

**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

---

OPRACOWANIE ZAMÓWIONE PRZEZ MINISTRA ŚRODOWISKA

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

**Arkusze SEJNY (110); VEISIEJAI (111)**



MINISTERSTWO  
ŚRODOWISKA

Warszawa 2012 r.

Autorzy planszy A: Bogusław Bąk\*, Adam Szelaĝ\*,  
Autorzy planszy b: Paweł Kwecko\*, Izabela Bojakowska\*, Hanna Tomassi-Morawiec\*,  
Krystyna Wojciechowska\*\*

Główny koordynator MGŚP: Małgorzata Sikorska-Maykowska\*

Redaktor regionalny planszy A: Albin Zdanowski\*

Redaktor regionalny planszy B: Joanna Szyborska-Kaszycka\*

Redaktor tekstu: Iwona Walentek \*

\* 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>A. Szeląg</i> .....	3
II.	Charakterystyka geograficzna i gospodarcza – <i>A. Szeląg</i> .....	4
III.	Budowa geologiczna – <i>B. Bąk</i> .....	7
IV.	Złoża kopalin – <i>B. Bąk, A. Szeląg</i> .....	11
	1. Kopaliny okruczowe .....	11
	2. Kreda jeziorna i torfy .....	15
V.	Górnictwo i przetwórstwo kopalin. – <i>B. Bąk, A. Szeląg</i> .....	17
VI.	Perspektywy i prognozy występowania kopalin – <i>B. Bąk, A. Szeląg</i> .....	19
VII.	Warunki wodne – <i>A. Szeląg</i> .....	22
	1. Wody powierzchniowe.....	22
	2. Wody podziemne.....	23
VIII.	Geochemia środowiska .....	26
	1. Gleby – <i>P. Kwecko</i> .....	26
	2. Osady wodne – <i>I. Bojakowska</i> .....	28
	3. Pierwiastki promieniotwórcze – <i>H. Tomassi-Morawiec</i> .....	33
IX.	Składowanie odpadów <i>K. Wojciechowska</i> .....	36
X.	Warunki podłoża budowlanego – <i>B. Bąk, A. Szeląg</i> .....	43
XI.	Ochrona przyrody i krajobrazu – <i>A. Szeląg</i> .....	45
XII.	Zabytki kultury – <i>A. Szeląg</i> .....	54
XIII.	Podsumowanie – – <i>A. Szeląg, B. Bąk, K. Wojciechowska</i> .....	56
XIV.	Literatura .....	57

## I. Wstęp

Arkusze Sejny i Veisiejai Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000 zostały opracowane w Oddziale Karpackim Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Krakowie (plansza A) oraz w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie i Przedsiębiorstwie Geologicznym POLGEOL SA w Warszawie (plansza B). Mapę wykonano zgodnie z Instrukcją opracowania Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, (Instrukcja..., 2005). Przy opracowaniu wykorzystano materiały archiwalne i informacje zamieszczone na arkuszach Sejny i Veisiejai Mapy geologiczno-gospodarczej Polski (MGGP) w skali 1:50 000 wykonanym w Przedsiębiorstwie Geologicznym PROXIMA SA we Wrocławiu (Kwaśny, Niżnik, 2006). Opracowanie sporządzono na podkładzie topograficznym w skali 1:50 000 w układzie 1942.

Mapa geośrodowiskowa Polski składa się z dwóch plansz. Plansza A zawiera zaktualizowane treści Mapy geologiczno-gospodarczej Polski 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. Przedstawione 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 przeznaczona jest głównie do praktycznego wspomaganie regionalnych i lokalnych działań gospodarczych. Służyć może instytucjom, samorządom terytorialnym i administracji państwowej w podejmowaniu decyzji dotyczących gospodarki zasobami środowiska przyrodniczego oraz planowania przestrzennego. Przedstawiane na niej informacje środowiskowe mogą stanowić pomoc przy wykonywaniu wojewódzkich, powiatowych i gminnych programów ochrony środowiska oraz planów gospodarki odpadami. Mapa może też być przydatna w kształtowaniu proekologicznych postaw lokalnych społeczności oraz w edukacji na wszystkich szczeblach nauczania.

W opracowaniu przeanalizowano i wykorzystano materiały archiwalne pochodzące z Centralnego Archiwum Geologicznego Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, Urzędu Wojewódzkiego i Marszałkowskiego w Białymstoku, Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Białymstoku, Instytutu Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach oraz urzędów powiatowych i gminnych, a także zasobów internetu.

Mapa wykonywana jest w wersji cyfrowej, a dane dotyczące złóż kopalin zostały zamieszczone w kartach informacyjnych dla komputerowej bazy danych o złożach.

## **II. Charakterystyka geograficzna i gospodarcza**

Położenie arkusza Sejny wyznaczają współrzędne: 23°15'–23°30' długości geograficznej wschodniej oraz 54°00'–54°10' szerokości geograficznej północnej, natomiast arkusza Veisiejai 23°30'–23°45' długości geograficznej wschodniej oraz 54°00'–54°10' szerokości geograficznej północnej.

Pod względem administracyjnym obszar arkuszy położony jest w północnej części województwa podlaskiego, w powiecie sejneńskim, obejmując fragmenty gmin Giby i Krasnopol oraz miasta i gminy Sejny. Od wschodu opisywany obszar graniczy z Litwą. W granicach Polski znajduje się ponad 95% powierzchni arkusza Sejny i tylko około 5% terenu arkusza Veisiejai.

Zgodnie z podziałem fizycznogeograficznym obszar arkuszy należy do prowincji Niżu Wschodniobałtycko-Białoruskiego i podprowincji Pojezierza Wschodniobałtyckie (Kondracki, 2002) (fig. 1). W granicach arkusza wyróżnia się dwa mezoregiony: Pojezierze Wschodniosuwalskie i Równinę Augustowską wchodzących w skład makroregionu Pojezierze Litewskie.

Pojezierze Wschodniosuwalskie zajmuje północną i środkową część arkusza Sejny oraz zachodnią arkusza Veisiejai. Jego powierzchnia uformowana w czasie ostatniego zlodowacenia charakteryzuje się bardzo urozmaiconą rzeźbą terenu wznoszącą się generalnie 135–150 m n.p.m. Najwyżej położony jest rejon wzgórz moren czołowych między jeziorami Gaładuś i Hołny z kulminacją 173,6 m n.p.m. Najniżej położone (około 125 m n.p.m) są tarasy zalewowe rzeki Marychy w południowo-wschodniej części arkusza Sejny. Występują tu wały moren czołowych, kemy, ozy oraz głęboko wcięte rynny. Wały morenowe mają generalnie przebieg północny zachód – południowy wschód, zmieniający się na wschodni od Jeziora Wigry. W obrębie rynien znajdują się jeziora połączone korytami strumyków i rzek. Największe z nich to Gaładuś, Hołny i Pomorze.



**Fig. 1. Położenie arkuszy Sejny i Veisiejai na tle jednostek fizycznogeograficznych wg J. Kondrackiego (2002)**

1 – granica podprovincji; 2 – granice mezoregionów, 3 – większe jeziora i rzeki, 4 – granica państwa

Prowincja: Niż Wschodniobałtycko-Białoruski.

Podprovincja: Pojezierza Wschodniobałtyckie

Mezoregiony Pojezierza Litewskiego: 842.73 – Pojezierze Wschodniosuwalskie, 842.74 – Równina Augustowska.

Podprovincja: Wysoczyzny Podlasko-Białoruskie.

Mezoregiony Niziny Północnopodlaskiej: 843.32 – Kotlina Biebrzańska

Równina Augustowska rozciąga się na południe od linii Pogorzelec – jezioro Wiereśnie – Giby – Berzniki (arkusz Sejny) i Markiszki (arkusz Veisiejai). Jest to równina sandrowa poprzecinana dolinami rzek i cieków oraz obniżeniami wytopiskowymi, częściowo zajęte przez jeziora bądź zastoiska, obniżająca się w kierunku południowym. Jej charakterystycznym elementem są liczne jeziora rynnowe. Dużą część równiny zajmuje Puszcza Augustowska.

Południową i południowo-zachodnią część arkuszy Sejny i Veisiejai pokrywa Puszcza Augustowska. Zwarte kompleksy leśne występują także na północ i północny zachód od Sejn. Jest to bór świeży z dominacją sosny.

Łąki na glebach pochodzenia organicznego znajdują się na wysoczyźnie w zagłębieniach bezodpływowych oraz w dolinach Marychy, Helnianki i Kunisjanki. Na glinach wytworzyły się gleby brunatne, natomiast terenom leśnym towarzyszą gleby bielicowe i rdzawe.

Omawiany obszar położony jest w Mazursko-Podlaskim regionie klimatycznym (Woś, 1999). Cały ten region, pomimo stosunkowo niewielkiej odległości od morza Bałtyckiego, pozostaje pod wpływem rozciągającego się na wschód bloku kontynentalnego. Sprawia to, że panują tutaj najsurowsze warunki klimatyczne całej nizinnej części kraju. Krótkie, ciepłe lato trwa około trzech miesięcy. Najcieplejszym miesiącem jest lipiec ze średnią temperaturą około 17° C. Jesień trwa niespełna dwa miesiące, a temperatura spada w tym okresie do około 6°C. Surowa zima rozpoczyna się zwykle w trzeciej dekadzie listopada i trwa do pierwszej dekady kwietnia. Średnia temperatura powietrza waha się w tym okresie od -6,7 do -2,7°C, często spada poniżej -20°C. Zwarta pokrywa śnieżna zalega około 2,5 miesiąca, a ilość dni mroźnych lub z przymrozkami wynosi około 150. Roczne opady atmosferyczne, których najwięcej przypada na okres czerwiec-sierpień osiągają 550-600 mm (Lorenc (red), 2005). Lokalny wpływ na klimat mają duże jeziora i duże kompleksy lasów. Objawia się to mniejszymi amplitudami temperatury oraz wyższymi średnimi temperaturami roku.

Jest to teren słabo zurbanizowany i zaludniony. Brak tu dużych ośrodków miejskich i przemysłowych. Największą miejscowością są Sejny liczące około 6000 mieszkańców. Pełnią one na tym terenie funkcje administracyjne (siedziba starostwa, miasta, gminy), usługowo-handlowe i centrum społeczno-kulturalnego dla regionu. W Sejnach, ze względu na mniejszość litewską zamieszkującą miasto i okolice, znajduje się konsulat Republiki Litewskiej.

Walorami tych terenów są przede wszystkim zasoby przyrodnicze: lasy, liczne jeziora, zróżnicowany polodowcowy krajobraz, które sprzyjają rozwojowi turystyki. Wiodącą gałęzią gospodarki na tych terenach jest rolnictwo, a także gospodarka leśna. W strukturze użytków rolnych przeważają grunty orne oraz łąki i pastwiska. W produkcji roślinnej dominują zboża i rośliny pastewne, a w produkcji zwierzęcej – chów bydła, trzody chlewnej oraz drobiu. Dominuje typ małych, rodzinnych gospodarstw, opierających swoją działalność głównie na naturalnych metodach uprawy roślin i hodowli. Korzystne warunki środowiskowe oraz struktura obszarowa indywidualnych gospodarstw rolnych daje możliwość produkcji rolnej metodami ekologicznymi i łączenia jej z agroturystyką.

Największym zakładem w Sejnach i w całym powiecie sejneńskim jest mleczarnia „SejnMlek” produkująca m.in. twarde sery i mleko w proszku. Ponadto mieści się tu gorzel-

nia i zakłady drzewne. Funkcjonują tu także drobne zakłady rolno-spożywcze i handlowo-usługowe.

Dostępność komunikacyjna, która jest istotnym elementem z punktu widzenia możliwości rozwoju regionu, jest atutem obszaru objętego arkuszami Sejny i Veisiejai. Układ komunikacyjny oparty jest o drogę krajową nr 16 łączącą przejście graniczne z Litwą w Ogrodnikach z resztą kraju. Droga ta ma dwie odnogi w kierunku Sejn (drogi krajowe nr 653 i 663) i dalej do Suwałk (nr 653) i Gołdapi (nr 651). Uzupełnieniem jest sieć dróg gminnych i lokalnych łączących miejscowości regionu.

### **III. Budowa geologiczna**

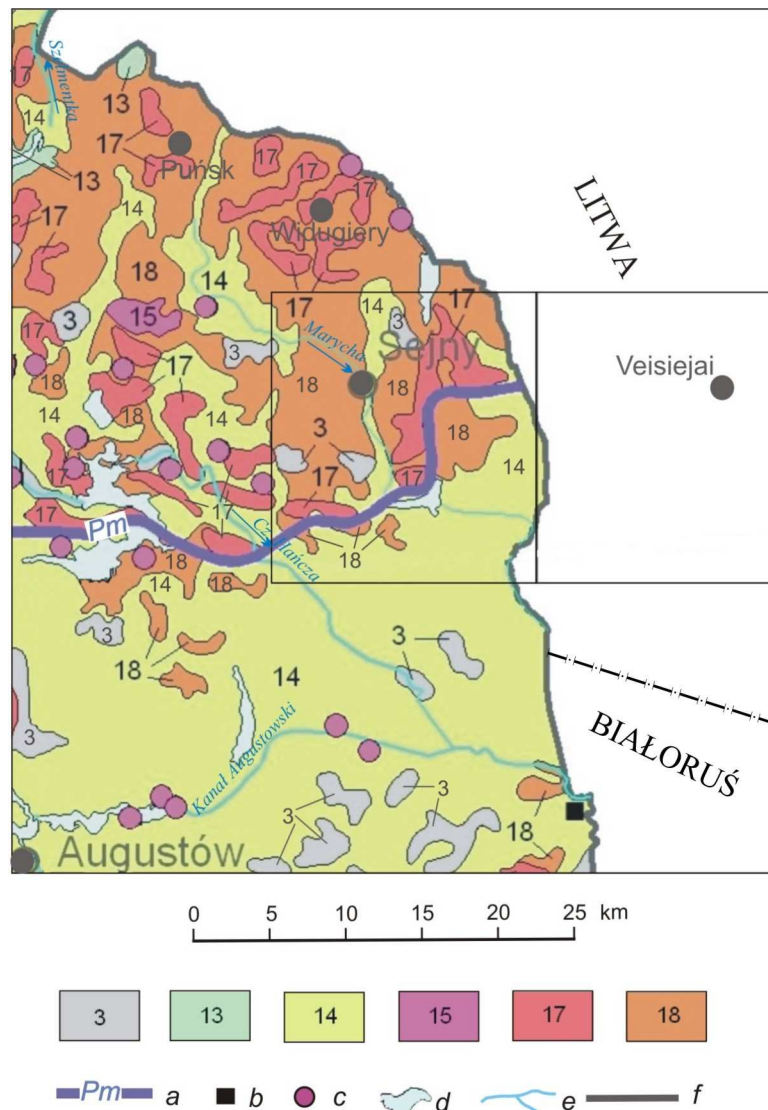
Budowę geologiczną obszaru objętego arkuszami Sejny i Veisiejai przedstawiono na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusze: Sejny (Lisicki, 1990a) i Veisiejai (Lisicki, 1990b) wraz z objaśnieniami (Lisicki, 1994).

Obszar omawianych arkuszy znajduje się na wyniesieniu mazursko-suwalskim, w obrębie prekambryjskiej platformy wschodnio-europejskiej. W trzech otworach – na południe od Sejn i w Poćkunach, przewiercono utwory mezozoiczne i na głębokości 547–559 m osiągnięto podłoże krystaliczne. Są to prekambryjskie skały magmowe (granitoidy) i metamorficzne poprzecinane skałami żyłowymi. Na fundamencie krystalicznym wyniesienia mazursko-suwalskiego zalegają skały osadowe, lądowe triasu dolnego (piaskowce, pstre mułowce i iłowce), a na nich morskie skały jury środkowej (mułowce i łupki ilasto-piaszczyste) i górnej (wapienie ilaste) oraz kredy górnej (piaskowce glaukonitowe, wapienie margliste). Osady mezozoiczne mają miąższość od 330 do 350 m.

Osady trzeciorzędowe (paleogen) zostały nawiercone w 7 otworach. Są to datowane na dolny paleocen gezy mułowcowo-piaszczyste z glaukonitem o miąższości od 74 do 108 m, których strop obniża się w kierunku południowym. Wskutek intensywnej erozji i denudacji w okresie przedglacjalnym brak jest młodszych osadów trzeciorzędu.

Cały omawiany obszar jest przykryty warstwą osadów czwartorzędowych o miąższości od 120 do ponad 180 m (fig. 2). Spąg osadów czwartorzędowych leży na głębokości od poniżej 40 m p.p.m. do 18 m n.p.m. Wśród osadów plejstoceniowych wyróżniono osiem poziomów glin zwałowych. Odpowiadają one kolejno zlodowaceniom południowopolskim (dwa poziomy zlodowacenia nidy, jeden wilgi), zlodowaceniom środkowopolskim (jeden poziomy zlodowacenia odry, dwa warty), zlodowaceniom północnopolskim (dwa poziomy zlodowacenia wisły bałtyckiego). Tylko w jednym otworze natrafiono na osady świadczące o ocieplaniu klimatu

w plejstocenie. Osady te odpowiadają interglacjałom mazowieckiemu i lubawskiemu. Powierzchnie równoległych osadów plejstocenu opadają łagodnie w kierunku południowym.



**Fig. 2. Położenie arkuszy Sejny i Veisiejai 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, zlodowacenia północno-polskie: 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, ich zwietrzeliny oraz piaski i żwiry lodowcowe;

*a* – zasięg fazy pomorskiej zlodowacenia wisły, *b* – kry utworów kredowych;

Ciągi drobnych form rzeźby: *c* – kemy;

*d* – jeziora, *e* – rzeki; *f* – granica państwa.

*Zachowano oryginalną numerację z Mapy geologicznej L. Marksa i innych (2006)*

Najstarszym osadem czwartorzędowym stwierdzonym na omawianym obszarze są piaski wodnolodowcowe stadiału dolnego zlodowacenia nidy (zlodowacenia południowopolskie). Nawiercono je w południowej części omawianego obszaru. Mają miąższość 3,1 m. Ze stadiąłem tym związane są jeszcze piaski i mułki zastoiskowe dolne – 3,8 m, gliny zwałowe,

o maksymalnej stwierdzonej miąższości 10,3 m oraz piaski i mułki zastoiskowe górne, występujące lokalnie. Osady stadiału górnego zlodowacenia nidy występują powszechnie na obszarze omawianych arkuszy i osiągają większe miąższości. Piaski wodnolodowcowe 31 m, gliny zwałowe – 11,4 do 30 m, a mułki i piaski zastoiskowe 5 do 23 m.

Gliny zwałowe zlodowacenia wilgi i towarzyszące im osady wodnolodowcowe i zastoiskowe występują prawdopodobnie na całym omawianym obszarze i mają miąższość od 5 do 35 m.

Z okresem interglacjału mazowieckiego (dolna część interglacjału wielkiego) wiązana jest głównie akumulacja piasków i mułków jeziornych z humusem w zbiornikach wodnych. Osady takie, o miąższości 6,4 m nawiercono w okolicach Gryszańców (na północ od Sejn).

Z okresu zlodowaceń środkowopolskich (odry i warty) pochodzą trzy poziomy glin zwałowych oraz rozdzielające je osady zastoiskowe i wodnolodowcowe. Kompleks glacialny zlodowacenia odry składa się z glin zwałowych oraz iłów i mułków zastoiskowych. Natomiast głębokie rynny kopalne wypełniają piaski i żwiry wodnolodowcowe. Miąższość osadów tego zlodowacenia waha się od 6,5 do 65 m, a ich strop zalega na rzędnych od 20 m n.p.m. w rejonie Gib do około 65 m n.p.m. w pobliżu Sejn.

Osady interglacjału lubawskiego, rozdzielające utwory lądolodów odry i warty, reprezentowane są przez mułki i piaski jeziorne z torfami o miąższości 4 m. Nawiercono je w Gryszańcach na północ od Sejn.

Z lądolodem warty związane są dwa stadiały. Osady dolnego (stadiał Rogowca) tworzą prawdopodobnie ciągłą pokrywę na omawianym terenie. Są to mułki, ily i piaski zastoiskowe dolne o miąższości od 2,4 m do 13 m; gliny zwałowe (6,5–15,5 m), szare, piaszczyste, w partii stropowej silnie wapniste, z dużą ilością żwirów, piaski i żwiry wodnolodowcowe (2,7–25,5 m), mułki, ily i piaski zastoiskowe górne (o maksymalnej miąższości 27 m). Do stadiału środkowego (wkry) zaliczony został jeden poziom glin zwałowych o miąższości 1,0–12,5 m i przykrywające go lokalnie piaski i żwiry wodnolodowcowe o miąższości do 15 m. Osady stadiału górnego nie zachowały się.

Utwory zlodowacenia wisły (bałtyckiego) występują na całej powierzchni omawianych arkuszy. Należą one do stadiału górnego (leszczyńsko-pomorskiego). Miąższość tych osadów waha się w granicach 15–62 m i podzielono je na dwie serie – osady fazy leszczyńskiej i fazy pomorskiej.

Osady fazy leszczyńskiej to dwa poziomy (dolny i górny) piasków i żwirów wodnolodowcowych, rozdzielone kompleksem glin zwałowych i ich rezydiami oraz mułki i piaski zastoiskowe. Największą miąższość wymienionych osadów stwierdzono w kopalnych ryn-

nach jezior Hołny – 50 m i Gaładuś – 56 m. Pozycja stratygraficzna osadów fazy leszczyńskiej nie jest pewna (Lisicki, 1994). Być może są to osady stadiału górnego (Mławy) lądolodu warty, lub stadiału środkowego (Świecia) lądolodu wisły.

Utwory fazy pomorskiej odsłaniają się na powierzchni arkuszy Sejny i Veisiejai lub lokalnie leżą bezpośrednio pod osadami holocenu. Ich miąższość zmienia się od 5 do prawie 45 m w okolicach jeziora Gaładuś. Profil rozpoczynają piaski i żwiry wodnolodowcowe dolne (pierwszy poziom sandrowy), których maksymalną miąższość – 14,3 m stwierdzono w okolicach Olszanki. Nad nimi zalegają gliny zwałowe dolne lub dolne i górne nierozdzielone, zbudowane z bardzo wapnistych i piaszczystych glin, przeważnie bogatych w żwiry. Związane są z nimi osady kemów o miąższości przekraczającej 10 m. Są to drobno- lub różnoziarniste mułki, piaski i miejscami gliny zwałowe w spływach kemów, odsłaniające się w okolicach Gib oraz żwiry, piaski i głazy lodowcowe.

Wody płynące pod lodem formowały osady późniejszych ozów (piaski, żwiry, głazy i gliny) o miąższości 15 m występujące w północno-wschodniej i wschodniej części arkuszy, od jeziora Hołny do jeziora Łempis oraz w wąskim pasie od jeziora Szejpliszki aż do jeziora Wierśnie. Wokół jezior na północnym wschodzie obszaru arkuszy oraz w pasie Pogorzelec-Pomorze-Bierżałowice występują piaski, żwiry i głazy moren czołowych, także gliny zwałowe moren czołowych.

Podczas chwilowej recesji lądolodu następuje akumulacja piasków i żwirów wodnolodowcowych środkowych, które budują drugi poziom sandrowy Równiny Augustowskiej.

Z najmłodszą oscylacją lądolodu wiąże się występowanie kredy piszczącej wieku dolnoturońskiego, jako kry w glinach zwałowych. Występuje ona we wsi Rachelany, na powierzchni około 2 tys. m<sup>2</sup>. Maksymalna grubość kry wynosi 2,3 m.

Gliny zwałowe górne, o miąższości nieprzekraczającej 3 m, występują tylko na wschód od Pogorzela, na zachód i wschód od Gib oraz na północ od Berżnik. Towarzyszą im żwiry, piaski i głazy lodowcowe o miąższości do 2 m występujące na powierzchni w rejonie jezior Gaładuś i Hołny. Między jeziorami Pomorze i Zelwa, a także w północnej części arkusza Sejny występują piaski i żwiry akumulacji szczelinowej o miąższości do 20 m. Z górnymi glinami zwałowymi związane są również młodsze gliny wodnomorenowe o miąższości do 3 m, jak również piaski mułki i ility zastoiskowe o miąższości ponad 2 m zajmujące największe powierzchnie na północny zachód od Sejny i na południowy wschód od Gib.

Na wysoczyźnie polodowcowej powszechnie występują pagórki i wzgórza zbudowane z piasków, żwirów, głazów i glin zwałowych w spływach kemów, a także piasków, żwirów, głazów i glin zwałowych w spływach moren martwego lodu, o miąższości ponad 8 m stwier-

dzonej w odkrywkach wzdłuż drogi Sejny–Giby. Wysoczyzną polodowcową przecinają ciągi moren czołowych spiętrzonych. Najlepsze odsłonięcia osadów je budujących znajdują się we wsi Karolin (na NE od Pogorzela), koło Ogrodnik w skarpach szosy do Sejn oraz w dużej odkrywce we wsi Pawłówka. Osady moren spiętrzonych osiągają miąższość 8 m.

Na północ od Sejn oraz na obszarze Równiny Augustowskiej występują piaski i żwiru wodnolodowcowe górne budujące trzy młodsze poziomy sandrowe; trzeci o miąższości 1–2 m, czwarty o grubości do 17 m i piąty osiągający 10 m.

W górnym plejstocenie i holocenie powstawały rezydwa glin zwałowych złożone przeważnie ze żwirów i piasków zawierających znaczne domieszki pyłów o miąższości do 1,5 m oraz piaski i gliny deluwialne o miąższości do 2 m, występujące przy krawędziach, rozcięciach i zagłębieniach terenowych.

Kompleks najmłodszych osadów (holocen) tworzą na omawianym terenie piaski rzeczne leżące w dolinie Marychy, oraz lokalnie mułki, piaski i ropy jeziorne, piaski humusowe i namuły torfiaste. Miąższości tych osadów wahają się od 1 do maksymalnie 4 m. Gytie, w tym gytie wapienne, występują na powierzchni między jeziorami Wierśnie i Dąbie, na półwyspie jeziora Zelwa i na południe od Berżałowic. Osiągają miąższości nawet do 9 m (w Dubowie) i mogą być przydatne do wzbogacania gleb. Torfy niskie, przejściowe i wysokie spotykane są powszechnie w obniżeniach na wysoczyźnie i dolinach cieków powierzchniowych. Osiągają miąższość do 7,5 m. Największe powierzchnie zajmują między miejscowością Pomorze a jeziorem Białym, na zachód od jeziora Białego (Bobrowe Bagno), na północny wschód od Sejn (Bagno Żegarskie) oraz w dolinie Kunisianki.

#### **IV. Złoża kopalin**

Kopaliny występujące na obszarze arkuszy Sejny i Veisiejai należą do pospolitych i mają tylko znaczenie lokalne. Na obszarze arkusza Sejny udokumentowano lub zarejestrowano jednaście złóż kopalin: osiem złóż kopalin okruchowych oraz trzy złoża kredy jeziornej i torfów (tabela 1). Na terenie arkusza Veisiejai nie ma udokumentowanych złóż kopalin.

##### **1. Kopaliny okruchowe**

Zlokalizowane na omawianym terenie złoża kopalin okruchowych to trzy złoża piasków: „Sztabinki”, „Posejanka” i „Kukle”, cztery złoża piasków i żwirów: „Posejanka II”, „Kukle II”, „Giby” i „Konstantynówka” oraz jedno złożo piasków ze żwirami i piasków – „Berzniki”. Podstawowe parametry geologiczno-górniceze tych złóż i jakościowe ich kopalin przedstawiono w tabeli 2.

Złoże piasków „Sztabinki” (Sadowski, 1994a) udokumentowano w kategorii C<sub>1</sub> na powierzchni 1,56 ha. Kopaliną są piaski średnioziarniste z niewielką domieszką żwiru złożone w wyniku akumulacyjnej działalności lodolodu fazy pomorskiej (morena czołowa). Przykrywa je gleba, piaski żażelazone oraz glina piaszczysta i piaski gliniaste. Złoże jest suche.

W roku 1987 w obrębie ozu udokumentowano kartą rejestracyjną złoże piasków i żwirów akumulacji lodowcowej i piasków akumulacji wodnolodowcowej „Berżniki” (Sadowski, 1987). Zlokalizowane jest ono w bezpośrednim sąsiedztwie rozległego wyrobiska po wcześniejszej eksploatacji. Na powierzchni 1,87 ha wydzielono dwa rodzaje kopaliny: kopalinę główną – piaski i żwir, oraz kopalinę towarzyszącą – piaski zalegające w osobnym pokładzie, w południowo-wschodniej części złoża. Całe złoże przykrywa warstwa gleby i piasków drobno- i średnioziarnistych, żażelazionych. Złoże jest suche.

Przy drodze z Gib do Sejn zarejestrowano w obszarze moren martwego lodu złoże piasków „Posejanka” (Rukszto-Chmielewska, Bożyński, 1980) oraz piasków i żwirów „Posejanka II” (Sadowski, 1988). Powierzchnia złóż wynosi odpowiednio 0,85 ha i 0,89 ha. W ich nadkładzie występuje gleba piaszczysta oraz piaski żażelazone, w spągu piaski i żwir z głazami o średnicy do 1,5 m. Duże nagromadzenie głazów występuje w obrębie serii złożowej, w zachodniej części złoża „Posejanka”. Oba złoża są suche.

W obszarze występowania piasków, żwirów, głazów i glin zwałowych moren czołowych, na północny-zachód od wioski Kukle, zlokalizowane są dwa sąsiadujące ze sobą złoża: zarejestrowane – piasków „Kukle” (Wojciechowski, Dunin, 1982) i udokumentowane – piasków i żwirów „Kukle II” (Ceckowski, 2005). Pierwsze o powierzchni 4,2 ha, drugie 0,5 ha. W nadkładzie obu złóż występuje gleba, miejscami glina zwałowa i piaski gliniaste, w spągu glina zwałowa i piaski pylaste. Serię złożową cechuje duża zmienność składu uziarnienia, przewarstwienia gliniaste i spora domieszka różnej wielkości głazów. Obydwa złoża są suche.

Na zachód od Gib, przy drodze do Pogorzela, na powierzchni 1,57 ha położone jest zarejestrowane złoże piasków i żwirów „Giby” (Sadowski, 1991). Seria złożowa składa się z naprzemianległych warstw piasków oraz piasków i żwirów z głazikami złożonych w wyniku działalności wód lodowcowych. Kopalina przykryta jest glebą, piaskami pylastymi i drobnoziarnistymi ze żwirem. Złoże jest częściowo zawodnione.

Tabela 1

## Złoże kopalin i ich charakterystyka gospodarcza oraz klasyfikacja

Nr złoże na mapie	Nazwa złoże	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno-surowcowego	Zasoby geologiczne bilansowe (tys. t, tys. m <sup>3</sup> *)	Kategoria rozpoznania	Stan zagospodarowania złoże	Wydobycie (tys. t)	Zastosowanie kopaliny	Klasyfikacja złoże		Przyczyny konfliktowości złoże
									wg stanu na rok 2010 (Szufflicki i inni, 2011)	Klasy 1-4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Sztabinki	p	Q	253	C <sub>1</sub>	Z	–	Skb, Sd	4	B	K, G
2	Berżniki	kj t*	Q	933,3 430,5*	C <sub>2</sub>	N	–	Sr	4	C	K, G, N
3	Berżniki	pż, p*	Q	147	C <sub>1</sub> *	Z	–	Skb	4	B	K, N
4	Posejanka	p	Q	102	C <sub>1</sub> *	Z	–	Skb, Sd	4	C	Z
5	Posejanka II	pż	Q	65	C <sub>1</sub> *	Z	–	Skb, Sd	4	B	K, G
6	Kukle II	pż	Q	72	C <sub>1</sub>	Z*	–	Sd	4	A	–
7	Kukle	p	Q	321	C <sub>1</sub> *	N	–	Skb, Sd	4	A	–
8	Dubowo	kj t*	Q	3 273,0 1 055,0*	C <sub>2</sub>	N	–	Sr	4	C	K, G, N
9	Giby	pż	Q	2	C <sub>1</sub> *	G	2	Skb, Sd	4	B	K, G, N
10	Zelwa	kj t*	Q	883,1 290,7*	C <sub>2</sub>	N	–	Sr	4	C	K, N
11	Konstantynówka	pż	Q	194	C <sub>1</sub>	G**	–	Skb, Sd	4	A	–

Rubryka 3: p – piaski, pż – piaski i żwiry, kj – kreda jeziorna, t – torfy, \* – kopalina towarzysząca

Rubryka 4: Q – czwartorzęd

Rubryka 6: kategorie rozpoznania zasobów udokumentowanych: kopalin stałych – B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>; złoże zarejestrowane (kategoria przypisana umownie) – C<sub>1</sub>\*

Rubryka 7: złoże: G – zagospodarowane, N – niezagospodarowane, Z – zaniechane, \* – eksploatacja zaniechana w 2009 r., \*\*eksploatowane od 2008 r.

Rubryka 9: Skb – kruszywa budowlane, Sd – drogowe, Sr – rolnicze

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

Rubryka 11: złoże: A – mało konfliktowe, B – konfliktowe, C – bardzo konfliktowe

Rubryka 12: K – ochrona krajobrazu, G – ochrona gleb, Z – konflikt zagospodarowania terenu, N – NATURA 2000

Tabela 2

## Parametry geologiczno – górnicze i jakościowe złóż kopalin okruchowych

Nr złoże na mapie	Nazwa złoże	Rodzaj kopaliny	Powierzchnia (ha)	Miąższość od-do/śr. (m)	Grubość nadkładu od-do/śr. (m)	Średni stosunek grubości nadkładu do miąższości złoże (N/Z)	Zawartość od-do (%)			Gęstość nasypowa w stanie utrzęsionym od-do (Mg/m <sup>3</sup> )
							ziaren do 2 mm *	pyłów mineralnych	zanieczyszczeń obcych	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Sztabinki	p	1,56	4,3–11,4 9,4	0,3–2,1 1,5	0,19	86,0–92,0 87,3	2,4–8,0 5,2	0,09–0,20 0,13	1,78–1,83 1,79
3	Berżniki	pż, p	pż–1,07 p–0,80	pż:2,0–6,2/4,1 p: 2,0–6,7/4,1	pż:0,8–2,4/1,4 p–0,6–1,8/1,4	pż–0,4 p–0,4	pż:50,2–73,8/63,0 p: 82,3–96,7/87,2	pż:2,0–3,0/2,6 p: 1,3–3,2/2,3	pż: ślady p: ślady	pż: 1,94–2,07/1,97 p: 1,76–1,85/1,81
4	Posejanka	p	0,85	4,5–14,2 7,35	0,2–0,3 0,3	0,04	śr. 76,0	śr. 7,0	nie badano	nie badano
5	Posejanka II	pż	0,89	2,9–4,7 3,7	0,5–1,1 0,7	0,20	47,4–68,0 60,7	1,8–6,0 3,1	0,0–0,12 0,07	1,99–2,12 2,04
6	Kukle II	pż	0,50	2,0–10,5 7,2	0,3–0,5 0,45	0,06	61,2–62,5 61,9	1,9–2,3 2,1	–	1,90–1,91
7	Kukle	p	4,15	1,9–7,8 3,81	0,2–3,0 0,85	0,22	52,0–98,0 80,5	5,1–16,5 10,3	0,0–0,1 0,02	1,66–2,12 1,85
9	Giby	pż	1,57	2,5–5,7 4,4	0,3–1,6 0,7	0,2	51,5–74,3 57,5	2,0–6,0 3,7	0,05–0,19 0,11	2,00–2,10 2,04
11	Konstantynówka	pż	1,72	2,1 – 14,5 5,9	0,3 – 0,6 0,4	0,06	61,4 – 77,8 70,3	0,7 – 2,3 1,5	nie badano	średnio 1,87

Rodzaj kopaliny: p – piaski; pż – piaski i żwiry

Rubryka 7:\* – punkt piaskowy

Złoże piasków i żwirów „Konstantynówka” (Ceckowski, Tatarata, 2007) udokumentowano na obszarze moren martwego lodu, na powierzchni 1,72 ha. Zlokalizowane jest 1 km na południe od złoża „Posejanka”, w bezpośrednim sąsiedztwie dużego (około 1 ha), obecnie już zaniechanego punktu, w którym eksploatowano kopalinę bez koncesji. Złoże było dokumentowane tylko do głębokości 0,5 m poniżej poziomu zwierciadła wód gruntowych, tak więc seria piaskowo-żwirowa nie została przewiercona. W serii złożowej występują głazy. Nadkład stanowi gleba piaszczysta.

Według klasyfikacji sozologicznej złoża kopalin okruchowych położone w granicach obszaru arkusza Sejny zawierają kopaliny powszechne, łatwo dostępne i licznie występujące w całym kraju – klasa 4.

Uwzględniając stopień konfliktowości ich eksploatacji w odniesieniu do różnych komponentów środowiska przyrodniczego i elementów zagospodarowania przestrzennego (Instrukcja..., 2005), złożo „Posejanka” uznano za bardzo konfliktowe ze względu na ustanowione w jego obrębie stanowisko dokumentacyjne przyrody nieożywionej. Za konfliktowe uznano złoża „Giby” i „Beżniki” ze względu na położenie na terenie obszarów NATURA 2000, a także złoża „Sztabinki” i „Posejanka II” (ochrona krajobrazu i gleb). Złoża „Kukle”, „Kukle II” i „Konstantynówka” zaliczono do małokonfliktowych.

## 2. Kreda jeziorna i torfy

Na obszarze arkusza Sejny udokumentowano w kategorii C<sub>2</sub> trzy złoża kredy jeziornej i towarzyszących im torfów: „Berżniki”, „Dubowo”, i „Zelwa”. Ich parametry geologiczno-górniczne i jakościowe przedstawiono w tabeli 3.

Złoże „Berżniki” położone jest w dolinie rzeczki Kunisianki, na północ od wsi Berżniki. Rejon złoża ma charakter rynny, której głębszą część zajmuje jezioro Pilwie. Kopaliną jest kreda jeziorna i gytia wapienna, wapienno-ilasta, sporadycznie ilasto-wapienna i ilasta. Nad kredą jeziorną występuje torf, który uznano za kopalinę towarzyszącą. Powierzchnia złoża wynosi 13,80 ha. Poziom wodonośny występuje na głębokości 0,1-0,5 m (Bandurska-Kryłowicz, 1997a).

Na przedłużeniu tej samej rynny erozyjnej, przy północnym brzegu jeziora Kunis, na obszarze 43,30 ha udokumentowano złożo „Dubowo”. Kopaliną główną jest kreda jeziorna, w niewielkim stopniu gytia wapienna. Torf, uznany za kopalinę towarzyszącą, występuje w nadkładzie złoża. Swobodne zwierciadło wody gruntowej występuje na głębokości od 0,1 do 0,8 m (Bandurska-Kryłowicz, 1997b).

## Parametry geologiczno-górniczne i jakościowe złóż kredy jeziornej i torfu

Nr złoże na mapie	Nazwa złoże	Powierzchnia (ha)	Kreda jeziorna						Torf			
			Miąższość złoże od-do śr (m)	Grubość nadkładu* od-do śr (m)	Zasadowość ogólna od-do śr (%)	Zawartość CaO od-do śr (%)	pH od-do śr	Wilgotność naturalna od-do śr (%)	Miąższość złoże od-do śr (m)	Popielność od-do śr (%)	Stopień rozkładu od-do śr (%)	Siarka całkowita od-do śr (%)
2	Berżniki	13,80	1,4–6,1 3,9	*–	40,13–51,91 46,92	39,48–48,20 43,79	7,07–7,2 7,12	45,6–74,7 59,7	2,2–4,0 3,1	6,8–23,9 15,3	70–70 70	0,30–0,97 0,60
8	Dubowo	43,30	1,3–9,0	*–	37,78–50,81 47,59	46,04–48,38 47,17	7,0–7,28 7,17	45,8–75,2 63,6	1,0–4,8 2,5	7,2–16,1 12,2	70–70 70	0,26–1,02 0,59
10	Zelwa pole I pole II	<u>11,53</u> 3,00	<u>1,0–7,2</u> 1,1–6,5	*–	<u>39–57</u> <u>49,61</u> 35,30–51,53	<u>46,29–48,10</u> <u>43,34–43,34</u>	<u>7,12–7,3</u> <u>7,2–7,28</u>	<u>51,1–78,1</u> <u>38,3–75,2</u>	<u>1,3–2,7</u> 1,0–2,3	<u>15,36–16,95</u> 21,9–21,9	<u>70–70</u> 70–70	<u>0,58–0,82</u> 1,08–1,08

\*– nadkładem dla kredy jeziornej jest kopalina towarzysząca – torf

W rejonie wsi Zelwa, w dolinie rzeki Marychy, położone jest złożo kredy jeziornej i torfu „Zelwa”. Zlože występuje w dwóch polach o powierzchni 11,53 i 3,0 ha. Kopaliną główną jest kreda jeziorna i gytia wapienna (w polu większym) oraz gytia wapienna w polu mniejszym. W obu polach, w nadkładzie występuje torf uznany za kopalinę towarzyszącą. Zlože jest zawodnione, zwierciadło wody występuje na głębokości 0,05-0,2 m (Bandurska-Kryłowicz, 1997c).

Kopalina główna – kreda jeziorna i gytia wapienna mogą być przeznaczone do wapnowania gleb. Wysoki stopień rozkładu torfu nie pozwala na jego wykorzystanie do celów ogrodniczych, może być jednak przydatny do produkcji mieszanek nawozowo-mineralnych. Nadaje się także do celów energetycznych.

Powyższe złoża uznano za bardzo konfliktowe ze względu na ich położenie w obszarach NATURA 2000 („Pojezierze Sejneńskie” (PLH 200007), „Puszcza Augustowska” (PLB 200002), „Ostoja Augustowska” (PLH 200005) oraz w obszarze chronionego krajobrazu Pojezierza Sejneńskiego. Na obszarze złóż „Berzniki” i „Dubowo” występują również łąki na podłożu organicznym. Ponadto w obszarach chronionego krajobrazu na terenie województwa podlaskiego obowiązuje zakaz eksploatacji torfów (Rozporządzenie nr 19/05..., 2005).

## **V. Górnictwo i przetwórstwo kopalin.**

Na obszarze arkusza Sejny obecnie zagospodarowane są dwa złoża piasków i żwirów – „Konstantynówka” i „Giby”. Koncesję na eksploatację złoża „Konstantynówka, ważną na 10 lat, wydał Starosta sejneński w roku 2008. Użytkownikiem jest prywatny przedsiębiorca. Wyznaczony został obszar i teren górniczy o powierzchni odpowiednio 1,72 ha i 2,24 ha. Zlože udostępnione jest wyrobiskiem stokowym i obejmuje większą część udokumentowanego złoża. Eksploatacja prowadzona jest przy użyciu koparki i ładowarki na kołach. Kopalina, bez przeróbki wykorzystywana jest do budowy dróg, a także w budownictwie.

Zlože piasków i żwirów „Giby”, udokumentowane na gruntach prywatnych użytkowane było przez Urzędy Gmin w Sejnach i Gibach. Wydobywanie prowadzone było bez koncesji w latach 1991-2005, zarówno z terenu złoża jak z jego bliskiego sąsiedztwa. Wyrobiska te były na bieżąco rekultywowane w kierunku rolnym (łąka kośna i pola uprawne). Obecnie trudno ocenić w jakim stopniu zasoby złoża zostały wyeksploatowane. Aktualnie gmina Giby wznowiła wydobywanie (bez uzyskania koncesji) na potrzeby własne. Na terenie złoża „Giby” znajdują się dwa małe (kilkuarowe) wyrobiska stokowo-wgłębne, a za rok 2010 i 2011 właściciel gruntów zgłosił do systemu ewidencji zasobów kopalin i „Bilansu zasobów...”, wydobywanie kopaliny w wysokości, odpowiednio 2,0 i 0,5 tys. ton.

Złoże piasku i żwiru „Kukle II” było eksploatowane do 2009 r., kiedy to skończyły się zasoby kopaliny możliwej do wydobycia. We wrześniu 2009 roku koncesja na wydobycie została wygaszona, a obszar górniczy zniesiony. Wyrobisko stokowo wgłębne o powierzchni około 0,5 ha, zrekultywowano w kierunku rolnym.

W przeszłości na obszarze arkusza były także eksploatowane złoża piasków i żwirów „Berżniki”, „Posejanka II” i piasków „Sztabinki” i „Posejanka”. Wydobycie z tych złóż prowadzone było głównie na potrzeby drogowe i budowlane gmin Sejny i Giby, a także przez okoliczną ludność. Zasoby kopaliny żadnego z wymienionych złóż nie zostały rozliczone.

Złoże piasków „Sztabinki” udokumentowano na zlecenie Urzędu Gminy w Sejnach. W „Bilansie zasobów...” figurują zasoby identyczne z zasobami zatwierdzonymi w 1994 r. Według wizji terenowej zasoby kopaliny ze złoża zostały w większości wyeksploatowane w latach 1995-2002. Suche, miejscami zarośnięte trawą wyrobisko stokowe obejmuje prawie całą powierzchnię złoża. Są tu ślady bieżącej eksploatacji prowadzonej na małą skalę.

Złoże piasków i żwirów oraz piasków „Berżniki” eksploatowane było od 1987 roku, przez właściciela gruntów w porozumieniu z urzędem miasta i gminy w Sejnach. Na części udokumentowanego obszaru powstało wyrobisko stokowe, suche, połączone z wcześniejszym rozległym wyrobiskiem użytkowanym przez gminę w Sejnach. Od 2000 roku eksploatacja złoża „Berżniki” jest zaniechana. Oba wyrobiska ulegają samorekultywacji, są zaśmiecone i w dalszym ciągu prowadzona jest na ich terenie „dzika” eksploatacja na potrzeby lokalne.

Złoże piasku „Posejanka” udokumentowano na gruntach prywatnych. Od 1981 roku Urząd Miasta i Gminy w Sejnach okresowo eksploatował złoża. Kopalinę wykorzystywała również okoliczna ludność. Od 1996 r. eksploatacja nie jest prowadzona ze względu na wyczerpanie zasobów kopaliny. Wyrobisko stokowo-wgłębne ulega samorekultywacji, obecnie rosną w nim spore drzewa. W roku 2001 ustanowiono w nim geologiczne stanowisko dokumentacyjne (forma morfologiczna – morena martwego lodu).

Złoże piasku i żwiru „Posejanka II” było eksploatowane na małą skalę, na przełomie lat 1980/90 ubiegłego wieku. Niewielkie wyrobisko stokowe w północnej części złoża uległo samorekultywacji i obecnie jest mało czytelne w terenie.

Złoża kredy jeziorne i torfu „Berżniki”, „Dubowo” i „Zelwa” oraz piasku „Kukle” nie zostały dotąd zagospodarowane. Trzy pierwsze z powodu wymogów ochrony środowiska nie zostaną prawdopodobnie nigdy zagospodarowane.

Punkty niekoncesjonowanej eksploatacji piasków i żwirów, a także głazów polodowcowych, znajdują się w kilku miejscach na obszarze arkusza Sejny (najwięcej przy drodze z Gib do Sejn). Wykorzystywane są przez gminy, a także miejscową ludność na cele lokalne.

Zaznaczono je na mapie jako punkty występowania kopaliny. Ze względu na małą skalę wydobycia nie opracowano dla nich kart informacyjnych.

## **VI. Perspektywy i prognozy występowania kopalin**

Perspektywy i prognozy surowcowe na obszarze objętym arkuszami Sejny i Veisiejai mogą być wiązane z dwoma kompleksami litologiczno surowcowymi: okruchowym – piasków i żwirów plejstocenijskich, stanowiących kruszywo naturalne dla budownictwa i drogownictwa oraz biogenicznym – holocenijskich torfów i kredy jeziornej, mogących mieć zastosowanie w rolnictwie. Bez znaczenia praktycznego jest kompleks ilasty – ilów zastoiskowych i glin zwałowych.

Na obszarze arkusza Veisiejai nie wyznaczono obszarów perspektywicznych oraz prognostycznych dla żadnych kopalin ze względu na znaczne zalesienie terenu, a tym samym niewystarczające rozpoznanie geologiczne.

Na obszarze arkusza Sejny wyznaczono dziesięć małych obszarów prognostycznych (tabela 4) i jeden obszar perspektywiczny występowania torfów.

Obszary prognostyczne występowania torfów wyznaczono w centralnej części arkusza, między Sejnami, Posejanką i Bierżałowicami. Zajmują one niewielkie powierzchnie od 2 do 7 ha i są najczęściej zlokalizowane w dolinach niewielkich cieków lub w lokalnych obniżeniach terenu (Ostrzyżek, Dembek, 1996). Są to torfowiska w przewadze niskie, rzadziej przejściowe (obszary VIII, IX, X). Występuje tutaj torf rodzaju mechowiskowo-olesowego (I, VI), turzycowiskowo-olesowego (II, IV, V), mechowiskowo-turzycowiskowego (III) i szuwarowo-mechowiskowego (VII). W torfowiskach przejściowych występuje torf mszarny. W spągu torfów zalega gytia wapienna lub organiczna, sporadycznie gytia krzemionkowa (VII, X). W obszarach VIII i IX gytia nie występuje. Miąższość gytii waha się od 0,6 do 2,05 m. Gytia wapienna może być wykorzystywana w rolnictwie do wapnowania gleb, a torf w zależności od popielności i stopnia rozkładu – w ogrodnictwie i rolnictwie, a także do mieszanek torfo-mineralnych.

W północnej części województwa podlaskiego, w roku 1995, prowadzone były poszukiwania złóż kredy jeziornej (Liwska, 1995). Pozwoliły one na udokumentowanie na terenie arkusza Sejny trzech złóż. Pozostałe tereny były negatywne dla występowania kredy jeziornej, ale perspektywiczne dla torfów i obszary te (8) na mapie geologiczno-gospodarczej zostały zaznaczone jako perspektywiczne dla torfów (Kwaśny, Niżnik, 2006). Siedem z nich zlokalizowanych jest jednak w Obszarze Chronionego Krajobrazu Pojezierza Sejneńskiego – obowiązuje w nim zakaz eksploatacji torfów (Rozporządzenie Nr 19/05..., 2005) i obszarach

NATURA 2000, niektóre znajdują się w bliskim sąsiedztwie rezerwatów przyrody. Z powyższych powodów w niniejszej mapie zrezygnowano z ich wyznaczenia. Zaznaczono natomiast obszary negatywne dla kredy jeziornej:

Tabela 4

**Wykaz obszarów prognostycznych**

Numer obszaru na mapie	Powierzchnia (ha)	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno-surowcowego	Średnie parametry jakościowe (%)	Średnia grubość nadkładu (m)	Średnia grubość kompleksu litologiczno-surowcowego (m)	Zasoby w kategorii D <sub>1</sub> (tys. m <sup>3</sup> )	Zastosowanie kopaliny
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	4,5	t	Q	popielność – 8,0 stopień rozkładu – 30	–	2,75	124	Sr
II	2,0	t	Q	popielność – 17,0 stopień rozkładu – 40	–	3,68	71	Sr
III	2,8	t	Q	popielność – 13,0 stopień rozkładu – 30	–	3,07	84	Sr
IV	7,0	t	Q	popielność – 10,8 stopień rozkładu – 45	–	2,0	140	Sr
V	3,5	t	Q	popielność – 13,0 stopień rozkładu – 40	–	2,37	83	Sr
VI	2,0	t	Q	popielność – 10,0 stopień rozkładu – 30	–	2,85	57	Sr
VII	2,5	t	Q	popielność – 13,0 stopień rozkładu – 45	–	2,84	71	Sr
VIII	5,0	t	Q	popielność – 8,0 stopień rozkładu – 40	–	3,86	193	Sr
IX	2,2	t	Q	popielność – 7,0 stopień rozkładu – 30	–	6,25	141	Sr
X	6,0	t	Q	popielność – 3,2 stopień rozkładu – 25	–	3,22	193	Sr

Rubryka 3: t – torf

Rubryka 4: Q – czwartorzęd

Rubryka 9: Sr – rolnicze

- na zachód od miejscowości Klejwy, występuje torf ciemnobrunatny o miąższości 1,5–3,8 m, pod nim zalega gytia o miąższości do 7 m, jednak zawartość CaO jest w niej mniejsza od 40%;
- w rejonie wsi Markiszki do głębokości 5,0 m występuje torf, stwierdzony jedną sondą, która nie osiągnęła podłoża;
- koło wsi Berzniki torf osiąga miąższość 2,0–3,4 m, pod nim zalega gytia o miąższości zaledwie 1,3–2,2 m;
- w dolinie Marychy koło Gib występuje torf o miąższości 1,6–4,2 m. W jednej sondzie stwierdzono 3,5 m kredy jeziornej o zawartości CaO 45,7%. W pozostałych sondach pod torfem stwierdzono gytie torfiastą i torf z gytia o miąższości 1,0–3,4 m;

- w dolinie Kunisianki koło Dubowa stwierdzono tylko torf słabo rozłożony o miąższości 4,0 m;
- na południe od miejscowości Zelwa stwierdzono występowanie torfu o miąższości 1,6–3,2 m, pod którym zalega 0,8–0,9 m gytii;
- koło jeziora Wiłkokuk torf ma miąższość od 3,4 do 3,9 m. W jednej sondzie stwierdzono 2,1 m kredy jeziornej o zawartości CaO 48,16%, pod którą zalega seria gytii wapiennej.

Dla torfów, poza obszarami chronionymi, wyznaczono jeden obszar perspektywiczny na zachód od wsi Bose (Dziak, 1968; Liwska 1995). Nawiercono tu torf i torf z gytią o miąższości 6,0–7,2 m.

Kredy piszącej poszukiwano między Hołnami Mejera a Rachelanami. Występuje tam ona w formie kry turońskiej w przypowierzchniowej części wzgórza morenowego. Mała miąższości kredy (średnio 1,6 m, maksymalnie 2,3 m) i jej niska zasadowość ogólna nie stwarza perspektyw do udokumentowania tu nawet małego złoża (Liwska, 1982).

Na terenie arkusza Sejny przeprowadzono szereg prac geologicznych w celu udokumentowania złóż piasków i żwirów. Na omawianym terenie brak jest dużych, a nawet średnich złóż kopalin okruchowych i niewiele jest też obszarów perspektywicznych dla nich. Typowe dla omawianego obszaru jest występowanie utworów piaskowo-żwirowych, często z glazami, pochodzenia lodowcowego i wodnolodowcowego. Są one niestety zazwyczaj zaglinione, czasem z przerostami mułkowymi lub nadmierną zawartością pyłów mineralnych. Wśród tego typu osadów trafiają się odosobnione soczewy piasków i żwirów o dobrej jakości i korzystnych parametrach geologiczno-górnicych. Wyznaczanie obszarów perspektywicznych w tego rodzaju osadach, następuje szereg trudności, a często jest niecelowe, ponieważ możliwości udokumentowania małych złóż dotyczą całej jednostki litologiczno surowcowej. Praktyka poszukiwawcza złóż piaskowo-żwirowych na takich terenach często ogranicza się do badania niewielkich obszarów w miejscach, gdzie znajdują się „dzikie” wyrobiska tych kopalin.

Na obszarze moren martwego lodu w rejonie miejscowości Pomorzanka – Konstątnówka wyznaczono obszar perspektywiczny piasków ze żwirem. Znajduje się on w bezpośrednim sąsiedztwie udokumentowanych złóż „Konstątnówka” i „Posejanka II” i punktów eksploatacyjnych.

W rejonie wsi Pawłówka piaski i żwiry występują jedynie w formie przewarstwień w piaskach pylastych i drobnoziarnistych (Sadowski, 1985).

Na południe od Sejn, w dolinie Marychy, koło Gib, stwierdzono piaski i żwiry o bardzo zmiennej miąższości i pod dość dużym nadkładem. Rejon uznano za negatywny (Staniszewska, 1960).

W obszarze przebadanym na północ od miejscowości Pomorze stwierdzono znaczne zróżnicowanie utworów czwartorzędowych i brak szans na wydzielenie bilansowego pokładu piasków i żwirów (Sadowski, 1994b).

W rejonie Gib badaniami objęto duży obszar piasków akumulacji wodnolodowcowej. Stwierdzono wystąpienie piasków drobnoziarnistych, miejscami gliniastych z przewarstwieniami lub gniazdami piasków i żwirów. Rejon uznano za negatywny (Andrzejak, 1972).

Na omawianym terenie prowadzono także prace poszukiwawcze w celu udokumentowania złóż kopalin ilastych. W pobliżu jeziora Gaładuś przebadano fragment moreny czołowej w celu udokumentowania glin do produkcji ceramiki budowlanej. Ze względu na dużą zawartość piasku i margla, a także głązów, teren ten uznano za negatywny (Salachna, 1969). W pobliżu jeziora Płaskiego i miejscowości Radziuszki poszukiwano złóż glin do produkcji cienkościennych elementów ceramiki budowlanej. W pierwszym rejonie stwierdzono występowanie piasków zaglinionych, w drugim utwory ilaste na niewielkich obszarach, w obniżeniach terenu i o miąższości do 1,4 m. Wyniki prac uznane za negatywne (Gradys, 1972).

Przeprowadzone w latach 80. ubiegłego wieku prace zwiadowcze w celu wstępnego zlokalizowania obszarów występowania kopalin ilastych w rejonie Sejn zakończyły się niepowodzeniem, bowiem w obszarze wytypowanym na południowy-wschód od miasta nie znaleziono pokładów iłłów zastoiskowych na głębokości umożliwiającej ich opłacalne wydobycie (Samocka, Zembrzycka, 1983).

## **VII. Warunki wodne**

### **1. Wody powierzchniowe.**

Pod względem hydrograficznym arkusze Sejny i Vieisiejai leżą w dorzeczu Niemna, który należy do zlewni Morza Bałtyckiego. Największą rzeką na tym terenie jest Marycha (Czarna), która wraz ze swoimi największymi dopływami – Rubiczanką i Kunisjanką oraz dużą ilością mniejszych, bezimiennych cieków odwadnia niemal cały obszar arkuszy. Źródła rzeki znajdują się w rejonie Puńska (poza mapą). Na terenie wysoczyzny rzeka ma przebieg południkowy, a poniżej miejscowości Giby skręca w kierunku wschodnim. Marycha jest lewobrzeżnym dopływem Czarnej Hańczy, która odwadnia południowo-zachodnią część obszaru i uchodzi do Niemna na terenie Białorusi. Północno-wschodnią część obszaru, z jeziorami Gaładuś i Hołny, odwadnia Hołnianka, która wpada poza granicami kraju do Białej Hańczy.

Na obszarze arkusza występują liczne jeziora o zróżnicowanej wielkości, głębokości i genezie. Największe z nich – Gaładuś (728,6 ha), Pomorze (295,4 ha) i Hołny (158,1 ha) należą do jezior rynnowych. Jeziora tego typu w obrębie Pojezierza Wschodniosuwalskiego mają przebieg południkowy, natomiast na Równinie Augustowskiej równoleżnikowy. Występują tutaj także mniejsze jeziora o charakterze wytopiskowym lub zaporowym.

Stan czystości wód powierzchniowych kontroluje na tym terenie Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białymstoku zgodnie z rozporządzeniami wykonawczymi do ustawy Prawo Wodne (Prawo..., 2001). Ma on na celu pozyskanie informacji o stanie wód powierzchniowych dla potrzeb planowania w gospodarowaniu wodami oraz oceny osiągnięcia celów środowiskowych. W 2010 r. wykonano cząstkową ocenę stanu/potencjału ekologicznego jednolitych części wód powierzchniowych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20.08.2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 2008). Wprowadza ono, jako zasadę generalną, że w ciekach naturalnych, jeziorach lub innych zbiornikach naturalnych, na podstawie zbadanych elementów biologicznych, fizykochemicznych i hydromorfologicznych klasyfikuje się stan ekologiczny wód, a określa go gorszy ze stanów. Elementy hydromorfologiczne i fizykochemiczne spełniają rolę elementów wspierających.

W granicach arkusza Sejny wstępnej ocenie poddano wody Marychy monitorowane w punktach pomiarowo-kontrolnych Aleksiejówka i Zelwa (Ocena..., 2011). W punktach tych rzeka prowadzi wody, których stan ekologiczny/potencjał ekologiczny oceniono jako umiarkowany.

Badania wód Czarnej Hańczy prowadzone były w punktach monitoringu operacyjnego wodowskaz Sobolewo oraz śluza Kudrynki (poza arkuszem). W Sobolewie określono jedynie stan chemiczny wody (poniżej dobrego). Stan ekologiczny wody w punkcie pomiarowo-kontrolnym Kudrynki oceniono jako dobry, a elementy fizyko-chemicznych zaliczono do II klasy wskaźnika jakości wód.

W latach 2006–2010 r. nie prowadzono monitoringu jezior znajdujących się w granicach omawianego arkusza.

## 2. Wody podziemne

Arkusze Sejny i Veisiejai, pod względem hydrogeologicznym, należą do regionu mazowiecko-mazursko-podlaskiego (II), subregionu pojeziernego (II<sub>2</sub>) (Paczyński (red), 1995). W podziale wg. jednostek jednolitych części wód podziemnych (JCWPd) jest to Region Narwi, Pregoty i Niemna (RNPN) (Paczyński, Sadurski (red.), 2007).

Obszar ten jest nierównomiernie rozpoznany pod względem hydrogeologicznym. Wody podziemne zwykle występują tu w osadach kenozoiku i mezozoiku, jednakże rozpoznanie hydrogeologiczne obejmuje jedynie górne partie utworów czwartorzędowych (Bieniaszewska i inni, 1986). Wszystkie studnie zlokalizowane w obrębie arkusza ujmują pierwszy od powierzchni, zasobny w wodę, poziom czwartorzędowy. W osadach czwartorzędu wydzielono trzy poziomy wodonośne o charakterze użytkowym (Nowakowski i inni, 2004 a,b) związane z osadami zlodowaceń środkowo- i północnopolskich:

- poziom wód gruntowych w obrębie sandru augustowskiego,
- międzymorenowy górny poziom wodonośny w obszarze wysoczyzny polodowcowej,
- międzymorenowy dolny poziom wodonośny.

W południowej części obszaru, w obrębie sandru augustowskiego, występuje przypowierzchniowy poziom wodonośny (sandrowy). Jest on związany z występowaniem piaszczystych i żwirowych osadów fluwioglacjalnych, zaliczanych do zlodowaceń północno- i środkowopolskich. Miąższość serii piaszczystej jest zmienna w granicach 35–45 m, a strefa zawodniona wynosi od 23 do 36 m. Występują w nim wody o charakterze swobodnym na głębokości od 1,5 do 14,0 metrów p.p.t, których zasilanie odbywa się przez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych. Wydajności studni wierconych z tego poziomu są zróżnicowane, wahają się od 16 do 120 m<sup>3</sup>/h. Wydajności potencjalne kształtują się tutaj na poziomie 30–70 m<sup>3</sup>/h. Poziom ten eksploatowany jest studniami ujęć wiejskich, ośrodków wypoczynkowych oraz indywidualnych użytkowników.

W północnej i środkowej części omawianego terenu, na obszarze wysoczyzny morenowej, występuje międzymorenowy poziom wodonośny. Poziom jest dwudzielny, rozdziela go nieciągła, kilkumetrowa warstwa glin. W miejscach kopalnych dolin lub rynien przecinających gliny zlodowacenia środkowopolskiego obydwie poziomy występują łącznie, a miąższość kompleksu piaszczysto-żwirowego sięga wówczas 80 m.

Międzymorenowy górny poziom wodonośny wykształcony jest w postaci piasków i żwirów wodnolodowcowych (sandr kopalny). Ciągła, szeroko rozprzestrzeniona warstwa wodonośna, o miąższości od 12 do ponad 40 m występuje na głębokości od 10 m do 50 m. Przykrywa ją seria glin zwałowych zmiennej miąższości, od kilku metrów w części południowej i centralnej do 50 m w części północnej. Zwierciadło wody może mieć w nim charakter napięty lub swobodny. Zasilanie tego poziomu wodonośnego odbywa się przez przesączanie wód opadowych przez utwory słaboprzepuszczalne lub w drodze bezpośredniej infiltracji. W północnej części arkusza, w rejonie Sejn, w otworach zlokalizowanych w dolinie rzeki Marychy i w niektórych obniżeniach wytopiskowych, występują samowypływy wody.

Współczynnik filtracji wynosi – od 6,0 do 30,0 m/24h, a wydajność potencjalna studni – od kilku do 80 m<sup>3</sup>/h.

Międzymorenowy dolny poziom wodonośny związany jest z serią piasków wodnolodowcowych i rzecznych występujących między glinami zlodowaceń środkowopolskich i południowopolskich. Warstwa wodonośna, której miąższość dochodzi do 20 m, występuje jedynie lokalnie. Wody opisywanego poziomu mają bezpośredni kontakt hydrauliczny z poziomem nadległym. Zasilanie wód tego poziomu następuje przez okna hydrogeologiczne i przesączanie wody z wyższego, międzymorenowego górnego poziomu wodonośnego. Parametry hydrogeologiczne tego najniższego poziomu czwartorzędowego nie są rozpoznane.

Z uwagi na brak rozpoznania hydrogeologicznego w spągowych partiach utworów czwartorzędowych i starszych osadach – paleocenu i kredy nie wydzielono w ich obrębie użytkowego poziomu wodonośnego

W obrębie czwartorzędowego głównego poziomu użytkowego występują wody słodkie (zwykle), o suchej pozostałości w granicach 253–812 mg/dm<sup>3</sup>. Zaliczono je do wód o średniej jakości (klasa IIb), wymagające prostego uzdatnienia. Jedynie w okolicach Sejny, Klejwa i Pomorza są one niskiej jakości (klasa III) i wymagają skomplikowanego uzdatniania. Związane jest to głównie z wysokim stężeniem jonów żelaza w okolicach Sejny i Pomorza oraz manganu w Klejwach, a także wysokimi wartościami barwy i mętności.

Głębokość występowania poziomu wodonośnego, typ naturalnej izolacji, rodzaj ognisk zanieczyszczeń i intensywność ich oddziaływania, obecność lasów i gruntów użytkowanych rolniczo, a także obszarów prawnie chronionych są najważniejszymi czynnikami wpływającymi na ocenę zagrożenia wód podziemnych. W obrębie arkuszy Sejny i Vieisiejai stopień zagrożenia czwartorzędowego poziomu wodonośnego jest zróżnicowany. Bardzo wysoki stopień zagrożenia wyznaczono na terenach miejskich i podmiejskich Sejny. Związany jest on z zagospodarowaniem i użytkowaniem terenu (zakłady mleczarskie, gorzelnia, stacje paliw, oczyszczalnia ścieków).

Wysoki stopień zagrożenia, ze względu na brak lub słabą izolację warstwy wodonośnej, występuje w północno-wschodniej i środkowej części arkusza. Potencjalnymi źródłami zanieczyszczeń są rolnicze użytkowanie terenu, lokalna zabudowa wiejska oraz gospodarstwa hodowlane. Na pozostałym obszarze, z uwagi na lepszą izolację zewnętrzną, ograniczoną dostępność (masywy leśne i rezerваты przyrody), niewielką ilość potencjalnych ognisk zanieczyszczeń – występuje średni i niski stopień zagrożenia.

Głównym źródłem zaopatrzenia ludności, przemysłu i rolnictwa w wodę są ujęcia wód podziemnych z poziomu czwartorzędowego (wód gruntowych i poziomu międzymorenowego

górnego). Do największych ujęć należy ujęcie komunalne dla Sejn, ujęcia wiejskie w Berżniakach, Gibach, Pogorzelcu i Pomorzu oraz ujęcie przemysłowe dla mleczarni w Sejnach. Ludność wiejska oraz część ośrodków turystycznych korzysta z lokalnych ujęć i sieci wodociągowych. Część indywidualnych gospodarstw, a w szczególności gospodarstwa w zabudowie kolonijnej użytkuje studnie kopane, sporadycznie studnie wiercone.

Na obszarze arkusza Sejny zaznaczono większe ujęcia wód czwartorzędowych o jednostkowej wydajności powyżej 50 m<sup>3</sup>/h. W granicach arkusza Veisiejai nie ma ujęć wód podziemnych.

Według regionalizacji (Kleczkowski, red., 1990) na obszarze arkuszy Sejny i Veisiejai i sąsiednich, brak jest głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP).

## **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). Dopuszczalne wartości pierwiastków dla poszczególnych grup użytkowania, ich zakresy oraz przeciętne zawartości w glebach z terenu arkusza Sejny, umieszczono w tabeli 5. 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 90oC, 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 Spec-

trometry) z zastosowaniem spektrometrów: PV 8060 firmy Philips i JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon. Analizy Hg przeprowadzono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej techniką zimnych par (CV-AAS *Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry*) z użyciem spektrometru Perkin-Elmer 4100 ZL z systemem przepływowym FIAS-100. Wszystkie oznaczenia wykonano w laboratorium Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie. Kontrolę jakości gwarantowały analizy wielokrotne tych samych próbek umieszczanych losowo w seriach analitycznych oraz stosowanie materiałów referencyjnych (wzorce Montana Soil, SRM 2710, SRM 2711, IAEA/Soil 7).

#### Prezentacja wyników

Zastosowana gęstość pobierania próbek (1 próbka na około 25 km<sup>2</sup>) 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 cm<sup>2</sup> mapy dla całego arkusza). Wyniki badań geochemicznych zostały więc przedstawione na mapie w postaci punktów.

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

#### 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 5).

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

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

Tabela 5

## 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 Sejny	Wartość przeciętnych (median) w glebach na arkuszu Sejny	Wartość przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski <sup>4)</sup>
	Grupa A <sup>1)</sup>	Grupa B <sup>2)</sup>	Grupa C <sup>3)</sup>	N=9	N=9	N=6522
				Frakcja ziarnowa <1 mm Mineralizacja HCl (1:4)		
Głębokość (m p.p.t.) 0–0,3      0–2,0			Głębokość (m p.p.t.) 0–0,2			
As Arsen	20	20	60	<5	<5	<5
Ba Bar	200	200	1000	10–44	27	27
Cr Chrom	50	150	500	<1–9	4	4
Zn Cynk	100	300	1000	13–56	32	29
Cd Kadm	1	4	15	<0,5	<0,5	<0,5
Co Kobalt	20	20	200	<1–4	2	2
Cu Miedź	30	150	600	<1–8	5	4
Ni Nikiel	35	100	300	<1–8	4	3
Pb Ołów	50	100	600	6–14	9	12
Hg Rteć	0,5	2	30	<0,05–0,05	<0,05	<0,05
Ilość badanych próbek gleb z arkusza Sejny w poszczególnych grupach użytkowania				<sup>1)</sup> 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, <sup>2)</sup> 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, <sup>3)</sup> grupa C – tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne, <sup>4)</sup> Lis, Pasieczna, 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000 N – ilość próbek		
Sumaryczna klasyfikacja badanych gleb z obszaru arkusza Sejny do poszczególnych grup użytkowania (ilość próbek)						
–	9	–	–			

## 2. Osady wodne

W warunkach naturalnych osady gromadzące się na dnie rzek i jezior powstają w wyniku akumulacji materiału (m.in. ziaren kwarcu, skaleni, minerałów węglanowych, minerałów ilastych), pochodzącego z erozji i wietrzenia skał na obszarze zlewni oraz materiału powstałego w miejscu sedymentacji (szczątki obumarłych organizmów roślinnych i zwierzęcych

oraz wytrącające się z wody substancje). Na terenach uprzemysłowionych, zurbanizowanych oraz rolniczych do osadów trafiają również substancje, takie jak metale ciężkie i trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO), zawarte w ściekach przemysłowych, komunalnych i z ferm hodowlanych odprowadzanych do wód powierzchniowych. Wzrost stężenia metali ciężkich i TZO we współcześnie powstających osadach jest również skutkiem ich depozycji z atmosfery oraz spływu deszczowego i roztopowego z terenów zurbanizowanych (metale ciężkie, WWA) i rolniczych (arsen, rtęć, pestycydy chloroorganiczne) (Rocher i inni, 2004; Reiss i inni, 2004; Birch i inni, 2001; Howsam, Jones, 1998; Mecray i inni, 2001; Lindström, 2001; Pulford i inni, 2009; Ramamoorthy, Ramamoorthy, 1997; Wildi i inni, 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 inni, 1999; Liu i inni, 2005; Šmejkalová i inni, 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 inni, 2004; Bordas, Bourg, 2001). Także podczas powodzi zanieczyszczone osady mogą być przemieszczane na gleby tarasów zalewowych albo transportowane w dół rzek (Gocht i inni, 2001; Gabler, Schneider, 2000; Weng, Chen, 2000). Przemieszczenie na tarasy zalewowe zanieczyszczonych osadów powoduje wzrost stężenia metali ciężkich i trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi w glebach (Bojakowska, Sokołowska, 1996; Bojakowska i inni, 1995; Miller i inni, 2004; Middelkoop, 2000).

#### Kryteria oceny osadów

Jakość osadów dennych, w aspekcie ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi oraz wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) i polichlorowanymi bifenyłami (PCB) oceniono na podstawie kryteriów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (DzU nr 55 poz. 498 z 14 maja 2002 r.). 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 osa-

dów na organizmy wodne. W tabeli 6 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*.

#### 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 głęboczków 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 roztworzeniu próbek osadów wodą królewską, a oznaczenia zawartości rtęci wykonano z próbki stałej metodą spektrometrii absorpcyjnej przy z zateżaniem na amalgamatorze. Zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) – acenaftyleny, acenaftenu, fluoreny, fenantreny, antracenu, fluorantenu, pireny, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pireny, indeno(1,2,3-cd)pireny, 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 wzglę-

dem 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.

Tabela 6

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

Parametr	Rozporządzenie MŚ*	PEL**	Tło geochemiczne
1	2	3	4
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 <sub>11 WWA</sub> ***	–	5,683	–
WWA <sub>7 WWA</sub> ****	8,5	–	–
PCB	0,3	0,189	–

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

\*\* – MACDONALD i inni, 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)

Zanieczyszczenie osadów

Spośród jezior znajdujących się na arkuszu Sejny zbadane zostały osady jezior: Długiego, Gieret, Hołny, Pomorza, Sejny, Wiłkokuk, Tobolinka, Łempis, Stulpieniuk, Zelwa, Gremzdel, Gremzdy i Mulicznego. Osady jezior Gieret, Pomorze, Sejny, Wiłkokuk, Zelwa, Gremzdy charakteryzują się bardzo niskimi zawartościami potencjalnie szkodliwych pierwiastków, porównywalnymi z wartościami ich tła geochemicznego (tabela 7).

W osadach jeziora Tobolinka stwierdzono znacznie podwyższone zawartości kadmu, cynku, rtęci oraz ołowiu. W osadach jezior Długiego, Łempis, Gremzdel, Tobolinka i Stulpieniuk odnotowano podwyższone zawartości ołowiu, a w osadach jezior Długiego, Zelwa, Gremzdel i Hołny – rtęci. Odnotowane zawartości WWA i PCB w osadach jezior Pomorze i Zelwa są zbliżone do przeciętnie spotykanych zawartości tych związków organicznych

w osadach jezior. Stwierdzone zawartości pierwiastków śladowych i WWA w osadach jezior są niższe od ich dopuszczalnych stężeń według Rozporządzenia MŚ, a także, za wyjątkiem zawartości ołowiu w osadach jeziora Tobolinka, niższe od ich wartości *PEL*, powyżej której obserwuje się szkodliwe oddziaływanie na organizmy wodne.

Tabela 7

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

Parametr	Długie 2009	Gieret 2001	Hołny 2007	Łempis 2003	Pomorze 2009	Sejny 1996	Okrągłe Wigierskie 2007
Arsen (As)	6	3	10	3	6	10	<5
Chrom (Cr)	20	7	12	4	5	16	4
Cynk (Zn)	123	64	81	90	52	84	84
Kadm (Cd)	1,5	<0,5	<0,5	1	<0,5	1,1	1,1
Miedź (Cu)	21	11	15	7	10	11	9
Nikiel (Ni)	16	5	12	3	5	10	3
Ołów (Pb)	56	25	37	52	22	19	41
Rtęć (Hg)	0,228	0,079	0,155	0,087	0,133	0,13	0,157
WWA <sub>11</sub> WWA*	1,354	n.o.	n.o.	n.o.	0,924	n.o.	n.o.
WWA <sub>7</sub> WWA**	1,264	n.o.	n.o.	n.o.	0,717	n.o.	n.o.
PCB***	0,00125	n.o.	n.o.	n.o.	< 0,0007	n.o.	n.o.
Parametr	Stulpieniuk 2003	Tobolinka 2002	Wiłkokuk 1995	Zelwa 2009	Gremzdel 2009	Gremzdy 2007	Muliczne 2007
Arsen (As)	6	10	11	16	9	6,5	11
Chrom (Cr)	3	9	9	9	10	4	9
Cynk (Zn)	98	246	37	56	220	47	98
Kadm (Cd)	1,3	3,5	1,2	0,6	0,6	0,6	1,3
Miedź (Cu)	6	17	6	11	27	11	12
Nikiel (Ni)	2	8	4	6	14	4	8
Ołów (Pb)	48	136	21	40	26	19	63
Rtęć (Hg)	0,097	0,221	0,03	0,172	0,222	0,116	0,202
WWA <sub>11</sub> WWA*	n.o.	n.o.	n.o.	0,620	0,406	n.o.	n.o.
WWA <sub>7</sub> WWA**	n.o.	n.o.	n.o.	0,481	0,493	n.o.	n.o.
PCB***	n.o.	n.o.	n.o.	0,00085	0,0007	n.o.	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

Spośród jezior znajdujących się na arkuszu Veisiejai zbadany został osad jeziora Bottonie (tabela 8). Osady jeziora charakteryzują się bardzo niskimi zawartościami potencjalnie szkodliwych pierwiastków, zbliżonymi do ich wartości tła geochemicznego. Stwierdzone zawartości pierwiastków śladowych są niższe od ich dopuszczalnych stężeń według rozporządzenia MŚ, 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 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 8

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

Parametr	Botonie (Bałędzis) (2004 r.)
1	2
Arsen (As)	10
Chrom (Cr)	6
Cynk (Zn)	39
Kadm (Cd)	0,5
Miedź (Cu)	6
Nikiel (Ni)	6
Ołów (Pb)	11
Rtęć (Hg)	0,03
WWA <sub>11</sub> WWA <sup>*</sup>	n.o.
WWA <sub>7</sub> WWA <sup>**</sup>	n.o.
PCB <sup>***</sup>	n.o.

\* – suma acenaftyleny, acenaftenu, fluoreny, fenantreny, antracenu, fluorantenu, pireny, benzo(a)antracenu, 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)

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

### 3. Pierwiastki promieniotwórcze

#### Materiał i metody badań

Do określenia dawki promieniowania gamma i stężenia radionuklidów poczarabyłskiego cezu wykorzystano wyniki badań gamma-spektrometrycznych wykonanych dla Atlasu Radioekologicznego Polski 1:750 000 (Strzelecki i inni, 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

Wspólnie opisano wyniki pomiarów dla dwóch sąsiadujących arkuszy (Sejny i Veisiejai), gdyż zdecydowana większość obszaru objętego arkuszem Veisiejai leży poza granicami Polski. Wschodni profil arkusza Sejny jest jednocześnie zachodnim (i jedynym) profilem pomiarowym arkusza Veisiejai. Z uwagi na to, że gęstość opróbowania nie pozwalała na opracowanie map izoliniowych w skali 1:50 000, wyniki przedstawiono w formie słupkowej

(fig. 3, 4) dla dwóch krawędzi arkusza mapy Sejny (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 22 do około 46 nGy/h. Przeciętnie wartość ta w profilu zachodnim wynosi około 36 nGy/h i jest nieco wyższa od średniej dla obszaru Polski wynoszącej 34,2 nGy/h. Wzdłuż profilu wschodniego wartości promieniowania gamma zmieniają się od około 27 do około 44 nGy/h i przeciętnie wynoszą około 32 nGy/h.

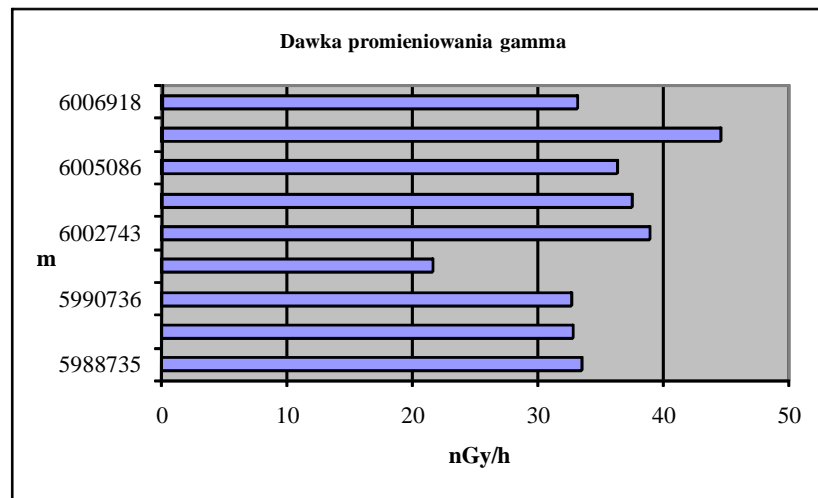
W zachodnim profilu pomiarowym obserwuje się pewną dwudzielność. Niższe dawki zarejestrowane w południowej części profilu (22-35 nGy/h) są związane z utworami wodnolodowcowymi (piaskami i żwirami) oraz z holoceniowymi torfami, a nieco wyższe w północnym odcinku profilu (40-45 nGy/h) – z osadami zastoiskowymi (piaski, mułki i ropy).

W profilu wschodnim zarejestrowane dawki promieniowania gamma są dość wyrównane (przeważają wartości około 30 nGy/h), gdyż wzdłuż profilu dominuje jeden typ utworów: utwory wodnolodowcowe (sandrowe) zlodowaceń północnopolskich.

Stężenia radionuklidów poczynobylskiego cezu zmierzone wzdłuż obu profili są bardzo niskie, charakterystyczne dla obszarów bardzo słabo zanieczyszczonych. Wzdłuż profilu zachodniego wynoszą od 1,5 do 6,0 kBq/m<sup>2</sup>, a wzdłuż profilu wschodniego wahają się od 1,0 do 5,1 kBq/m<sup>2</sup>.

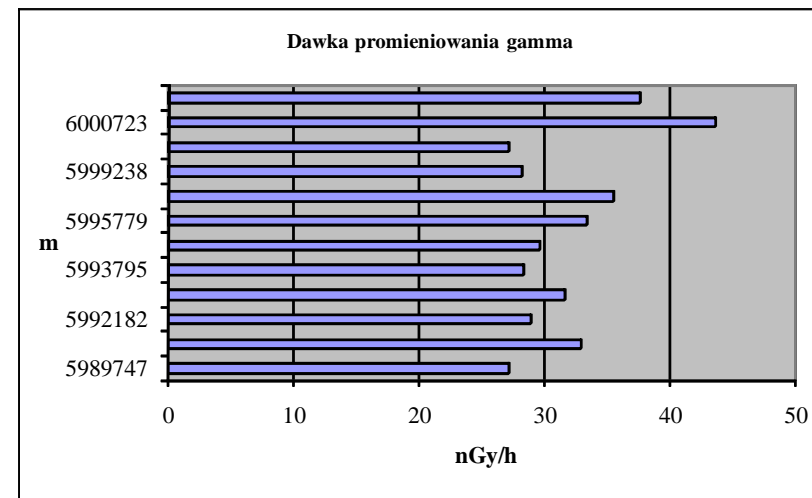
110 W

PROFIL ZACHODNI



110 E

PROFIL WSCHODNI



35

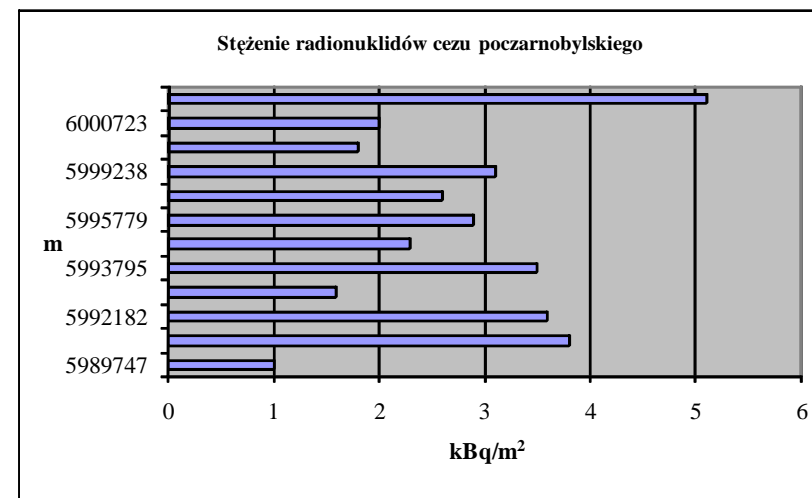
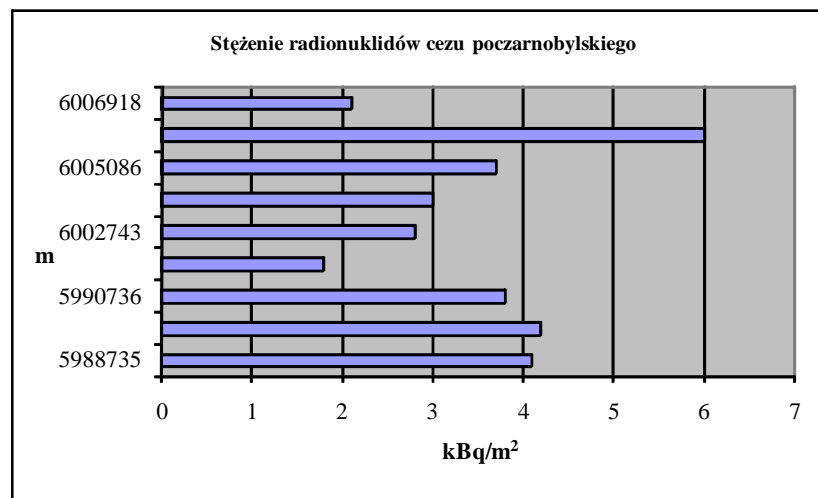


Fig. 3. Zawartość pierwiastków promieniotwórczych w glebach na terenie arkusza Sejny (na osi rzędnych – opis siatki kilometrowej arkusza)

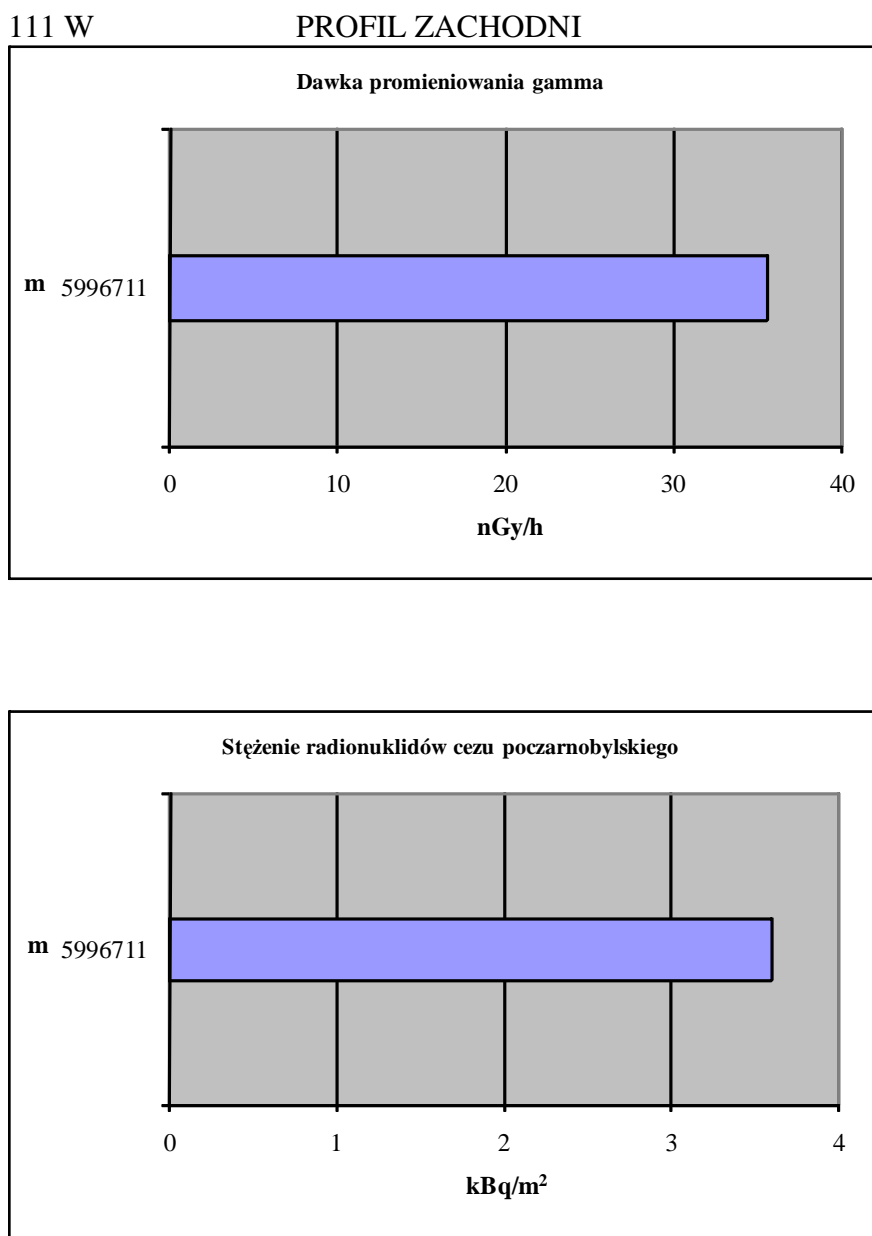


Fig. 4. Zawartość pierwiastków promieniotwórczych w glebach na terenie arkusza Vieisiejai (na osi rzędnych – opis siatki kilometrowej arkusza)

## IX. Składowanie odpadów

### Zasady wydzielenia 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 geśrodowiskowej 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 9).

Tabela 9

**Charakterystyka naturalnej bariery geologicznej  
w odniesieniu do typu składowanych odpadów**

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

Ocena wykształcenia naturalnej bariery geologicznej pozwala na wyróżnienie:

- warunków izolacyjności podłoża zgodnych z wymaganiami dla określonego typu składowisk (przyjętymi w tabeli 9),
- 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.

Tło dla przedstawianych na Planszy B informacji stanowi stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego przeniesiony z arkuszy Sejny i Veisiejai Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Nowakowski i inni, 2004a,b). 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. Wy-

dzielone tereny o dobrej izolacyjności (POLs) mogą współwystępować z obszarami o różnym zagrożeniu jakości wód podziemnych.

#### Obszary o bezwzględnym zakazie lokalizacji składowisk odpadów

Na obszarze objętym arkuszami Sejny i Veisiejai bezwzględny wyłączeniu z możliwości składowania odpadów podlegają:

- obszary objęte ochroną prawną w Europejskiej Sieci Ekologicznej NATURA 2000 „Puszcza Augustowska” PLB200002 (ochrona ptaków), „Ostoja Augustowska” PLH200005, „Pojezierze Sejneńskie” PLH 200007 (ochrona siedlisk),
- zabudowa Sejn będących siedzibą urzędów miasta, gminy i starostwa powiatowego oraz miejscowości gminnej Giby,
- zabytkowy zespół architektoniczny w Sejnach,
- rezerваты przyrody: „Pomorze”, „Łempis” (leśne), „Ostoja bobrów Marycha” (faunistyczny), „Tobolinka” (wodny), „Kukle” (krajobrazowy),
- tereny leśne o powierzchni powyżej 100 hektarów,
- obszary podmokłe, bagienne, łąki wykształcone na glebach pochodzenia organicznego,
- strefa ochronna Wigierskiego Parku Narodowego,
- obszary płytkiego (do 5 m) występowania głównego użytkowego poziomu wodonośnego: Romanowce – Pawłówka, Hołny Wolmera, Orzechowo – Pogorzelec, Lasanka – Podgibki, Iwanówka, Sejny – Giby, Posejnele – Markiszki, Gulbin, Wierśnie, Wierśnianka, Białorzeczka, Zelwa, Wiłkokuk, Budwieć,
- ciągi wałów i wzniesień zbudowanych z zaburzonych osadów czwartorzędowych i przedczwartorzędowych oraz wzgórza i wały zbudowane z zaburzonych osadów czwartorzędowych i przedczwartorzędowych (Ber, 2007),
- powierzchnie erozyjnych i akumulacyjnych tarasów holocenijskich w obrębie dolin rzek: Czarnej Hańczy, Marychy, Kunisianki, Hołnianki, Rudawki, Pawłówki, Bubieżanki, Czarnej i pozostałych cieków,
- strefy (do 250m) wokół jezior: Przystajnie, Bołonie, Szejpiski, Kłejwy, Płaskie, Białe, Sejny, Ingiel, Dmitrowo, Sumowo, Druce, Gawiniańskie, Rejslle, Gała, Dusajtis, Sztabinki, Dubelek, Gaładuś, Perć, Samania, Berżnik, Akmienaj, Hołny, Perc Gajlek, Kelig, Aszyryn, Karolinek, Pilwie, Gieret, Igielnik, Kunis, Stulpień, Szulpień, Lempis, Zelwa, Wiłkokuk, Pomorze, Świerszczeń, Dąbel, Heret, Wierśnie, Kieresne, Okuniówek, Czarne, Białe, Budziewizna, Samas, Dowcień i pozostałych akwenów,

- tereny o nachyleniu powyżej 10° (na wschód od Dubowa, zachodni brzeg jeziora Perc, na południowy wschód od Berżnik),
- obszary zagrożone powierzchniowymi ruchami masowymi ziemi- rejon Radziuci, brzegi jeziora Gaładuś, wschodni brzeg jeziora Dusajtis, wschodni i zachodni brzeg jeziora Sztabinki, zachodni brzeg jeziora Dubelek, zachodni brzeg jeziora Perc, rejon Półkoty, wschodni brzeg jeziora Berżnik, północno-zachodni brzeg jeziora Kunis (Grabowski i in., 2007).

Obszary wyłączone z możliwości składowania odpadów zajmują całość terenu w granicach Polski arkusza Veisiejai i ponad 95% powierzchni terenów objętych arkuszem Sejny.

#### 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 1) lub grunty spoiste, których strop znajduje się nie głębiej niż 2,5 m p.p.t.

Obszary rekomendowane do składowania odpadów wskazano na wysoczyźnie morenowej falistej, w obrębie powierzchniowego występowania glin zwałowych (górných) fazy pomorskiej zlodowaceń północnopolskich. Mają one brązowoczerwonawą barwę, są wapniaste, piaszczyste, miejscami wykształcone w postaci piasków pyłowo-żwirowych. Położone są bezpośrednio na osadach piaszczysto-żwirowych, ich miąższość nie przekracza na ogół 3 m (Lisicki, 1994). Obszary wskazane do składowania odpadów obojętnych zlokalizowane są na terenie gminy Sejny, w rejonie miejscowości Hołny Mejera (przy granicy z Litwą), Nowosady i na wschód od Sejn. W rejonie Nowosadów w gliny wysoczyznowe włączono niewielkie wydzielania glin zwałowych w spływach martwego lodu.

Ze względu na bardzo niejednorodne wykształcenie litologiczne glin oraz ich niewielką miąższość właściwości izolacyjne określono na mniej korzystne (zmienne). Jak wynika z przekrojów hydrogeologicznych istnieje możliwość, że lokalnie górne gliny fazy pomorskiej mogą być położone bezpośrednio na glinach starszych, tworząc wspólny pakiet izolacyjny.

W rejonie Posejnele – Kukle, Pawłówki i Skusteli wskazano obszary możliwej lokalizacji składowisk odpadów pozbawione naturalnej izolacji. Na powierzchni terenu występują tu przepuszczalne osady czwartorzędowe. Budowa składowisk odpadów wiąże się z koniecznością wykonania dodatkowej przesłony podłoża obiektów – mineralnej lub syntetycznej.

Warunkowym ograniczeniami dla budowy składowisk odpadów w granicach obszaru wskazanego w rejonie Sejn jest bliskość zabudowy, dla obszaru w rejonie miejscowości Hołny Mejera położenie w granicach Obszaru Chronionego Krajobrazu Pojezierze Sejneńskie. 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.

Obszary wytypowane w rejonie Nowosadów i Hołn Mejera są terenami, na których użytkowy poziom wodonośny związany jest z piaskami różnoziarnistymi występującymi pod kompleksem glin zwałowych o miąższości od 18 m do 50 m (średnio 25 m), lokalnie mniejszej. Odporność głównego użytkowego poziomu wodonośnego może być niska lub średnia, niski stopień zagrożenia wód wynika z braku ognisk zanieczyszczeń na tych terenach.

W rejonie Sejn główny użytkowy poziom wodonośny jest przykryty warstwą osadów słabo przepuszczalnych o zmiennej miąższości (od 4 m do około 20 m, średnio 11 m). Stopień zagrożenia wód określono na wysoki. Główne zagrożenia dla wód podziemnych tego obszaru wynikają z zagospodarowania i użytkowania terenu – zwarta zabudowa miejska i wiejska, gospodarstwa rolne i ośrodki wypoczynkowe.

#### Problem składowania odpadów innych, niż obojętne i niebezpieczne (komunalnych)

Na powierzchni terenów, na których możliwe jest składowanie odpadów nie występują osady, których właściwości izolacyjne spełniałyby kryteria przyjęte dla składowania odpadów komunalnych. Budowa tego typu obiektów w granicach POLS wytypowanych do składowania odpadów obojętnych wymagać będzie zastosowania dodatkowych przesłon podłoża, w celu wyeliminowania zagrożenia skażenia odciekami wód powierzchniowych i podziemnych.

Składowisko odpadów w Konstantynówce w gminie Sejny przyjmuje odpady komunalne z terenów objętych arkuszem. Obiekt ma ważne pozwolenie zintegrowane, prowadzony jest monitoring wód podziemnych, opadowych i odcieków, w najbliższym czasie ma zostać zainstalowana aparatura odgazowująca. Przewidziany termin zakończenia eksploatacji składowiska to lata 2014–2015.

#### Ocena najbardziej korzystnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych dla składowania odpadów

Na analizowanym terenie warunki geologiczne rozpatrywane pod kątem składowania odpadów w granicach wytypowanych obszarów są podobne. Gliny zwałowe (górne) fazy po-

morskiej, które stanowią naturalną barierę geologiczną są niejednorodnie wykształcone, głównie jako gliny piaszczyste, miejscami wręcz jako piaski pyłowo-piaszczyste.

Według danych z przekroju hydrogeologicznego wykonanego dla MhP gliny o dużych miąższościach (rzędu 30–35 m) mogą występować w granicach obszaru wytypowanego w okolicach Hołn Mejera, w rejonie Sejn gliny mogą mieć 10–20 m miąższości.

Bardziej korzystne warunki hydrogeologiczne dla składowania odpadów mają obszary wskazane w okolicy Nowosadów i Hołn Mejera, gdzie użytkowy poziom wodonośny jest izolowany kompleksem glin zwałowych o miąższościach rzędu 18–50 m. Jego odporność określono na średnią (lokalnie niską), a stopień zagrożenia wód na niski.

W pierwszej kolejności można rozpatrywać obszar wytypowany w okolicy Hołn Mejera, gdzie warstwa izolująca glin zwałowych ma prawdopodobnie największą miąższość, a stopień zagrożenia wód głównego użytkowego poziomu wodonośnego określono na niski.

#### Charakterystyka wyrobisk poeksploatacyjnych

Wyrobiska eksploatowanych złóż kruszyw naturalnych oraz punkty lokalnego poboru kopalin położone są na obszarach 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 Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 26 lutego 2009 roku 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 wystę-

powania w podłożu warstwy utworów słabo przepuszczalnych, stanowiących dobrą naturalną izolację dla położonych głębiej poziomów wodonośnych.

## **X. Warunki podłoża budowlanego**

Ocenę warunków geologiczno-inżynierskich podłoża budowlanego na obszarze arkuszy Sejny i Veisiejai opracowano na podstawie Szczegółowych map geologicznych tego terenu (Lisicki, 1990 a,b, 1994) oraz Atlasu geologiczno-inżynierskiego rejonu Suwałk (Jakubicz, 1989). Dotyczy około 40 % powierzchni arkusza Sejny i około 10% arkusza Veisiejai w granicach Polski. Z waloryzacji wyłączono tereny: gleb chronionych (kl. I-IVa), łąk na glebach pochodzenia organicznego, lasów oraz rezerwatów, złóż kopalin i zwartej zabudowy Sejn.

Wyróżniono dwa zasadnicze rodzaje obszarów: o warunkach korzystnych dla budownictwa oraz o warunkach niekorzystnych, utrudniających budownictwo. O warunkach geologiczno-inżynierskich podłoża decyduje kilka czynników: rodzaj i stan gruntów, morfologia terenu i głębokość położenia zwierciadła wód gruntowych (Dobak, 2005). Zagadnienia zabudowy i zagospodarowania tego obszaru związane są z charakterem osadów czwartorzędowych, generalnie ostatniego zlodowacenia, szczególnie fazy pomorskiej oraz holocenijskich.

Rejony o warunkach geologiczno-inżynierskich korzystnych dla budownictwa na omawianym terenie to te, na których występują grunty spoiste – zwarte, półzwarte i twardoplastyczne lub grunty niespoiste (sympke) – średnio zagęszczone i zagęszczone. Zwierciadło wód gruntowych jest poniżej 2 m p.p.t., brak jest zjawisk geodynamicznych (kął nachylenia terenu nie przekracza 12%). Obejmują one głównie obszary występowania glin zwałowych oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych i lodowcowych. Na powierzchni terenu zaznacza się duże zróżnicowanie pod względem rozprzestrzenienia oraz uziarnienia zarówno gruntów sypkich jak i spoistych. Związane to jest urozmaiconą genezą tych osadów jak i formami geomorfologicznymi.

Grunty niespoiste średnio zagęszczone – piaski i żwiry głównie wodno-lodowcowe fazy pomorskiej zlodowacenia wisły występują na tarasach sandrowych, rozprzestrzenionych na południe od wsi Pogorzelec i od jeziora Heret oraz na wschód od jezior Zelwa i Kunis. Utwory te znajdują się również na wschód od jeziora Płaskiego i Białego, w rejonie wsi Łumbie oraz na północny wschód od Sejn. Korzystne dla budownictwa piaski i żwiry moren czołowych występują w pobliżu jezior: Gaładuś, Sztabiki i Berżnik, piaski i żwiry form szczelinyowych (na północ od jeziora Zelwa) oraz ozów (na wschód od rzeczki Kunisianki i w pobliżu jeziora Hołny i Gaładuś). W opisywanych wyżej obszarach woda gruntowa występuje na głębokości większej niż 2,0 m.

Gliny zwałowe fazy pomorskiej zlodowacenia wisły, dominują w środkowej i północnej części omawianego terenu, budując wysoczyzny morenowe. Są to grunty spoiste, nieskonsolidowane, reprezentowane głównie przez glinę piaszczystą, często spoistą zwięzłą, nierzadko przechodzące w piasek gliniasty. Zawierają one domieszki frakcji żwirowej i kamienistej oraz warstewki piasków. Gliny zwałowe są na ogół małościśliwe, niepęczniące i stanowią dość dobre podłoże budowlane. Należy je jednak chronić przed dodatkowym zawodnieniem w czasie budowlanych prac ziemnych, gdyż pod wpływem wody i obciążenia następuje zmiana ich konsystencji (Kaczyński, Trzciniński, 2000). Szczególnie ważne jest to na obszarach gruntów zastoiskowych pylastych i ilastych. Przy posadowieniu budynków wymagających większej nośności gruntów konieczne będzie wykonanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

Rejony o warunkach geologiczno-inżynierskich niekorzystnych dla zabudowy to te, gdzie występują grunty słabonośne, do których należą grunty organiczne, grunty spoiste plastyczne i miękkoplastyczne oraz niespoiste, luźne. Są to głównie osady najmłodsze – holoceńskie, które leżą przede wszystkim w dolinach rzek i mniejszych cieków, rynnach jeziornych oraz w licznych zagłębieniach bezodpływowych na wysoczyźnie. Niekorzystne dla zabudowy są obszary o spadkach terenu powyżej 12%, tereny zagrożone powierzchniowymi ruchami masowymi, obszary podmokłe i zabagnione oraz obszary występowania wód agresywnych.

Grunty organiczne – torfy i namuły, występują powszechnie na omawianym terenie. Osady te, zwykle zawodnione, pod wpływem obciążenia oddają wodę, co w sposób zasadniczy wpływa na przebieg osiadania gruntu. Grunty organiczne są charakterystyczne dla dolin jezior rynnowych i rzecznych oraz w licznych na całym opisywanym terenie zagłębieniach bezodpływowych. Największe rozprzestrzenienie mają na obszarze Bobrowego Bagna na północ od Karolina, na wschód od jeziora Białego, na północ od Stabieniszczyzny i na obszarze Bagna Żegarskiego. W rejonach występowania gruntów organicznych woda przeważnie wykazuje agresywność w stosunku do stali i betonu.

Grunty spoiste plastyczne i miękkoplastyczne to mady, gliny, iły i mułki o różnej genezie. Luźne grunty niespoiste to piaski drobne lub pylastych oraz mułki piaszczyste. Utwory te wypełniają doliny rzek i licznych drobnych cieków, z których największa to Marycha płynąca z północnego zachodu ku południowemu wschodowi oraz mniejsze Kunisianka, Bubieżanka, Hołnianka, a także obniżenia bezodpływowe na wysoczyźnie morenowej powstałe po wytopieniu się martwego lodu.

W okolicach jezior Płaskie i Białe występują osady zastoiskowe wykształcone w postaci gruntów małospoistych: mułków, glin pylastych i iłów, w stanie plastycznym, a także luźnych

piasków pylastych. Zarówno w dolinach cieków jak i w obniżeniach na wysoczyźnie występująca płytko (w granicach 0–2,0 m) woda gruntowa tworzy liczne podmokłości i zabagnienia. Zaznacza się tu też duża zmienność warunków gruntowo-wodnych w zależności od wahań poziomu zwierciadła wody.

Niekorzystne warunki dla budownictwa stwarza urozmaicona powierzchnia terenu. Czynnikiem niekorzystnym jest występowanie obszarów o spadkach terenu powyżej 12%. Znajdują się one w strefie granicznej między morenową wysoczyzną polodowcową, a powierzchnią sandrową, gdzie występują wzgórza morenowe często o charakterze spiętrzonym. Podwyższone spadki notuje się także na brzegach jezior rynnowych: Gaładuś, Hołny, Sztabinki, Berzniki i Hłgiek oraz na stromych zboczach w dolinie Marychy, w okolicach wsi Pomorze. Urozmaicona rzeźba młodoglacjalna sprzyja tu rozwijaniu się powierzchniowych ruchów masowych (osuwiska, obrywy, spęływania gruntów) (Grabowski (red). i inni, 2007). Większość zboczy nie wykazuje tendencji osuwiskowych dzięki zalesieniu, pokryciu darniną, naturalnemu drenażowi i małej ingerencji człowieka. Niemniej nieudolna działalność człowieka może sprzyjać ich powstaniu.

Niekorzystne warunki dla budownictwa stwarzają również zaburzenia osadów zaobserwowane w licznych odsłonięciach na omawianym terenie. Związane są one z ciągami moren spiętrzonych i moren z wyciśnięcia. Zjawiska te mogą być powszechniejsze niż to dotychczas stwierdzono, a ich przyczyną są procesy glacytektoniczne lub wytapianie lodu. Stwierdzono je w okolicach wsi Karolin, Pawłówka, Giby, Ogrodniki i w rejonach jezior Gaładuś, Hołny, Dmitrowo i Białe.

Tak skomplikowane warunki gruntowo-wodne i urozmaicona morfologia analizowanego obszaru sugerują dużą ostrożność przy podejmowaniu decyzji budowlanych, a sporządzenie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej powinno poprzedzać ważniejsze projektowane inwestycje budowlane.

Obraz graficzny wyznaczonych warunków budowlanych jest bardzo ogólny i uproszczony w stosunku do złożonej morfologii i geologii tego obszaru. W obrębie wytypowanych obszarów o warunkach korzystnych należy spodziewać się szeregu miejsc (lokalnych obniżeń i stromych zboczy) o warunkach utrudniających budownictwo, które ze względu na skalę opracowania musiały zostać zgeneralizowane

## **XI. Ochrona przyrody i krajobrazu**

Arkusze Sejny i Vieisiejai położone są w jednym z najpiękniejszych i najatrakcyjniejszych regionów Polski, które obejmują obszary o wybitnych walorach przyrodniczych i kra-

jobrazowych. Ochrona tych dóbr ma na celu zachowanie lub restytuowanie rzadkich i cennych tworów przyrody żywej lub martwej oraz zapewnienia trwałości ich użytkowania. Najcenniejsze jej fragmenty, zgodnie z ustawą, poddane są ochronie prawnej. Za szczególnie efektywną należy uznać wielkoobszarową ochronę przyrody, polegającą na tworzeniu specjalnych jednostek przestrzennych obejmujących wiele różnych ekosystemów o walorach wymagających szczególnej ochrony. W granicach omawianego arkusza należą do nich obszary chronionego krajobrazu, obszary NATURA 2000 i rezerваты przyrody. Ponadto indywidualną formą ochrony objęto pomniki przyrody żywej i nieożywionej.

Obszary chronionego krajobrazu (OChK) obejmują wyróżniające się krajobrazowo tereny o różnych typach ekosystemu, odznaczające się niewielkim stopniem zniekształcenia środowiska przyrodniczego, których zadaniem jest ochrona terenów o walorach przyrodniczych, krajobrazowych i kulturowych. Ich zagospodarowanie powinno zapewnić stan względnej równowagi ekologicznej systemów przyrodniczych.

Dużą część terenu arkuszy pokrywa, utworzony w 1998 r. Obszar Chronionego Krajobrazu „Pojezierze Sejneńskie”. Na powierzchni 37 880 ha ochroną objęto urozmaicony krajobraz, z licznymi jeziorami, kemami, ozami i wzniesieniami morenowymi Pojezierza Sejneńskiego. Kontynuuje się on na sąsiednie arkusze Krasnopol i Widugiery.

Fragment Obszaru Chronionego Krajobrazu „Puszcza i Jeziora Augustowskie” pokrywa południowo-zachodnią część arkusza Sejny. Został on ustanowiony w 1998 r. celu ochrony i zachowania jednego z największych i najcenniejszych pod względem przyrodniczym kompleksu leśnego Puszczy Augustowskiej oraz wartości kulturowych i historycznych Kanału Augustowskiego. Całkowita powierzchnia obszaru wynosi 65 475 ha. Kontynuuje się on na sąsiednich arkuszach (Krasnopol i Rygol).

W zachodniej części arkusza Sejny, w rejonie Pogorzela, znajduje się niewielki fragment otuliny Wigierskiego Parku Narodowego.

Jedną z najwyższych kategorii ochrony obiektów przyrodniczych stanowi rezerwat przyrody. Tworzy się je w celu zachowania w stanie niezmienionym ekosystemów uznawanych za naturalne, zapewniających różnorodność genetyczną organizmów oraz regenerację procesów ekologicznych. Pięć takich obiektów występuje w granicach omawianych arkuszy.

Rezerwat faunistyczny „Ostoja Bobrów Marycha” położony jest w lasach, około 4 km na północny wschód od Krasnopola, w górnym biegu rzeki Marycha. Został utworzony w 1960 roku w celu ochrony stanowisk bobra europejskiego. Pierwotnie jego powierzchnia liczyła 208,5 ha (w tym rezerwat ścisły 43,4 ha). Na podstawie Zarządzenia Nr 20/09 Regio-

nalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Białymstoku z dnia 13.08.2009 r. powierzchnia ta uległa zmianie i wynosi obecnie 55,83 ha. Kontynuuje się on na arkuszu Krasnopol.

Rezerwat leśny „Pomorze” został utworzony w 1983 r. na powierzchni 20,45 ha. w celu ochrony i zachowania ekosystemów leśnych charakterystycznych dla Puszczy Augustowskiej, w tym najstarszego drzewostanu puszczańskiego, a także pozostałości dawnego grodziska. Fragment starodrzewu sosnowego w wieku około 200 lat jest unikalny w skali regionu. Grodzisko obronne położone jest w południowej części rezerwatu, w zakolu rzeki Marycha, na wysokim wzniesieniu otoczonym z trzech stron depresjami bagiennymi. Rezerwat wraz z grodziskiem stanowi cenny obiekt przyrodniczy o wybitnych walorach dydaktycznych.

Rezerwat wodny „Tobolinka” utworzono w 1959 roku na powierzchni 4,62 ha. Celem ochrony jest zachowanie jeziora śródbagiennego (dystroficznego) z pływającymi wyspami torfowców. Wyodrębniono w nim dwa zespoły roślinne. Jednym jest zbiorowisko z przygiętką białą, które rozwija się na zarastającym spleja torfowiskowym, a drugim bór sosnowy siedlisk torfowych.

W południowo-wschodniej części arkusza Sejny znajduje się rezerwat leśny „Łempis”. Został on utworzony w 1983 roku na powierzchni 132,21 ha w celu zachowania ekosystemów leśnych, torfowiskowych i wodnych. Obejmuje on trzy dystroficzne jeziora (Łempis, Stulpie-niuk, Stulpie) wraz z szuwarami i otaczającymi lasami położonymi w zatorfionej rynnie polodowcowej. Rezerwat jest miejscem występowania szeregu gatunków ptaków wodno-błotnych oraz rzadkich gatunków roślin i zwierząt charakterystycznych dla Pojezierza Suwalsko – Augustowskiego.

W celu zachowania swoistych cech krajobrazu oraz naturalnych ekosystemów leśnych, bagiennych i wodnych utworzono w 1983 r. rezerwat krajobrazowy „Kukle”. Jego powierzchnia wynosi 354,41 ha obejmując pięciokilometrowy odcinek rzeki Marychy wraz jej doliną, dwoma dystroficznymi jeziorami oraz fragmentami zalesionych wyniesień otaczających dolinę. Rezerwat charakteryzuje się wysokim stopniem naturalności zbiorowisk leśnych i różnorodnością form krajobrazowych. Daje przegląd składu gatunkowego i struktury głównych typów zbiorowisk leśnych i nieleśnych, charakterystycznych dla Puszczy Augustowskiej.

Dopełnieniem bogactwa przyrodniczego tego rejonu są pomniki przyrody (tabela 10). Są to pojedyncze okazy przyrody żywej i nieożywionej, odznaczające się indywidualnymi, cechami, które wyróżniają je spośród otoczenia. Są nimi szczególnie okazałe drzewa (lipy drobnolistne, dęby szypułkowe i bezszypułkowe, sosny pospolite), świadczące o niedzisiejszej świetności tutejszych lasów, a także głązy narzutowe.

Stanowiskami dokumentacyjnymi są ważne pod względem naukowym i dydaktycznym miejsca występowania formacji geologicznych, nagromadzeń skamieniałości lub tworów mineralnych. W celu prezentacji utworów morenowych stanowisko takie utworzono w wyrobisku poeksploatacyjnym złoża „Posejanka” (tabela 10).

Tabela 10

**Wykaz rezerwatów, pomników przyrody i stanowisk dokumentacyjnych przyrody nieożywionej**

Nr obiektu na mapie	Forma ochrony	Miejscowość	Gmina	Rok zatwierdzenia	Rodzaj obiektu (powierzchnia w ha)
			Powiat		
1	2	3	4	5	6
<b>Arkusze Sejny</b>					
1	<b>R*</b>	Romanowce	Krasnopol sejneński	1960	<b>Fn</b> – „Ostoja bobrów Marycha” (55,83)*
2	<b>R</b>	Pomorze	Giby sejneński	1983	<b>L</b> – „Pomorze” (20,45)
3	<b>R</b>	Zelwa	Giby sejneński	1959	<b>W</b> – „Tobolinka” (4,62)
4	<b>R</b>	Wigrańce	Sejny sejneński	1983	<b>L</b> – „Łempis” (132,21)
5	<b>R*</b>	Zelwa	Giby sejneński	1983	<b>K</b> – „Kukle” (354,41)*
6	<b>P</b>	Nowosady	Sejny sejneński	1978	<b>Pż</b> – 2 lipy drobnolistne
7	<b>P</b>	Bubele	Sejny sejneński	1978	<b>Pż</b> – sosna pospolita
8	<b>P</b>	Gawiniańce	Sejny sejneński	2004	<b>Pż</b> – brzoza brodawkowata
9	<b>P</b>	Sztabinki	Sejny sejneński	1953	<b>Pn, G</b> – granitognejs
10	<b>P</b>	Sztabinki	Sejny sejneński	1953	<b>Pn, G</b> – granitognejs
11	<b>P</b>	Ogrodniki	Sejny sejneński	1978	<b>Pż</b> – dąb szypułkowy
12	<b>P</b>	Ogrodniki	Sejny sejneński	2001	<b>Pż</b> – grusza pospolita
13	<b>P</b>	Ogrodniki	Sejny sejneński	2001	<b>Pż</b> – grusza pospolita
14	<b>P</b>	Ogrodniki	Sejny sejneński	1978	<b>Pż</b> – jałowiec pospolity
15	<b>P</b>	Świackie	Sejny sejneński	1965	<b>Pn, G</b> – granitognejs
16	<b>P</b>	Berżniki	Sejny sejneński	1978	<b>Pż</b> – jesion wyniosły
17	<b>P</b>	Posejnele	Giby sejneński	1980	<b>Pż</b> – lipa drobnolistna
18	<b>P</b>	Kukle	Giby sejneński	2011	<b>Pż</b> – 2 lipy drobnolistne
19	<b>P</b>	Posejnele	Giby sejneński	1999	<b>Pż</b> – sosna pospolita
20	<b>P</b>	Giby	Giby sejneński	1961	<b>Pż</b> – dąb bezszypułkowy

1	2	3	4	5	6
21	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 445	Giby sejneński	1993	<b>Pż</b> – 2 dęby bezszypułkowe
22	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 473	Giby sejneński	1986	<b>Pż</b> – 3 dęby bezszypułkowe
23	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 473	Giby sejneński	1986	<b>Pż</b> – 3 dęby bezszypułkowe
24	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 473	Giby sejneński	1993	<b>Pż</b> – dąb szypułkowy
25	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 588	Giby sejneński	1993	<b>Pż</b> – 2 dęby szypułkowe
26	<b>P</b>	Budwieć	Giby sejneński	2011	<b>Pż</b> – 2 dęby szypułkowe
27	<b>S</b>	Posejanka	Sejny sejneński	2001	<b>Wr</b> – wyrobisko poeksploatacyjne kopalni piasków i żwirów (0,3)
<b>Arkusz Veisiejai</b>					
1	<b>R*</b>	Nadleśnictwo Pomorze	Sejny sejneński	1983	<b>K</b> – „Kukle” (354,41)*
2	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 808	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita
3	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 808	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita
4	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 808	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita
5	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 808	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita
6	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 807	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita
7	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 807	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita
8	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 807	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita
9	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 807	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita
10	<b>P</b>	Nadleśnictwo Pomorze, obręb 807	Sejny sejneński	1994	<b>Pż</b> – sosna pospolita

Rubryka 2: **R** – rezerwat, **P** – pomnik przyrody; **S** – stanowisko dokumentacyjne przyrody nieożywionej  
\* – rezerwat częściowo położony na sąsiednim arkuszu

Rubryka 6: – rodzaj rezerwatu: **L** – leśny, **K** – krajobrazowy, **Fn** – faunistyczny, **W** – wodny  
– rodzaj pomnika przyrody: **Pż** – żywej, **Pn** – nieożywionej  
– rodzaj obiektu: **Wr** – wyrobisko, **G** – gład narzutowy; \* – powierzchnia całkowita rezerwatu

W nawiązaniu do utworzonego w 1995 roku systemu ochrony europejskiego dziedzictwa przyrodniczego, utworzono w Polsce Krajową Sieć Ekologiczną (ECONET-Polska) (Liro (red), 1998). Jest to wielkoprzestrzenny system obszarów węzłowych i korytarzy ekologicznych. Obszary węzłowe to jednostki najlepiej zachowane pod względem przyrodniczym, reprezentatywne dla różnych regionów przyrodniczych kraju, które są ekstensywnie użytkowane. Korytarze ekologiczne są strukturami przestrzennymi umożliwiającymi rozprzestrzenianie się gatunków pomiędzy obszarami węzłowymi oraz terenami do nich przylegającymi. Cały obszar arkuszy Sejny i Veisiejai znajduje się w granicach międzynarodowego obszaru węzłowego – 16M – Obszar Suwalski (fig. 5). Obejmuje on dna dolin rzecznych, jezior (w tym

największe jezioro Gaładuś), równiny wodnolodowcowe i wysoczyzny polodowcowe z cenną fauną i florą, a także liczne obszary bezodpływowych depresji oraz głązy narzutowe.

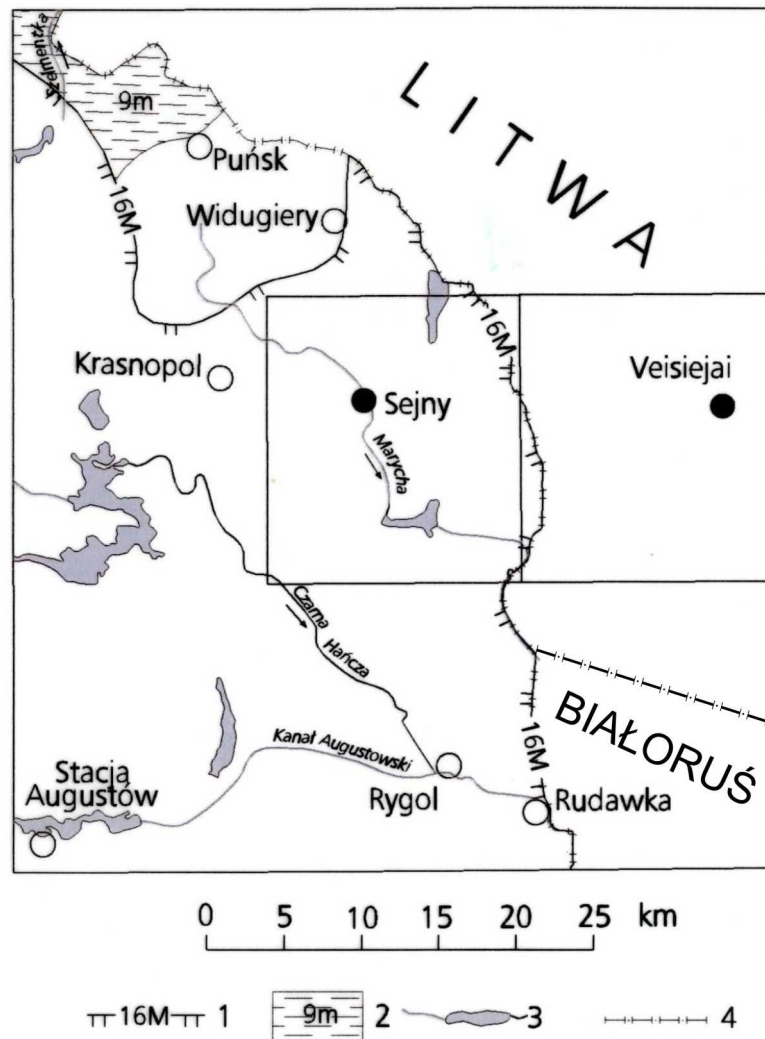


Fig. 5. Położenie arkuszy Sejny i Veisiejai na tle systemów ECONET (Liro (red), 1998)

1 – granica obszaru węzłowego o znaczeniu międzynarodowym: 16M – Suwalski, 2 – korytarz ekologiczny o znaczeniu międzynarodowym: 9m – Szeszupy; 3 – większe jeziora i rzeki; 4 – granica państwa

Europejska Sieć Ekologiczna NATURA 2000 jest spójną siecią obszarów chronionych na terenie Unii Europejskiej. Celem wyznaczania tych obszarów jest ochrona cennych pod względem przyrodniczym i zagrożonych, składników różnorodności biologicznej. Sieć NATURA 2000 tworzą dwa typy obszarów: specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO) tworzone na podstawie Dyrektywy Siedliskowej (dla ochrony siedlisk przyrodniczych oraz siedlisk gatunków roślin i zwierząt) oraz obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) tworzone na podstawie Dyrektywy Ptasiej (dla ochrony siedlisk ptaków). W granicach omawianych arkuszy utworzono trzy takie obszary (tabela 11).

## 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 arkuszy Sejny i Viesiejai			
				Długość geogr.	Szerokość geogr.		Kod NUTS	Województwo	Powiat	Gmina
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	<b>J</b>	PLB 200002	Puszcza Augustowska ( <b>P</b> )	23°10'49'' E	53°54'46'' N	134 377,7	PL 345	podlaskie	sejneński	Giby Sejny
2	<b>K</b>	PLH 200005	Ostoja Augustowska ( <b>S</b> )	22°09'57'' E	53°45'58'' N	107 068,7	PL 345	podlaskie	sejneński	Giby Sejny
3	<b>K</b>	PLH 200007	Pojezierze Sejneńskie ( <b>S</b> )	23°18'40'' E	54°02'14'' N	13 630,9	PL 345	podlaskie	sejneński	Sejny Krasnopol

Rubryka 2: **J** – OSO, częściowo przecinający się z SOO; **K** – SOO, częściowo przecinający się z OSO.

Rubryka 4: **S** – specjalny obszar ochrony siedlisk, **P** – obszar specjalnej ochrony ptaków

Obszar ochrony ptaków „Puszcza Augustowska” (PLB 2000002) obejmuje kompleks leśny Puszczy Augustowskiej. Około 90% jego powierzchni porastają urozmaicone drzewostany, które w wielu fragmentach zachowały naturalny charakter. Dominują bory, w tym dobrze zachowane bory wilgotne i bory bagienne. Duże powierzchnie zajmują olsy, miejscami występują dobrze zachowane grądy. Jest to ostoja ptasia o randze europejskiej E24. Występuje tu co najmniej 40 gatunków ptaków z Załącznika I Dyrektywy Ptasiej oraz 18 gatunków z Polskiej Czerwonej Księgi (PCK) m. in. bąk, błotniak stawowy, błotniak łąkowy, bocian czarny, cietrzew, dzięcioł białostrzbiety, dzięcioł trójpalczasty, dzięcioł zielonosiwy, gadożer, głuszc, kania czarna i ruda, kraska, orlik krzykliwy, żuraw, włochatka.

Południową część arkusza Sejny i niemal cały obszar arkusza Vieisiejai zajmuje „Ostoja Augustowska” (PLH00005), kontynuująca się na sąsiedni arkusz (Rygoł). Swym zasięgiem obejmuje ona jeden z największych i najlepiej zachowanych kompleksów leśnych Europy środkowo-wschodniej – polskiej części Puszczy Augustowskiej. Dominują bory sosnowe i sosnowo-świerkowe, o częściowo zachowanym charakterze naturalnym. Mniejszą powierzchnię zajmują bory mieszane, w tym ciepłolubne. Na terenie ostoi znajduje się wiele dystroficznych jezior z otaczającymi je torfowiskami przejściowymi. Część terenów wododziałowych zajmują torfowiska wysokie, a w dolinach części rzek i nad niektórymi jeziorami wykształciły się rozległe torfowiska niskie mechowiskowe, zasilane przez wody bogate w związki wapnia, w tym torfowiska nakredowe (węglanowe). Jest to ostoja wielu zagrożonych gatunków, przede wszystkim rysia i wilka a, także wydry i bobra. Ogółem stwierdzono tu 10 gatunków zwierząt objętych Załącznikiem II Dyrektywy Rady 92/43/EWG. Teren ostoi jest najważniejszym obszarem występowania siedlisk lasów bagiennych i bagiennych lasów sosnowo-brzozowych w Polsce (I Załącznik Dyrektywy Rady 92/43/EWG). Oprócz lasów szczególną wartość przedstawiają zagrożone ekosystemy otwartych torfowisk różnego typu. Występuje tu 7 gatunków roślin z Załącznika II Dyrektywy Rady 92/43/EWG, z czego aldrowanda pęcherzykowata, skalnica torfowiskowa, lipiennik Loesela i sasanka otwarta mają za sadnicze znaczenie w skali Polski. Liczne są stanowiska rzadkich i zagrożonych w skali kraju gatunków roślin naczyniowych (35 gatunków z Polskiej Czerwonej Księgi i Czerwonej Listy).

Obszar ochrony siedlisk „Pojezierze Sejneńskie” (PLH 2000007) to tereny o wyraźnej polodowcowej rzeźbie, z licznymi formami geomorfologicznymi z tym związanymi (moreny, kemy, ozy, jeziora rynnowe i wytopiskowe), charakteryzujące się wyjątkowym w skali polskiej części Pojezierza Litewskiego nagromadzeniem jezior i wyjątkowych walorach przyrodniczych. Występuje tu czternaście typów siedlisk z Załącznika I, a także sześć gatunków ro-

ślin oraz dziewięć gatunków zwierząt kręgowych z Załącznika II „Dyrektywy Siedliskowej”. Obszar pełni szczególną rolę dla ochrony lipiennika. Spośród siedlisk przyrodniczych, największe znaczenie mają siedliska jeziorne oraz torfowiskowe, zarówno leśne, jak i otwarte. Obszar pełni także istotną rolę w ochronie ciepłolubnych muraw napiaskowych, która są miejscem występowania gatunków rzadkich i zagrożonych (sasanka łąkowa, ostrołódka kosmata oraz leniec bezpodkwiatkowy).

Panujący na tych terenach surowy klimat, o cechach kontynentalnych, pociąga za sobą obecność gatunków borealnych, typowych dla strefy tajgi, które uważane są za relikty glacialne (chamedafne północna, brzoza niska i wierzba lapońska). Na obszarze tym stwierdzono także występowanie 47 gatunków roślin uwzględnionych na Czerwonej Liście Roślin i Grzybów Polski, Czerwonej Liście Mchów” oraz w Polskiej Czerwonej Księdze Roślin.

Spośród gatunków zwierząt z Załącznika II Dyrektywy Siedliskowej, na terenie obszaru stwierdzono obecność wydry, bobra, wilka, żółwia błotnego, kumaka nizinnego, traszki grzebieniastej, piskorza, kozy i różanki.

Informacje na temat NATURA 2000 zaczerpnięto ze strony internetowej Ministerstwa Środowiska: <http://natura2000.gdos.gov.pl>.

Ważnym elementem środowiska przyrodniczego są gleby, o jakości których decyduje rodzaj skał macierzystych. Na omawianym obszarze przeważają gleby brunatne właściwe wytworzone na glinach, występujące w centralnej i zachodniej części (Dobrzański i inni, 1973). Terenom leśnym towarzyszą gleby bielcowe i rdzawe wykształcone na piaskach. Łąki na glebach pochodzenia organicznego wypełniają doliny Kunisjanki, Marychy i innych cieków wodnych oraz dna zagłębień bezodpływowych.

Lasy pokrywają około 30% powierzchni arkusza Sejny i około 90% arkusza Vieisiejai. W zdecydowanej większości są to bory: świeże, czernicowe, łochyniowe, świerkowe torfowcowe oraz świerkowe mieszane. Na całym obszarze wyróżniają się wysepki grądów, obejmujących wielogatunkowe lasy liściaste. W zatorfionych dolinach rzek i strumieni spotyka się lasy łąkowe (m. in. łąg jesionowo-olszowy i świerkowo-olszowy). Największy kompleks leśny występuje w południowej części terenu arkuszy i obejmuje północny fragment Puszczy Augustowskiej.

Przez obszar arkuszy przebiegają dwa szlaki turystyczne o znaczeniu europejskim. Pierwszy to „Międzynarodowy szlak rowerowy EuroVelo R-11”. Jest on jednym z węzłów europejskich szlaków rowerowych. Prowadzi z Aten, w Grecji do Przylądka Północnego w Norwegii (5964 km). Drugi, to fragment „Europejskiego dalekobieżnego szlaku pieszego E 11” prowadzącego z Amsterdamu przez góry Harzu, Brandenburgię, Pomorze, Mazury do

Rygi. Na omawianym terenie mają one przebieg wspólny. Mijają miejscowości: Giby, Zelwa, Berzniki, wkraczają na obszar arkusza Widugiery i wzdłuż granicy państwa wracają do przejścia granicznego w Ogrodnikach. Ideą wyznaczania takich szlaków jest rozwój turystyki na kontynencie europejskim.

## **XII. Zabytki kultury**

Początki osadnictwa na Sejneńszczyźnie sięgają paleolitu i wiążą się z wyraźnym ociepleniem klimatu. Upowszechniły się wówczas kultury łowców, rybaków i zbieraczy, bytujących w warunkach tundry arktycznej. Notowane są także ślady osadnictwa z epoki kamienia, brązu i żelaza, z czasów wpływów rzymskich oraz z czasów, gdy tereny zamieszkiwali Jaćwingowie – jedno z plemion zachodniobałtyckich. Stanowisko archeologiczne o dużej wartości poznawczej znajduje się na terenie rezerwatu „Pomorze”. Jest to jaćwieskie grodzisko z wczesnej epoki żelaza, użytkowane powtórnie we wczesnym średniowieczu, prawdopodobnie przez Krzyżaków.

Średniowieczne osadnictwo na tych terenach zapoczątkował Mikołaj Jurewicz Pac, namiestnik Przelomski i Ożski, który od 1510 roku przystąpił do kolonizacji tych ziem. Pierwsze, w latach 1547–1557, powstało miasto Berzniki. Miasto, które znajdowało się na szlaku grodzieńskim, szybko się rozwijało i w roku 1560 liczyło 70 domów. Drugim miastem Sejneńszczyzny są Sejny, których początki sięgają roku 1522, kiedy Jan Wiśniowiecki za zasługi dla Ojczyzny, otrzymał od Króla Zygmunta I nadanie ziemi z lasami i jeziorami, w dawnej puszczy Olickiej nad rzeką Sejną (obecnie Marycha). Rozwój miasta, jak również całej Ziemi Sejneńskiej jest ściśle związany z obecnością dominikanów, którzy weszli w posiadanie Sejn i rozległych dóbr w 1602 r. Dzięki dominikanom miasto rozwijało się jako miejsce odpustowe, ośrodek rzemiosł, handlu oraz oświaty na wysokim poziomie. Kasata klasztoru w Sejnach nastąpiła w 1804 r. Po czterech wiekach pobytu dominikanów w tym mieście pozostał kościół (obecnie bazylika) i klasztor. Pierwsze wzmianki o miejscowości Giby pochodzą z 1594 r. Była to wieś osoczników, którzy bronili puszcze królewskie przed kradzieżą drewna.

Ziemia Sejneńska w dalszej i bliższej przeszłości była areną wielu wydarzeń historycznych mających istotne znaczenie dla dalszych losów całej Rzeczypospolitej. W niedalekiej przeszłości (XVIII–XX w.) były one zamieszkałe przez wiele narodowości: Polaków, Litwinów, Żydów, Niemców, Rosjan, Białorusinów, Tatarów i Ormian. Mieszaly się tutaj różne kultury i tradycje, które są świadectwem bogatej przeszłości. Spuścizną długiej historii tego regionu są zabytki kultury materialnej, których zachowało się wiele. Najcenniejsze zostały objęte ochroną konserwatorską. Są to: układ urbanistyczny Sejn (XVI/XVII w.), a także ze-

spół klasztorny dominikanów. W jego skład wchodzi kościół parafialny pw. Nawiedzenia NMP – trójnawowa bazylika, pierwotnie renesansowa (1610–1706), w 1760 r. rozbudowana w stylu barokowym z bogatym barokowym i rokokowym wyposażeniem oraz klasztor z lat 1619–1706, przebudowany pod koniec XVIII i XIX w. Najcenniejszym zabytkiem jest gotycka rzeźba szafkowa Matki Boskiej Sejneńskiej łaskami słynącej, sprowadzona na początku XVI w. z Królewca do Sejn, koronowana uroczyście we wrześniu 1975 r. Kolejnymi zabytkami Sejn są: kaplica pw. św. Agaty z 1789 r., neogotycki kościół pw. MB Częstochowskiej (d. ewangelicki) z poł. XIX w., dawny pałac biskupi z 2. poł. XIX w., klasycystyczny ratusz z 1840 r., synagoga z lat 1860–1870, dawny dom talmudyczny, murowana kaplica grobowa rodziny Wolmerów z 1830 r. na cmentarzu katolickim, kamieniczki z 2. poł. XIX w.

Z pozostałych zabytków sakralnych należy wyróżnić zespół kościoła parafialnego pw. Wniebowzięcia NMP w Berżnikach, w skład którego wchodzi: kościół drewniany z XIX w., dwie kaplice, murowano–drewniane i dwie dzwonnice drewniane (poł. XIX w.), ogrodzenie z bramą i plebania drewniana z początku XX w., zabytkowa cerkiew jednowierców z połowy XIX w. (obecnie kościół rzymsko-katolicki pw. Świętej Rodziny) w Karolinie, drewniana molenna staroobrzędowców z lat 1912–1982, obecnie również kościół rzymsko-katolicki pw. św. Anny w Gibach oraz drewniany (1793 r.) kościół pw. św. Bartłomieja w Żegarach.

W rejestrze konserwatora zabytków znajdują się także zespoły dworskie z parkami. W miejscowości Hołny Mejera jest to dwór i park z przełomu XVIII i XIX w., w Klejwach dwór drewniany, stajnia i park z przełomu XIX i XX w., w Łumbiach dwór i park z końca XIX w., a nad jeziorem Hołny, w Krasnogradzie, znajduje się odrestaurowany drewniany dwór, którego początek datuje się na XVII wiek. W okresie międzywojennym spędzał tam wakacje Czesław Miłosz, bowiem dwór należał do rodziny jego matki. Obecnie znajduje się tam Międzynarodowe Centrum Dialogu.

W kilku miejscowościach na obszarze arkusza Sejny – w Babańcach, Gawiniańcach, Gryzkańcach, Łubiach i Posejnach na uwagę zasługują zabytkowe (XIX w.), drewniane zagrody wiejskie, często wraz z zabudowaniami gospodarczymi.

Do rejestru zabytków wpisano zabytkowe cmentarze wojenne z I wojny światowej w Berżnikach, Półkotach i Pawłówku oraz rzymsko-katolicki z około 1846 r. w Sejnach.

W latach I wojny światowej tereny te były okupowane przez Niemców, którzy zamierzali przyłączyć ją do swojego państwa. Po zakończeniu działań wojennych ziemie te były przedmiotem zatargów polsko-litewskich i sporów międzynarodowych. W latach 1919–1920 w okolicy toczyły się walki polsko-litewskie, które zadecydowały o przynależności Sejneńszczyzny do macierzy. Pamięci tych wydarzeń poświęcony jest pomnik Powstania Sejneńskiego

1919 r. znajdujący się w Sejnach. Na cmentarzu parafialnym w Berżnikach stoi pomnik upamiętniający żołnierzy poległych w bitwie niemeńskiej w 1920 roku, a w Gibach pomnik poświęcony sześciuset ofiarom obławy przeprowadzonej przez NKWD w lipcu 1945 roku.

### **XIII. Podsumowanie**

Arkusze Sejny i Vieisiejai położone są w północnej części województwa podlaskiego na pograniczu Pojezierza Wschodniosuwalskiego i Równiny Augustowskiej.

Wybitne walory przyrodnicze tych terenów sprawiają, że większość obszaru podlega prawnej ochronie w formie rezerwatów przyrody, obszarów chronionego krajobrazu i obszarów NATURA 2000 – „Puszcza Augustowska” (PLB 200002), „Ostoja Augustowska” (PLH 200005) i „Pojezierze Sejneńskie” (PLH 200007). Pociąga to za sobą szereg ograniczeń, uwarunkowań i ukierunkowań w prowadzeniu gospodarki na tych terenach. Do atutów tego rejonu należy zaliczyć zasoby przyrodnicze sprzyjające rozwojowi turystyki – lasy, liczne jeziora, zróżnicowany polodowcowy krajobraz, brak przemysłu, dobre warunki do ekologicznej produkcji żywności i rozwoju agroturystyki, a także dostępność komunikacyjna i położenie w pobliżu transkontynentalnych szlaków komunikacyjnych. Sprawia to, że nadaje się on doskonale do rekreacji, wypoczynku, żeglarstwa, uprawiania aktywnej turystyki pieszej, kajakowej i samochodowej przyciągając wielu turystów z kraju i z zagranicy.

Na terenie arkusza Sejny udokumentowano osiem małych złóż kopalin okruchowych – piasków i piasków ze żwirem. Wstępnie rozpoznane są trzy złoża kredy jeziornej i torfu. Jedno złożo piasku ze żwirem jest zagospodarowane. W oparciu o wykonane w przeszłości prace poszukiwawczo-rozpoznawcze wytypowano dziesięć obszarów prognostycznych i jeden obszar perspektywiczny występowania torfów. Obszar perspektywiczny dla piasków ze żwirem wyznaczono w rejonie miejscowości Pomorzanka-Konstantynówka, w bezpośrednim sąsiedztwie udokumentowanych złóż.

Omawiany obszar jest nierównomiernie rozpoznany pod względem hydrogeologicznym. Rozpoznanie obejmuje jedynie górne partie utworów czwartorzędowych, jakkolwiek wody podziemne zwykle występują tu także w osadach kenozoiku i mezozoiku. Wszystkie studnie zlokalizowane w tym terenie ujmują zasobny w wodę poziom czwartorzędowy, w obrębie którego wydzielono trzy poziomy wodonośne o charakterze użytkowym: wód gruntowych, międzymorenowy górny i międzymorenowy dolny.

Na terenie arkuszy Sejny i Veisiejai przeważają warunki korzystne dla budownictwa, związane z występowaniem gruntów niespoistych, średnio zagęszczonych oraz gruntów spo-

istych. Warunki niekorzystne dla budownictwa dominują w dolinach rzecznych, przedłużeniach rynien jeziornych, obniżeniach terenu oraz w bezodpływowych zagłębieniach.

Cały teren w granicach Polski objęty arkuszem Vesiejai i ponad 95% powierzchni terenu objętego arkuszem Sejny wyłączono z możliwości składowania odpadów.

Na powierzchni terenu nie występują osady, których właściwości izolacyjne spełniałyby kryteria przyjęte dla składowania odpadów komunalnych.

Na mapie wskazano cztery niewielkie obszary możliwej lokalizacji składowisk odpadów obojętnych. Naturalną barierę geologiczną stanowią gliny zwałowe (górne) fazy pomorskiej zlodowaceń północnopolskich. Obszary lokalizowane są na terenie gminy Sejny w rejonie Nowosadów, Hołn Mejera i na wschód od miasta Sejny.

Warunki hydrogeologiczne dla składowania odpadów w rejonach Nowosadów i Hołn Mejera są korzystne. Wody użytkowych poziomów wodonośnych są izolowane od zanieczyszczeń powierzchniowych warstwą glin zwałowych o średniej miąższości 25 m, stopień zagrożenia wód określono na niski. Wysoki stopień zagrożenia wód określono dla obszarów wskazanych w rejonie Sejn, głównie ze względu na sposób zagospodarowania (ogniska zanieczyszczeń).

Wyrobiska złóż oraz punkty niekoncesjonowanej eksploatacji kruszyw naturalnych na potrzeby lokalne zlokalizowane są na obszarach wyłączonych z możliwości składowania odpadów.

#### **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.
- ANDRZEJAK Z., 1972 – Sprawozdanie z prac zwiadowczych za złóżami kruszywa naturalnego przeprowadzonych w rejonach: Sejny-Smolany, Romanowie, Giby, pow. Sejny. Arch. Geolog. Urz. Marsz. w Białymstoku.
- BANDURSKA-KRYŁOWICZ H., 1997a – Dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>2</sub> złoża kredy jeziornej i torfu „Berżniki”. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BANDURSKA-KRYŁOWICZ H., 1997b – Dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>2</sub> złoża kredy jeziornej i torfu „Dubowo”. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BANDURSKA-KRYŁOWICZ H., 1997c – Dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>2</sub> złoża kredy jeziornej i torfu „Zelwa”. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- BER A., 2007 – Mapa glaciektoniczna Polski w skali 1:1 000 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BIENIASZEWSKA H., KRAJEWSKI S., NOWAKOWSKI Cz., 1986 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:200 000, ark. Sejny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- 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., LEWANDOWSKI P., 1995 – Metale ciężkie w glebach tarasów zalewowych Pisi. *Prz. Geol.* 44 (1), 75, 1996.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1996 – Heavy metals in the Bystrzyca river flood plain. *Geological Quarterly*, 40 (3): 467-480.
- 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.
- CECKOWSKI T., 2005 – Dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>1</sub> złoża kruszywa naturalnego „Kukle II”. Starostwo Powiatowe w Sejnach.
- CECKOWSKI T., TATARATA M., 2007 – Dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>1</sub> złoża piasku ze żwirem „Konstantynówka”. *Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- DOBAK P., 2005 – Geologiczno-inżynierskie systemy waloryzacji przestrzeni. *Problemy Ocen Środowiskowych.* Warszawa.
- DOBRZAŃSKI B., SIUTA J., STRZEMSKI M., WITEK T., ZAWADZKI S., 1973 – *Zarys charakterystyki gleb Polski.* Wyd. Geol., Warszawa.
- DZIAK W., 1968 – Dokumentacja torfowisk, obiekt Bose (badania wstępne). *Arch. IMUZ Falenty.*
- 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.), MAŁEK M., WODYK K., MALESZYK M., 2007 – Mapa osuwisk i obszarów predysponowanych do występowania ruchów masowych w województwie podlaskim. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRADYS A., 1972 – Sprawozdanie z prac zwiadowczych dla poszukiwań złóż ilów do produkcji cienkościennych elementów ceramiki budowlanej przeprowadzonych na terenie powiatów: Sejny i Suwałki. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HOWSAM M., JONES K., 1998 – Sources of PAHs in the environment. In: *PAHs and related compounds*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 137 – 174.
- Instrukcja** opracowania Mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, 2005 – Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JAKUBICZ B., 1989 – Atlas geologiczno-inżynierski rejonu Suwałk 1:50 000. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KACZYŃSKI R., TRZCIŃSKI J., 2000 – Problemy geotechniczne obszarów przy morskich. Geologiczno-inżynierska charakterystyka glin lodowcowych fazy pomorskiej. Inst. Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Uniwersytet Warszawski.
- KLECZKOWSKI A. S. (red), 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony w skali 1:500 000. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. AGH., Kraków.
- KONDRACKI J., 2002 – Geografia regionalna Polski. PWN. Warszawa.
- KWAŚNY L., NIŻNIK E., 2006 – Mapa geologiczno-gospodarcza polski w skali 1:50 000, arkusze Sejny + Vieisiejai. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., 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. Fundacji IUCN-Poland, Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LISICKI, S, 1990a – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Sejny. Wyd. Geolog. Warszawa.
- LISICKI, S, 1990b – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz Veisiejai. Wyd. Geolog. Warszawa.
- LISICKI, S, 1994 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Sejny (110) i Veisiejai (111). Wyd. Geolog. Warszawa.

- LIU H., PROBST A., LIAO B., 2005 – Metal contamination of soil and crops affected by the Chenchou lead/zinc mine spill (Hunan, China). *Science of The Total Environment*, 339 (1-3):153-166.
- LIWSKA H., 1982 – Sprawozdanie z badań geologicznych złoża kredy piszącej w rejonie Rachelany. *Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- LIWSKA H., 1995 – Sprawozdanie z prac poszukiwawczych złóż kredy jeziornej w środkowej i wschodniej części woj. suwalskiego. *Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- LORENC H. (red), 2005 – Atlas klimatu Polski. IMiGW. Warszawa.
- MACDONALD D., INGERSOLL C., BERGER T., 2000 – Development and Evaluation of consensus-based Sediment Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39: 20–31.
- MARKS L., BER A., GOGOŁEK W., PIOTROWSKA K., (red), 2006 – Mapa geologiczna Polski 1:500 000. *Państw. Inst. Geolog., Warszawa.*
- MECRAY E. L., KING J. W., APPLEBY P. G., HUNT A. S., 2001 – Historical trace metal accumulation in the sediments of an urbanized region of the Lake Champlain Watershed, Burlington, Vermont. *Water, Air & Soil Pollution Vol. 125 Nos. 1-4* p 201 – 230.
- MIDDELKOOP H., 2000 – HEAVY-metal pollution of the river Rhine and Meuse floodplains in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences* 79 (4): 411-428.
- MILLER J., HUDSON-EDWARDS K., LECHCLER P., PRESTON D., MACKLIN M., 2004 – Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo basin, Bolivia. *Sci. Total Environ.* 320(2-3):189-209.
- NOWAKOWSKI C., ŻEREBIEC A., WĘGRZYN A., 2004a – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Sejny. *Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.*
- NOWAKOWSKI C., ŻEREBIEC A., WĘGRZYN A., 2004b – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Wiesiejai. *Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geolog., Warszawa.*
- Ocena** stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego rzek województwa podlaskiego w 2010 roku (ocena w punktach pomiarowo-kontrolnych), 2011 – *Woj. Insp. Ochr. Środ., Białystok.*

- 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 oraz kształtowaniem środowiska. IMiUZ. Falenty.
- PACZYŃSKI B. (red), 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski w skali 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski, tom I. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Prawo** wodne z dnia 18 lipca 2001 r. (DzU. z 2005 r. Nr 239, poz. 2019 z późniejszymi zmianami).
- 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.
- REISS D., RIHM B., THÖNI C., FALLER M., 2004 – Mapping stock at risk and release of zinc and copper in Switzerland – dose response functions for runoff rates derived from corrosion rate data. *Water, Air, and Soil Pollution* v. 159: 101-113.
- ROCHER V., AZIMI S., GASPERI J., BEUVIN L., MULLER M., MOILLERON R., CHEBBO G., 2004 – Hydrocarbons and metals in atmospheric deposition and roof runoff in Central Paris. *Water, Air, and Soil Pollution* vol. 159:67-86.
- Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. 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.
- Rozporządzenie** nr 19/05 Wojewody podlaskiego z dnia 25 lutego 2005 r. w sprawie Obszaru Chronionego Krajobrazu „Pojezierze Sejneńskie”. Dz. Urz. Woj. Podl. Nr 54, poz. 732 z dnia 8 marca 2005 r.
- Rozporządzenie** nr 21/05 Wojewody podlaskiego z dnia 25 lutego 2005 r. w sprawie Obszaru Chronionego Krajobrazu „Puszcza i Jeziora Augustowskie”. Dz. Urz. Woj. Podl. Nr 54, poz. 734 z dnia 8 marca 2005 r.
- RUKSZTO-CHMIELEWSKA M., BOŻYŃSKI W., 1980 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Posejanka”. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1985 – Sprawozdanie z prac geologiczno-rozpoznawczych za złożem kruszywa naturalnego Pawłówka. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1987 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Berzniki” wraz z uproszczonym projektem zagospodarowania złoża dla potrzeb budownictwa. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1988 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Posejanka II”. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1991 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Giby” wraz z uproszczonym projektem zagospodarowania złoża dla potrzeb budownictwa i drogownictwa gminnego. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1994a – Uproszczona dokumentacja geologiczna w kat. C<sub>1</sub> złoża kruszywa naturalnego „Sztabinki”. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1994b – Sprawozdanie z przeprowadzonych prac geologiczno-poszukiwawczych za złożem kruszywa naturalnego Pomorze. Arch. Geolog. Urz. Marsz., Białystok.
- SALACHNA P., 1969 – Orzeczenie z prac geologiczno-poszukiwawczych za surowcem ceramicznym ilastym w powiecie Sejny. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- SAMOČKA B., ZEMBRZYČKA D., 1983 – Sprawozdanie z prac zwiadowczych w celu wstępnego zlokalizowania złóż surowców ilastych na terenie gmin Suwałki, Krasnopol, Sejny, Puńsk, Wiżajny, Gołdap, Przerośl, Filipów, Bakalarzewo, Raczki i Augustów woj. suwalskie. PG-G PMB „Geobud” Warszawa. Maszynopis.
- SJÖBLÖM 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.
- ŠMEJKALOVÁ, M., O. MIKANOVA AND L. BORUVKA., 2003 – Effect of heavy metal concentration on biological activity of soil microorganisms. *Plant Soil Environment*, 49(7): 321-326.
- STANISZEWSKA Z., 1960 – Orzeczenie geologiczne dla złoża kruszywa naturalnego Sejny. *Arch. Geolog. Urz. Marsz. w Białymstoku*.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1993 – Mapy radioekologiczne Polski. Część I: Mapa mocy dawki promieniowania gamma w Polsce; Mapa stężeń cezu w Polsce. Skala 1:750 000. Wyd. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1994 – Mapy radioekologiczne Polski. Część II: Mapa koncentracji uranu, toru i potasu w Polsce; Skala 1:750 000. Wyd. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M., (red), 2011 – Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31. XII. 2010 r.. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- 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.

WOJCIECHOWSKI W., DUNIN E., 1982 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Kukle” wraz z uproszczonym planem racjonalnej gospodarki złożem dla potrzeb drogownictwa i budownictwa gminnego. Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

WOŚ A., 1999 – Klimat Polski. PWN. Warszawa.