno 1), położonymi tuż za granicami arkusza. Podłoże zalega na głębokości około 1400-1800 m i jest zbudowane z: gnejsów, granitów typu rapakiwi, migmatytów, monzonitów, anortozytów i skał gabrowych. Pokrywa osadowa platformy tworzy dwa piętra strukturalne: dolne, paleozoiczne o charakterze uskokowo-zrębowym, zbudowane ze skał kambru, ordowiku, syluru i permu oraz górne – zbudowane ze skał triasu, jury, kredy, trzeciorzędu i czwartorzędu. Poszczególne piętra paleo- i mezozoiczne ku południowi wykazują znaczną redukcję miąższości. Szereg z nich wyklinowuje się na skłonie wyniesienia mazursko-suwalskiego. Skały krystalicznego podłoża, a także pokrywy osadowej nie zawierają koncentracji kopalin metalicznych, czy też chemicznych; nie stanowią również kolektorów dla ropy i gazu.

Spośród utworów paleozoicznych największą miąższość (do 200 m) osiągają utwory kambru, wykształcone jako piaskowce i mułowce. Wyżejleża seria osadów ordowicko-sylurskich o zmiennej miąższości (rzędu kilkudziesięciu metrów) zbudowana jest z wapieni wi-

śniowych i mułowców. Bezpośrednio na skałach sylurskich zalegają utwory permu wykształcone jako pstry piaskowce i zlepieńce, anhydryty i dolomity oraz wapienie, iłowce i mułowce. Ich sumaryczna miąższość wynosi od 140 do 190 m.

Górne piętro strukturalne reprezentowane jest przez osady od triasu po kenozoik: trzeciorząd oraz czwartorzęd. Skały triasowe: iłowce, piaskowce, wapienie i mułowce największą miąższość (do 400 m) osiągają w rejonie Windy. Z kolei miąższość serii jurajskich (szarych wapieni, iłowców i mułowców) wynosi od 150 do 300 m.

Osady kredowe, rozpoznane w nielicznych otworach, wykształcone są jako piaszczyste mułowce i margle, lokalnie jako piaski kwarcowo-glaukonitowe. Zalegają one na całym obszarze arkusza i stanowią wraz z utworami trzeciorzędu bezpośrednie podłoże dla osadów czwartorzędu. Powierzchnia podczwartorzędowa jest morfologicznie silnie zróżnicowana. Dominującym elementem jest rynna erozyjna o szerokości 2 km, której dno jest założone w skałach kredowych. Biegnie ona łukiem z południowego wschodu w rejon Pieckowa, skręca ku północy i następnie w rejonie Windy – ku wschodowi. Osady mastrychtu (górną kreda) są w niej zredukowane o około 80 m. Podobna, lecz płytsza rynna biegnie od Pieckowa w kierunku Kętrzyna. Geneza rynien nie jest jasna; mają one prawdopodobnie założenia tektoniczne. Sumaryczna miąższość utworów kredy górnej na obszarze arkusza wynosi około 200 m.

Profil trzeciorzędu rozpoczynają utwory paleocenu reprezentowane przez piaski kwarcowo-glaukonitowe, podrzędnie mułowce piaszczyste i mułki margliste z pirytem i muskowitem, o łącznej miąższości do 35 m. Utwory eocenu: piaski kwarcowe z glaukonitem i pirytem (miejscami z domieszką żwirów kwarcowych) występują powszechnie na omawianym obszarze osiągając miąższość do 50 m. Podobnie wykształcone są utwory oligocenu. Osady mioce- nu stwierdzono otworami wiertniczymi tylko w południowo-zachodniej części arkusza. Są to piaski kwarcowe, podrzędnie żwiry, a w stropie iły i mułki z piaskami, mające miąższość do 20 m.

Osady czwartorzędowe występują zwartą pokrywą na całym omawianym obszarze (fig. 2). Ich miąższość jest znaczna i wynosi od 150 m na południowym zachodzie, przez około 200-250 w centrum, do niemal 300 m w części południowo-wschodniej. W profilu osadów czwartorzędowych całego regionu dominują gliny zwałowe, których sumaryczna miąższość lokalnie przekracza 200 m. Nierozpoznany jest dotychczas wpływ procesów lodowcowych na budowę osadów czwartorzędowych. Miały one z pewnością znaczący wpływ na modelowanie osadów plejstoceniowych, szczególnie w obszarze strefy kontaktowej Niziny Staropruskiej z Pojezierzem Mazurskim. Procesy glacitektoniczne spowodowały deformacje w obrębie mo-

ren czołowych zbudowanych z glin zwałowych. Również złożoność budowy podczwartorzędowego podłoża w rejonie Kętrzyna spowodowana jest zapewne procesami glaciektonicznymi.

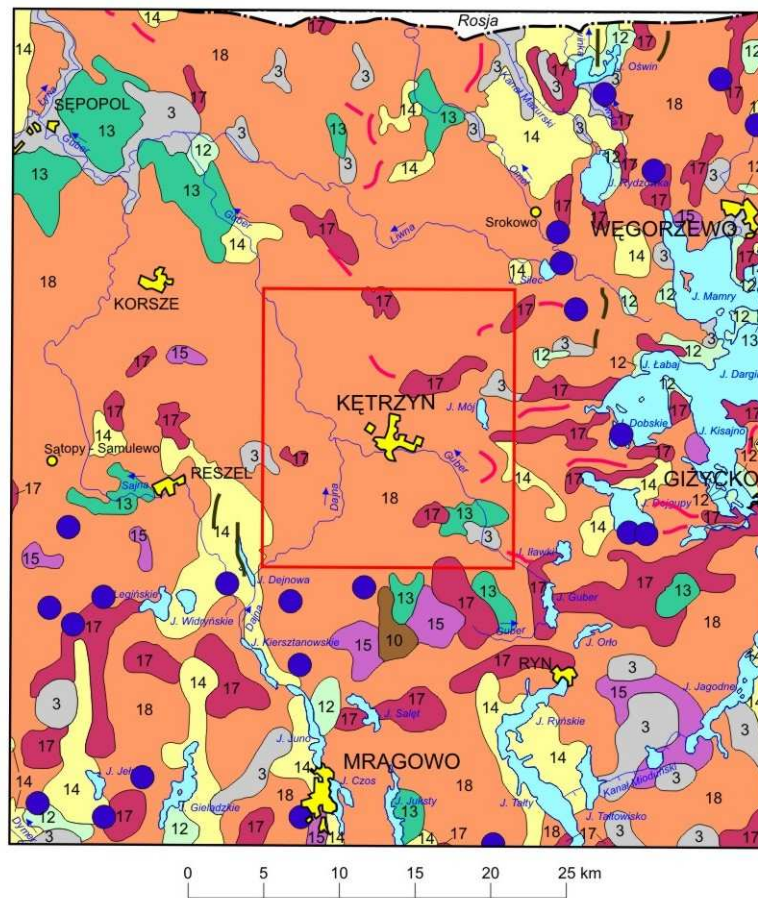
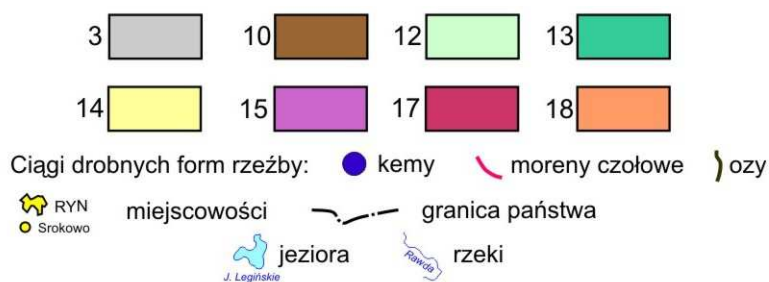


Fig. 2. Położenie arkusza Kętrzyn na tle Mapy geologicznej Polski w skali 1:500 000 wg L. Marksa, A. Bera, W. Gogołka, K. Piotrowskiej (red.) (2006)



Czwartorzęd, holocen: 3 – piaski, żwiry, mady rzeczne oraz torfy i namuły; plejstocen: 10 – gliny, piaski i gliny z rumoszczami, soliflukcyjno-deluwialne, 12 – piaski i mułki jeziorne, 13 – ility, mułki i piaski zastoiskowe, 14 – piaski i żwiry sandrowe, 15 – piaski i mułki kemów, 17 – żwiry, piaski, głazy i gliny moren czołowych, 18 – gliny zwałowe oraz piaski i żwiry lodowcowe

Zachowano oryginalną numerację z Mapy geologicznej w skali 1:500 000 (Marks i in. 2006)

Utwory najstarszego ze zlodowaceń – narwi, są wykształcone jako dwudzielne gliny zwałowe rozdzielone piaskami i żwirami wodnolodowcowymi. Stwierdzono je lokalnie (otwór Kruszewiec), gdzie osiągają miąższość do 30 m. Górne gliny zlodowacenia narwi na-

wiercono w szeregu otworów (Skierki, Sławkowo, Radosze) na głębokości poniżej 200 m. Leżące powyżej w głębokich obniżeniach piaski i żwiry rzeczne o miąższości około 50 m oraz ility, mułki i piaski jeziorne zostały włączone do interglacjału kromerskiego. Powyżej tych utworów powszechnie występują osady zlodowaceń nidy, sanu i wilgi, wykształcone w postaci dwóch do czterech poziomów glin zwałowych i rozdzielających je osadów wodno lodowcowych, rzadziej zastoiskowych (w części tworzących charakterystyczny poziom tzw. czerwonego kompleksu ilastego). Ich łączna miąższość wynosi 120 m.

Osady interglacjału mazowieckiego: jeziorne ility, mułki i piaski z torfami o łącznej miąższości do 60 m stwierdzono w rejonie Sławkowa, Beżławek i Nakomiadów. Wyżej zalega kompleks osadów zlodowaceń środkowopolskich: odry i warty, rozdzielony utworami interglacjału lubelskiego. Kompleks ten składa się z czterech poziomów glin zwałowych rozdzielonych osadami wodnolodowcowymi i zastoiskowymi o łącznej miąższości do 80 m.

Najmłodsze utwory plejstocenijskie to osady zlodowaceń północnopolskich (zlodowacenia wisły) powiązane umownie z fazą leszczyńską i pomorską. Omawiany okres reprezentowany jest często przez jeden nierozdzielony poziom glin zwałowych, który zaliczono umownie do fazy pomorskiej zlodowacenia wisły. Lokalnie jednak w otworach wiertniczych stwierdza się obecność poziomów piaszczysto-żwirowych bądź ilasto-mułkowych, które pozwalają wydzielić dwa poziomy glin zwałowych – dolny i górny. Gлина zwałowa dolna (fazy leszczyńskiej) jest najczęściej brunatna, rzadziej szara, silnie piaszczysta i zawiera liczne żwiry skał osadowych i krystalicznych. Stwierdzono jej występowanie w całej południowej części obszaru, gdzie osiąga miąższość do 80 m. Na glinach lokalnie zalegają osady zastoiskowe – ility, mułki i piaski. Są one szare, wapieniste i osiągają miąższość do kilku metrów.

Na powierzchni terenu występują osady związane z fazą pomorską: zastoiskowe, wodnolodowcowe i lodowcowe, a także jeziorne i rzeczne. Największe rozprzestrzenienie na powierzchni mają gliny zwałowe, które przykrywają niemal cały omawiany obszar. Są one zwykle brązowe, silnie ilaste, a wśród materiału okruchowego w glinie przeważają żwiry północnych skał osadowych, miejscami duży udział mają górnokredowe gezy wapienne (np. w otworze Skierki). Poziom gliny zwałowej ma stosunkowo stałą miąższość około 20 m. Wzdłuż doliny Gubra i Dajny glina zwałowa przechodzi ku stropowi w ility lodowcowe – facjalną odmianę gliny, powstałą w środowisku wodnym (przy utrudnionym odpływie wód). Ily te osiągają miejscami miąższość kilkunastu metrów, na ogół jednak nie przekraczają 2-5 m miąższości. Osady wodnolodowcowe są dwudzielne: zalegają zarówno pod jak i na glinach zwałowych fazy pomorskiej. Dolne piaski i żwiry stwierdzono lokalnie, m.in. w rejonie Beżławek,

gdzie ich miąższość wynosi 8,5 m. Górne piaski i żwiry wodnolodowcowe występują większymi płatami na terenach leśnych w południowo-wschodniej części omawianego obszaru i w rejonie Linkowa. Ich miąższość, szacowana na podstawie nielicznych odsłoneń i z wierceń, wynosi do kilkunastu metrów.

Utwory czołowomorenowe – piaski, żwiry i głazy tworzą pojedyncze wzgórza o wysokości względnej do 40 m na wysoczyźnie pojeziernej. Są one zwykle warstwowane poziomo, słabo wysortowane, silnie wapniste. W budowie szeregu wałów moren czołowych na Nizinie Sępopolskiej (w rejonie Windy) oraz na Pojezierzu Mazurskim bierze udział glina zwałowa, która okrywa materiał piaszczysto-żwirowy. Ich powstanie należy wiązać najprawdopodobniej z procesami glacitektonicznymi. Na zapleczu moren czołowych lokalnie występują wysokie na kilkanaście metrów wały i wzgórza kemowe zbudowane z materiału piaszczysto-ilastego ze żwirem, o charakterystycznym, deltowym warstwowaniu. W sąsiedztwie kemów występują mułki, piaski i żwiry jeziorne. Stwierdzono je na powierzchni w części wysoczyznowej, gdzie tworzą na ogół płaskie powierzchnie tarasów kemowych. Miejscami na osadach jeziornych zalegają drobnoziarniste i pylaste piaski eoliczne o miąższości do 3 m. Występują lokalnie w dolinie Gubra na Pojezierzu Mrągowskim.

Holocenijskie osady rzeczne (mułki, piaski i żwiry) występują w dolinach rzek i potoków. Ze względu na w większości erozyjny charakter tych dolin miąższość osadów rzecznych jest niewielka – osiąga co najwyżej 2-3 m. Gytie i kredy jeziorne występują w szeregu obniżeń bezodpływowych, często pod holocenijskimi osadami jeziornymi. Te ostatnie przykrywają osady rzeczne w dolinie Gubra od Linkowa po Saduny.

Namuły i torfy stanowią na omawianym obszarze najmłodszy, pokrywowy element związany z obniżeniami terenu. Leżą one na osadach jeziornych bądź wprost na glinie zwałowej fazy pomorskiej. Namuły charakteryzuje duża zmienność litologiczna. Są to głównie ciemnoszare mułki i piaski drobnoziarniste i pylaste, z dużą zawartością substancji humusowych i szczątków roślinnych oraz z przewarstwieniami torfów. Torfy z kolei występują w obniżeniach na wysoczyźnie morenowej. Są to głównie torfy niskie zasilane przez wody gruntowe. Miąższość torfów waha się w granicach od 0,5 do 3 m.

IV. Złóża kopalin

W granicach arkusza Kętrzyn rozpoznano i udokumentowano wystąpienia piasków oraz piasków ze żwirem. Zlokalizowano tu trzy złoża o zasobach udokumentowanych i zarejestrowanych (Szuflicki (red.) i in., 2011). Ich charakterystykę gospodarczą i klasyfikację sozolo-

giczną przedstawiono w tabeli 1. Szczegółowe informacje o złożach zamieszczono również w kartach informacyjnych opracowanych dla komputerowej bazy danych.

W zachodniej części arkusza w odległości 3 km na wschód od miejscowości Nowa Różanka, udokumentowano w formie karty rejestracyjnej złożę „Mazany II” (Helwak, 1985). Kopalinę główną stanowią tu piaski o punkcie piaskowym (procentowej zawartości frakcji do 2 mm średnicy) poniżej 85%, kopalinę towarzyszącą piaski o punkcie piaskowym powyżej 85%. Złożę zostało udokumentowane w dwóch polach o łącznej powierzchni 4,7 ha. Miąższość serii złożowej waha się w granicach od 2,6 do 8,7 m (średnio 6,39 m), a grubość nadkładowych piasków gliniastych nie przekracza 2 m (średnio wynosi 1,19 m). Kopalina główna jest przydatna w drogownictwie do nawierzchni z mas bitumicznych i do warstw odsączających. Jej punkt piaskowy wynosi od 70,0 do 84,8% (średnio 79,3%), zawartość pyłów mineralnych jest niska (od 1,5 do 3,7%; średnio 2,2%), a nasiąkliwość i mrozoodporność średnio wynoszą odpowiednio 7,6 i 8,5%. Praktycznie brak jest zanieczyszczeń obcych i organicznych.

Punkt piaskowy kopaliny towarzyszącej – piasków nieklasyfikowanych (w polu wschodnim (tzw. B) wynosi średnio 86,9%, a zawartość pyłów mineralnych – 2,9%. Złożę jest częściowo zawodnione.

Złożę piasku ze żwirem „Pudwagi I” położone jest w zachodniej części arkusza. Zostało udokumentowane w kat. C₁ na powierzchni 1,4 ha (Zaprzelski, 2009). Złożę leży w obrębie terenów wysoczyznowych, o rzeźbie lekko falistej jest formą akumulacji wodnolodowcowej zlodowacenia północnopolskiego. Utwory podłożowe stanowią gliny piaszczyste i pylaste na nich zalega seria żwirowo-piaszczysta w przewarstwieniach żwiru z piaskiem, piasku ze żwirem i piasku o miąższości 2,0 do 4,1 m (średnio 3,2 m). W nadkładzie o średniej grubości 0,6 m występuje gleba oraz gliniaste piaski ze żwirem. Z wykonanych badań jakościowych wynika, że kopalina przydatna jest do robót drogowych. Punkt piaskowy wynosi od 43,5 do 52,1% (średnio 47,3%). Zawartość frakcji żwirowej jest wysoka, wynosi średnio 52,7%, zawartość pyłów mineralnych maksymalnie wynosi 8,7%, średnia gęstość nasypowa w stanie utrzesionym 1,90 t/m³, a zawartość zanieczyszczeń obcych jest w normie. Lokalnie spągowe partie złoża są zawodnione.

Złoże kopalin i ich charakterystyka gospodarcza oraz klasyfikacja

Nr złoża na mapie	Nazwa złoża	Rodzaj kopaliny	Wiek komplek- su litologiczno- surowcowego	Zasoby geo- logiczne bilansowe (tys. t)	Kategoria rozpoznania	Stan zago- sposodarowa- nia złoża	Wydobycie (tys. t)	Zastosowanie kopaliny	Klasyfikacja złóż		Przyczyny kon- fliktowości złoża	
									Klasy 1-4	Klasy A-C		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
				wg stanu na 31.12.2009 r. (Szuflicki , (red.) 2011)								
1	Mazany II	p	Q	437	C ₁ *	Z	-	Sd	4	A		
2	Pudwagi I	pż	Q	90	C ₁	G	-	Sd	4	A		
3	Pudwagi	pż	Q	100	C ₁	G	-	Sb,Sd	4	A		

Rubryka 3 – p – piaski ; pż – piaski i żwiry;

Rubryka 4 – Q – czwartorzęd;

Rubryka 6 – kategoria rozpoznania zasobów udokumentowanych: C₁; złoża zarejestrowane (kategoria przypisana umownie) – C₁*;

Rubryka 7 – złoża: Z – zaniechane, G – zagospodarowane;

Rubryka 9 – Sb – budowlane, Sd – drogowe;

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

Rubryka 11 – złoża: A – mało konfliktowe.

Udokumentowane w kat. C₁ złożę piasku ze żwirem „Pudwagi” o powierzchni 1,6 ha (Zaprzelski, 2007), położone jest około 500 m na południowy wschód od zabudowy osady Pudwagi. Teren położony jest w krajobrazie rolniczym, przylega do gruntów rolnych i wyrobiska po dawnej eksploatacji kruszywa naturalnego, którego większą część zajmuje składowisko odpadów gospodarczych. Rzeźba terenu jest falista. Złożę to budują piaski i żwiry wodnolodowcowe zlodowacenia północnopolskiego o miąższości od 2,0 do 5,6 m (średnio 3,35 m). Warstwą podścielającą jest glina piaszczysta, nadkład o średniej grubości 0,21 m stanowi gleba. Kopalina znajduje zastosowanie w budownictwie i drogownictwie. Jej punkt piaskowy wynosi od 51,3 do 85,5% (średnio 77,8%). Zawartość frakcji żwirowej w złożu waha od 16,7 do 41,6%, zawartość pyłów jest niewielka i wynosi od 1,8 do 2,8% (średnio 2,4%), a gęstość nasypowa po utrzęsieniu waha się od 1,78 do 1,96 t/m³ (średnio 1,84). Woda gruntowa zalega lokalnie w zagłębieniach stropu gliny, pod spągiem złoża.

Dla złóż występujących na obszarze arkusza Kętrzyn przeprowadzono ocenę sozologiczną w formie klasyfikacji złóż z punktu widzenia ich ochrony (Zasady..., 2002) oraz ze względu na ochronę środowiska (tabela 1). Wszystkie złoża kopalin pospolitych z omawianego obszaru, z punktu widzenia ich ochrony, należą do złóż powszechnych, licznie występujących, łatwo dostępnych (klasa 4) natomiast ze względu na ochronę środowiska zaliczono je do małokonfliktowych (klasa A).

V. Górnictwo kopalin

Na obszarze objętym arkuszem Kętrzyn aktualnie koncesjonowana eksploatacja kopalin prowadzona jest na złożach „Pudwagi I” i „Pudwagi”. Eksploatacja złoża piasku „Mazany II” została zaniechana.

Ze względu na wielkość powierzchni złóż właściwym organem koncesyjnym dla eksploatowanych złóż jest Starosta Kętrzyński.

Prywatny inwestor rozpoczął eksploatację złoża piasku ze żwirem „Pudwagi I” w 2009 roku, w ramach koncesji, ważnej do 2017 roku. Prace wydobywcze prowadzone są w granicach obszaru górniczego o powierzchni pokrywającym się z obszarem złoża, wynosi ona 1,4 ha. Teren górniczy posiada powierzchnię 1,9 ha. Złożę eksploatowane jest odkrywkowo w wyrobisku wgłębnym, jednym poziomem wydobywczym położonym na spągu złoża lub powyżej lustra wody gruntowej (w rejonach gdzie spągowe partie złoża są zawodnione). Nadkład składowany jest na zwałowiskach wewnętrznych, na dnie wyrobiska. Kopalina jest ura-

biana mechanicznie i w stanie surowym sprzedawana. Przewiduje się rekultywację w kierunku rolnym ze zbiornikami wodnymi.

Eksploatacja piasku ze żwirem w złożu „Pudwagi” jest prowadzona metodą odkrywkową w wyrobisku wgłębnym jednym poziomem. Obszar i teren górniczy zostały ustanowione wraz z decyzją koncesyjną w 2008 roku, ważną do 2012 roku. Eksploatację rozpoczęto od strony istniejących wyrobisk poeksploatacyjnych w części północno-zachodniej. Nadkład składa się na zwałowiskach wewnętrznych. Kopalina bez przeróbki jest transportowana do odbiorców. Wyrobisko po eksploatacji ma być zrehabilitowane w kierunku rolnym i leśnym.

Na podstawie zwiadu terenowego, zlokalizowano dwa punkty niekoncesjonowanego pozyskiwania kopaliny, dla których sporządzono karty informacyjne. Punkty te znajdują się w rejonie miejscowości Siniec i Sławkowo. Eksploatowane są w nich piaski i żwiry, w wyniku tej działalności powstały wyrobiska o dość znacznych rozmiarach.

W okolicach osady Mała Wieś okoliczni mieszkańcy eksploatują na własne potrzeby piasek ze żwirem. Miejsce to zaznaczono na mapie jako punkt występowania kopaliny, dla którego nie sporządzono karty informacyjnej.

VI. Perspektywy i prognozy występowania kopalin

Perspektywy złożowe na obszarze arkusza Kętrzyn związane są z kompleksami okrucowymi, na które składają się piaski i żwiry stanowiące kruszywo naturalne dla budownictwa i drogownictwa oraz z torfami do celów opałowych.

Po przeanalizowaniu wyników prac geologiczno-poszukiwawczych i dokumentacyjnych, opracowań surowcowych, danych z zakresu ochrony przyrody i wód podziemnych wyznaczono obszary, dla których wyniki poszukiwań okazały się perspektywiczne dla udokumentowania złóż kopalin oraz obszary, gdzie wyniki prac okazały się negatywne.

Obszary prognostyczne występowania torfów wyznaczono wszędzie tam, gdzie parametry jakościowe kopaliny oraz geologiczno-górnice warunki jej występowania spełniają kryteria bilansowości, a także nie występują ograniczenia środowiskowe przyszłej eksploatacji (Ostrzyżek, Dembek, 1996). W obszarze prognostycznym w rejonie Garbna (nr I) występują niskie torfy turzycowiskowe. Obszar na południe od Sińca (nr II) wykracza swym zasięgiem na sąsiedni arkusz Sterławki Wielkie. Na torfowisku mieszanotypowym występują torfy brzezinowo-olesowe. Z kolei na południe od Pręgowa (obszar prognostyczny nr III), na torfowisku wysokim zalegają torfy bórbagienne. Wykaz obszarów prognostycznych wraz z wybranymi parametrami kopaliny przedstawia tabela 2.

Wykaz obszarów prognostycznych

Nr obszaru na mapie	Powierzchnia (ha)	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno-surowcowego	Parametry jakościowe popielność rozkład (%)	Grubość nadkładu (m)	Grubość kompleksu litologiczno-surowcowego średnia (m)	Zasoby w kategorii D ₁ (tys. m ³)	Zastosowanie kopaliny
I	2	3	4	5	6	7	8	9
I	1,7	t	Q	12,0 / 40,0	do 0,5	2,76	48	Sr
II	43,0*	t	Q	10,7 / 45,0	do 0,5	1,73	737	Sr
III	7,5	t	Q	20,0 / 25,0	do 0,5	2,62	196	Sr

Rubryka 2: * – częściowo poza obszarem arkusza

Rubryka 3: t – torfy

Rubryka 4: Q – czwartorzęd

Rubryka 9: Sr – dla rolnictwa;

We wschodniej części arkusza w rejonie udokumentowanego złoża piasków „Mazany II” wyznaczono obszar perspektywiczny występowania piasków oraz piasków i żwirów akumulacji wodnolodowcowej zlodowacenia wisły. Serię złożową stanowią piaski i piaski ze żwirem występujące pod nadkładem piasków gliniastych o średniej grubości 1,19 m. Miąższość warstwy złożowej w tym rejonie wynosi od 2,6 do 8,7 m, a punkt piaskowy waha się od 70,0 do 84,8% (Helwak, 1985; Rychel, 2009). Kopalina może być stosowana w drogownictwie. Omawiany obszar perspektywiczny ma kontynuację na arkuszu Sterławki Wielkie.

Obszar perspektywiczny piasków i żwirów akumulacji wodnolodowcowej wyznaczono również w rejonie udokumentowanych złóż „Pudwagi I” i „Pudwagi” we wschodniej części omawianego arkusza. Kopalina z tego obszaru może być przydatna do robót drogowych i budowlanych. Zawartość frakcji żwirowej wynosi od 21,6 do 52,7%, punkt piaskowy waha się od 47,3 do 77,8% natomiast zawartość pyłów oscyluje od 2,4 do 6,4%. Seria żwirowopiaszczysta w przewarstwieniach żwiru z piaskiem, piasku ze żwirem i piasku o średniej miąższości 3,3 m występuje pod nadkładem gleby i piasków gliniastych o niewielkiej grubości od 0,21 do 0,6 m (Zaprzelski, 2007, 2009; Rychel, 2009).

Poszukiwania iłów ceramicznych w rejonie starej cegielni w Wilkowie, pomimo ich znacznego zakresu przyniosły wynik negatywny (Domańska, 1959). Wykonano tu 13 sond do głębokości 3-6 m i 11 otworów wiertniczych o łącznym metrażu 136 m. Pod niewielkim nadkładem (od 0,4 do 1,0 m) zalega seria średnioplastycznych i zapiaszczonych iłów o miąższości ponad 12 m. Potencjalny surowiec dyskwalifikuje zbyt duża zawartość okruszków wapieni (zawartość CaO wynosi około 10%, zawartość MgO od 3,7 do 4,34%).

Negatywnym wynikiem zakończyły się również poszukiwania złożowych wystąpień kruszywa naturalnego. W połowie lat 70. XX wieku prace wiertnicze prowadzono m.in. w re-

jonie na południe od Wajsznor. Wykonano tu 7 wierceń o łącznym metrażu 80,1 m i sprofilowano odsłonięcia naturalne. Ze względu na dużą zmienność litologiczną i niekorzystne parametry jakościowe stwierdzonego kruszywa dalsze prace wstrzymano (Autowicz, 1974). W latach 1991–92 poszukiwano kruszywa naturalnego dla przemysłu materiałów budowlanych w pięciu rejonach. W okolicy Linkowa i Filipówki odwiercono po 2 sondy do głębokości 6 m, stwierdzając zbyt małą miąższość utworów piaszczystych i przewarstwienia gliny. W rejonach na zachód i południe od Starej Różanki wykonano po 2 sondy do głębokości 6–8 m i natrafiono na podobnego typu utwory (piaski zaglinione). Z kolei w rejonie na południe od Nowej Różanki stwierdzono zbyt małą miąższość piasków różnoziarnistych i przerosty gliny piaszczystej (Muszyńska, Kasprzyk, 1992).

VII. Warunki wodne

1. Wody powierzchniowe

Obszar odwzorowany arkuszem Kętrzyn niemal w całości należy do dorzecza Pregoty (zlewnia I rzędu), jedynie niewielki jego fragment w rejonie Kolonii Nakomiady należy do dorzecza Wisły (zlewnia jeziora Wersmina w dorzeczu Pisy). Do zlewni Pregoty na omawianym obszarze należą fragmenty zlewni II rzędu: Węgorapy – na wschód od Nowej Różanki, bezodpływowego jeziora Mój – na południowy wschód od Nowej Różanki oraz Łyny – w pozostałej części. Główną rzeką zlewni Łyny jest tu rzeka Guber, prowadząca wody z południowego wschodu przez Kętrzyn i dalej ku północnemu zachodowi. Dopływ Gubra – Dajna, płynie z południa przez Beżławki i uchodzi do niego poniżej Kętrzyna. Część północną obszaru arkusza odwadnia Struga Rawa, wpadająca do Gubra w miejscowości Garbno. Sieć hydrograficzna jest na omawianym obszarze gęsta i dobrze rozwinięta, brak jednakże rzek o znacznym przepływie. Na terenie całego arkusza w zagłębieniach bezodpływowych występują liczne niewielkie jeziora o charakterze „oczek wodnych”. Większe jeziora występują głównie w części wschodniej (część Krainy Wielkich Jezior Mazurskich). Są to jeziora o genezie wytopiskowej: Mój, Siercze, Kwiedzińskie, Tuchel. Największe z nich – jezioro Mój – zajmuje powierzchnię 116,5 ha i osiąga głębokość do 2,4 m; najgłębsze jest jezioro Tuchel – do 10 m (Maszońska, 2004).

Ocena stanu jednolitych części wód powierzchniowych województwa warmińsko-mazurskiego w 2009 roku wykonana została przez wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Olsztynie, zgodnie z zapisami rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych

(DzU z 2008 r. nr 162, poz. 1008) (Rozporządzenie..., 2008). Według opublikowanych przez WIOŚ danych, 2009 roku badania takie na obszarze arkusza nie były prowadzone. Przeprowadzono natomiast ocenę stanu czystości w punktach pomiarowo-kontrolnych. Według obowiązującego rozporządzenia Ministra Środowiska wody rzeki Guber poniżej Garbna wykazują dobry stan ekologiczny (II klasa) natomiast w punkcie poniżej Kętrzyna wykazują umiarkowany stan ekologiczny (III klasa). Spośród jezior na omawianym obszarze badano jedynie wody jeziora Mój. Ostatnie badania, wykonane w 2008 roku wykazały umiarkowany stan ekologiczny (pozwoliły zaliczyć wody tego jeziora do III klasy czystości) (Raport..., 2010).

2. Wody podziemne

W regionalizacji hydrogeologicznej obszar objęty arkuszem Kętrzyn położony jest w obrębie regionu Narwi, Pregoły i Niemna. Według podziału na jednolite części wód podziemnych omawiany obszar leży na pograniczu zlewni Łyny (JCWPd nr 20) i północnej części Krainy Wilekich Jezior Mazurskich (JCWPd nr 21) (Paczyński, Sadurski, (red.), 2007).

Opis wód podziemnych wykonano na podstawie Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Kętrzyn (Maszońska, 2004).

Użytkowe poziomy wodonośne występują w obrębie dwóch pięter wodonośnych: czwartorzędowego i trzeciorzędowego. Wody w utworach starszych (kreda) nie spełniają wymagań poziomu użytkowego ze względu na wysoką mineralizację i zbyt dużą zawartość chlorków.

Czwartorzędowe piętro wodonośne charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem przestrzennym i litologicznym. W jego obrębie wyróżniono górny i dolny poziom wodonośny. Poziom górny występuje powszechnie na obszarze arkusza w piaskach i żwirach interglacjału mazowieckiego oraz w utworach interstadialnych starszych zlodowaceń (tzw. poziom międzyglinowy). Ujmuje go większość studni. Miąższość warstwy ujmowanej wynosi od 5 do około 30 m (wyjątkowo do 52 m). W centralnej części terenu wydajności potencjalne studni wynoszą miejscami ponad 100 m³/h, przy depresjach około 4 m. Strop warstwy wodonośnej występuje na rzędnej od -21 m n.p.m. do 105 m n.p.m.; na głębokości od 50 do 100 m (w dolinie rzeki Guber w rejonie ujęcia miejskiego dla Kętrzyna – punktowo na głębokości 10 m). Zwierciadło wody tego poziomu jest napięte, jedynie w rejonie ujęcia Jezewo ma charakter swobodny w wyniku spadku ciśnienia, spowodowanego wieloletnią eksploatacją (lej depresyjny).

Dolny poziom wodonośny występuje w piaskach i żwirach interglacjału kromerskiego lub w interstadialnych utworach zlodowaceń południowopolskich (tzw. poziom podglinowy). Zalega on w południowej części terenu arkusza i aktualnie jest ujęty 9 studniami. Miąższość

warstwy wodonośnej w studniach wynosi od 4,5 do 21 m, wydatki studni – od 7 do 67 m³/h, przy depresjach od 14 do 58 m. Strop tego poziomu występuje na rzędnej od 8 m n.p.m. do – 107 m n.p.m.; na głębokości od 8 do 250 m. Zwierciadło wody jest napięte.

Wody podziemne w utworach trzeciorzędu (paleocenu, eocenu i prawdopodobnie miocenu) występują w drobnoziarnistych i pylastych piaskach z mułkami. Są one ujmowane na północnym zachodzie (rejon Starynia – Garbno – Skierki) i w okolicach Kętrzyna. W obu rejonach utwory trzeciorzędowe i czwartorzędowe pozostają w kontakcie hydraulicznym tworząc wspólny poziom wodonośny. Jest on ujęty przez 14 studni o wydatkach od 15 do 75 m³/h, przy depresjach od 11 do 60 m. Miąższość poziomu trzeciorzędowo-czwartorzędowego wynosi od 4,5 do 42 m. Napięte zwierciadło wody tego poziomu stabilizuje się na rzędnej od około 70 m n.p.m. w rejonie Garbna do około 95 m n.p.m. w okolicach Kętrzyna, gdzie staje się on głównym poziomem użytkowym.

Jakość wód podziemnych, mieszczącą się w klasie od IIb do III, określono na podstawie około 260 analiz. Do klasy IIb (wód o średniej jakości) zaliczono wody wymagające uzdatniania ze względu na wyraźnie przekroczoną dopuszczalną zawartość żelaza i manganu, pod warunkiem ich występowania w ilości nie większej niż 5 mg/dm³ (Fe) oraz 0,5 mg/dm³ (Mn). Klasa jakości IIb występuje w północnej, północno-wschodniej i południowo-wschodniej części obszaru arkusza. Na pozostałym obszarze występuje klasa III – wody wymagające skomplikowanego uzdatniania. Stopień zagrożenia wód podziemnych określono na obszarze arkusza jako niski i bardzo niski, ze względu na dobrą izolację od powierzchni i stosunkowo dużą głębokość ich występowania. Bardzo wysoki stopień zagrożenia określono lokalnie w rejonie leja depresji ujęcia miejskiego Jeżewo (brak izolacji poziomu wodonośnego i zanieczyszczenie wód rzeki Guber).

Eksploatacja wód podziemnych odbywa się poprzez studnie wiercone i sporadycznie – kopane. Na mapie zaznaczono ważniejsze otwory studzienne. Do najważniejszych ujęć komunalnych należą: ujęcie gminne w Kiemławkach Wielkich (trzy studnie o głębokości rzędu 70–80 m i wydajności: 33, 54 i 48 m³/h) ujmujące poziom czwartorzędowy, ujęcie w Morunach (dwie studnie w utworach czwartorzędowych, o głębokości 113 i 121 m i wydajności odpowiednio: 31 i 45 m³/h), ujęcie gminne w Garbnie (studnia pobierająca wodę z poziomu paleogeneńsko-czwartorzędowego z głębokości 138-172 m oraz dwie studnie czwartorzędowe o głębokości od 55 do 61 m), ujęcie miejskie w Jeżewie bazujące na siedmiu studniach (głębokość rzędu 50-80 m i wydajności maksymalne od 115 do 200 m³/h, przy depresjach rzędu kilku metrów), ujęcie miejskie Czerniki-Karolewo (siedem otworów studziennych w górnym poziomie czwartorzędowym), ujęcie w Godzikowie (trzy studnie w poziomie czwartorzędowym). Do

najważniejszych ujęć przemysłowych należą czwartorzędowe ujęcia w Mażanach, Wopławkach, Putwagach i Kwiedzinie oraz trzeciorzędowo-czwartorzędowe ujęcia w Kętrzynie.

Według A. S. Kleczkowskiego (1990) w granicach arkusza Kętrzyn znajdują się fragmenty dwóch głównych zbiorników wód podziemnych. Pierwszy z nich – trzeciorzędowy subzbiornik Warmia (GZWP nr 205), obejmuje południowo-zachodnią część obszaru arkusza. Został on określony jako zbiornik porowo-szczelinowy w utworach trzeciorzędu i kredy, a jego szacunkowe zasoby dyspozycyjne wynoszą 60 tys. m³/dobę. Nie jest on udokumentowany szczegółowo; średnia głębokość ujęć wynosi tu od 150 do 200 m (fig. 3).

Drugi zbiornik – GZWP nr 206 Kętrzyn, sięgający według opracowania Kleczkowskiego (1990) na obszar arkusza od wschodu, został szczegółowo udokumentowany jako Zbiornik Wielkich Jezior Mazurskich. Granice tego zbiornika zostały zmienione: położony jest on nieco dalej na wschód i nie sięga na obszar arkusza Kętrzyn (Hakenberg, Sienkiewicz, 1996).

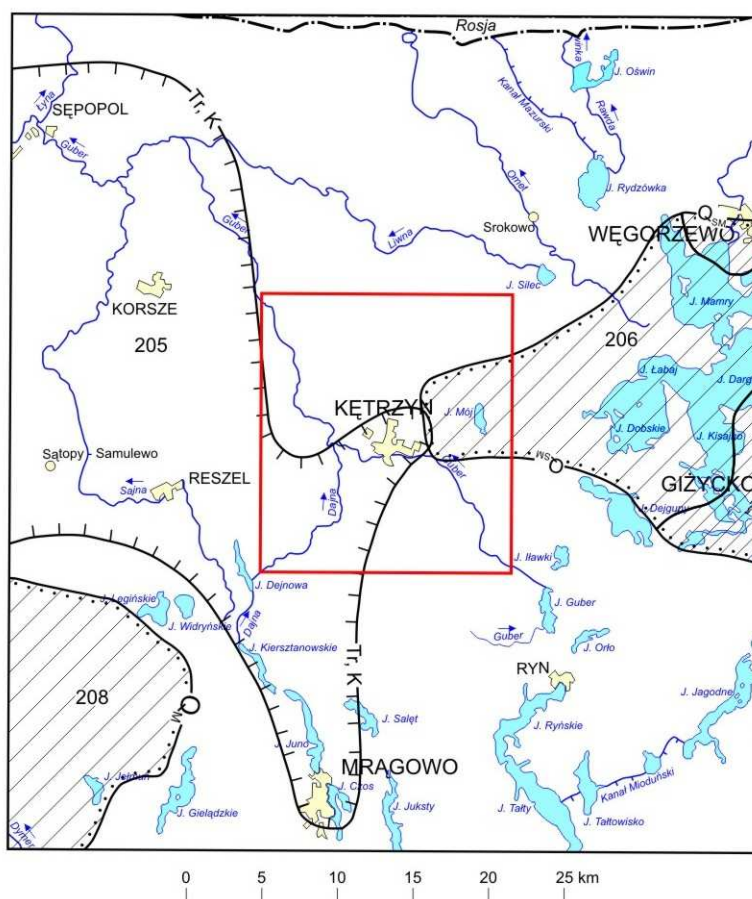


Fig. 3. Położenie arkusza Kętrzyn na tle obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, wg A. S. Kleczkowskiego (1990).



1 – granice GZWP w ośrodku porowym, 2 – granice GZWP w ośrodku szczelinowo-porowym, 3 – obszar wysokiej ochrony (OWO), 4 – obszar najwyższej ochrony (ONO), 5 – miejscowości, 6 – granica państwa, 7 – jeziora, 8 – rzeki
Numer i nazwa GZWP, wiek utworów wodonośnych: 205 – Subzbiornik Warmia (Tr, K), 206 – Kętrzyn, czwartorzęd (Q), 208 – Zbiornik międzymorenowy Biskupiec (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 z dnia 4 października 2002 r., poz. 1359; Rozporządzenie..., 2002). Dopuszczalne wartości pierwiastków dla poszczególnych grup użytkowania, ich zakresy oraz przeciętne zawartości w glebach z terenu arkusza 102 – Kętrzyn, umieszczono w tabeli 3. 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).

Tabela 3

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 102 – Kętrzyn	Wartość przeciętnych (median) w glebach na arkuszu 102 – Kętrzyn	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		Frakcja ziarnowa <1 mm Mineralizacja HCl (1:4) Głębokość (m p.p.t.) 0–0,2		
As Arsen	20	20	60	<5–5	<5	<5
Ba Bar	200	200	1000	15–101	43	27
Cr Chrom	50	150	500	3–14	6	4
Zn Cynk	100	300	1000	22–122	44	29
Cd Kadm	1	4	15	<0,5	<0,5	<0,5
Co Kobalt	20	20	200	1–6	3	2
Cu Miedź	30	150	600	2–15	7	4
Ni Nikiel	35	100	300	2–17	7	3
Pb Ołów	50	100	600	5–13	11	12
Hg Rtęć	0,5	2	30	<0,05–0,08	0,05	<0,05
Ilość badanych próbek gleb z arkusza 102 – Kętrzyn 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		
Sumaryczna klasyfikacja badanych gleb z obszaru arkusza 102 – Kętrzyn do poszczególnych grup użytkowania (ilość próbek)						
	7	1				

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 i B zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.

Przy klasyfikacji stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przewyższała dolną granicę wartości dopuszczalnej w tej grupie. Na mapie umieszczono symbol pierwiastka decydującego o zanieczyszczeniu gleb z danego miejsca.

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 3).

Przeciętne zawartości: arsenu, kadmu i ołowiu w badanych glebach arkusza są na ogół niższe lub równe w stosunku do wartości przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski. Wyższe wartości median wykazują: bar, chrom, cynk, kobalt, miedź, nikiel i rtęć; przy czym wzbogacenie w przypadku niklu jest ponad dwukrotne w stosunku do przyjętych wartości przeciętnych.

Pod względem zawartości metali 7 spośród badanych próbek spełnia warunki klasyfikacji do grupy A (standard obszaru poddanego ochronie), co pozwala na ich wielofunkcyjne użytkowanie. Do grupy B (standard użytków rolnych, gruntów leśnych oraz zadrzewionych i zakrzewionych nieużytków, a także gruntów zabudowanych i zurbanizowanych) zaklasyfikowano próbkę gleby z punktu 4, z uwagi na wzbogacenie w cynk (122 mg/kg). Koncentracja zlokalizowana jest w pobliżu drogi lokalnej w obszarze zabudowanym (Kolonia Czerniki). Występuje na terenie podmokło – bagiennym, wykształconym na najmłodszych osadach czwartorzędowych (gliny zwałowe oraz ich zwietrzeliny) zasobnych w metale. Podwyższona zawartość wiąże się z ich obfitością w skałach macierzystych, jak i z wzbogaceniem antropogenicznym pochodzącym z zanieczyszczeń. Dokładne określenie źródła i zasięgu podwyższonej zawartości wymaga szczegółowych badań.

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

W warunkach naturalnych osady gromadzące się na dnie rzek i jezior powstają w wyniku akumulacji materiału, pochodzącego z erozji i wietrzenia skał na obszarze zlewni (m.in. ziaren kwarcu, skaleni, minerałów węglanowych, minerałów ilastych) oraz materiału powstałego w miejscu sedimentacji (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) a także rolniczych (arsen, rtęć, pestycydy chloroorganiczne) (Rocher i in. 2004; Reiss i in., 2004; Birch i in. 2001; 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 transportu 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 zanieczyszczonych osadów na tarasy zalewowe powoduje wzrost stężenia metali ciężkich i trwałych zanieczyszczeń organicznymi w glebach (Bojakowska, Sokołowska 1996; Bojakowska i in. 1996; 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. we sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (DzU nr 55 poz. 498 z 14.05.2002 r.; Rozporządzenie ..., 2002). 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 4 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 4

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

Parametr	Rozporządzenie MŚ*	<i>PEL</i> **	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 D., INGERSOLL C., BERGER T., 2000.

*** – suma acenaftyleny, acenaftenu, fluoreny, fenantreny, antracenu, fluorantenu, pireny, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo[a]pireny, dibenzo[ah]antracenu

**** – suma benzo(a)antracenu, benzo[b]fluorantenu, benzo[k]fluorantenu, benzo[a]pireny, dibenzo[ah]antracenu, indeno[1,2,3-cd]pireny, 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 (PMS).

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, zaś osady jeziorne są pobierane z głębozczków 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 oraz 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 jeziora Mój. Osady jeziora charakteryzują się nieznacznie podwyższoną zawartością chromu, cynku i ołowiu w porównaniu do wartości ich tła geochemicznego. Jednakże są to zawartości niższe od ich dopuszczalnych stężeń według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r., są one także niższe od ich wartości *PEL*, 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 one 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 5

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

Parametr	Mój 1998 r.
Arsen (As)	10
Chrom (Cr)	26
Cynk (Zn)	105
Kadm (Cd)	0,5
Miedź (Cu)	13
Nikiel (Ni)	17
Ołów (Pb)	36
Rtęć (Hg)	0,1
WWA ₁₁ WWA*	n.o.
WWA ₇ WWA**	n.o.
PCB***	n.o.

* – suma acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, 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).

Pomiary gamma-spektrometryczne wykonywano wzdłuż profili o przebiegu N-S, przecinających Polskę co 15". Na profilach pomiary 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 ar-

kusza 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 26 do około 72 nGy/h. Przeciętnie wartość ta w profilu zachodnim wynosi około 50 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 14 do około 51 nGy/h i przeciętnie wynoszą około 37 nGy/h.

W profilu zachodnim pomierzone dawki promieniowania gamma są dość wysokie (przeważają wartości z zakresu: 40-72 nGy/h), gdyż w zdecydowanej większości są związane z glinami zwałowymi złodowacenia północnopolskiego, zazwyczaj charakteryzującymi się podwyższonymi wartościami promieniowania gamma w stosunku do innych utworów np. piaszczysto-żwirowych. Nieco niższe wartości promieniowania gamma zarejestrowane lokalnie w południowej części tego profilu pomiarowego (ok. 25-30 nGy/h) pochodzą od utworów wodnolodowcowych (piaski i żwiry) złodowacenia północnopolskiego. W profilu wschodnim zarejestrowane dawki promieniowania gamma są nieco bardziej zróżnicowane. Podobnie jak w profilu zachodnim najwyższymi wartościami promieniowania gamma cechują się gliny zwałowe złodowacenia północnopolskiego (ok. 35-51 nGy/h). Niższe dawki promieniowania gamma (15-30 nGy/h) są związane z utworami wodnolodowcowymi (piaski i żwiry) i z osadami jeziornymi (mułki, piaski i żwiry) złodowacenia północnopolskiego oraz z holocenijskimi torfami.

Stężenia radionuklidów poczarnobylskiego cezu zmierzone wzdłuż obu profili są bardzo niskie, charakterystyczne dla obszarów bardzo słabo zanieczyszczonych. Wzdłuż profilu zachodniego wynoszą od 2,2 do 7,5 kBq/m², a wzdłuż profilu wschodniego wahają się od 2,6 do 10,0 kBq/m².

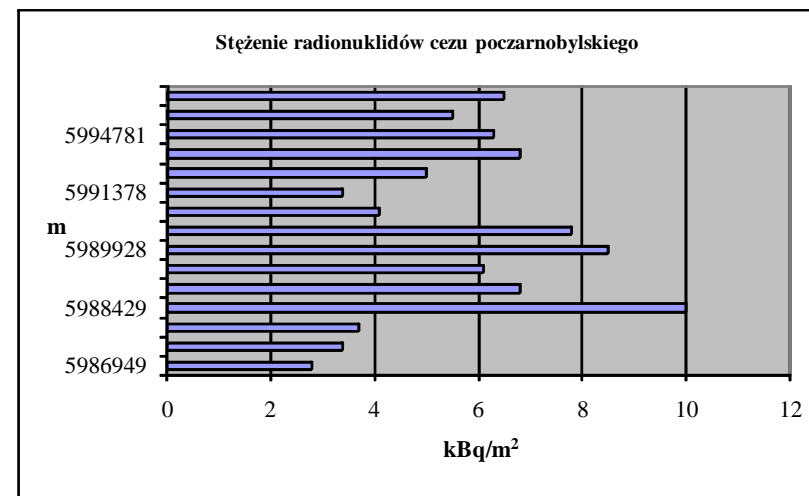
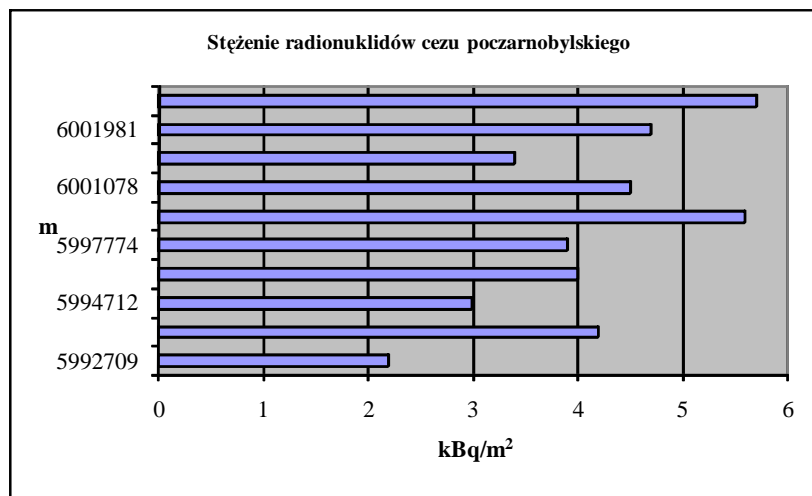
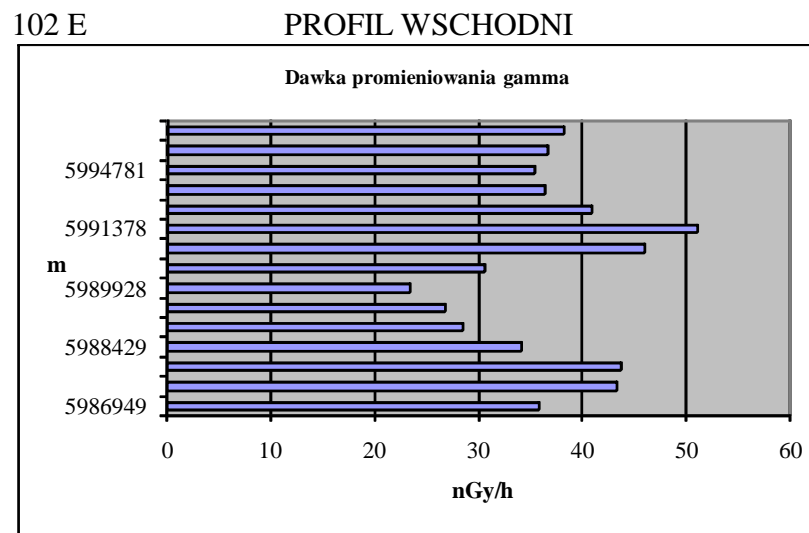
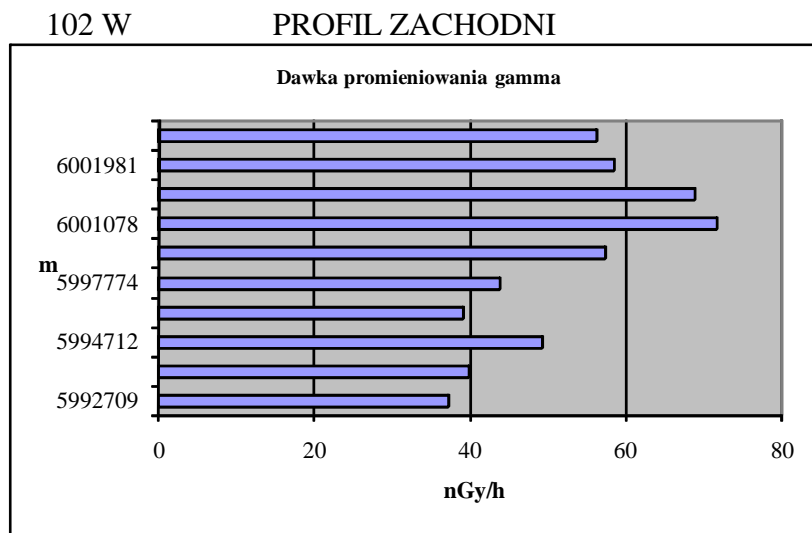


Fig. 4. Zanieczyszczenie gleb pierwiastkami promieniotwórczymi na obszarze arkusza Kętrzyn (na osi rzędnych – opis siatki kilometrowej arkusza)

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” (Ustawa ..., 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 (Rozporządzenie..., 2003) 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 (Rozporządzenie..., 2009).

Z uwagi na skalę i specyfikę opracowania kartograficznego w nielicznych przypadkach przyjęto zmodyfikowane rozwiązania w stosunku do wymienionych aktów prawnych, umożliwiające późniejszą weryfikację i uszczegółowienie rozpoznania na etapie projektowania składowisk.

Przedstawione na Mapie geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000 warunki lokalizacyjne dla przyszłych składowisk odpadów są zróżnicowane w nawiązaniu do 3 typów składowisk:

- N – odpadów niebezpiecznych,
- K – odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne,
- O – odpadów obojętnych.

Lokalizowanie składowisk odpadów podlega ograniczeniom z uwagi na wyspecyfikowane wymagania ochrony litosfery, hydrosfery i atmosfery. Specyfikacja ta obejmuje:

- wyłączenie terenów, na których bezwzględnie nie można lokalizować składowisk odpadów,
- warunkowe ograniczenia lokalizacji odpadów, wymagające akceptacji odpowiednich władz i służb,
- wymagania dotyczące naturalnych cech izolacyjnych podłoża i skarp potencjalnych składowisk.

Na mapie, w nawiązaniu do powyższych kryteriów, wyznaczono:

- obszary o bezwzględnym zakazie lokalizowania składowisk odpadów,
- obszary o warunkach izolacyjnych spełniających przyjęte kryteria dla określonego typu składowisk odpadów,

- obszary możliwej lokalizacji składowisk odpadów nieposiadające naturalnej warstwy izolacyjnej.

Występowanie w strefie przypowierzchniowej gruntów spoistych o wymaganej izolacyjności pozwala wyróżnić potencjalne obszary dla lokalizowania składowisk (POLS). W ich obrębie wydzielono rejony wyspecyfikowanych uwarunkowań (RWU) na podstawie:

- izolacyjnych właściwości podłoża – odpowiadających wyróżnionym wymaganiom składowania odpadów,
- rodzajów warunkowych ograniczeń lokalizacyjnych składowisk wynikających z przyjętych obszarów ochrony.

Lokalizowanie przyszłych składowisk odpadów w obrębie RWU posiadających wymienione ograniczenia warunkowe będzie wymagało ustaleń z lokalnymi władzami oraz dokumentami planistycznymi dotyczącymi zagospodarowania przestrzennego.

Wymagania dotyczące naturalnych cech izolacyjnych podłoża i ścian bocznych potencjalnych składowisk są uzależnione od typu składowanych odpadów (tabela 6).

Tabela 6

Charakterystyka naturalnej bariery geologicznej w odniesieniu do typu składowanych odpadów

Typ składowiska	Wymagania dotyczące naturalnej bariery geologicznej		
	miąższość [m]	współczynnik filtracji [m/s]	rodzaj gruntów
N – odpadów niebezpiecznych	≥ 5	$\leq 1 \times 10^{-9}$	iły, iłotępki
K – odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne	≥ 1	$\leq 1 \times 10^{-9}$	
O – odpadów obojętnych	≥ 1	$\leq 1 \times 10^{-7}$	gliny

Ocena wykształcenia naturalnej bariery geologicznej pozwala na wyróżnienie:

- warunków izolacyjności podłoża zgodnych z wymaganiami dla określonego typu składowisk (przyjętymi w tabeli 6),
- 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).

Warstwa tematyczna „Składowanie odpadów” wraz z warstwą „Geochemia środowiska” wchodzi w skład warstwy informacyjnej „Zagrożenia powierzchni ziemi” i są przedstawione razem na Planszy B Mapy geosrodowiskowej Polski. Jednocześnie na dołączonej do materiałów archiwalnych mapie dokumentacyjnej przedstawiono lokalizacje otworów wiertniczych, których profile wykorzystano przy konstrukcji wydzieleni terenów POLS.

Tło dla przedstawianych na Planszy B informacji stanowi stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego przeniesiony z arkusza Kętrzyn Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Maszońska, 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 izolacyjnej (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 składowanie odpadów. Wydzielone tereny o dobrej izolacyjności (POLs) mogą współwystępować z obszarami o różnym zagrożeniu jakości wód podziemnych.

Obszary o bezwzględny zakazie lokalizacji składowisk odpadów

Na obszarze objętym arkuszem Kętrzyn bezwzględny wyłączeniu z możliwości składowania odpadów podlegają:

- zabudowa Kętrzyna będącego siedzibą urzędów miasta i gminy oraz starostwa powiatowego,
- zabytkowy zespół architektoniczny w Kętrzynie,
- obszar objęty ochroną prawną w Europejskiej Sieci Ekologicznej NATURA 2000 „Gierłoż” PLH 280002 (ochrona siedlisk),
- obszary leśne o powierzchni powyżej 100 hektarów,
- tereny bagienne, podmokłe, łąki wykształcone na glebach pochodzenia organicznego,
- strefy (do 250 m) wokół jezior: Pieckowo, Mój, Siercze, Kwiedzińskie, Tuchel i pozostałych akwenów,
- strefa (do 250 m) wokół źródła w rejonie miejscowości Pudwagi,
- powierzchnie erozyjnych i akumulacyjnych tarasów holocenijskich w obrębie dolin rzek: Guber, Dajna, Radzieje, Struga Rawa i pozostałych licznych cieków,
- tereny zagrożone ruchami masowymi: wzdłuż doliny Dajny od Stąpławek do Biedaszek (Grabowski, 2007),
- tereny o nachyleniu powyżej 10° (rejony Poleskiej Góry, Wajsznor, Czernik, Kolonii Nakomiady, Bezlówek, Kolonii Pręgowa).

Centralna, zachodnia i południowa strona terenu objętego arkuszem Kętrzyn znajduje się w zasięgu głównego zbiornika wód podziemnych nr 205 Warmia. W tym roku rozpoczęto dokumentowanie zbiornika. Należy się liczyć z możliwością wyłączenia części rekomendo-

wanych do składowania odpadów obszarów z tego typu zagospodarowania z chwilą określenia dokładnych granic zbiornika i stref jego ochrony.

Charakterystyka i ograniczenia warunkowe obszarów spełniających wymagania dla składowania odpadów obojętnych

Ze względu na wymagania dotyczące naturalnych cech izolacyjnych podłoża i ścian bocznych potencjalnych składowisk odpadów analizowano obszary, gdzie bezpośrednio na powierzchni występują grunty spoiste spełniające kryteria przepuszczalności (tabela 6) lub grunty spoiste, których strop znajduje się nie głębiej niż 2,5 m p.p.t.

Najbardziej rozległą część powierzchni analizowanego terenu tworzy falista wysoczyzna morenowa o deniwelacjach powyżej 5 m, w części północno – zachodniej występuje wysoczyzna płaska o deniwelacjach poniżej 5 m.

Obszary rekomendowane do składowania odpadów obojętnych wskazano w granicach powierzchniowego występowania glin zwałowych piaszczystych i glin ilastych (lokalnie piasków gliniastych wodnomorenowych) stadiału górnego zlodowacenia wisły (zlodowacenia północnopolskie).

Gliny zwałowe budujące wysoczyznę pojezierną w centralnej i południowej części analizowanego terenu są piaszczyste, natomiast w części północnej i północno zachodniej ilaste. Gliny tego stadiału mają znaczne miąższości (maksymalna 40,8 m w Gierłozy), lokalnie przewarstwione są niewielkiej miąższości soczewkami piasków, żwirów i brukiem morenowym lub warstwami szarego iłu z gliną ilastą. W partiach stropowych są one na ogół zwietrzałe.

Występujące w rejonie PGR Staniszewo oraz wzdłuż rzek Guber i Dajna gliny ilaste, lokalnie piaski gliniaste wodnomorenowe to utwory powstałe w wyniku akumulacji osadów jeziorów błotnych i osadów krótkiego transportu wodnego. Pokrywają one osady zastoiskowe lub sporadycznie podścielają je. Ich miąższość wynosi na ogół 2 m, największe nie przekraczają 5 m (rejon Garbna, Dublin, Marszewa). Z uwagi na lokalnie bardziej piaszczysty charakter tych utworów mogą one mieć mniejszy niż wymagany współczynnik filtracji. W granicach tych obszarów warunki izolacyjne mogą być zmienne (mniej korzystne).

Lokalnie gliny zwałowe kilku zlodowaceń położone bezpośrednio na sobie tworzą pakiet izolacyjny o miąższości dochodzącej nawet do 240 m.

Obszary rekomendowane do składowania odpadów obojętnych wskazane w granicach powierzchniowego występowania glin zwałowych zlodowacenia wisły znajdują się na terenie gmin: Korsze, Barciany, Srokowo, Kętrzyn i Reszel.

Wytypowane obszary mają duże powierzchnie i znajdują się przy licznych drogach dojazdowych. Umożliwia to lokalizację składowisk odpadów w dogodnej odległości od zabudowy miejscowości.

Warunkowym ograniczeniem budowy obiektów potencjalnie uciążliwych dla środowiska w części wyznaczonych obszarów jest ich położenie w pobliżu zabudowy Kętrzyna (b) oraz w granicach obszarów chronionego krajobrazu Doliny rzeki Guber i Jezior Legińsko-Mragowskich (p).

Nie mają one charakteru bezwzględnych zakazów. Powinny być jednak rozpatrywane indywidualnie w ocenie oddziaływania na środowisko potencjalnego składowiska, a w dalszej procedurze w ustaleniach z odpowiednimi służbami: nadzoru budowlanego, gospodarki wodnej, ochrony przyrody, konserwatora zabytków oraz administracji geologicznej.

Na mapie wskazano również obszary możliwej lokalizacji składowisk odpadów pozbawione naturalnej izolacji. Budowa składowisk w ich granicach wiąże się z koniecznością dodatkowego uszczelnienia podłoża obiektu przesłoną mineralną lub syntetyczną.

Charakterystyka i ograniczenia warunkowe obszarów spełniających wymagania dla składowania odpadów niebezpiecznych i innych, niż obojętne i niebezpieczne (komunalnych).

Obszary rekomendowane do składowania odpadów komunalnych wskazano w granicach powierzchniowego występowania mułków i ilów zastoiskowych stadiału górnego zlodowacenia wisły zlodowaceń północnopolskich. Są one wykształcone w postaci węglanowych ilów pylastych, brązowych i stalowo-szarych o miąższości dochodzącej do 6 m (Rychel, 2009). Lokalnie ich miąższość jest większa, w otworach wykonanych w rejonie Skierek wynosi 7,8 m, w Staryni 29,7 m, w Owczętach 9,6 m. Ze względu na możliwość niejednorodnego wykształcenia litologicznego osadów zastoiskowych ich własności izolacyjne określono na zmienne (mniej korzystne).

Obszary rekomendowane do składowania odpadów komunalnych wskazano w okolicach miejscowości Nakomiady w gminie Kętrzyn, Saduny w gminie Korsze oraz Kiemławki Małe i Winda w gminie Barciany.

Znajdują się one w pobliżu dróg dojazdowych, a ich duże powierzchnie umożliwiają lokalizację składowisk w dogodnej, niebudzącej konfliktów społecznych odległości od zabudowy miejscowości.

Wskazane obszary nie mają środowiskowych ograniczeń warunkowych. Pod kątem składowania odpadów komunalnych można również rozpatrywać tereny w bezpośrednim są-

siedztwie otworów, w profilach których stwierdzono występowanie warstw osadów gliniasto-ilastych lub glin o bardzo dużych miąższościach.

W rejonie Skierek na głębokości 0,2 m występuje 7,8 m warstwa iłów podścielona 10 m warstwą glin, w Płutnikach gliny o miąższości 9,1 m i 27 m przewarstwiają ły o miąższości 5,9 m, w Kaskajmach 4,3 m warstwę glin podścielają ły 1,5 m miąższości, w Staryni na głębokości 0,3 m występuje 29,7 m warstwa iłów, pod którymi występują gliny o miąższości 4,5 m, w Owczętach na głębokości 0,4 m zalegają ły piaszczyste o miąższości 9,6 m, które podścielają gliny o miąższości 2,5 m.

Gliny o bardzo dużych miąższościach występują w rejonie Wilanowa (83,6 m i 75 m), Karolewa (95 m) i Nakomiadów (66,5 m).

Na analizowanym terenie funkcjonują dwa składowiska odpadów komunalnych. Składowisko w Pudwągach ma ważną decyzję zatwierdzającą instrukcję eksploatacji, przegląd ekologiczny i pozwolenie na użytkowanie. Obiekt ma naturalne uszczelnienie podłoża, prowadzony jest monitoring wód podziemnych i gazu składowiskowego.

Składowisko w Mażanach ma ważną instrukcję eksploatacji i przegląd ekologiczny. Uszczelnione jest geomembraną PEHD 0,02, odcieki rozdeszczowywane są na kwatery, osady wywożone są do oczyszczalni ścieków. Gaz ujmowany studniami wypuszczany jest do atmosfery. Składowisko jest wyposażone w wagę do ważenia odpadów.

Składowiska są odizolowane pasami zieleni i dozorowane całodobowo.

Ocena najbardziej korzystnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych dla lokalizacji składowisk odpadów

Warunki geologiczne rozpatrywane pod kątem składowania odpadów są korzystne. Zarówno gliny zwałowe rekomendowane jako naturalna bariera geologiczna dla składowania odpadów obojętnych, jak i ły zastoiskowe przewidziane do składowania odpadów komunalnych spełniają przyjęte kryteria izolacyjności.

Przy wyborze miejsca ewentualnych inwestycji tego typu w pierwszej kolejności powinno się rozpatrywać miejsca powierzchniowego występowania osadów zastoiskowych (iłów) oraz tereny w bezpośrednim sąsiedztwie otworów, w profilach których stwierdzono występowanie pakietów ilasto-gliniastych (Skierki, Płutniki, Kuskajmy, Starynia, Owczęta) oraz glin zwałowych o dużych miąższościach (rejon Wilanowa, Karolewa, Nakomiadów).

Gliny zwałowe kilku złodowaceń (północno-, środkowo- i południowopolskich) mogą tworzyć wspólne pakiety o bardzo dużych, dochodzących do 120-240 m miąższościach. Są to rejon miejscowości Dubliny, Garbno, Kętrzyn Czerniki oraz Winda – Szaty Wielkie – Kę-

trzyn – Nowa Wieś Kętrzyńska – Nowa Wieś Mała – Nakomiady i na południe od Nakomiadów (przekroje geologiczne – SmgP).

Przekroje hydrogeologiczne wykonane dla MhP wskazują na występowanie glin zwałowych o miąższościach dochodzących do 160 m w rejonach Biedaszki – Smokowo – Windykajmy – Sławkowo – Godzikowo – Nakomiady; Łazdoje – Wólka – Sławkowo – Kruszewiec – Karolewo oraz Gardno – Jezewo.

Warunki hydrogeologiczne rozpatrywane pod kątem składowania odpadów są korzystne. Prawie wszystkie wytypowane obszary znajdują się na terenach o bardzo niskim i niskim stopniu zagrożenia wód użytkowych poziomów wodonośnych występujących na głębokości 50-100 m i 15-50 m, podrzędnie powyżej 150 m. Najbardziej korzystny jest wariant lokalizacji składowisk w rejonie Windykajm, gdzie nie ma użytkowego poziomu wodonośnego.

W rejonie Gryźlaka, Galwun i Kotkowa stopień zagrożenia wód określono na średni. Jest to związane z możliwością niepełnej izolacji przy płytszym (15-50 m ppt.) występowaniu czwartorzędowego poziomu wodonośnego.

Charakterystyka wyrobisk poeksploatacyjnych

Na składowisko odpadów, po uprzednim zakończeniu eksploatacji, można będzie przeznaczyć wyrobisko złoża kruszywa naturalnego „Pudwągi” wraz ze znajdującymi się w kierunku północno zachodnim miejscami dawnej eksploatacji na cele lokalne. W podłożu złoża zalega glina zwałowa. Należy zaznaczyć bezwzględną konieczność rozpoznania geologicznego i hydrogeologicznego terenu, tym bardziej, że wyrobisko złoża „Pudwągi I”, udokumentowanego w odległości około 500 m na północny zachód, jest zawodnione. Należy również uwzględnić konieczność wykonania dodatkowej przesłony skarp obiektu – syntetycznej lub mineralnej.

Na składowisko odpadów można również rozpatrywać punkty lokalnej eksploatacji kruszyw w rejonie Nowej Wsi Małej (obszar pozbawiony naturalnej izolacji) i Sińca. Tu również konieczna będzie dodatkowa przesłona ścian i podłoża ewentualnych obiektów. Środowiskowym ograniczeniem warunkowym budowy składowisk odpadów w wyrobiskach jest bliskość zabudowy oraz położenie w granicach udokumentowanego złoża.

Pozostałe niewielkie punkty lokalnej, niekoncesjonowanej eksploatacji piasków znajdują się na obszarach bezwzględnie wyłączonych z możliwości składowania odpadów.

Przedstawione na mapie tereny i miejsca predysponowane do składowania wyróżnionych typów odpadów należy traktować jako podstawę późniejszych wariantowych propozycji lokalizacyjnych i w nawiązaniu do nich projektowania odpowiednich badań geologicznych i hydrogeologicznych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 marca

2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk na obszarze planowanego składowania odpadów i jego otoczenia oraz zmieniającego je Rozporządzenia Ministra Środowiska z 26 lutego 2009 r. wymagane jest przeprowadzenie badań geologicznych i hydrogeologicznych, których wyniki opracowuje się w formie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej i hydrogeologicznej, dołączonych do wniosku o wydanie decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu dla składowiska odpadów.

Wyznaczone na mapie obszary powinny być uwzględnione przy typowaniu wariantów lokalizacyjnych nie tylko składowisk odpadów, ale również na etapie uzgodnienia warunków zabudowy i zagospodarowania terenu przy rozpatrywaniu lokalizacji obiektów szczególnie uciążliwych dla środowiska i zdrowia ludzi oraz obiektów mogących pogorszyć stan środowiska. Oprócz uwzględnienia ograniczeń prawnych, odnoszących się do tego typu inwestycji, przedstawione na mapie obszary potencjalnej lokalizacji składowisk obejmują zasięgi występowania w podłożu warstwy utworów słabo przepuszczalnych, stanowiących dobrą naturalną izolację dla położonych głębiej poziomów wodonośnych.

X. Warunki podłoża budowlanego

Warunki podłoża budowlanego na obszarze arkusza Kętrzyn analizowano korzystając ze Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 (Rychel, 2009), mapy topograficznej, obserwacji terenowych oraz informacji uzyskanych w urzędach gmin.

Ze względu na skalę prezentowanej mapy waloryzacja warunków geologiczno-inżynierskich podłoża budowlanego ma charakter ogólny. Przy ocenie warunków uwzględniono następujące kryteria: rodzaj i stan gruntów, ukształtowanie powierzchni, a także położenie zwierciadła wód gruntowych. Z analizy wyłączono: obszary lasów i gleb chronionych, łąk na glebach pochodzenia organicznego, zieleni urządzonej, wód śródlądowych, a także obszar zwartej zabudowy miasta Kętrzyna. Oceną objęto około 15% powierzchni terenu mapy. Zastosowano dwa podstawowe wydzielenia: obszary o warunkach korzystnych dla budownictwa i obszary o warunkach niekorzystnych, utrudniających budownictwo. Należy podkreślić, że na obszarze objętym arkuszem Kętrzyn, a w szczególności w jego części należącej do Pojezierza Mazurskiego, zaznacza się bardzo duża zmienność przestrzenna warunków geologiczno-inżynierskich, wynikająca z wytopiskowego charakteru młodoglacjalnego terenu.

Obszary o korzystnych warunkach podłoża budowlanego charakteryzują się występowaniem gruntów niespoistych: średnio zagęszczonych i zagęszczonych, gdzie głębokość

zwierciadła wód gruntowych przekracza 2 m p.p.t., oraz gruntów spoistych w stanie zwartym, półzwartym i twardoplastycznym. Grunty najlepsze na omawianym obszarze to piaski różnoziarniste, piaski ze żwirami, a także piaski grube z domieszką żwirów (lokalnie z głazikami), pochodzenia wodnolodowcowego fazy pomorskiej zlodowacenia wisły. Niżej leżące piaski są zagęszczone, wyżej – średniozagęszczone. Występują one na niewielkich obszarach w części zachodniej omawianego obszaru – w rejonie Linkowa i Pieckowa oraz na południe od Kętrzyna, w okolicach Sławkowa. Do gruntów korzystnych do posadowienia budowli należą też piaski i żwiry lodowcowe z okresu tego zlodowacenia. Są to piaski ze żwirami, otczakami i głazami, średnio zagęszczone i zagęszczone. Występują one niewielkimi płatami na północ od Kętrzyna (Kętrzyńska Kępa), pomiędzy jeziorami Mój i Siercze, w rejonie Kolonii Karolewo, a także na wschód od Sławkowa. Korzystne podłoże budowlane stanowią także grunty spoiste w postaci piaszczystych glin zwałowych fazy pomorskiej zlodowacenia wisły. Są to grunty mało skonsolidowane, twardoplastyczne lub półzwarte. Gliny te występują powszechnie w podłożu na całym analizowanym obszarze za wyjątkiem części południowo-wschodniej obszaru arkusza. Dobrymi gruntami są też spoiste, nieskonsolidowane mułki zaostoisowe i utwory zwałowe o składzie glin zwięzłych, a nawet ilów. Odślaniają się one izolowanymi płatami w wyższych częściach profilu wzdłuż doliny Gubra i Dajny.

Obszary o warunkach niekorzystnych dla budownictwa są związane przede wszystkim z płytszym niż 2 m położeniem wód gruntowych i z występowaniem gruntów organicznych. Są to dna dolin rzek i potoków oraz tereny podmokłe i zabagnione, wypełnione holoceniowymi torfami, namułami torfiastymi, piaskami humusowymi i mułkami z detrytusem roślinnym. Tereny takie znajdują się przede wszystkim w dolinie Gubra i Dajny. Na północy i południowym wschodzie związane są one z zagłębieniami bezodpływowymi. Obszary o warunkach niekorzystnych dla budownictwa związane są również z występowaniem słabonośnych gruntów spoistych w stanie miętko-plastycznym i plastycznym. Należą do nich najmłodsze mułki i piaski lodowcowo-jeziorne fazy pomorskiej zlodowacenia wisły, występujące w części południowo-zachodniej (rejon Stachowizny i Wilkowa). Ponadto na terenach niekorzystnych dla budownictwa, płytko występujące wody charakteryzujące się podwyższoną zawartością kwasów huminowych wykazują agresywność w stosunku do betonu i stali.

Dotychczas nie rozpoznano rozprzestrzenienia zaburzeń glacitektonicznych na pograniczu Niziny Staropruskiej i obszaru wysoczyznowego Pojezierza Mazurskiego. Istnieje tam możliwość płytkiego występowania tego typu zaburzeń (Rychel, 2009). Na mapie uwzględniono natomiast (jako utrudniające budownictwo) rejon płytkiego występowania zaburzo-

nych glaciektonicznie glin zwałowych, budujących przypowierzchniowe partie pojedynczych wzgórz morenowych. Odslaniają się one w rejonie na północ od Starej i Nowej Różanki, a także na zachód od Windy. Konieczne jest wykonywanie szczegółowych dokumentacji geologiczno-inżynierskich lub operatów geotechnicznych przed podjęciem prac budowlanych, w szczególności dużych i ciężkich obiektów na wszystkich terenach gdzie występują zaburzenia glaciektoniczne.

Na obszarze arkusza praktycznie nie występuje zagrożenie powodziowe, główne wezbrania rzek mają miejsce przede wszystkim wiosną i związane są z topnieniem pokrywy śnieżnej, a letnie wezbrania dotyczą jedynie małych cieków. Stąd nie wyznaczono obszarów o warunkach utrudniających budownictwo ze względu na zagrożenie podtopieniami (Nowicki, (red), 2007).

W obrębie omawianego arkusza występują obszary predysponowane do powstawania powierzchniowych ruchów masowych (osuwiska, obrywy, spęływania) obejmujące strome zbocza doliny Gubra. Tereny te występują od miejscowości Nowy Młyn aż do miejscowości Beżławki (Grabowski, (red.), 2007).

XI. Ochrona przyrody i krajobrazu

Gleby klas bonitacyjnych (klasy I–IVa użytków rolnych) zajmują zdecydowaną większość powierzchni terenu arkusza Kętrzyn (około 75%). Większe kompleksy takich gleb występują w części północnej, zachodniej i południowej arkusza. Łąki na glebach pochodzenia organicznego występują jedynie płatami w górnym odcinku doliny Gubra, a także w zagłębieniach bezodpływowych, głównie na południu. Do terenów zieleni urządzonej należy park miejski w centrum Kętrzyna oraz ogrody działkowe na północno-zachodnich obrzeżach miasta i w pobliskich Wopławkach, na północny wschód od miasta. Lasy zajmują około 11% omawianego obszaru objętego mapą. Porastają one wzgórza morenowe i wysoczyznę pojezierną w części wschodniej i miejscami na południu.

W granicach arkusza znajdują się tereny objęte ochroną prawną w formie obszarów Natura 200, systemu ECONET- Polska, obszary chronionego krajobrazu, użytek ekologiczny, a także obiekty chronione – pomniki przyrody żywej i nieożywionej.

Tereny leśne wokół jeziora Mój, Siercze i Tuchel, a także cała dolina rzeki Guber wraz z jego dopływem – Dajną, stanowią na obszarze arkusza część rozległego Obszaru Chronionego-go Krajobrazu Doliny Rzeki Guber. Został on utworzony w 1993 r. celem

ochrony i renatury-zacji wciętych w podłoże dolin rzecznych. Jego całkowita powierzchnia wynosi 14 363,8 ha.

W granicach arkusza Kętrzyn znajduje się również odcinek doliny Dajny powyżej Bezaławek, który stanowi fragment rozległego Obszaru Chronionego Krajobrazu Jezior Legińsko-Mragowskich. Utworzono go na powierzchni 20 615,9 ha w 1993 r. celem ochrony ekosystemów leśno-jeziornych znacznej części Pojezierza Mragowskiego.

Za pomniki przyrody uznano 28 drzew rosnących pojedynczo bądź grupowo (16 dębów szypułkowych, trzy klony srebrzyste, dwa jarzęby szwedzkie, lipę drobnolistną, olszę szarą, klon jawor, wierzbę białą, leszczynę turecką, żywotnik zachodni i sosnę), a także 2 granitowe głazy narzutowe (tabela 7).

Tabela 7

Wykaz pomników przyrody i użytków ekologicznych

Nr obiektu na mapie	Forma ochrony	Miejscowość	Gmina	Rok zatwierdzenia	Rodzaj obiektu (powierzchnia w ha)
			Powiat		
1	2	3	4	5	6
1	P	Kiemławki Wielkie	Barciany kętrzyński	1994	Pż – 4 dęby szypułkowe
2	P	Kąty	Srokowo kętrzyński	1994	Pż – dąb szypułkowy
3	P	Gryźlak	Kętrzyn kętrzyński	1994	Pż – lipa drobnolistna
4	P	Góry	Kętrzyn kętrzyński	1952	Pn – G, granit
5	P	leśn. Dąbrowa	Kętrzyn kętrzyński	1994	Pż – 6 dębów szypułkowych
6	P	leśn. Gierłoż	Kętrzyn kętrzyński	1957	Pn – G, granit
7	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1986	Pż – 2 klony srebrzyste
8	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1984	Pż – dąb szypułkowy
9	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1997	Pż – olsza szara
10	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1997	Pż – klon jawor
11	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1997	Pż – klon srebrzysty
12	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1997	Pż – dąb szypułkowy
13	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1997	Pż – wierzba biała
14	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1986	Pż – leszczyna turecka

1	2	3	4	5	6
15	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1997	Pż – 2 jarząby szwedzkie
16	P	Kętrzyn	m. Kętrzyn kętrzyński	1997	Pż – żywotnik zachodni
17	P	leśn. Nakomiady	Kętrzyn kętrzyński	1994	Pż - dąb
18	P	leśn. Nakomiady	Kętrzyn kętrzyński	1994	Pż - sosna
19	P	leśn. Nakomiady	Kętrzyn kętrzyński	1994	Pż - dąb
20	P	leśn. Poganowo	Kętrzyn kętrzyński	1994	Pż – dąb
21	U	Wopławki	Kętrzyn kętrzyński	1993	„Rozlewisko Wopławki” (65,91)

W roku 1993 utworzono użytek ekologiczny o nazwie „Rozlewisko Wopławki”, który obejmuje teren podmokłych łąk bezpośrednio na północ od Kętrzyna. Użytek stanowi obszar bardzo cenny pod względem ornitologicznym, w którym chroni się siedliska i miejsca lęgowe wielu gatunków ptaków wodno-błotnych, w tym gatunków rzadkich i ginących. Powierzchnia użytku wynosi 65,91 ha (tabela 8).

Według systemu ECONET-Polska (Liro, 1998) tereny leśne we wschodniej części obszaru arkusza stanowią fragment obszaru węzłowego o znaczeniu międzynarodowym – tzw. Obszaru Wschodniomazurskiego. Został on wyznaczony ze względu na rzadkie w skali europejskiej typy siedlisk, zachowane naturalne i półnaturalne zbiorowiska roślinne (m.in. krajobraz pojezierny i sandrowy; subkontynentalny grąd, torfowiska) i związane z nimi gatunki flory i fauny. Z kolei cała południowa część omawianego obszaru, obejmująca dolinę Gubra do miejscowości Linkowo oraz zlewnię Dajny stanowi fragment międzynarodowego korytarza ekologicznego – tzw. Mazurskiego korytarza ekologicznego (fig. 5).

Europejska Sieć Ekologiczna NATURA 2000 jest siecią obszarów chronionych na terenie Unii Europejskiej. Celem wyznaczania tych obszarów jest ochrona cennych, pod względem przyrodniczym i zagrożonych składników różnorodności biologicznej. W jej skład wchodzi: obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) oraz specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO). Zgodnie z systemem NATURA 2000 na obszarze arkusza Kętrzyn znajduje się specjalny obszar ochrony siedlisk „Gierłoż”.

Położony jest on w lesie, w zespole obiektów dawnej kwatery wojskowej Adolfa Hitlera w rejonie Gierłóży (tzw. Wilczy Szaniec). Stanowi on zimowisko nietoperzy. W podziemnych cysternach, kanałach i piwnicach występuje nietoperz mopek (zimowisko na północ od grani-

Wykaz obszarów chronionych Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000

Lp.	Typ obszaru	Kod obszaru	Nazwa obszaru i symbol oznaczenia na mapie	Położenie centralnego punktu obszaru		Powierzchnia obszaru (ha)	Położenie administracyjne obszaru w granicach arkusza			
				Długość geograficzna	Szerokość geograficzna		Kod NUTS	Województwo	Powiat	Gmina
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	B	PLH 2800020	Gierłoż (S)	E 21°29'49"	N 54°04'47"	56,9	PL622	warmińsko-mazurskie	Kętrzyn	Kętrzyn

Rubryka 2: B – SOO, bez żadnych połączeń z innymi obszarami Natura 2000

Rubryka 3: w nawiasie symbol obszaru na mapie: S – obszar specjalnej ochrony siedlisk

XII. Zabytki kultury

Na obszarze arkusza Kętrzyn zachowały się bardzo liczne stanowiska archeologiczne, co wynika z uwarunkowań historycznych i kulturowych (wczesne osadnictwo, korzystne warunki dla osiedlania się). Do najcenniejszych stanowisk należą grodziska: kultury pruskiej w Beżławkach, wczesnej epoki żelaza koło Nakomiad, a także wczesnośredniowieczne grodziska w: Garbnie, dolinie Gubra koło Porębka, Wopławkach, Wólce, Kwiedzinie i w rejonie Nakomiad. Niemniej cenne są średniowieczne i wielokulturowe osady w rejonie Sadun, Kruszewca, Grabna, fortyfikacje krzyżackie w Beżławkach i dwór w Nakomiadach. Z kolei do najstarszych stanowisk należą: neolityczne w Sadunach, Filipówce i Pożarkach i z epoki brązu w Kiemławkach, Wopławkach (cmentarzysko), w rejonie Muławki – Wajsznory i w Wilkowie. Ponadto w rejonie Starej Różanki odkryto starożytny kurhan, a w Pożarkach i Wólce cmentarzyska z okresu kultury zachodniobałtyjskiej (okres przedrzymski). Pozostałe stanowiska archeologiczne zaznaczone na mapie to osady i ślady osadnictwa, przede wszystkim ze średniowiecza, ale także z okresu osadnictwa ludów kultury kurhanów zachodniobałtyjskich i kultury zachodniobałtyjskiej, charakterystycznych dla Niziny Staropruskiej i wschodnich Mazur. Na mapie zaznaczono stanowiska, które są w ewidencji zabytków archeologicznych mają dużą wartość poznawczą lub są zagrożone zniszczeniem, ale nie są objęte ochroną konserwatorską.

Najważniejsze zabytki architektury na omawianym obszarze skupione są w centrum Kętrzyna, które objęte jest strefą ochrony konserwatorskiej. W granicach zabytkowego zespołu architektonicznego znajduje się gotycki zamek pokrzyżacki z XIV wieku, przebudowany w XVI–XVII wieku, kościół pw. św. Jerzego z lat 1359–1407 z XVI-wieczną amboną, kościół pw. św. Katarzyny z neogotyckim wyposażeniem, kościół ewangelicki z XVI wieku, dwie kaplice – baptystów z XIX wieku i ewangelicko-augsburska z 1930 r. (obecnie cerkiew). Spośród licznych zabytków świeckich do ważniejszych należą: eklektyczny ratusz z 1885 r., zabytkowe kamienice z XIX i początku XX wieku, szkoła z 1865 r., budynek obecnego starostwa powiatowego, zespół schronów z II wojny oraz cmentarz z XVIII/XIX wieku z zabytkowymi kaplicami i bramą.

Do zabytków sakralnych na obszarze omawianego arkusza należą ponadto: cmentarz rodowy w Dublinach, kościół w Windzie pw. Matki Boskiej Nieustającej Pomocy z XIV–XV wieku, wieża kościoła w Garbnie (z XV wieku, przebudowywana do 1824 r.), kościół ewangelicki w Karolewie (obecnie rzymskokatolicki pw. Stanisława Kostki) z 1899 r., kościół pa-

rafialny pw. św. Jana z cmentarzem z XIV-XVIII wieku w Czernikach, kościół ewangelicki (dawny zamek krzyżacki) przebudowywany od 1513 r. do XVIII wieku z ogrodzeniem i bramą w Bezlawkach, kościół parafialny w okresie międzywojennego w Wilkowie, cmentarz augustyński z I połowy XIX wieku w Wólce oraz kościół ewangelicki z cmentarzem (z XVI, XIX i XX wieku) w Nakomiadach.

Niemniej cenne są zespoły pałacowo-parkowe i dworsko-folwarczne, będące dawniej własnością junkrów pruskich. W Kątach jest to zespół dworski z końca XIX wieku z kuźnią i parkiem, w Skierkach – zespół pałacowy z XVIII-XIX wieku z parkiem, w Banaszkach – dwór z połowy XIX wieku. W Kaskajmach zachował się dwór z II połowy XIX wieku, a w pobliskich Borkach zespół dworski z tego samego okresu wraz z niewielkim parkiem. Z kolei w Starej Różance znajdują się pozostałości zespołu dworskiego z XVII-XVIII wieku i park dworski; podobnego typu zespół dworski istnieje w Kotkowie (dwór z 1895 r. i park o powierzchni 2,62 ha). Stosunkowo duży zespół pałacowy znajduje się w Wopławkach. Obejmuje on późnoklasycystyczny pałac z II połowy XIX wieku, zabudowania folwarczne (brama, spichrz) i park o powierzchni 5 ha. Po niedokończonym remoncie z lat 90. XX w. pałac pozostaje w ruinie. W Smokowie zachował się folwark z lat 1850–60 wraz z parkiem podworskim, w Grabnie i w Muławkach – dwory z XIX wieku. Barokowy dwór z 1768 r. wraz z parkiem krajobrazowym o powierzchni 5,5 ha zachował się w Windykajmach. We wsi Stachowizna nad rzeką Dajną znajduje się zespół dworski z XVIII-XIX wieku z parkiem. Duży i dobrze zachowany zespół pałacowo-parkowy znajduje się w Nakomiadach. Barokowy pałac z lat 1664–80 był przebudowywany w 1705 r. i 1905 r. Zabudowania folwarczne (m.in. owczarnia) oraz park pochodzą z XIX i XX wieku.

Z innych, zabytkowych budowli na omawianym obszarze zachowały się: karczma we wsi Winda z 1792 r., wiatrak typu holenderskiego z XVIII–XIX wieku w Starej Różance i dwa domy drewniane z XVIII wieku w Nowej Różance.

Do obiektów zabytkowych na terenie arkusza należą również pozostałości linii kolejowej Kętrzyn – Węgorzewo wraz z infrastrukturą techniczną z początku XX. W jej skład na omawianym terenie wchodzi: linia kolejowa z nasypem ziemnym, zespół zabudowy dworca w Kętrzynie (budynek dworca, dwie nastawnie, dwie parowozownie, wieża ciśnień i pozostałości wiaduktu); pozostałości stacji kolejowej w Czernikach i Gierłozie oraz dwa wiadukty drogowe i jeden kolejowy w Czernikach.

Zabytkowe parki, będące ostatnią pozostałością po istniejących dawniej dobrach rodowych, zachowały się w: Dublinach, Linkowie, Górach, Kętrzynie (park w stadninie ogierów),

Gierłozy (park pałacowy z końca XVIII i z XIX wieku o powierzchni 4,1 ha), Wajsznorach, Sławkowie, Pożarkach i Wólce.

W Gierłozy, niegdyś Wolfsschaanze, czyli Wilczym Szańcu mieściła się kwatera Główna Adolfa Hitlera. Jest to najbardziej znany zespół fortyfikacji na terenie byłych Prus Wschodnich i jedno z bardziej znanych miejsc w Europie. Udostępnione do zwiedzania od 1959 roku, jest tematem wielu prac i przewodników w różnych językach, lecz nie ze względu na architekturę i rozwiązania techniczne zastosowane przy budowie tego kompleksu, lecz na fakt dokonania nieudanego zamachu na życie Adolfa Hitlera w lipcu 1944 roku.

XIII. Podsumowanie

Północno-zachodnia część obszaru arkusza należy do Niziny Sępopolskiej część środkowa i południowa do Pojezierza Mrągowskiego, natomiast północno-wschodnia do Krainy Wielkich Jezior Mazurskich. Administracyjnie teren położony jest w województwie warmińsko-mazurskim.

W ramach niniejszego opracowania przedstawiono stan bazy surowcowej, która obejmuje trzy złoża kruszywa naturalnego. Kopaliny te mają głównie znaczenie lokalne. Obecnie eksploatowane dla potrzeb budownictwa i drogownictwa są dwa złoża kruszywa piaskowo-żwirowego „Pudwągi I” i „Pudwągi”.

Na mapie zaznaczono obszary rokujące w świetle dotychczasowych badań perspektywy dla udokumentowania złóż kopalin, w szczególności kruszyw piaszczysto-żwirowych (piasków, piasków ze żwirem na potrzeby lokalne) oraz torfów.

Głównym źródłem zaopatrzenia w wodę mieszkańców regionu jest czwartorzędowe i trzeciorzędowo-czwartorzędowe piętro wodonośne. Zarówno wydajność ujęć jak i jakość ujmowanej wody jest wystarczająca w stosunku do potrzeb. Specyfiką omawianego regionu jest koncentracja eksploatacji wód podziemnych w dwóch ujęciach dla miasta Kętrzyna. Na większości obszaru wodom podziemnym nie zagraża zanieczyszczenie, ponieważ poziomy wodonośne są dobrze izolowane od powierzchni. Konieczna jest jednak poprawa czystości wód powierzchniowych; przede wszystkim Gubra w rejonie ujęcia Jezewo.

Obszar objęty arkuszem Kętrzyn należy do regionu z tradycjami intensywnego rolnictwa i hodowli. Atutem w intensyfikacji produkcji rolnej jest przede wszystkim korzystna struktura własnościowa gospodarstw, odziedziczona po zlikwidowanych państwowych gospodarstwach rolnych: przewaga dużych, prywatnych zakładów rolnych nastawionych na produkcję wielko-

towarową. Nie bez znaczenia są bardzo dobre warunki glebowe – urodzajne gleby brunatne i tzw. czarne ziemie kętrzyńskie.

Na terenie tym znajduje się specjalny obszar ochrony siedlisk „Gierłoż” wydzielony w ramach systemu Natura 2000. Słabo zagospodarowane są pod względem turystycznym atrakcyjne tereny leśne we wschodniej części obszaru arkusza, za wyjątkiem znanego w całej Polsce kompleksu bunkrów dawnej kwatery wojskowej Adolfa Hitlera koło Gierłóży (tzw. Wilczy Szaniec), z okresu II wojny światowej.

Perspektywy rozwojowe regionu należy wiązać z jego wysokimi walorami krajoobrazowymi, bogactwem florystycznym i faunistycznym oraz skuteczną ochroną przyrody. Nadrzędnym celem, jaki stawiają przed sobą władze samorządowe jest poprawa stanu środowiska w powiecie kętrzyńskim ze szczególnym uwzględnieniem gospodarki ściekowej. Do priorytetowych celów strategicznych na najbliższe lata należą: poprawa stanu czystości powietrza i gospodarki odpadami oraz przywrócenie równowagi ekologicznej w zlewni rzeki Guber i na obszarach źródliskowych rzeki Omet.

Na terenie objętym arkuszem Kętrzyn wskazano obszary możliwej lokalizacji składowisk odpadów obojętnych i komunalnych.

Odpady obojętne można składować w granicach powierzchniowego występowania glin zwałowych zlodowacenia wistły. Obszary wytypowano na terenie gmin: Korsze, Barciany, Srokowo, Kętrzyn i Reszel.

Jako miejsca rekomendowane do składowania odpadów komunalnych wytypowano tereny w granicach kartograficznych wydziałów mułków i iłów zastoiskowych zlodowacenia wistły. Znajdują się one w rejonach miejscowości Nakomiady w gminie Kętrzyn, Saduny w gminie Korsze oraz Kiemławki Małe i Winda w gminie Barciany.

Warunki hydrogeologiczne rozpatrywane pod kątem składowania odpadów są korzystne. Wskazane obszary znajdują się na ogół na terenach o bardzo niskich i niskich stopniach zagrożenia wód poziomów użytkowych. Najbardziej korzystny jest rejon miejscowości Windykajmy, gdzie nie ma użytkowego poziomu wodonośnego.

Na składowiska odpadów można rozpatrywać wyrobisko złoża kruszywa naturalnego „Pudwagi” oraz punkty lokalnej eksploatacji kruszyw w rejonie Nowej Wsi Małej i Sińca.

Decyzję o przeznaczeniu terenu pod składowiska odpadów musi każdorazowo poprzedzić rozpoznanie geologiczne i hydrogeologiczne miejsca planowanej inwestycji.

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.
- AUTOWICZ Z., 1974 – Sprawozdanie z prac poszukiwawczych za złożami kruszywa naturalnego przeprowadzonych w rejonach: Martiany – Kronowo oraz Wajsznory – Sławkowo. *Centr. Arch. Geol., Państw. Inst. Geol., Warszawa*.
- BIESIACKI A., 1980 – Warunki przyrodnicze produkcji rolnej – województwo warmińsko-mazurskie. *Inst. Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy*.
- BIRCH G., SIAKA M., OWENS C. (2001) — The source of anthropogenic heavy metals in fluvial sediments of a rural catchment: Coxs 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.
- 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.
- DOMAŃSKA Z., 1959 – Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych złóż glin ceramicznych w rejonie Wilkowa. *Arch. Geol. Warmińsko-Mazurskiego Urzędu Wojew. w Olsztynie*.
- 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 hydro-carbons (PAH) and heavy metals in floodplain sediments from the Rhine River (Hessische Ried, Germany). *Applied Geochemistry* 16: 1707–1721.

- GRABOWSKI D. (red.), KUCHARSKA M., NOWACKI Ł., 2007 – System Osłony Przeciwsuwiskowej Etap I: Mapa osuwisk i obszarów predysponowanych do występowania ruchów masowych w województwie warmińsko – mazurskim. CAG PIG Warszawa.
- HAKENBERG H., SIENKIEWICZ A., 1996 – Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne dla ustanowienia stref ochronnych zbiornika wód podziemnych w utworach czwartorzędowych Wielkich Jezior Mazurskich GZWP 206, woj. suwalskie, olsztyńskie. Centr. Arch. Geol., Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HELWAK L., 1985 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Mazany II” w miejscowości Mażany. Arch. Geol. Warmińsko-Mazurskiego Urzędu Wojew. w Olsztynie.
<http://natura2000.gdos.gov.pl/>
- Instrukcja** opracowania Mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, 2005 – Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KLECZKOWSKI A. S. (red.), 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, w skali 1:500 000. Wyd. AGH w Krakowie, Kraków.
- KONDRACKI J., 2002 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- 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. Fund. 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.
- 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.

- MASZOŃSKA D., 2004 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Kętrzyn (102). Centr. Arch. Geol., 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.
- MUSZYŃSKA E., KASPRZYK S., 1992 – Sprawozdanie z prac poszukiwawczych złóż kruszywa naturalnego w rej. Martiany – Różanka. Centr. Arch. Geol., Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NOWICKI Z. (red.), 2007 – „Mapa obszarów zagrożonych podtopieniami w Polsce”. Informator Państwowej Służby Hydrogeologicznej. Warszawa.
- OSTRZYŻEK S., DEMBEK W., 1996 – Zlokalizowanie i charakterystyka złóż torfowych w Polsce spełniających kryteria potencjalnej bazy zasobowej z ustaleniem i uwzględnieniem wymogów związanych z ochroną i kształtowaniem środowiska. Centr. Arch. Geol., Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A., (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski. 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 r. Woj. Insp. Ochr. Środow., 2010. Olsztyn.
- 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* vol 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. we sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony. *Dziennik Ustaw* nr 55 poz. 498 z dnia 14 maja 2002 r.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. *Dziennik Ustaw* nr 165, poz. 1359, z dnia 4 października 2002 r.
- 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. *Dziennik Ustaw* nr 61, poz. 549 z dnia 10 kwietnia 2003 r.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, *Dziennik Ustaw* nr 162, poz. 1008, z dnia 10 września 2008 r.
- 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. *Dziennik Ustaw* nr 39, poz. 320 z dnia 13 marca 2009 r.
- RYCHEL J., 2009 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Kętrzyn (102) (materiały autorskie). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- 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.
- SROGA C., 2006 – Mapa geologiczno-gospodarcza Polski w skali 1:50 000, arkusz Kętrzyn 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. Wyd. 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. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- SZUFLICKI M., (red). MALON A., TYMIŃSKI M., 2011– Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg. stanu na 31. 12. 2009 r. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŠMEJKALOVÁ M., MIKANOVÁO., BORŮVKA L.(2003) – Effects of heavy metal concentrations on biological activity of soil micro-organisms. *Plant & Soil Environ.*, 49 (7): 321–326.
- Ustawa** o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. Dziennik Ustaw nr 185, poz. 1243 z dnia 5 października 2010 r.
- 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.
- WOŚ A., 1999 – *Klimat Polski*. Wyd. PWN, Warszawa.
- ZAPRZELSKI Z., 2007 – Dokumentacja geologiczna złóż kruszywa naturalnego „Pudwagi” w kat. C₁. Centr. Arch. Geol., Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ZAPRZELSKI Z., 2009 – Dokumentacja geologiczna w kat. C₁ złóż kruszywa naturalnego żwirowo-piaskowego „Pudwagi I”. Centr. Arch. Geol., Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Zasady** dokumentowania złóż kopalin stałych, 2002. Ministerstwa Środowiska, Warszawa.