

**PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

OPRACOWANIE ZAMÓWIONE PRZEZ MINISTRA ŚRODOWISKA

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

Arkusze PUŃSK (73) i WIDUGIERY (74)



SFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW
NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

Warszawa 2012

Autorzy planszy A: Barbara Radwanek-Bąk*, Bogusław Bąk *,

Autorzy planszy B: Izabela Bojakowska*, Paweł Kwecko*,
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: Sylwia Tarwid-Maciejowska*

* – 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>B. Radwanek-Bąk</i>)	3
II.	Charakterystyka geograficzna i gospodarcza (<i>B. Radwanek-Bąk</i>).....	4
III.	Budowa geologiczna (<i>B. Radwanek-Bąk</i>).....	7
IV.	Złoża kopalin (<i>B. Radwanek-Bąk</i>)	12
	1. Piaski i żwiry	12
V.	Górnictwo i przetwórstwo kopalin (<i>B. Radwanek-Bąk</i>).....	15
VI.	Perspektywy i prognozy występowania kopalin	17
VII.	Warunki wodne	22
	1. Wody powierzchniowe.....	22
	2. Wody podziemne.....	23
VIII.	Geochemia środowiska	25
	1. Gleby (<i>P. Kwecko</i>)	25
	2. Osady (<i>I. Bojakowska</i>)	28
	3. Pierwiastki promieniotwórcze (<i>H. Tomassi-Morawiec</i>)	32
IX.	Składowanie odpadów (<i>K. Wojciechowska</i>)	35
X.	Warunki podłoża budowlanego (<i>B. Radwanek-Bąk</i>)	42
XI.	Ochrona przyrody i krajobrazu (<i>B. Radwanek-Bąk</i>)	45
XII.	Zabytki kultury (<i>B. Radwanek-Bąk</i>).....	50
XIII.	Podsumowanie (<i>B. Radwanek-Bąk, K. Wojciechowska</i>).....	51
XIV.	Literatura	53

I. Wstęp

Arkusze Puński i Widugiery Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000 opracowano w 2011/2012: – w Oddziale Karpackim Państwowego Instytutu Geologicznego w Krakowie (plansza A) oraz w Przedsiębiorstwie Geologicznym „POLGEOLOG” SA.

w Warszawie i Państwowym Instytucie Geologicznym – PIB w Warszawie (plansza B), zgodnie z „Instrukcją opracowania Mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000” (2005). W czasie opracowywania wykorzystano materiały archiwalne i informacje zamieszczone na arkuszu Mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000 arkusze Puńsk (Gruszecki, 2006) i Widugiery (Kwaśny, 2006), wykonanym w Przedsiębiorstwie Geologicznym „PROXIMA” SA we Wrocławiu.

Mapa geośrodowiskowa składa się z dwóch plansz. Plansza A zawiera informacje dotyczące występowania kopalin oraz gospodarki złożami, na tle wybranych elementów: hydrogeologii, geologii inżynierskiej oraz ochrony przyrody, krajobrazu i zabytków kultury. Plansza B zawiera nowe treści zapisane w warstwie informacyjnej „Ochrona powierzchni Ziemi”, w skład której wchodzi informacje dotyczące geochemii środowiska oraz składowania odpadów.

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

Mapa adresowana jest przede wszystkim do instytucji, samorządów terytorialnych i administracji państwowej zajmujących się racjonalnym zarządzaniem zasobami środowiska przyrodniczego. Informacje środowiskowe przedstawione na mapie stanowią pomoc przy wykonywaniu wojewódzkich, powiatowych i gminnych programów ochrony środowiska oraz planów gospodarki odpadami. Zawarte w mapie treści mogą być wykorzystywane w pracach studialnych przy opracowywaniu strategii rozwoju województwa oraz projektów i planów zagospodarowania przestrzennego, a także w opracowaniach ekofizjograficznych. Ponadto

mogą stanowić pomoc w realizacji postanowień ustaw o zagospodarowaniu przestrzennym, o odpadach i prawa ochrony środowiska oraz prawa geologicznego i górniczego.

Materiały archiwalne wykorzystane do opracowania mapy zebrane zostały między innymi w urzędach gmin, w starostwie i delegaturze urzędu marszałkowskiego w Suwałkach, na terenie województwa podlaskiego oraz w Centralnym Archiwum Geologicznym w Warszawie. Zgromadzone materiały sprawdzono i uzupełniono w terenie. Kwalifikację sozologiczną złóż uzgodniono z geologiem wojewódzkim. Mapa wykonywana jest w wersji cyfrowej, a dane dotyczące złóż kopalin zamieszczono w kartach informacyjnych opracowanych dla komputerowej bazy danych o złożach.

II. Charakterystyka geograficzna i gospodarcza

Obszar graniczących z sobą wzdłuż południka $23^{\circ}15'$ długości geograficznej wschodniej arkuszy Puńsk i Widugiery ograniczony jest od południa równoleżnikiem $54^{\circ}20'$ szerokości geograficznej północnej. Omawiany obszar znajduje się na pograniczu: Polski i Litwy. Na terytorium Polski znajdują się tylko fragmenty obszarów w/w arkuszy – większa część (około 80 %) arkusza Puńsk o powierzchni $249,2 \text{ km}^2$ i południowo-zachodnia część (około 35 %) arkusza Widugiery, o powierzchni $98,3 \text{ km}^2$. Zakresem opracowania objęte są jedynie obszary położone w granicach Polski.

Pod względem administracyjnym omawiany teren położony jest w północno-wschodniej części województwa podlaskiego i obejmuje fragmenty powiatów: suwalskiego i sejneńskiego. Na omawianym terenie do powiatu suwalskiego należy większość gminy Szypliszki oraz niewielkie fragmenty gmin: Rutka-Tartak, Jeleniewo i Suwałki. Fragmenty gmin: Puńsk, Krasnopol i Sejny leżą w powiecie sejneńskim.

Największymi miejscowościami są tutaj dwie wsie, siedziby władz gminnych: Puńsk i Szypliszki (w obrębie arkusza Puńsk). Na omawianym terenie mieszka liczna ludność pochodzenia litewskiego. Przykładowo w gminie Puńsk Litwini stanowią około 80% ogółu mieszkańców.

Zgodnie z regionalnym podziałem fizycznogeograficznym Polski (Kondracki, 2002) cały omawiany obszar leży w mezoregionie Pojezierze Wschodniosuwalskie, należącym do makroregionu Pojezierze Litewskie, podprowincji Pojezierza Wschodniobałtyckie prowincji Niż Wschodniobałtycko-Białoruski (fig. 1).

Pojezierze Wschodniosuwalskie jest wysoczyzną morenową o bardzo zróżnicowanej, młodej rzeźbie terenu. Ukształtowana została ona ostatecznie przez młodoplejstoceniński ląd lodowcowy Hańczy. Jego transgresja, a następnie recesja spowodowały utworzenie się zróż-

nicowanych form morfologicznych: kemów, ozów, drumlin, wysokich wałów morenowych równin sandrowych, rynien lodowcowych o przebiegu południkowym wykorzystywanych przez jeziora oraz dolin rzecznych Szelementki i Marychy. Liczne są też, niewielkie formy wklęsłe: niecki wytopiskowe i zagłębienia po martwym lodzie. Są one często zabagnione.

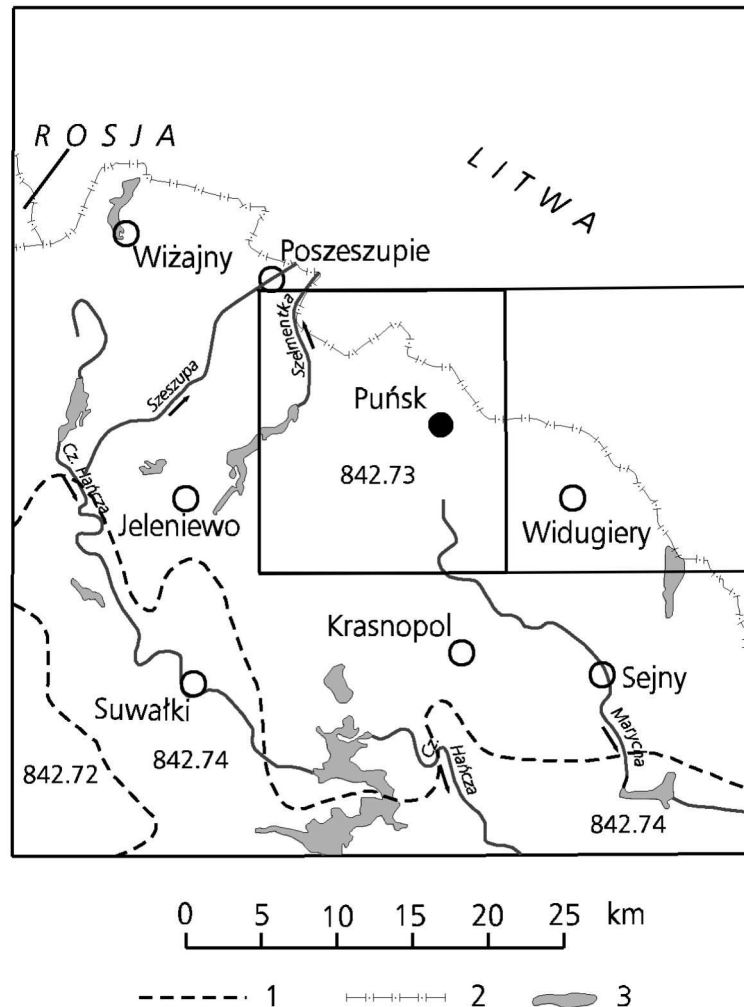


Fig. 1. Położenie arkuszy Puńsk i Widugiery na tle jednostek fizycznogeograficznych wg J. Kondrackiego (2002)

1 – granice mezoregionów, 2 – granica państwa, 3 – większe jeziora

Prowincja: Niz Wschodniobałtycko-Białoruski

Podprowincja: Pojezierza Wschodniobałtyckie

Makroregion: Pojezierze Litewskie

Mezoregiony Pojezierza Litewskiego: 842.72 – Pojezierze Zachodniosuwalskie, 842.73 – Pojezierze Wschodniosuwalskie, 842.74 – Równina Augustowska

Ta różnorodność form rzeźby terenu powoduje, że deniwelacje terenu wynoszą od 5 do ponad 30 m, z maksimum w okolicach Smolnicy (70 m). Rzędna powierzchni terenu wynosi od około 134,6 m n.p.m. w okolicach Barbiszek (arkusz Widugiery), poprzez interwał wysokości 150-180 m n.p.m. do kulminacji 241,6 m n.p.m. w Szypliszkach (arkusz Puńsk) i 196,9 m n.p.m. w pobliżu Poluńca (arkusz Widugiery). Generalnie omawiany teren stanowi

sfalowaną wysoczyznę z wyraźnymi wzgórzami. W zachodniej części arkusza Puńsk występują dwa obszary zastoiskowe.

Pod względem klimatycznym obszar arkuszy Puńsk i Widugiery znajduje się w regionie mazursko-podlaskim (Woś, 1999). Charakteryzuje się on kontynentalnym klimatem. Typowe jest występowanie silnych wiatrów z południowego-zachodu i wschodu. Ich średnią roczną prędkość na podstawie wieloletnich badań oceniono na 3,2–4,4 m/s. Region ten należy do najzimniejszych w kraju. Lata są krótkie i upalne, a zimy długie i mroźne.

Pokrywa śnieżna utrzymuje się przez około 90 dni, a średnia roczna temperatura wynosi $+6,1^{\circ}\text{C}$. Średnia roczna suma opadów to 570–600 mm. Okres wegetacyjny jest tu krótki i wynosi zaledwie 160 dni. Krótki jest również okres bezprzymrozkowy – 130 do 150 dni.

Pod względem gospodarczym omawiany region jest wybitnie rolniczy, przy czym korzystne warunki glebowe występują głównie w obrębie arkusza Puńsk, którego około 40% powierzchni stanowią gleby wysokich klas bonitacyjnych (I–IVa). Na terenie arkusza Widugiery dominują mało urodzajne gleby o niskiej bonitacji. Dość znaczne tereny pokrywają gleby pochodzenia organicznego. Wśród użytków rolnych przeważają grunty orne, mniejszą powierzchnię zajmują łąki i pastwiska. Dominują gleby bielcowe, rzadziej występują gleby brunatne.

Rolnictwo zdominowane jest jednak głównie przez hodowlę bydła mlecznego i trzody chlewnej. Roślinami uprawnymi są głównie zboża i ziemniaki. Na całym obszarze przeważają niewielkie kilku lub kilkunastohektarowe indywidualne gospodarstwa rolne o profilu ogólnorolniczym. Lasy tworzą niewielkie kompleksy świerkowo-sosnowe, porastając około 10% powierzchni obu arkuszy.

Omawiany region jest najrzadziej zaludnioną częścią kraju (32 osoby na km^2). Nie ma tu przemysłu, a większość mieszkańców utrzymuje się z pracy na roli, a także w przedsiębiorstwach przetwórstwa rolno-spożywczego rzadziej z agroturystyki. Cały omawiany obszar położony jest w obszarze funkcjonalnym Zielone Płuca Polski, obejmującym najczystsze ekologicznie i posiadające największe walory przyrodnicze tereny północno-wschodniej Polski. Mimo tak dobrych warunków przyrodniczych, turystyka na omawianym terenie nie jest dostatecznie rozwinięta. Brakuje zarówno miejsc noclegowych o wyższym standardzie, jak i infrastruktury towarzyszącej, choć ta rozwija się coraz dynamiczniej. Niektóre gospodarstwa oferują już obecnie różne formy turystyki: jazdę konną, rowerową, piesze wędrówki, a także różne rodzaje sportów wodnych oraz lotniarstwo. Miejscowościami letniskowymi są: Bejceły, Rybalnia, Sejwy, Boksze, Oszkinie i Kupowo (arkusz Puńsk). Pewnym mankamentem

zwłaszcza w obrębie arkusza Widugiery jest nadal dość słabo rozwinięta sieć dróg lokalnych, co utrudnia komunikację wśród rozproszonej zabudowy wiejskiej.

Główną oś komunikacyjną arkusza Puńsk stanowi droga krajowa nr 8 Kudowa-Warszawa-Suwałki-Budzisko-przejście graniczne Mariampol oraz linia kolejowa Warszawa-Trakiszki-Wilno. Przez Szypliszki przebiega droga wojewódzka nr 651 z Sejn do Rutki-Tartak i Gołdapi. Drogi o charakterze lokalnym o utwardzonej, często szutrowej nawierzchni, łączą wszystkie pozostałe miejscowości. W Budzisku i Trakiszkach znajdują się przejścia graniczne między Polską, a Litwą – w pierwszej miejscowości – drogowe, w drugiej – kolejowe.

III. Budowa geologiczna

Budowę geologiczną obszarów arkuszy Puńsk i Widugiery przedstawiono na podstawie Szczegółowych map geologicznych Polski w skali 1:50 000, arkusze Puńsk (Krzywicki, 1987) i Widugiery (Krzywicki, 1989) i objaśnień do cytowanych map (Krzywicki, 1995). Położenie arkuszy na tle szkicu geologicznego regionu przedstawia figura 2 (Marks i inni (red.), 2006).

Omawiany obszar leży w obrębie prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej, a dokładniej na północnym brzegu wyniesienia mazurskiego. Najstarszymi nawierconymi skałami na badanym terenie są dioryty, poprzecinane żyłami granitu i pegmatytu oraz noryty i anortozyty. Skały te reprezentują krystaliczny proterozoik. Ich strop nawiercono na głębokości 801 – 840 m, w dwóch otworach (Zaboryszki i Szlinokiemie) na obszarze arkusza Puńsk. Na fundamencie krystalicznym wyniesienia mazursko-suwalskiego zalegają skały osadowe wendy górnej (górną proterozoik) – piaskowce drobnoziarniste, ilasto-mułowcowe o miąższości 62–92 m oraz kambry (starszy paleozoik) – piaskowce drobnoziarniste o spoiwie kaolinowym i miąższości 13 m (stwierdzone w otworze Szlinokiemie). Następne są dopiero osady permomezozoiczne. Za permskie uznano arkozy i piaskowce o miąższości 36–52 m, zaś łupki ilaste, iłowce pstre, piaskowce, wapienie i margle oolitowe, mułowce piaszczyste i piaskowce arkozowe, o łącznej miąższości 154–166 m zaliczono do triasu dolnego. Ponad nimi leżą piaskowce chlorytowe, wapienie, mułowce oraz piaski i piaskowce kaolinowe jury środkowej, o miąższości około 63 m. Jurę górną reprezentują głównie różne wapienie i margle o miąższości około 51–63 m. Osadów kredy dolnej brak. Górną kredę rozpoczynają margle glaukonitowe z fosforytami, piaskowce i mułowce glaukonitowe o miąższości około 66–69 m. Wyższą część kredy górnej budują gezy margliste, margle z glaukonitem, margle ilaste,

wapnienie z krzemieniami oraz kreda pisząca. Osadzały się one w zatoce morskiej, która w tym okresie obejmowała omawiany obszar, a ich miąższość wynosi 127–159 m.

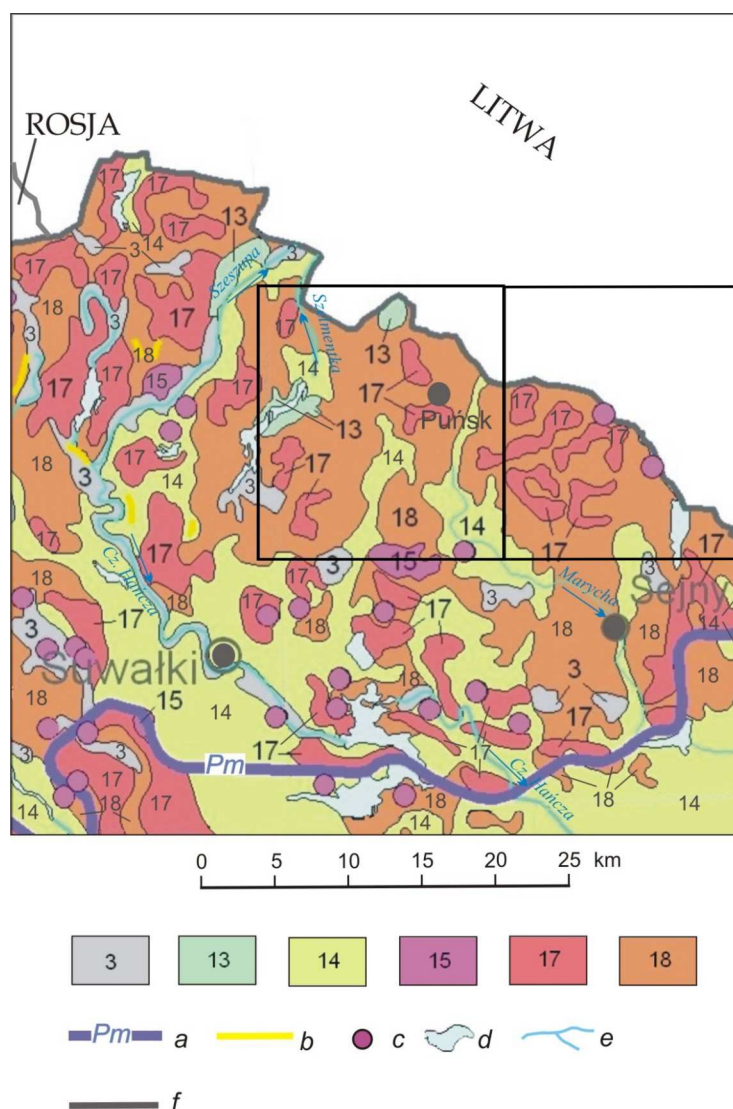


Fig. 2. Położenie arkuszy Puńsk i Widugiery na tle szkicu geologicznego regionu wg L. Marksa, A. Bera, W. Gogołka, K. Piotrowskiej (red.) (2006)

Czwartorzęd, holocen: 3 – piaski, żwiry, mady rzeczne oraz torfy i namuły; plejstocen: 13 – ility, mułki i piaski zastoiskowe, 14 – piaski i żwiry sandrowe, 15 – piaski i mułki kemów, 17 – żwiry, piaski i gliny moren czołowych; 18 – gliny zwałowe, ich zwietrzliny oraz piaski i żwiry lodowcowe; a – zasięg fazy pomorskiej zlodowacenia Wisły; drobne formy morfologiczne: b – ozy, c – kemy, d – większe jeziora, e – rzeki, f – granica państwa (numeracja wydzieliń jest zgodna z oryginałem)

Osady trzeciorzędowe na omawianym obszarze to margle, wapnienie, gezy, opoki, często z glaukonitem i muskowitem oraz w jednym otworze (Widugiery) piaski glaukonitowe. Ich wiek określono na paleocen (dolny paleogen). Osady te stanowią bezpośrednie podłoże utworów czwartorzędu. Nawiercono je w siedmiu otworach, ale tylko w dwóch (Zaboryszki i Szlinokiemy) zostały przewiercone. W pierwszym stwierdzono 21 m miąższości, w drugim 120 m, ale jest to niepewne, bowiem otwór na tych głębokościach nie był rdzeniowany.

Pod koniec trzeciorzędu wskutek ruchów górotwórczych związanych z fazą laramijską cały badany obszar uległ wypiętrzeniu i był denudowany aż po czwartorzęd.

Osady czwartorzędowe pokrywają cały obszar objęty arkuszami Puńsk i Widugiery. Ich miąższość jest znaczna i wynosi od 162,5 m na wschodzie (Widugiery – otw. 5) do 273,5 m (Jeziorki – otw. 7) na północnym zachodzie.

W plejstocenie, na zdenudowaną powierzchnię środkowopaleoceńską, wkroczyły lądolody zlodowaceń południowopolskich. Zapisem geologicznym tego okresu są trzy poziomy glin zwałowych, związane kolejno ze zlodowaceniami: nidy, sanu 1 i sanu 2 (wilgi) oraz osady zastoiskowe i lokalnie wodnolodowcowe. Miąższość glin zwałowych powstałych w okresie zlodowacenia nidy wynosi około 20 m, zlodowacenia sanu 1 nie przekracza 15 m, natomiast sanu 2 (wilgi) waha się od 8 do 21 m.

Mułki i piaski jeziorne rozdzielające poziomy glin ze zlodowaceń sanu 1 i sanu 2 (wilgi) należą do interglacjału ferdynandowskiego (Krzywicki, 1995), a ich miąższość waha się od 8,9 m w okolicach Widugier do nawet 58,5 m w okolicach Puńska. Pod koniec zlodowacenia sanu 2 (wilgi) nastąpiła akumulacja piaszczysto-żwirowych osadów wodnolodowcowych o miąższości 6,0-19,0 m.

W okresie interglacjału wielkiego (mazowieckiego) omawiany obszar był głównie erodowany i denudowany. W północnej jego części rozwinęły się duże jeziorzyska, w których osadzały się ropy, mułki i piaski, których miąższość wynosi od 13,6 do 47,9 m.

Lądolody zlodowaceń środkowopolskich pozostawiły trzy poziomy glin zwałowych. W północnej i środkowo-zachodniej części omawianego obszaru występuje najstarszy poziom glin zwałowych związany wiekowo ze stadią przedmaksymalnym (stadią dolny lądolodu odry). Miąższość jego waha się od 2,1 do 10,1 m. Natomiast dwa młodsze poziomy glin, związane wiekowo ze stadiami: maksymalnym (stadią górny lądolodu odry), o miąższości 19,0–34,5 m i mazowiecko-podlaskim (zlodowacenie warty), o miąższości 5–30 m, pokrywają cały omawiany obszar. Kompleksy glin zwałowych rozdzielone są przez piaszczysto-żwirowe osady akumulacji wodnolodowcowej oraz ropy i mułki zastoiskowe. Te rozdzielające osady akumulacji glacialnej zlodowaceń odry i warty należą do interglacjału lubelskiego. Największą miąższość osiągają one w Szypliszkach – 57 m i Becejłach – 78 m. W okresie recesji lądolodu warty lokalnie osadzały się piaszkowo-żwirowe utwory wodnolodowcowe oraz piaski i mułki zastoiskowe. Ich średnia miąższość wynosi około 30 m.

Miąższość osadów zlodowacenia północnopolskiego (wisły) wynosi 5–70 m na obszarze arkusza Puńsk i 27-82 m na arkuszu Widugiery. Są to osady glacialne oraz wodnolodow-

cowe, zastoiskowe, moren martwego lodu, kemów i ozów. Nasunięcie lądolodu wisły, odbywało się w dwóch fazach stadiału głównego: leszczyńskiej i pomorskiej.

W fazie leszczyńskiej, na przedpolu transgredującego lądolodu, w obniżeniach powierzchni terenu, zachodziła akumulacja ilów warwowych i piasków zastoiskowych. Miąższość omawianych osadów jest niewielka i wynosi 2-6 m. Nie tworzą one ciągłego poziomu, lokalnie zostały usunięte przez erozję. Na osadach akumulacji zastoiskowej zwartym płaszczem zalegają gliny zwałowe. Ich miąższość wynosi 2–31 m. Wytapiający się lądolód pozostawił żwirowo-piaskowe osady wodnolodowcowe. Są to żwiry różnokruchowe, pospółki, żwiry z głazikami, piaski drobno- i średnioziarniste. Ich miąższość jest zróżnicowana i waha się od 2 do 24 m na arkuszu Puńsk i aż do 62 m w Poluńcach na arkuszu Widugiery.

Fazę pomorską rozpoczynają, zalegające tylko miejscami, mułki i piaski zastoiskowe dolne o miąższości 4 do 10 m. Gliny zwałowe fazy pomorskiej pokrywają większą część omawianego terenu budując zarazem wysoczyznę morenową. Zalegają one przeważnie na piaskach i żwirach wodnolodowcowych fazy leszczyńskiej, a niekiedy bezpośrednio na glinach zwałowych tejże fazy. Są to gliny pyłowate, lokalnie ilaste i piaszczyste z głazami. Ich miąższość, w miejscach gdzie tworzą one jeden poziom, wynosi 2–40 m. W wyniku deglacjacji arealnej lądolodu fazy pomorskiej powstały gliniaste moreny martwego lodu, piaszczysto-mułkowe osady kemów, oraz piaski i żwiry ozów. Piaski, żwiry, głazy i gliny moren martwego lodu nie tworzą ciągów, występują rozrzucone na powierzchni całego arkusza. Wzgórza moren martwego lodu są niekiedy w całości zbudowane z glin zwałowych (Zieliński, 1992). Szczególnie duże ich nagromadzenie jest na północny wschód od Puńska, w okolicach Szołtan, Bokszy Nowych, Nowinników i Rejsztokiem, a na arkuszu Widugiery w rejonie Przystawańców, Pełeli, Wiłkopedzi, Kielczan, i Bubeli. W osadach tych, warstwy są często zaburzone, niekiedy postawione pionowo. Może to być efekt nierównomiernego osiadania zmarzniętego materiału w trakcie wytapiania, choć nie można wykluczyć udziału procesów glaci-tektonicznych. W świetle innych badań bardziej prawdopodobne są zaburzenia glacitektoniczne (Ber, 1989). Miąższości tych osadów wynoszą od kilku do około trzydziestu metrów. W sąsiedztwie moren występują kemy i ozy. Ozy znajdują się też w niewielkiej ilości w centralnej i południowej części arkusza. Największe nagromadzenie kemów znajduje się na północnym zachodzie obszaru arkusza Puńsk i w okolicy jeziora Szelment Mały. Miąższość osadów budujących formy kemowe wynosi 5–25 m. W czasie deglacjacji lądolodu fazy pomorskiej, w zagłębieniach po martwym lodzie, zachodziła akumulacja mułków, piasków pyłowatych i ilów zastoiskowych. Mułki i ily często są bardzo zwarte i twarde (okolice Rybalni).

Największe zastoiska występują w rejonie jeziora Szelment Mały. Tworzyły się one w okresie poprzedzającym akumulację wodnolodowcową. Miąższość tych osadów wynosi 2,5–10 m.

Piaski i żwiry wodnolodowcowe z okresu recesji lądolodu fazy pomorskiej, tworzą na obszarze arkusza Puńsk równiny sandrowe ciągnące się czterema pasmami z północy na południe, a na obszarze arkusza Widugiery występują w pobliżu rynny jeziora Gaładuś i na nie-dużej powierzchni na północny wschód od Sankurów. Piaski są przeważnie różnoziarniste, z przewarstwieniami żwirów, lokalnie w ich stropie występują zaglinienia i głaziki. Miąższość tych osadów jest zróżnicowana. W Becejłach i w Postawelku wynosi 2,3–6,5 m,

w Wygorzeli 29 m, w Kaletniku 31 m, w Trakiszkach 6 m, koło Smolan przekracza 36 m, a w rejonie jeziora Gaładuś wynosi 10,5–15,5 m.

Pod koniec plejstocenu i na początku holocenu miały miejsce procesy denudacyjne. U podnóży wysoczyzn i krawędzi rynien subglacialnych powstawały osady deluwialne. Są to piaski pyłowate, niewarstwowane, czasami gliniaste lub gliny piaszczyste. Ich miąższość wynosi kilka metrów. Na stosunkowo płaskich powierzchniach wysoczyzn zbudowanych z glin zwałowych, wskutek wietrzenia mechanicznego, tworzyły się pokrywy eluwalne. Mają one charakter piasków silnie gliniastych ze żwirami różnokruchowymi. Ich miąższość nie przekracza 2 m.

W holocenie, po wytopieniu się lodów, w nieckach wytopiskowych i w przegłębieniach w dnach rynien subglacialnych powstały jeziora, w których zachodziła akumulacja mułków, gytii, namułów torfiastych i torfów. Mułki jeziorne na powierzchni terenu występują na południe od jeziora Szelment Mały i między Aleksandrówką a Jeziorkami. Ich miąższość wynosi tutaj 2-3 m. Pod przykryciem torfów, namułów torfiastych i piaszczystych mułki występują w okolicy Kaletnika, Grauży Nowych, Wiatrołuży, Trzcianki, Postawelka i Krejwian. W dolinie Marychy i na południe od Fornetki występują namuły torfiaste. Ich miąższość dochodzi do 4 m. W obniżeniach o różnej genezie występują torfy, a w ich spągu gytie, przeważnie organiczne. Na omawianym obszarze mają miąższość nieprzekraczającą 2 metrów.

Wśród licznych torfowisk przeważają torfowiska niskie. Ich miąższość przeważnie wynosi 2–5 m. Na dużym torfowisku między Burbiszkami a Krasnowem miąższość torfów wynosi 4,6–5,4 m, a największa na tym obszarze osiąga 6,5 m. W dolinach niewielkich rzek, w zagłębieniach wytopiskowych akumulowane są piaski i namuły piaszczyste. Miąższość ich przekracza 2,0 m.

IV. Złoża kopalin

Na obszarze arkusza Puńsk udokumentowano dziewięć złóż kopalin (tabela 1): w tym osiem piasków i żwirów i jedno kopalin ilastych ceramiki budowlanej, a w obrębie arkusza Widugierzy dwa złoża piasków i żwirów.

Złoża piasków i żwirów: „Andrzejewo” (Sadowski, 1992), „Szypliszki” (Tatarata, 2003), „Słobódka” (Sadowski, 2002), „Zaboryszki” (Maruszczak, Sożyński, 1980) i „Smolany” (Żukowski, Szeller, 1982) zlokalizowane na terenie arkusza Puńsk, zostały wykreślone z Bilansu zasobów z powodu wyeksploatowania kopaliny.

1. Piaski i żwiry

Występowanie złóż kopalin okrucowych: piasków i żwirów na omawianym obszarze jest związane z osadami fazy pomorskiej zlodowaceń północnopolskich. Część złóż: „Podstawelek” (Sadowski, 1993a), „Szołtany” (Szeller, 1983). „Szołtany II” (Paprocka, 1989), „Szołtany III” (Sadowski, 1994b) i „Szołtany IV” (Ceckowski, Tatarata, 2010) i „Kaletnik” (Sadowski, 1993b) udokumentowano wśród żwirów i piasków moren martwego lodu oraz ozów. Są to złoża małe, obejmujące zazwyczaj niewielkie pagórkowate formy morfologiczne. Tylko w rejonie Szołtan badaniami objęto większymi rozmiarami obszar moren martwego lodu, w obrębie którego udokumentowano cztery złoża piasków i żwirów.

Złoże piasków i żwirów „Trakisзки” (Sadowski, 1988) jest pochodzenia wodnolodowcowego, – „Sadzawki” (Sadowski, 1994a) lodowcowego.

Złoże „Postawelek” udokumentowano w dwu polach: A – o powierzchni 0,43 ha i polu B o powierzchni – 0,31 ha.

Wszystkie złoża mają budowę pokładową, a ich średnia miąższość zamyka się w granicach od 4,0 m (złoże „Podstawelek”) do 11,9 m (złoże „Szołtany III”). Wszystkie złoża są suche. Ich podstawowe parametry przedstawiono w tabeli 2. W tabeli tej pominięto złożo „Trakisзки”, którego zasoby zostały w pełni wyczerpane. Złoże to kwalifikuje się do skreślenia z ewidencji zasobów kopalin.

Kopalina może być wykorzystywana w budownictwie i drogownictwie. Jedynie piaski i żwiry ze złoża „Sadzawki” nadają się tylko dla drogownictwa i nie mogą być zastosowane do produkcji betonów ze względu na dużą zawartość pyłów mineralnych.

Kopalina główną w złożu „Szołtany” są piaski, a towarzyszącą piaski i żwiry. Te ostatnie zalegają w stropie złoża na powierzchni 0,88 ha, która w większości zawiera się w granicach udokumentowanej powierzchni piasków. Całkowita powierzchnia złoża wynosi 1,99 ha.

Tabela 1

Złoże kopalin i ich charakterystyka gospodarcza oraz klasyfikacja

Numer złoże na mapie	Nazwa złoże	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno-surowcowego	Zasoby geologiczne bilansowe (tys. t, tys. m ³ *)	Kategoria rozpoznania	Stan zagospodarowania złoże	Wydobycie (tys. t)	Zastosowanie kopaliny	Klasyfikacja złoże		Przyczyny konfliktowości złoże
									Klasy 1-4	Klasy A-C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arkusze Puńsk											
1	Sadzawki-Podwojponie	g (gc)	Q	122*	C ₁ *	N	-	Scb	4	A	-
2	Sadzawki	pż	Q	22	C ₁	Z	-	Sd	4	A	-
3	Postawełek	pż	Q	70	C ₁	Z*	-	Skb, Sd	4	A	-
4	Szołtany	p, pż	Q	162	C ₁ *	G**	33	Skb, Sd	4	A	-
5	Szołtany III	pż	Q	5	C ₁	G**	5	Skb, Sd	4	A	-
6	Szołtany II	pż	Q	60	C ₁ *	Z	-	Skb, Sd	4	A	-
7	Trakiszki	pż	Q	0	C ₁ *	Z	-	Skb, Sd	4	A	-
8	Kaletnik	p, pż	Q	429	C ₁	N	-	Skb, Sd	4	B	K
9	Szołtany IV	p,pż	Q	359	C ₁ *	G	18	Skb, Sd	4	A	-
-	Andrzejewo	pż	Q	-	-	ZWB	-	-	-	-	-
-	Szypliszki	pż	Q	-	-	ZWB	-	-	-	-	-
-	Słobódka	pż	Q	-	-	ZWB	-	-	-	-	-
-	Zaboryszki	p	Q	-	-	ZWB	-	-	-	-	-
-	Smolany	p	Q	-	-	ZWB	-	-	-	-	-
Arkusze Widugiery											
1	Konstantynówka	pż	Q	85	C ₁ *	Z	-	Skb, Sd	4	A	-
2	Bubele*	pż	Q	262,36	C ₁ *	G	-	Skb.Sd	4	A	-

Rubryka 1: * – złoże nieujęte w „Bilansie zasobów kopalin...”, dane wg dokumentacji geologicznej

Rubryka 3: g (gc) – gliny ceramiczne budowlanej, pż – piaski i żwiry, p – piaski

Rubryka 4: Q – czwartorzęd

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

Rubryka 7: złoże: G – zagospodarowane, N – niezagospodarowane, Z – zaniechane, ZWB – złoże wykreślone z Bilansu zasobów, (zlokalizowane na mapie dokumentacyjnej zamieszczonej w materiałach archiwalnych),* – w ewidencji zasobów kopaliny oznaczone jako niezagospodarowane, ** eksploatacja bez koncesji

Rubryka 9: kopaliny skalne S: Scb – ceramiczne budowlanej, Sd – drogowo Skb – kruszyw budowlanych

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

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

Rubryka 12: K – ochrona krajobrazu

Tabela 2

Średnie parametry geologiczno-górniczne i jakościowe kopaliny złóż kruszywa naturalnego złóż udokumentowanych w obrębie arkuszy Puńsk i Widugiery

Parametr	Nazwa złoża /rodzaj kopaliny głównej/towarzyszącej								
	„Sadzawki” piaski i żwiry	„Postawełek” piaski i żwiry	„Szołtany” piaski/ piaski i żwiry	„Szołtany” III piaski i żwiry	„Szołtany II” piaski i żwiry	„Szołtany IV” piaski	„Kaletnik” piaski/ piaski i żwiry	„Bubele” piaski, piaski i żwiry	„Konstantynówka” piaski i żwiry
Powierzchnia (ha)	0,4	0,74	1,81 0,88	0,48	0,53	1,84	1,62/ 0,53	1,61	0,83
Miąższość (m)	4,4	4,0	10,6 2,8	11,9	5,8	11,5	10,4 10,0	9,0	5,3
Grubość nadkładu (m)	1,1	1,1	1,5	0,4	0,3	1,1	-	0,3	0,3
Nasiąkliwość (%)	-	1,33-2,43	1,15-1,65	1,87		-	-	-	-
Ciężar nasypowy (T/m ³)	1,93	1,92	1,7 1,96	1,9	2,24	1,86	1,82 1,9	1,86	2,1
Zawartości:									
ziaren poniżej 2 mm (p. piaskowy %)	63,0	67,7	100 67,3	71,7	67,6	78,0	78,3/ 67,5	72,6	46,5
pyłów mineralnych (%)	12,9	8,6	8,0 4,0	3,1	2,68	2,20	7,2 4,8	2,1	2,9

Udokumentowane na obszarze arkusza Widugiery złoża piasków i żwirów „Konstantynówka” o powierzchni 0,83 ha położone jest około 1 km od wsi o tej nazwie (Sadowski, 1991). Kopalinę tworzą piaski i żwiry. Ich miąższość waha się od 3,7 do 6,8 m (średnio 5,3 m). Nadkład o grubości 0,1-0,4 m tworzy gleba piaszczysta i piasek drobnoziarnisty. Spąg złoża wyznaczają zaglinione piaski i żwiry. Stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża (N/Z) wynosi 0,05. Złoże to zawiera duże zawartości frakcji żwirowej, powyżej 50 %. Główne parametry jakościowe podano w tabeli 2.

Złoże piasku i żwiru „Bubele” (Tatarata, 2006) znajduje się w centrum miejscowości o tej nazwie, niedaleko granicy polsko-litewskiej, w obrębie arkusza Widugiery. Zawiera piaski ze zmienną domieszką żwirów (punkt piaskowy waha się od 63,9 do 80,9 %).

Jedynym złożem konfliktowym jest złożo „Kaletnik”, które położone jest w otulinie Wigierskiego Parku Narodowego. Pozostałe złoża zaliczono do małokonfliktowych.

2. Kopaliny ilaste ceramiki budowlanej:

Jedynym złożem kopaliny ilastej na omawianym obszarze jest złożo „Sadzawki-Podwojponie” (Sadowski, 1989) o powierzchni 2,88 ha. Kopalina są w nim czwartorzędowe gliny zwałowe fazy pomorskiej zlodowaceń północnopolskich. Pod nadkładem gleby o średniej grubości 0,2 m występują gliny ilaste o miąższości od 1,2 do 6,2 m, średnio 4,2 m. Średnie parametry kopaliny są następujące: zawartość marglu w ziarnach o średnicy powyżej 0,5 mm – 0,41%, wartość wody zarobowej – 26,2%, skurczliwość wysychania – 6,3% i zawartość domieszek gruboziarnistych niewęglanowych trudno rozkruszalnych o średnicy 2 do 5 mm od 0,01 do 1,47%. Natomiast średnie parametry tworzywa ceramicznego po wypaleniu w temperaturze 950°C przedstawiają się następująco: wytrzymałość na ściskanie wypalonych kształtek – 12,28 MPa, nasiąkliwość w wyrobie – 17,6% i mrozoodporność – 25 cykle. Kopalina nadaje się do produkcji cegły pełnej. Złoże „Sadzawki-Podwojponie” zaliczono do małokonfliktowych.

V. Górnictwo i przetwórstwo kopalin

Aktualnie na obszarze arkuszy Puńsk i Widugiery eksploatowane są cztery złoża kruszywa żwirowo-piaskowego „Szołtany IV”, „Bubele” (koncesje) oraz „Szołtany”, „Szołtany III” (bez koncesji).

Wydobycie ze złożo „Szołtany IV” odbywa się w oparciu o udzieloną koncesję, ważną do 2020 r. Granice obszaru i terenu górnictwa ustanowionych dla tego złożo pokrywają się, a powierzchnia nimi objęta wynosi 1,8 ha. Wydobycie prowadzone jest mechanicznie przy

pomocy koparki. Jego efektem jest powstanie stokowego wyrobiska. Nie prowadzi się uszlachetniania urobku.

Złoże piasku ze żwirem „Bubele” jest eksploatowane z dosyć dużą intensywnością od 2007 roku, zgodnie z udzieloną koncesją, ważną do 2017 roku. Granice obszaru i zarazem terenu górniczego obejmują obszar udokumentowanego złoża, a ich powierzchnia wynosi 1,94 ha i jest nieco większa niż powierzchnia samego złoża. Eksploatacja prowadzona jest mechanicznie. Wyrobisko o charakterze stokowo-wgłębnym jest rozległe i obejmuje blisko hektar powierzchni. Nieopodal niego znajduje się zakład przeróbczy, gdzie dokonuje się płukania, przesiewania i sortowania urobku.

Pozostałe złoża eksploatowane są przez Urząd Gminy w Puńsku, bez ważnej koncesji. Wydobycie odbywa się przy pomocy koparek, a urobek jest wywożony bez uszlachetnienia. W wyniku wieloletniej, nielegalnej eksploatacji złóż rejonu Szołtan powstały wyrobiska stokowe o wysokości skarp dochodzącej do 10 m. Eksploatację złoża piasku „Szołtany” wznowiono w 2010 r. W latach 90-tych XX wieku było ono na niewielką skalę eksploatowane. Obecnie dawne wyrobisko zostało powiększone, a z pozostałej części złoża, sukcesywnie usuwa się nadkład. Eksploatacja prowadzona jest mechanicznie, a wydobyty urobek jest sprzedawany bezpośrednio bez uszlachetniania i składowania. Eksploatacja wszystkich złóż ma charakter sezonowy.

Złoża: „Sadzawki”, „Podstawelek”, „Szołtany II” , „Trakiszki” – z obszaru arkusza Puńsk i „Konstantynówka” z obszaru arkusza Widugiery, były w przeszłości eksploatowane bez koncesji, ale działalności tej zaniechano. W terenie widoczne są wyrobiska stokowe, w różnym stopniu zarośnięte.

Około 0,3 km na północ od złoża „Kaletnik” prowadzona jest niekoncesjonowana eksploatacja piasków i żwirów (na mapie zaznaczono ją jako punkt występowania kopaliny).

Kilka punktów niekoncesjonowanej eksploatacji piasku i żwiru zaznaczono też w obrębie arkusza Widugiery. Jeden z nich znajduje się wśród pól w pobliżu wsi Jodeliszki, nieopodal zabudowań. Jest to małe, lokalne wyrobisko o charakterze wgłębnym i głębokości 3-5 m. Większy punkt eksploatacyjny znajduje się w miejscowości Skarkiszki. Jest to okresowo czynne wyrobisko stokowo-wgłębne o skarpach dochodzących do kilku metrów wysokości. Mniejsze lokalne, obecnie nieczynne punkty eksploatacyjne znajdują się w Dowiciaszkach.

Wyrobiska po eksploatacji złóż: „Andrzejewo”, „Szypliszki”, „Słobódka”, „Zaboryszki” i „Smolany” zostały zrehabilitowane.

VI. Perspektywy i prognozy występowania kopalin

Na obszarze arkuszy Puńsk i Widugierey obszary prognostyczne wyznaczono jedynie dla torfów. W obrębie arkusza Puńsk zaznaczono dwadzieścia dwa takie obszary, a na obszarze arkusza Widugierey – 18 takich obszarów (Ostrzyżek, Dembek, 1996). Są one rozproszone na całej powierzchni omawianych arkuszy. Wszystkie wyznaczone obszary spełniają kryteria potencjalnej bazy zasobowej dla torfów i nie posiadają ograniczeń: przyrodniczych, hydrologicznych i rolniczo-gospodarczych. Ich powierzchnie są zazwyczaj bardzo małe, a kontury mają skomplikowany przebieg. Znaczenie gospodarcze tych złóż jest małe, a ich ewentualna eksploatacja może być utrudniona ze względu na małe rozmiary, niepozwalające na eksploatację przy pomocy kombajnów urabiających. Na mapie wystąpienia te zaznaczono jako obszary prognostyczne nie dające odwzorować się w skali mapy. W wyznaczonych rejonach, nad torfami brak jest zazwyczaj nadkładu. Występuje tylko tzw. wierzchnica czyli warstwa gleby torfowej porośnięta trawami z licznymi korzeniami o grubości do 0,2 m. materia organiczna w tej części torfowiska ma stopień rozkładu równy 0. W spągu najczęściej stwierdzano około metrowej miąższości warstwę gytii organicznej, lokalnie węglanowej, która może być traktowana jako kopalina towarzysząca.

W większości wyznaczonych obszarów występują torfy typu niskiego: olesowe lub turzycowiskowe, które nadają się do produkcji nawozów dla rolnictwa i ogrodnictwa. Na obszarze arkusza Widugierey charakter torfowisk jest bardziej zróżnicowany. Występują tu torfowiska typu: mszarnego, olesowego, mechowiskowego, mechowiskowo-olesowego oraz szuwarowego.

Średnie parametry geologiczno-górnice i jakościowe torfów przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Tabela 3

Wykaz obszarów prognostycznych obszaru arkusza Puńsk

Numer obszaru na mapie	Powierzchnia (ha)	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno surowcowego	Parametry jakościowe (%)	Średnia grubość nadkładu (m)	Grubość kompleksu litologiczno surowcowego od-do średnia(m)	Zasoby w kategorii D1 (tys. m ³)	Zastosowanie kopaliny
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	2,5	t (niskie – turzycowiskowe)	Q	popielność – 15,5 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–3,9 3,48	84	Sr
II	3,0	t (niskie – turzycowiskowe)	Q	popielność – 16 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–3,1 2,64	76	Sr

1	2	3	4	5	6	7	8	9
III	1,8	t (niskie – turzycowiskowe)	Q	popielność – 16 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–3,3 2,9	38	Sr
IV	1,0	t (niskie – turzycowiskowe)	Q	popielność – 16 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–3,7 3,43	27	Sr
V	1,2	t (niskie – turzycowiskowe)	Q	popielność – 16 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–2,8 2,36	20	Sr
VI	1,0	t (niskie – turzycowiskowe)	Q	popielność – 8 stopień rozkładu – 35	0,2	1,0–3,2 2,9	29	Sr
VII	1,0	t (niskie – turzycowiskowe)	Q	popielność – 8 stopień rozkładu – 35	0,2	1,0–2,8 2,45	24	Sr
VIII	2,5	t (niskie-olesowe)	Q	popielność – 12 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–2,6 2,38	60	Sr
IX	2,5	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 13 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–3,3 2,86	64	Sr
X	2,3	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 15 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–2,7 2,36	38	Sr
XI	2,8	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 17 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–2,8 2,57	67	Sr
XII	1,5	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 17 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–3,6 3,38	43	Sr
XIII	1,5	t (niskie-olesowe)	Q	popielność – 8 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–5,2 4,86	71	Sr
XIV	2,5	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 8 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–6,3 5,36	133	Sr
XV	1,8	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 11 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–4,3 3,77	66	Sr
XVI	1,8	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 11 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–4,5 4,05	67	Sr
XVII	1,0	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 11 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–4,1 3,57	36	Sr

1	2	3	4	5	6	7	8	9
XVIII	1,5	t(niskie-olesowe)	Q	popielność – 15 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–4,4 3,73	56	Sr
XIX	4,0	t(niskie-olesowe)	Q	Popielność – 13,9 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–2,7 1,64	66	Sr
XX	1,3	t (niskie-mechowiskowo-szuwarowe)	Q	popielność – 15 stopień rozkładu – 35	0,2	1,0–2,1 1,77	22	Sr
XXI	2,5	t(niskie-mechowiskowo-szuwarowe)	Q	popielność – 15 stopień rozkładu – 35	0,2	1,0–1,9 1,61	40	Sr
XXII	1,8	t(wysokie-mszarne)	Q	popielność – 10 stopień rozkładu – 25	0,2	1,0–3,0 2,76	43	Sr
XXIII	8,0	t(przejsciowe-mszarne)	Q	popielność – 15 stopień rozkładu – 30	0,2	1,0–3,8 3,0	235	Sr
XXIV	1,8	t(przejsciowe-mszarne)	Q	popielność – 10 stopień rozkładu – 25	0,2	1,0–4,0 3,38	51	Sr
XXV	1,8	t(przejsciowe-mszarne)	Q	popielność – 10 stopień rozkładu – 25	0,2	1,0–4,0 3,38	51	Sr
XXVI	3,5	t(przejsciowe-mszarne)	Q	popielność – 15 stopień rozkładu – 30	0,2	1,0–2,5 2,13	63	Sr

Rubryka 3: t – torfy (typ-rodzaj)

Rubryka 4: Q – czwartorzęd

Rubryka 9: Sr – rolnicze

Tabela 4

Wykaz obszarów prognostycznych obszaru arkusza Widugier

Numer obszaru na mapie	Powierzchnia (ha)	Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu litologiczno surowcowego	Parametry jakościowe (%)	Średnia grubość nadkładu (m)	Grubość kompleksu litologiczno surowcowego od-do średnia(m)	Zasoby w kategorii D1 (tys. m3)	Zastosowanie kopaliny
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	3,0	t (przejsciowe mszarne)	Q	Popielność – 7,80 stopień rozkładu – 25	0,2	1,0–2,50 1,57	42	Sr

1	2	3	4	5	6	7	8	9
II	1,0	t(niskie, mechowiskowe)	Q	popielność-10 stopień rozkładu - 35	0,2	1,0-2,90 2,71	20	Sr
III	1,3	t(niskie, mechowiskowe)	Q	popielność-10 stopień rozkładu - 35	0,2	1,0-4,80 4,23	53	Sr
IV	4,0	t(niskie, turzyskowiskowe)	Q	popielność - 8,80 stopień rozkładu - 35	0,2	1,0-2,20 1,91	71	Sr
V	1,0	t(niskie, mechowiskowe)	Q	popielność-10 stopień rozkładu - 35	0,2	1,0-5,50 5,24	52	Sr
VI	2,5	t(niskie, olesowe)	Q	popielność-10 stopień rozkładu - 40	0,2	1,0-4,30 3,77	94	Sr
VII	1,2	t(przejsć. mszarne)	Q	Popielność - 5,0 rozkład - 50	0,2	1,0-3,10 2,81	35	Sr
VIII	2,0	t(miesznotypowe, szuwar.-mszarno-przejsć.)	Q	popielność-13 stopień rozkładu - 41	0,2	1,0-3,70 2,41	48	Sr
IX	2,8	t(niskie, mechowiskowo-olesowe)	Q	popielność-10 stopień rozkładu - 40	0,2	1,0-4,20 3,64	96	Sr
X	1,0	t(niskie, olesowe)	Q	popielność - 5,0 stopień rozkładu - 35	0,2	1,0-5,20 4,95	50	Sr
XI	2,0	t(niskie, szuwarowe)	Q	popielność-14 stopień rozkładu - 40	0,2	1,0-2,60 2,09	42	Sr
XII	2,0	t(niskie, mechowiskowo-olesowe)	Q	popielność-12 stopień rozkładu - 39	0,2	1,0-4,30 2,55	49	Sr
XIII	2,5	t(niskie, mechowiskowo-olesowe)	Q	popielność-10 stopień rozkładu - 35	0,2	1,0-3,10 1,96	49	Sr
XIV	1,0	t(niskie, olesowe)	Q	popielność - 10 stopień rozkładu - 45	0,2	1,0-2,50 2,29	23	Sr
XV	1,8	t(niskie, olesowe)	Q	popielność - 14 stopień rozkładu - 40	0,2	1,0-1,90 1,61	20	Sr

1	2	3	4	5	6	7	8	9
XVI	1,8	t(niskie, szuwarowe)	Q	popielność–14 stopień rozkładu – 40	0,2	1,0–3,10 2,61	46	Sr
XVII	2,3	t(niskie, olesowe)	Q	popielność–10 stopień rozkładu – 39	0,2	1,0–2,60 1,77	40	Sr
XVIII	1,8	t(niskie, mechowskowo-olesowe)	Q	popielność–10 stopień rozkładu – 30	0,2	1,0–2,00 1,77	31	Sr

Objaśnienia symboli – jak do tabeli 3

Ponadto w obrębie arkusza Widugiera wyznaczono jeden obszar perspektywiczny występowania torfów, o powierzchni 25 ha, zlokalizowany w rejonie miejscowości Krasnowo (Ostrzyżek, Dembek 1996). Jest to torfowisko niskie, olesowe o średniej miąższości kopaliny 1,67 m, popielności 10,7% i rozkładzie wynoszącym 40%. Torfy występujące we wszystkich obszarach prognostycznych zalegają pod glebami chronionymi pochodzenia organicznego, co ogranicza możliwość ich gospodarczego wykorzystania i wyznaczenia prognoz surowcowych.

W obrębie arkusza Puńsk wyznaczono również jeden obszar perspektywiczny kopaliny okruczowych – piasków i żwirów (Andrzejak, 1972). Znajduje się on na wschód od Smolan. Są to utwory pochodzenia wodnolodowcowego, niezaglinione, barwy żółtawej. Nadkład stanowi gleba o średniej grubości 0,2 m. Serię złożową tworzy warstwa piasków i żwirów o miąższości od 2,8 do 4,8 m (średnio 4 m). Punkt piaskowy kopaliny stwierdzony na podstawie badań polowych zmienia się od 60 do 75%.

Na północ od miejscowości Rejsztokiemie zaznaczono obszar o negatywnych wynikach rozpoznania kruszywa piaskowo-żwirowego (Andrzejak, 1972). Pod glebą stwierdzono jedynie gliny zwałowe i piaski gliniaste.

W przeszłości na tym terenie prowadzono również poszukiwania kopaliny ilastych ceramiki budowlanej w obrębie glin zwałowych (Harat, 1990). Obecnie gliny zwałowe ze względu na bardzo ograniczone możliwości wykorzystania (jedynie do produkcji cegły pełnej niskich klas) nie są uznawane za kopalinę, dlatego też nie wyznacza się w ich obrębie obszarów perspektywicznych. Prace rekonesansowe prowadzone w okolicach Podwojponia zakończyły się wynikiem negatywnym, ponieważ nawiercone gliny były mocno zapiaszczone, a tylko lokalnie nadawały się do produkcji cegły pełnej (Harat, 1990).

Na obrzeżach jezior Szelment Mały i Gaładuś stwierdzono występowanie iłów i mułków zastoiskowych. Ich miąższość w skarpach mis jeziornych dochodzi do kilkunastu metrów. Osady te nie były jednak nigdy przedmiotem badań surowcowych, a ich usytuowanie

w strefach krawędziowych jezior jest niekorzystne z tego punktu widzenia. Dlatego też nie uznano ich za perspektywiczne.

Na obszarze arkusza Widugierzy nie prowadzono w przeszłości żadnych prac geologiczno-poszukiwawczych dla udokumentowania złóż kopalin skalnych. Nie wyznaczono tu obszarów perspektywicznych surowcowo.

Znaczne fragmenty omawianego obszaru uznano wstępnie za perspektywiczne dla występowania niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego – gazu łupkowego. Na poszukiwanie gazu łupkowego na tym terenie Ministra Środowiska udzielił koncesji firmie Silurian Energy Services (obszar koncesyjny Gołdap). Obejmuje on swym zasięgiem również obszary sąsiednich arkuszy MGŚP.

VII. Warunki wodne

1. Wody powierzchniowe

Cały obszar arkuszy Puńsk i Widugierzy leży w dorzeczu Niemna. Jego zachodnia i północna część odwadniana jest przez Szelmentkę, prawobrzeżny dopływ Szeszupy (łączy się z nią poza granicami państwa i arkusza). Szelmentka bierze początek z jeziora Szelment Mały i płynie ku północy posiadając duży spadek i bystry nurt. Od jeziora Kupowo zaczyna się jej najdłuższy odcinek o spadku do 20 m/km. Efektem tego jest wyżłobiony głęboki jar o stromych zboczach sięgający do 70 m wysokości. Drugą co do wielkości rzeką obszaru arkusza Puńsk jest Marycha (Czarna) mająca swoje początki w okolicach wsi Romaniuki. Płynie ona ku południowemu wschodowi, wpadając do Czarnej Hańczy (poza granicami Polski i arkusza), a z nią do Niemna. Szelmentkę i Marychę rozdziela dział wodny trzeciego rzędu.

Największym ciekim powierzchniowym na obszarze arkusza Widugierzy jest rzeka Dziedziulka, która przepływa przez jeziora: Szejpliszki, Poleskie i Ogórki. Cały opisywany obszar odwadniają także bezimienne strumienie wpadające ze wschodu do jeziora Gaładuś.

Ważnym elementem hydrograficznym są jeziora. Znajduje się tu kilkanaście jezior rynnowych, a także bardzo liczne, niewielkie zagłębienia wypełnione wodą oraz obszary podmokłe i zabagnione. Największymi w obrębie arkusza Puńsk są jeziora: Szelment Mały (o powierzchni 168,5 ha i maksymalnej głębokości 28,5 m), Boksze (96,4 ha i 22,0 m) oraz Sejwy (99 ha i 22 m), a w obrębie arkusza Widugierzy – Szejpliszki i Gaładuś. Jezioro Gaładuś jest jeziorem granicznym, o powierzchni 728 ha, z czego 560 ha znajduje się w granicach Polski. Jego południowa część leży na obszarze arkusza Sejny. Maksymalna głębokość wynosi 54,8 m. Natomiast jezioro Szejpliszki ma powierzchnię 71,4 ha i maksymalną głębokość 21,6 m. Jego południowa część znajduje się również na obszarze sąsiedniego arkusza Sejny.

Jakość wód powierzchniowych określana jest na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (DzU nr 162). W ostatnich latach (2007–2010) stan czystości wód badano na rzece Szelmencie w profilu granicznym Kupowo (Smolnica) i Marysze, również w profilu granicznym. Nie określono przy tym stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a tylko stan elementów biologicznych, w obu – (jako dobry) i fizykomechanicznych (jako poniżej dobrego PSD). Potencjał ekologiczny rzek oceniono jako umiarkowany (Klasyfikacja..., 2011). Nie wykonano pełnej analizy pozwalającej wykonać syntetycznej oceny jednolitych części wód, dlatego wyników nie zaznaczono na mapie.

Badania jezior od 2008 r. wykonuje się wg analogicznej metodyki jak wód powierzchniowych. Analizy stanu wód wykonywane są zazwyczaj w cyklach kilkuletnich, najczęściej 6-letnich i obejmują głównie jeziora o powierzchni powyżej 100 ha. Na omawianym obszarze w latach 2008-2009 badaniami objęto jedynie jezioro Sejwo, ale określono tylko stan ekologiczny wód – jako dobry (Raport..., 2011). Nie wykonano pełnej analizy pozwalającej wykonać syntetycznej oceny jednolitych części wód, dlatego wyników nie zaznaczono na mapie. Na mapie zaznaczono około 15 stałych źródeł. Większe ich skupiska znajdują się w okolicach jeziora Szelment Mały i Grauze.

2. Wody podziemne

Warunki hydrogeologiczne na omawianym arkuszu zostały scharakteryzowane na podstawie Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Puńsk (Nowicki, Gryczko, 2005) i arkusz Widugiery (Nowicki, Gryczko, 2004).

Zgodnie z regionalizacją hydrogeologiczną Polski obszar arkusza należy do regionu Narwi Pregoły i Niemna (dawniej mazursko-podlaskiego II) i znajduje się w obrębie jednego z dziesięciu wydzielonych tu jednolitych części wód podziemnych (JCWPd) – Zlewni Czarnej Hańczy (nr 23) (Paczyński, Sadurski 2007). W regionie tym użytkowe poziomy wodonośne występują jedynie w utworach czwartorzędu (Paczyński, 1995). Decyduje o tym ich zasobność, jakość i dostępność. Inne, stwierdzone głębokimi wierceniami poziomy wodonośne związane są z utworami: triasu, jury (środkowej i górnej), kredy (środkowej i górnej) i paleogenu. Nie mają one znaczenia użytkowego.

Użytkowy poziom wodonośny związany jest z piaskami i żwirami wodnolodowcowymi zlodowaceń północnopolskich. W rejonie Poluńca (arkusz Widugiery), poziom wodonośny występuje wśród żwirów. Współczynnik filtracji na całym omawianym obszarze obu arkuszy

jest mocno zróżnicowany od 2 do 90 m/dobę (przy średniej około 20 m/d), a średnia wodoprzewodność wynosi 800 m²/d.

Zwierciadło wody na obszarze arkusza Puńsk zalega na głębokości od 11–20 m w okolicach Trakiszek, Czerwonki i Puńska, 33 m w rejonie Kaletnika i Szypliszek do 65 m w Podwojponiu. W okolicach Szypliszek, Puńska i Czerwonki zwierciadło wody jest swobodne, a w pozostałych rejonach ma charakter naporowy i stabilizuje się na głębokości od 5 do 56 m. Natomiast miąższość poziomu jest zmienna i waha się od 20 m w Puńsku do 60 m w Czerwonce.

W obrębie arkusza Widugierzy główny użytkowy poziom wodonośny występuje na zmiennych głębokościach. W rejonie wsi Poluńce występują wychodne utworów wodonośnych. W kierunku południowym wzrasta miąższość izolującej go warstwy glin zwałowych, których miąższość w rejonie wsi Dowiaciszki dochodzi do 40 m. Całkowita miąższość utworów wodonośnych nie jest znana, ponieważ istniejące otwory studzienne nie przewiercają w całości osadów piaszczystych. Można jedynie stwierdzić, że w rejonie miejscowości Widugierzy, Dowiaciszki i Kielczany przekracza ona 20 m natomiast koło Poluńca – 60 m.

Wody poziomu czwartorzędowego są generalnie dobrej jakości. Wymagają jedynie prostego uzdatniania, ze względu na zwiększone zawartości żelaza i manganu. W przypadku żelaza są to zawartości nie przekraczające 2,0 mg/dm³ (sporadycznie do 4 mg/dm³) natomiast dla manganu 0,2 mg/dm³.

Wody omawianego poziomu mają słaby odczyn zasadowy. Wartość pH zmienia się zazwyczaj od 7,0 do 7,7. Są to wody słabo zmineralizowane – sucha pozostałość w 90% badanych wód wynosi od 300 do 430 mg/dm³. Dobre parametry hydrogeologiczne warstwy wodonośnej stanowiącej główny poziom użytkowy sprawiają, iż wydajności uzyskiwane w studniach odwierconych na omawianym terenie są stosunkowo wysokie. Z wyjątkiem obszaru wychodni stopień zagrożenia wód podziemnych zanieczyszczeniami antropogenicznymi jest niski ze względu na izolację w postaci nadległych warstw glin zwałowych.

Większe ujęcia z czwartorzędowego poziomu wodonośnego na obszarze arkusza Puńsk stanowią wodociągi grupowe w: Podwojponiach, Szypliszkach, Puńsku i Kaletniku oraz ujęcia dla przedsiębiorstw produkcji rolnej w: Trakiszkach, Czerwonce i Boksze. Osiągane tu wydajności pojedynczych studni wynoszą maksymalnie 114 m³/h przy depresji od 1,2 do 6,3 m. Na obszarze arkusza Widugierzy naniesiono 6 ujęć wód podziemnych. Najwyższe zatwierdzone zasoby eksploatacyjne dla pojedynczej studni przekraczają 100 m³/godzinę, w rejonie miejscowości Pelele przy depresji 4 – 5 m. Wydajności potencjalne studni mieszczą się najczęściej w przedziale od 30 do 90 m³/godzinę przy czym lokalnie mogą przekraczać

nawet 100 m³/godzinę. Zasoby wodne omawianego obszaru są wykorzystywane w niewielkim stopniu. Stopień zagospodarowania zasobów dyspozycyjnych dochodzi zaledwie do kilku procent.

Na obszarze arkuszy Puńsk i Widugiery, ani też w ich bezpośrednim sąsiedztwie nie wyznaczono głównych zbiorników wód podziemnych wymagających szczególnej ochrony (Kleczkowski, 1990).

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 z dnia 4 października 2002 r. (DzU nr 165 poz. 1359). Dopuszczalne wartości pierwiastków dla poszczególnych grup użytkowania, ich zakresy oraz przeciętne zawartości w glebach z terenu arkusza 73 – Puńsk, umieszczono w tabeli 5; a dla arkusza 74 – Widugiery w tabeli 6. W celu porównania obie tabele uzupełniono danymi o przeciętnej zawartości (median) pierwiastków w glebach terenów niezabudowanych Polski (najmniej zanieczyszczonych w kraju).

Materiał i metody badań laboratoryjnych

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

Przedmiotem zainteresowania była grupa metali, której źródłem są zanieczyszczenia antropogeniczne, a więc pierwiastki słabo związane i łatwo ługowalne z gleb. Gleby mineralizowano w kwasie solnym (HCl 1:4), w temperaturze 90°C, w ciągu 1 godziny. Oznaczenia As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn wykonano za pomocą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*) z zastosowaniem spektrometrów: PV 8060 firmy Philips i JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon. Analizy Hg przeprowadzono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej techniką zimnych par (CV-AAS *Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry*) z użyciem spektrometru Perkin-Elmer 4100 ZL z systemem przepływowym FIAS-100. Wszystkie ozna-

czenia wykonano w laboratorium Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie. Kontrolę jakości gwarantowały analizy wielokrotne tych samych próbek umieszczanych losowo w seriach analitycznych oraz stosowanie materiałów referencyjnych (wzorce Montana Soil, SRM 2710, SRM 2711, IAEA/Soil 7).

Tabela 5

Zawartość metali w glebach arkusza 73 – Puńsk (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 73 – Puńsk	Wartość przeciętnych (median) w glebach na arkuszu 73 – Puńsk	Wartość przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski ⁴⁾
	Grupa A ¹⁾	Grupa B ²⁾	Grupa C ³⁾	Frakcja ziarnowa <1 mm Mineralizacja HCl (1:4)		
				Głębokość (m p.p.t.)		
				0–0,2		
As Arsen	20	20	60	<5	<5	<5
Ba Bar	200	200	1000	14–51	34	27
Cr Chrom	50	150	500	4–10	6	4
Zn Cynk	100	300	1000	14–76	45	29
Cd Kadm	1	4	15	<0,5	<0,5	<0,5
Co Kobalt	20	20	200	<1–4	3	2
Cu Miedź	30	150	600	2–9	7	4
Ni Nikiel	35	100	300	2–10	6	3
Pb Ołów	50	100	600	9–18	11	12
Hg Rteć	0,5	2	30	<0,05–0,07	<0,05	<0,05
Ilość badanych próbek gleb z arkusza 73 – Puńsk w poszczególnych grupach użytkowania				¹⁾ grupa A a) nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne, b) obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody; jeżeli utrzymanie aktualnego poziomu zanieczyszczenia gruntów nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi lub środowiska – dla obszarów tych stężenia zachowują standardy wynikające ze stanu faktycznego, ²⁾ grupa B – grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych, ³⁾ grupa C – tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne, ⁴⁾ Lis, Pasieczna, 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000 N – ilość próbek		
As Arsen	7					
Ba Bar	7					
Cr Chrom	7					
Zn Cynk	7					
Cd Kadm	7					
Co Kobalt	7					
Cu Miedź	7					
Ni Nikiel	7					
Pb Ołów	7					
Hg Rteć	7					
Sumaryczna klasyfikacja badanych gleb z obszaru arkusza 73 – Puńsk do poszczególnych grup użytkowania (ilość próbek)						
	7					

Zawartość metali w glebach arkusza 74 – Widugiery (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 74 – Widugiery	Wartość przeciętnych (median) w glebach na arkuszu 74 – Widugiery	Wartość przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski ⁴⁾
	Grupa A ¹⁾	Grupa B ²⁾	Grupa C ³⁾	N=2	N=2	N=6522
				Frakcja ziarnowa <1 mm Mineralizacja HCl (1:4)		
				Głębokość (m p.p.t.) 0–0,3 0–2,0		
As Arsen	20	20	60	<5	<5	<5
Ba Bar	200	200	1000	43–48	45	27
Cr Chrom	50	150	500	9–12	10	4
Zn Cynk	100	300	1000	32–42	37	29
Cd Kadm	1	4	15	<0,5	<0,5	<0,5
Co Kobalt	20	20	200	4–8	6	2
Cu Miedź	30	150	600	7–8	7	4
Ni Nikiel	35	100	300	9–11	10	3
Pb Ołów	50	100	600	10–13	11	12
Hg Rtuć	0,5	2	30	<0,05–0,05	<0,05	<0,05
Ilość badanych próbek gleb z arkusza 74 – Widugiery w poszczególnych grupach użytkowania				¹⁾ grupa A a) nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne, b) obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody; jeżeli utrzymanie aktualnego poziomu zanieczyszczenia gruntów nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi lub środowiska – dla obszarów tych stężenia zachowują standardy wynikające ze stanu faktycznego, ²⁾ grupa B – grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych, ³⁾ grupa C – tereny przemysłowe, użytki kopalne, tereny komunikacyjne, ⁴⁾ Lis, Pasieczna, 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000 N – ilość próbek		
As Arsen	2					
Ba Bar	2					
Cr Chrom	2					
Zn Cynk	2					
Cd Kadm	2					
Co Kobalt	2					
Cu Miedź	2					
Ni Nikiel	2					
Pb Ołów	2					
Hg Rtuć	2					
Sumaryczna klasyfikacja badanych gleb z obszaru arkusza 74 – Widugiery do poszczególnych grup użytkowania (ilość próbek)						
	2					

Prezentacja wyników

Zastosowana gęstość pobierania próbek (1 próbka na około 25 km²) nie jest dostateczna do wykreślenia izoliniowej mapy zawartości pierwiastków zgodnie z zasadami przyjętymi w kartografii (dla skali 1:50 000 konieczne jest opróbowanie w siatce 0,5x0,5 km, czyli jedna

próbka – jedna informacja na 1 cm² mapy dla całego arkusza). Wyniki badań geochemicznych zostały więc przedstawione na mapie w postaci punktów.

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

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 i 6).

Dla obu arkuszy przeciętne zawartości: arsenu, kadmu, ołowiu i rtęci w badanych glebach arkusza są na ogół niższe lub równe w stosunku do wartości przeciętnych (median) w glebach obszarów niezabudowanych Polski. Wyższe wartości median wykazują: bar, chrom, cynk, kobalt, miedź oraz nikiel.

Dla arkusza 73 – Puńsk w przypadku niklu wzbogacenie jest dwukrotne, natomiast dla arkusza 74 – Widugiery w przypadku niklu wzbogacenie jest ponad trzykrotne, kobaltu trzykrotne, natomiast chromu ponad dwukrotne w stosunku do przyjętych wartości przeciętnych.

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

2. Osady

W warunkach naturalnych osady, które gromadzą się na dnach 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 sedimentacji (szczątki obumarłych organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz wytrącające się z wody substancje). Na terenach uprzemysłowionych, zurbanizowanych oraz rolniczych do osadów trafiają również substancje, takie jak metale ciężkie i trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO), zawarte w ściekach przemysłowych, komunalnych i z ferm hodowlanych odprowadzanych do wód powierzchniowych. Wzrost stężenia metali ciężkich i TZO we współcześnie powstających osadach jest również skutkiem ich depozycji z atmosfery oraz spływu deszczowego i roztopowego z terenów zurbanizowanych

(metale ciężkie, WWA) i rolniczych (arsen, rtęć, pestycydy chloroorganiczne) (Rocher i in., 2004; Reiss i in., 2004; Birch i in., 2001; Howsam, Jones, 1998; Mecray i in., 2001; Lindström, 2001; Pulford i in., 2009; Ramamoorthy, Ramamoorthy, 1997; Wildi i in., 2004). Występujące w osadach metale ciężkie i inne substancje niebezpieczne mogą akumulować się w łańcuchu troficznym do poziomu który jest toksyczny dla organizmów, zwłaszcza drapieżników, a także mogą stwarzać ryzyko dla ludzi (Vink 2009, Albering i in., 1999; Liu i in., 2005; Šmejkalová i in., 2003). Osady o wysokiej zawartości szkodliwych składników są potencjalnym ogniskiem zanieczyszczenia środowiska. Część szkodliwych składników zawartych w osadach może ulegać ponownemu uruchomieniu do wody w następstwie procesów chemicznych i biochemicznych przebiegających w osadach, jak również mechanicznego poruszenia wcześniej odłożonych zanieczyszczonych osadów na skutek naturalnych procesów albo podczas transportu bądź bagrowania (Sjöblom i in. 2004; Bordas, Bourg, 2001). Także podczas powodzi zanieczyszczone osady mogą być przemieszczane na gleby tarasów zalewowych albo transportowane w dół rzek (Gocht i in., 2001; Gabler, Schneider, 2000; Weng, Chen, 2000). Przemieszczenie na tarasy zalewowe zanieczyszczonych osadów powoduje wzrost stężenia metali ciężkich i trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi w glebach (Bojakowska, Sokołowska 1996; Bojakowska i in., 1995; Miller i in., 2004; Middelkoop, 2000).

Kryteria oceny osadów

Jakość osadów dennych, w aspekcie ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi oraz wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA) i polichlorowanymi bifenyłami (PCB) oceniono na podstawie kryteriów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. we sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony (DzU nr 55 poz. 498 z 14 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 osadów na organizmy wodne. W tabeli 7 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).

Tabela 7

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

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

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

** – MACDONALD D. i in., 2000.

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

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

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 ziarnowa drobniejsza 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) – acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, chryzenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu, dibenzo(a,h)antracenu, benzo(ghi)perylenu oznaczono przy użyciu chromatografu

gazowego z detektorem spektrometrem mas (GC-MSD), a oznaczenia polichlorowanych bifenyli (kongenery PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180) wykonano przy użyciu chromatografu gazowego z detektorem wychwytu elektronów (GC-ECD). Wszystkie oznaczenia wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Prezentacja wyników

Lokalizację miejsc opróbowania osadów przedstawiono na mapie w postaci trójkąta o odmiennych kolorach dla osadów zaklasyfikowanych do zanieczyszczonych (czerwony) lub niezanieczyszczonych (fioletowy) i o nieprzekroczonych wartościach *PEL* (niebieski) pod względem zawartości szkodliwych pierwiastków oraz w postaci koła o odmiennych kolorach dla osadów zaklasyfikowanych do zanieczyszczonych (czerwony) lub niezanieczyszczonych (fioletowy) i o nieprzekroczonych wartościach *PEL* (niebieski) pod względem zawartości trwałych zanieczyszczeń organicznych. Przy klasyfikacji stosowano zasadę zaliczania osadów do danej grupy, gdy zawartość żadnego pierwiastka lub związku organicznego nie przewyższała górnej granicy wartości dopuszczalnej w tej grupie. W przypadku zakwalifikowania osadu do zanieczyszczonego każdy punkt opisano na mapie symbolami pierwiastków lub związków organicznych decydujących o zanieczyszczeniu.

Zanieczyszczenie osadów

Spośród jezior znajdujących się na arkuszach Puńsk i Widugiery zbadano osady jezior: Sejwy, Boksze (Bobruczek), Punia (Puńsk), Szelmęt Wielki i Szelmęt Mały. Osady jezior Boksze, Punia oraz Szelmęt Wielki i Szelmęt Mały charakteryzują się bardzo niskimi wartościami potencjalnie szkodliwych pierwiastków śladowych, nawiązującymi do ich tła geochemicznego (tabela 8). Jedynie w osadach jeziora Sejwy odnotowano podwyższone zawartości ołowiu i miedzi. Osady tego jeziora zawierają także podwyższone zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w porównaniu do przeciętnie spotykanych w jeziorach. Stwierdzone zawartości pierwiastków śladowych oraz WWA w osadach jezior są niższe od ich dopuszczalnych stężeń według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r., a 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	Sejwy 2011 r.	Boksze (Bobruczek) 2002 r.	Bolesty 2002 r.	Punia (Puńsk) 2000 r.	Szelment Mały 2005 r.	Szelment Wielki 2005 r.
Arsen (As)	5	8	7	3	6	7
Chrom (Cr)	11	18	7	22	31	21
Cynk (Zn)	78	93	47	91	101	65
Kadm (Cd)	0,5	0,3	0,5	0,8	0,25	0,25
Miedź (Cu)	19	17	13	21	18	13
Nikiel (Ni)	11	14	8	18	21	15
Ołów (Pb)	30	24	16	20	29	21
Rtęć (Hg)	0,131	0,107	0,104	0,118	0,073	0,054
WWA _{11 WWA} *	2,393	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
WWA _{7 WWA} **	1,566	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
PCB***	<0,0007	n.o.	n.o.	n.o.	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

3. Pierwiastki promieniotwórcze

Materiał i metody badań

Do określenia dawki promieniowania gamma i stężenia radionuklidów poczarobylskiego cezu wykorzystano wyniki badań gamma-spektrometrycznych wykonanych dla Atlasu Radioekologicznego Polski 1:750 000 (Strzelecki i in., 1993, 1994).

Pomiary gamma-spektrometryczne wykonywano wzdłuż profili o przebiegu N-S, przecinających Polskę co 15". Na profilach pomiary wykonywano co 1 kilometr, a w przypadku stwierdzenia stref o podwyższonej promieniotwórczości pomiary zagęszczano do 0,5 km. Sonda pomiarowa była umieszczona na wysokości 1,5 metra nad powierzchnią terenu, a czas pomiaru wynosił 2 minuty. Pomiary wykonywano spektrometrem GS-256 produkowanym przez „Geofizykę” Brno (Czechy).

Prezentacja wyników

Wyniki pomiarów dla dwóch sąsiadujących ze sobą arkuszy (Puńsk i Widugiery) opisano łącznie, gdyż większość obszaru arkusza Widugiery (część północno-wschodnia) znajduje się poza granicami Polski. Zachodni profil pomiarowy arkusza Widugiery jest jednocześnie wschodnim profilem arkusza Puńsk. Z uwagi na to, że gęstość opróbowania nie pozwala na opracowanie map izoliniowych w skali 1:50 000, wyniki przedstawiono w formie słupkowej (fig. 3, 4) dla dwóch krawędzi arkusza mapy Puńsk (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 opisywanych arkuszach, natomiast do interpretacji wykorzystano informacje zawarte w profilu na arkuszu sąsiadującym wzdłuż zachodniej granicy arkusza Puńsk (arkusz 72 Jeleniewo).

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

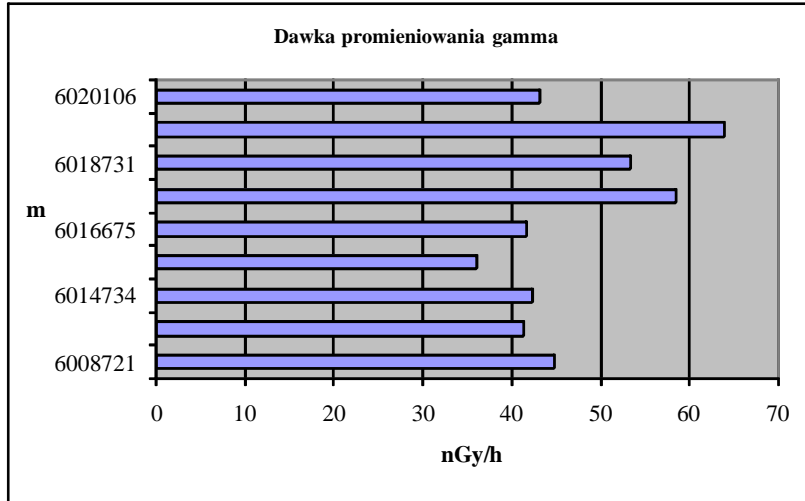
Wyniki

Wartości dawki promieniowania gamma wzdłuż profilu zachodniego wahają się w przedziale od około 30 do około 64 nGy/h. Przeciętnie wartość ta wynosi ok. 45 nGy/h i jest wyższa od średniej dla obszaru Polski wynoszącej 34,2 nGy/h. Wzdłuż profilu wschodniego wartości promieniowania gamma zmieniają się od około 28 do około 53 nGy/h i przeciętnie wynoszą około 43 nGy/h.

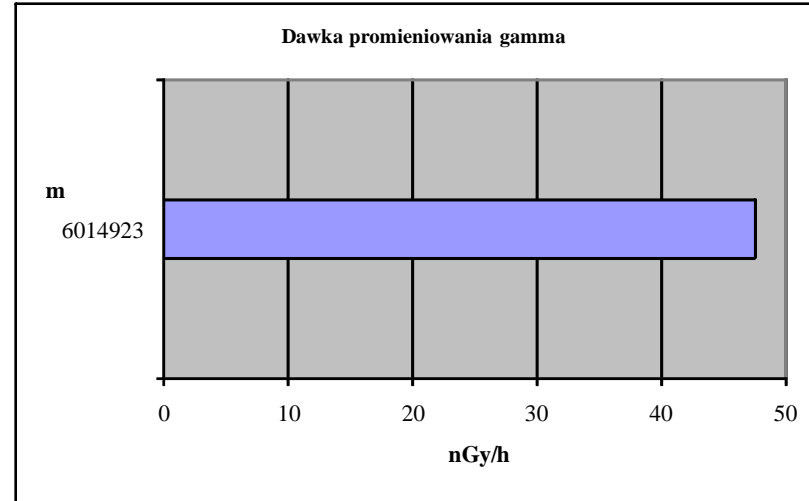
W obydwu profilach pomiarowych zarejestrowane dawki promieniowania gamma są dość wysokie i wyrównane (przeważają wartości z przedziału 40–60 nGy/h), gdyż wzdłuż profili dominuje jeden typ utworów – gliny zwałowe zlodowacenia północnopolskiego. Lokalnie nieco niższe wartości promieniowania gamma (ok. 28–35 nGy/h) są związane z plejstoceniowymi osadami zastoiskowymi (iły i mułki) lub z holoceniowymi osadami rzecznyymi (piaszki i żwiry) i torfami.

Zarejestrowane stężenia radionuklidów poczarnobyłskiego cezu wzdłuż obu profili pomiarowych są bardzo niskie, charakterystyczne dla obszarów bardzo słabo zanieczyszczonych. Wzdłuż profilu zachodniego wynoszą od 0,1 do 4,6 kBq/m², a wzdłuż profilu wschodniego wahają się od 0,0 do 2,6 kBq/m².

73 W PROFIL ZACHODNI 73 E



PROFIL WSCHODNI



34

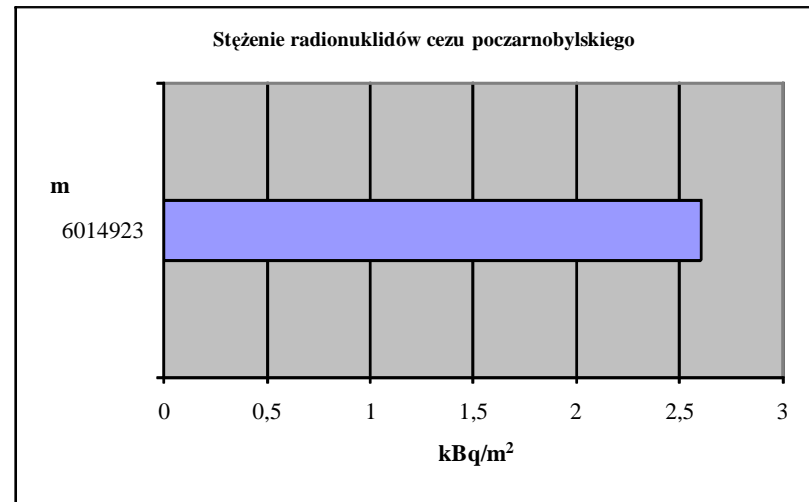
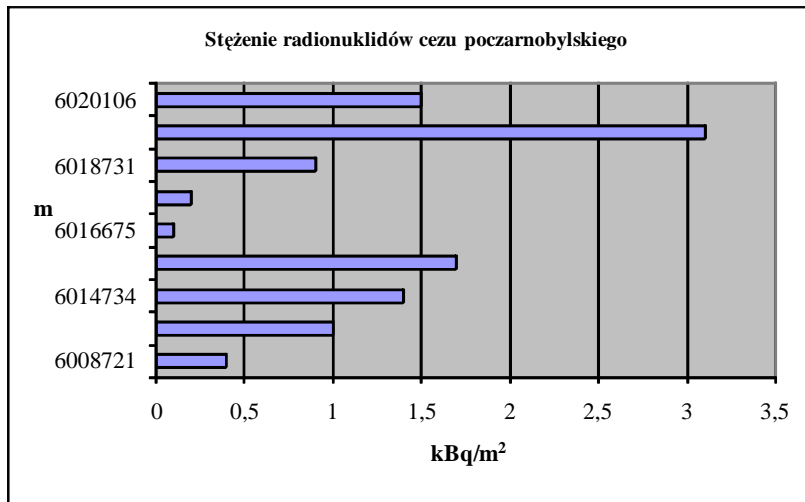


Fig. 3 Zanieczyszczenie gleb pierwiastkami promieniotwórczymi na obszarze arkusza Puńsk (na osi rzędnych opis siatki kilometrowej arkusza)

74 W

PROFIL ZACHODNI

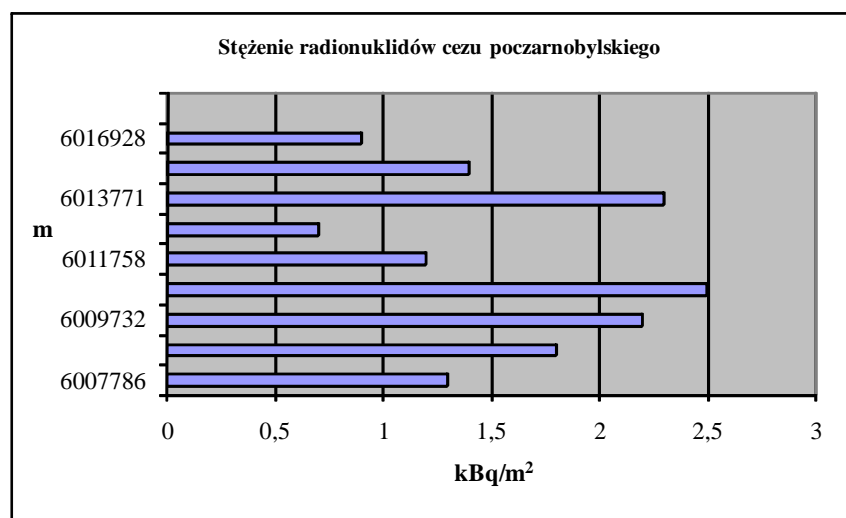
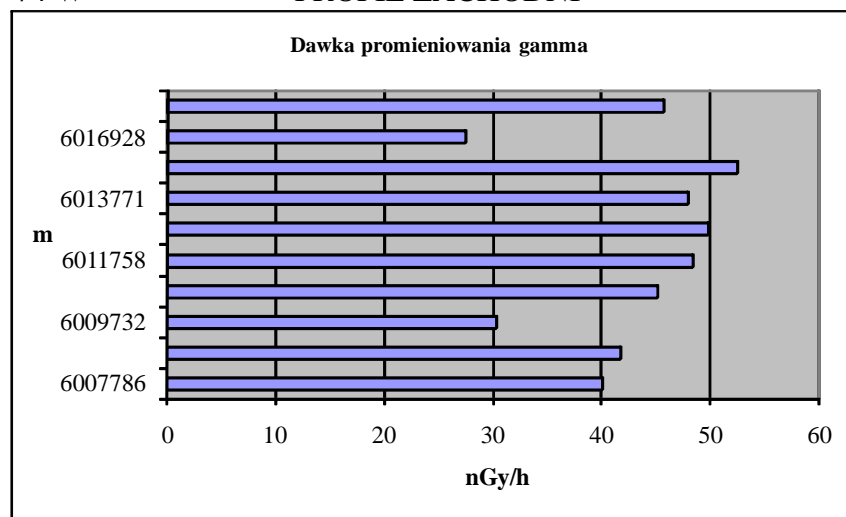


Fig. 4. Zanieczyszczenie gleb pierwiastkami promieniotwórczymi na obszarze arkusza Widugiery (na osi rzędnych opis siatki kilometrowej arkusza)

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 [m/s]	rodzaj gruntów
N – odpadów niebezpiecznych	≥ 5	$\leq 1 \times 10^{-9}$	iły, iłolupki
K – odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne	≥ 1	$\leq 1 \times 10^{-9}$	
O – odpadów obojętnych	≥ 1	$\leq 1 \times 10^{-7}$	gliny

Ocena wykształcenia naturalnej bariery geologicznej pozwala na wyróżnienie:

- warunków izolacyjności podłoża zgodnych z wymaganiami dla określonego typu składowisk (przyjętymi w tabeli 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. Jednocześnie na dołączonej do materiałów archiwalnych mapie dokumentacyjnej przedstawiono lokalizację otworów wiertniczych, których profile wykorzystano przy konstrukcji wydzielen terenów POLS.

Tło dla przedstawianych na Planszy B informacji stanowi stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu wodonośnego przeniesiony z arkuszy Puńsk i Widugiery Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Nowicki, Gryczko., 2004; Nowicki, Gryczko., 2005). Stopień zagrożenia wód podziemnych wyznaczono w pięciostopniowej skali (bardzo wysoki, wysoki, średni, niski, bardzo niski) i jest on funkcją nie tylko wartości parametrów filtracyjnych warstwy izolacyjnej (odporności poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia), ale także czynników zewnętrznych, takich jak istnienie na powierzchni ognisk zanieczyszczeń czy obszarów prawnie chronionych. Stopień ten jest parametrem zmiennym i syntetyzującym różne naturalne i antropogeniczne uwarunkowania. Dlatego też obszarów o różnym stopniu zagrożenia nie należy wprost porównywać z wyznaczonymi na Planszy B terenami pod składowanie odpadów. Wydzielone tereny o dobrej izolacyjności (POLS) mogą współwystępować z obszarami o różnym zagrożeniu jakości wód podziemnych.

Obszary o bezwzględny zakazie lokalizacji składowisk odpadów

Na obszarze objętym arkuszami Puńsk i Widugiery bezwzględny wyłączeniu z możliwości składowania odpadów podlegają:

- obszary objęte ochroną prawną w Europejskiej Sieci Ekologicznej NATURA 2000: „Dolina Szeszupy” PLH 200016, „Jeleniewo” PLH 200001, „Ostoja Wigierska” PLH 200004, „Pojezierze Sejneńskie” PLH 200007 (ochrona siedlisk), „Puszcza Augustowska” PLB 200002 (ochrona ptaków),
- zabudowa Puńska będącego siedzibą urzędów miasta i gminy oraz miejscowości gminnej Szypliszki,
- Wigierski Park Narodowy ze strefą ochrony,
- rezerwat przyrody „Bobruczek” (faunistyczny),
- tereny leśne o powierzchni powyżej 100 hektarów,
- obszary podmokłe, bagienne, łąki wykształcone na glebach pochodzenia organicznego,
- liczne źródła ze strefą 250 m (północny brzeg jeziora Kupowego, rejon Postawelek, Kolonii Becejły, Becejł, Przejmy Małej, Szypliszek, Aleksandrówki, na południowy wschód od Żyrwin, Zaboryszek, Grauz Nowych i Głębokiego Rowu,
- powierzchnie erozyjnych i akumulacyjnych tarasów holocenów w obrębie dolin rzek: Szelmentki, Czarnej, Dziedziulki, Łączanki, Bubieżanki i pozostałych cieków,
- strefy (do 250 m) wokół jezior: Szelment Wielki, Mały Szelment, Jodel, Ilgiel, Kupowe, Ogórki, Punio, Meldzinies, Judialis, Sejwy, Boksze, Kaletnik, Grauze, Gaładuś, Szejpiszki, Połelskie, Kalninis i pozostałych akwenów,
- tereny o nachyleniu powyżej 10° (dolina Szelmentki, rejon Majdanu, Góry Piekalnis, Podwojponi, na południe od Wojponi, Giełuszki, Wojciuliszek, Szołtan, Puńska, Szlinokiemia, rejon między Fornetką – Sitkowizną – Wiatroluzą, - Kaletnikiem Małym – Fornetką, rejon Poluńcy, od Burbiszek do jeziora Kalninis, zachodni brzeg jeziora Gaładuś,
- obszary zagrożone ruchami masowymi ziemi: zachodni brzeg jeziora Gaładuś, rejon od jeziora Kalninis do miejscowości Sankury, zachodni brzeg jeziora Szejniszki, rejon Góry Piekalnis, wzdłuż wschodniego brzegu jeziora Mały Szelment, wzdłuż brzegów rzeki Szelmentki, rejon Głębokiego Rowu i Kaletnika – Grauz Nowych (Grabowski i in., 2007),
- ciągi wałów i wzniesień zbudowanych z zaburzonych osadów przedczwartorzędowych lub czwartorzędowych (Ber, 2006).

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 obojętnych wyznaczono w miejscach występowania glin zwałowych fazy pomorskiej zlodowaceń północnopolskich. Budują one strefę przypowierzchniową wysoczyzny morenowej falistej o wysokościach względnych 2–5 m (lokalnie większych) i nachyleniu 5°. Są to gliny piaszczyste, lokalnie ilaste, z gładzami i gładziami, zawierające wkładki pyłów. Często przechodzą obocznie w piasek gliniasty lub w zaglinione piaski z dużą ilością żwirów i gładziami. Ich miąższość (tam, gdzie występują jako samodzielny poziom) wynosi na terenach objętych arkuszem Puńsk 2–40 m, przeciętnie 10–20 m, na terenach objętych arkuszem Widugiery 3–22 m.

Miąższości glin w granicach obszarów wskazanych do składowania odpadów obojętnych wynoszą: w Klejach 16–23,5 m, Sankurach 10–22 m, Burbiszkach 10–30 m, Wojpniach 19–29 m, Krejwianach 11–14 m. Prawdopodobnie są to miejsca, gdzie gliny fazy pomorskiej położone są bezpośrednio na glinach fazy leszczyńskiej.

Na terenach objętych arkuszem Puńsk do glin wysoczyznowych włączono niewielkie wydzielienia glin zwałowych w spływach moren martwego lodu lub kemów (Klonorejsć, Oszkinie, Ogórki – na wschód od miejscowości Wojtokiemie, Zwikiele, Grauże Stare, Orlink, Baranowo, Trompole). Lokalnie gliny te mogą być wykształcone w facji ilastej, w zasadzie jako brązowe, bardzo twarde i zwarte ły, niezawierające żwirów (Jegliniec i Podwojponie – obszary wyłączone z możliwości składowania odpadów). Miąższość glin moren martwego lodu nie przekracza na ogół 2 m.

Mniej korzystne (zmiennie) warunki izolacyjne określono dla obszarów, na których gliny zwałowe występują pod niewielką (do 2 m) warstwą osadów piaszczysto-żwirowych (rejon Baranowa) i piaszczystych (rejon Osziń) oraz w rejonie miejscowości Wygorzel, gdzie gliny zwałowe moren martwego lodu występują w sąsiedztwie niewielkich obszarów glin przykrytych warstwą piasków. W rejonie Krejwian, Oszkinie – Sznajne i Orlika wśród glin wysoczyznowych występują liczne wydzielienia glin martwego lodu i piasków.

Na terenach objętych arkuszem Widugiery, w granicach obszarów wskazanych w rejonie Sankury – Burbiszki, do glin wysoczyznowych włączono niewielkie wydzielienia glin zwałowych moren martwego lodu. Wiele wzniesień zbudowanych jest z glin zwałowych, nie-

które z nich w partiach stropowych przykryte są warstwą piasków i żwirów lodowcowych. Są to gliny spływowe, brązowe i ciemnobrązowe, zawierają znaczną domieszkę frakcji piaszczystej, żwirów, gładzików oraz przewarstwienia i wkładki piasków gliniastych i żwirów. Miąższość osadów przykrywających gliny na ogół jest niewielka (0,5–2 m). Gliny moren martwego lodu o dużych miąższościach stwierdzono w rejonie Burbiszek nad jeziorem Gaładuś (12–15 m), w Dowiaciszkach i w Wojponiach (powyżej 10 m).

W rejonie Kielczany – Wojnary mamy do czynienia z bardzo wymieszanymi osadami glin wysoczyznowych z glinami wytopionymi z brył martwego lodu. Gliny nie tworzą ciągłego poziomu. Niejednorodne wykształcenie litologiczne i możliwość dużej zawartości piasków i żwirów w typowanej warstwie izolacyjnej może powodować pogorszenie parametrów izolacyjnych. Jej właściwości mogą być zmienne (mniej korzystne). Z tych samych względów również dla obszaru wskazanego w rejonie Widugier miejsca powierzchniowego występowania glin zwałowych moren martwego lodu właściwości izolacyjne określono na mniej korzystne.

Planując miejsca lokalizacji składowisk odpadów w rejonie Krejwian, Sitkowizny, Dowiaciszki – Rynkojeziory i Klejw należy zwrócić uwagę na obecność niewielkich zagłębień wypełnionych torfem, a w rejonie Sitkowizny strefy licznych cieków.

Obszary rekomendowane do składowania odpadów obojętnych wskazano na terenach gmin: Rutka Tartak, Szypliszki, Puńsk i Krasnopol. Warunkowymi ograniczeniami budowy składowisk w granicach części wskazanych obszarów są:

- b – bliskość zabudowy miejscowości gminnej Szypliszki,
- p – położenie w granicach Obszaru Chronionego Krajobrazu Północnej Suwalszczyzny i Obszaru Chronionego Krajobrazu Pojezierza Sejneńskiego.

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

Użytkowe poziomy wodonośne związane z osadami czwartorzędowymi występują na różnej głębokości (od 5–15 m do 50–100 m) i zagrożone są w stopniu od bardzo niskiego do wysokiego. Wysoki stopień zagrożenia wód określono dla obszarów wytypowanych w rejonach Oszkinie, Zwikiele, Linówek – Boksze Nowe, Grauże Stare i Kielczany – Wojnary. Są to tereny, na których użytkowy poziom wodonośny pozbawiony jest izolacji lub izolacja jest niepełna. Średni stopień zagrożenia wód poziomów użytkowych określono dla obszarów zlokalizowanych w rejonie Buraków, Sankur – Burbiszek i wschodniej części obszaru Rynkoje-

ziory, Wygorzel i Krejwiany. Poziom wodonośny występuje tu pod izolacją osadów słabo-przepuszczalnych o miąższości od 15 do 50 m, lokalnie jednak może być pozbawiony izolacji. Dla pozostałych obszarów stopień zagrożenia wód poziomów użytkowych określono na bardzo niski i niski, jego odporność na średnią i wysoką, a izolację na pełną.

Problem składowania odpadów komunalnych

Na terenach objętych arkuszami Puńsk i Widugiery, na powierzchni terenu, nie występują osady, których właściwości izolacyjne spełniałyby kryteria przyjęte dla odpadów komunalnych. Przy konieczności budowy składowisk można dodatkowo rozpoznać obszary występowania glin zwałowych o dużych miąższościach.

Gliny o miąższości około 30 m mogą występować w rejonach Stankiszek, Burbiszek i Waponi oraz w Kielczanach. Według danych z przekroju geologicznego wykonanego dla SmgP arkusz Widugiery w rejonie Dowiaciszek wspólny pakiet glin zwałowych faz pomorskiej i leszczyńskiej może osiągać 50 metrową miąższość. W rejonie Widugiery – Dowiaciszki – Kielczany mogą występować pakiety glin o miąższościach rzędu 20 – 45 m, w Szypliszkach około 40 m (przekroje hydrogeologiczne MhP).

Na analizowanym terenie znajdują się dwa nieczynne składowiska odpadów komunalnych w Szypliszkach i Sołtanach. Ich tereny zostały zrehabilitowane i zadrzewione, prowadzony jest monitoring wód podziemnych.

Ocena najbardziej korzystnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych rozpatrywanych dla składowania odpadów

Przy wyborze miejsca lokalizacji składowisk odpadów najlepszych warunków geologicznych można oczekiwać w obszarach występowania glin zwałowych o dużych miąższościach: Klejwy (do 23,5 m), Sankuny (do 22 m), Burbiszki (do 30 m), Wojponie (do 29 m), Kielczany (do 29,5 m). W okolicach miejscowości Dowiaciszki gliny mogą osiągać miąższości rzędu 50 m, w Szypliszkach około 40 m, w granicach obszarów wytypowanych w rejonach Widugiery – Dowiaciszki – Kielczany gliny mogą mieć miąższości 20–45 m, 30–metrowe pakiety glin mogą występować w okolicach Stankiszek, Burbiszek, Waponi i Kielczan.

Najbardziej korzystne warunki hydrogeologiczne dla składowania odpadów mają obszary wskazane w rejonach Kielczany – Wojnary, Trzcinka, Wygorzel, Szypliszki, Słobódka i Sitkowizna. Charakteryzują się one średnią i wysoką odpornością głównych użytkowych poziomów wodonośnych, dobrze izolowanych od zanieczyszczeń powierzchniowych warstwą utworów słabo przepuszczalnych o miąższości 50–100 m, stopień zagrożenia wód określono na bardzo niski.

Charakterystyka wyrobisk poeksploatacyjnych

Wyrobiska eksploatowanych na tych terenach złóż oraz niewielkie punkty lokalnego poboru kruszyw naturalnych znajdują się na terenach bezwzględnie wyłączonych z możliwości składowania odpadów.

Przedstawione na mapie tereny i miejsca predysponowane do składowania wyróżnionych typów odpadów należy traktować jako podstawę późniejszych wariantowych propozycji lokalizacyjnych i w nawiązaniu do nich projektowania odpowiednich badań geologicznych i hydrogeologicznych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk na obszarze planowanego składowania odpadów i jego otoczenia wymagane jest przeprowadzenie badań geologicznych i hydrogeologicznych, których wyniki opracowuje się w formie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej i hydrogeologicznej, dołączonych do wniosku o wydanie decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu dla składowiska odpadów.

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

X. Warunki podłoża budowlanego

Ocenę warunków geologiczno-inżynierskich podłoża budowlanego na obszarze arkuszy Puńsk i Widugiery opracowano na podstawie szczegółowych map geologicznych tego terenu (Krzywicki, 1987, 1989, 1995) oraz Atlasu geologiczno-inżynierskiego rejonu Suwałk (Jakubicz, 1987). Dotyczy ona około 40 – 50 % jego powierzchni w granicach Państwa Polskiego. Pozostałe tereny zajmują pominięte w analizie obszary: gleb chronionych (klasy I–IVa), łąk na glebach pochodzenia organicznego, leśne oraz liczne jeziora.

Wyróżniono dwa zasadnicze rodzaje obszarów: o warunkach korzystnych dla budownictwa oraz o warunkach niekorzystnych, utrudniających budownictwo. Zagadnienia zabudowy i zagospodarowania tego obszaru związane są z cechami osadów czwartorzędowych, generalnie ostatniego zlodowacenia, szczególnie fazy pomorskiej oraz holoceńskich.

Rejony o warunkach geologiczno-inżynierskich korzystnych dla budownictwa na omawianym terenie to te, na których występują: grunty spoiste: zwarte, półzwarte i twardoplastyczne, grunty niespoiste (sypkie) – średnio zagęszczone i zagęszczone o niskim poziomie lustra wody gruntowej (poniżej 2 m p.p.t.) i o braku zjawisk geodynamicznych (kąt nachylenia stożka nie przekracza 12%). Obejmują one głównie obszary występowania glin zwałowych oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych i lodowcowych. Od 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.

Osady wodnolodowcowe występują na równinach sandrowych w rejonie: Durowizny, na północ od jeziora Szelment Mały, między Szoltanami, a jeziorem Kaletnik, w rejonie miejscowości Wołyńce, Rudawka, Wesołówka i Bubele. Niewielkie płyty leżą także na wschód od Poluniec i na wschód od jeziora Szejpliszki. Są to przeważnie niezaglinione piaski różnej granulacji z domieszką żwirów, warstwowane horyzontalnie. Piaski i żwiry lodowcowe występują na wysoczyźnie w formie licznych płytów towarzyszących glinie zwałowej. Są one różnoziarniste, warstwowane naprzemianległe – piasek, żwir, pospółka z licznymi otoczakami i głazami. Są one przeważnie zapyłone, słabo wysortowane i słabo obtoczone. Lepiej wysortowane grunty piaszczysto – żwirowe, budujące kemy, występują w północno -zachodniej części obszaru arkuśza Puńsk i w okolicy jeziora Szelment Mały, a na arkuszu Widugiery w rejonie wsi Sankury.

Glina zwałowa osadzona w fazie pomorskiej zlodowaceń północnopolskich dominuje na omawianym terenie, budując wysoczyzny morenowe. Jest to grunt spoisty reprezentowany głównie przez glinę piaszczystą, często spoistą zwięzłą, nierzadko przez piasek gliniasty. Zawiera domieszki frakcji żwirowej i kamienistej oraz warstewki piasków. Jest to grunt najczęściej o konsystencji twardoplastycznej, który w trakcie ostatnich 20 tys. lat nie osiągnął stanu pełnego skonsolidowania (Kaczyński, Trzciniński, 2000). Osad ten jest niejednorodny, gdyż często osadzony został w spływach martwego lodu. Gliny zwałowe są na ogół mało ściśliwe, 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 oraz tam gdzie występują zaburzenia glacitektoniczne.

Rejony o warunkach geologiczno-inżynierskich niekorzystnych dla zabudowy to te na omawianym terenie, gdzie występują grunty słabonośne, do których należą grunty organiczne, grunty spoiste plastycznych i miękkoplastycznych oraz niespoiste, luźne. Są to głównie

osady najmłodsze – holoceni, które leżą przede wszystkim w dolinach rzek i mniejszych cieków, rynnach jeziornych oraz w licznych zagłębieniach bezodpływowych na wysoczyźnie.

Grunty organiczne to powszechnie występujące torfy i namuły organiczne. Osady te są zwykle zawadnione. Grunty organiczne pod wpływem obciążenia szybko oddają wodę, co w sposób zasadniczy wpływa na osiadanie gruntu. Na omawianym obszarze występują w dolinach jezior rynnowych i rzecznych oraz w licznych na całym opisywanym terenie zagłębieniach bezodpływowych. 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, natomiast luźne grunty niespoiste to piaski drobne lub pylaste oraz mułki piaszczyste. Utwory te wypełniają doliny licznych drobnych cieków i rzeczek, z których największe to Szelmka, Czarna i Dziedziulka płynąca południkowo do jeziora Szejpliszki, a przede wszystkim leżą w wielu obniżeniach bezodpływowych na wysoczyźnie morenowej powstałych po wytopieniu się martwego lodu.

W okolicach jeziora Szelm Mały i Podwojponie leżą osady zastoiskowe w postaci gruntów mało spoistych: mułków, glin pylastych i iłów, w stanie plastycznym, a także luźnych piasków pylastych. Podłoże budowlane z takim osadem wykazuje bardzo dużą zmienność warunków zabudowy.

Zarówno w dolinach cieków jak i w obniżeniach na wysoczyźnie występująca płytko woda gruntowa (w granicach 0-2,0 m) 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%. Strome krawędzie i skarpy znajdują się w: dolinie Szelmki, dolinach cieków na południe od jeziora Szelm Mały, rejonie Majdanu, Góry Piekalnis i Wojciulisek na północy oraz w okolicach wzgórz koło wsi Rejsztokiemie, Grauze Nowe i Szoftany. Mamy tu liczne wzgórza i pagórki (np. okolice wsi Poluńce) oraz jary (np. okolice jeziora Szejpliszki), zbocza wysoczyzny na granicy dolin rzecznych, którym towarzyszą strome stoki o nachyleniu powyżej 12%. Największe nachylenie wykazuje zachodni brzeg jeziora Gaładus. Stoki na ogół nie wykazują tendencji osuwiskowej z uwagi na zalesienie, pokrycie darnią, naturalny drenaż jak i małą ingerencją człowieka (Krzywicki, 1995; Grabowski (red). i in., 2007). Małe, niestabilizowane osuwiska po powierzchni rotacyjnej w glinach, zaobserwowano na zboczach wokół jeziora Szelm Mały, a także obok wsi Głębok Rów i Postawełek. Istniejące osuwiska na zachodnim

zbozcu Szejpizki i w pobliżu osady Rynkojeziory są niewielkie i ustabilizowane. Niemniej warunki gruntowo-wodne przy nieudolnej ingerencji człowieka mogą sprzyjać ich powstaniu.

Niekorzystne warunki dla budownictwa stwarzają również zaburzenia warstw zaobserwowane w licznych odsłonięciach na omawianym terenie. Zjawiska te mogą być powszechniejsze niż to dotychczas stwierdzono, a ich przyczyną są procesy glacitektoniczne lub wytopianie lodu. W odsłonięciach koło miejscowości: Podwojponie i Mikołajówki oraz obok jeziora Kaletnik stwierdzono znaczne zaburzenia w układzie warstw.

Tak skomplikowane warunki gruntowo-wodne i urozmaicona geomorfologia analizowanego obszaru sugerują dużą ostrożność przy podejmowaniu decyzji budowlanych, a sporządzenie ekspertyzy lub dokumentacji geologiczno-inżynierskiej powinno poprzedzać każdą projektowaną inwestycję budowlaną.

XI. Ochrona przyrody i krajobrazu

Obszar arkuszy Puńsk i Widugiery charakteryzuje się wysokimi walorami przyrodniczo-krajobrazowymi, a także występowaniem gleb wysokich klas bonitacyjnych, łąk na glebach pochodzenia organicznego i niewielkich, zwartych kompleksów leśnych. Znaczne fragmenty ich obszarów objęte są ochroną (fragment parku narodowego z otuliną, rezerwaty przyrody, obszary chronionego krajobrazu, sieć Natura 2000 oraz pomniki przyrody żywej i nieożywionej).

Gleby chronione klas IV–IVa i łąki na glebach pochodzenia organicznego tworzą mozaikę na powierzchni obu arkuszy. W obrębie glin zwałowych, pokrywających wysoczyznę wytworzyły się gleby brunatne, natomiast na piaskach i żwirach gleby bielcowe. W dolinach rzek występują mady i gleby torfowe.

Stopień naturalnego zalesienia jest tu stosunkowo niewielki, gdyż na przestrzeni ostatnich kilkuset lat większość lasów wycięto, a uzyskane w ten sposób tereny przekształcono w pola uprawne i łąki. W zachowanych, niewielkich kompleksach leśnych dominuje drzewostan sosnowo-świerkowy, rzadziej spotyka się brzozy, dęby, graby i jesiony. Osobliwością są ciepłolubne rośliny występujące na nasłonecznionych zboczach morenowych, takie jak dziurawiec oraz liczne gatunki storczyków. Oprócz zwierząt powszechnie występujących w innych regionach kraju takich jak: sarny dziki czy zające, na omawianym obszarze żyją rzadkie gatunki borealne (ptak orzechówka i gryzoń smużka). Liczne są żeremia bobrów oraz siedliska ptaków: bociana czarnego, czapli, krogulca, żurawia, myszołowa, kruka, sójki, dzięcioła czarnego i bielika. Bogactwo fauny uzupełniają szlachetne ryby: sieja, sielawa, węgorz i pstrąg potokowy, a także raki i klika gatunków gadów (żmija zygzakowata i jaszczurka zwinka).

Na południe od miejscowości Kaletnik Znajduje się niewielki fragment (około 25 ha) Wigierskiego Parku Narodowego, który w większości rozciąga się w obrębie sąsiedniego arkusza Krasnopol (109). Park ten utworzono w 1988 r. na powierzchni 15 086 ha. W 1997 r. ustanowiono otulinę obejmującą 11 284 ha. Park na znacznej części swego obszaru zachował swe naturalne piękno, na które składa się ukształtowana przez lodowiec, zróżnicowana rzeźba terenu, liczne jeziora, rzeki, torfowiska oraz bogactwo flory i fauny. W granicach obszaru arkusza Puńsk do Wigierskiego Parku Narodowego należy torfowisko z brzozą niską, rosiczką okrągłolistną, żurawiną drobnolistną i bażyną czarną.

Rezerwat faunistyczny „Bobruczek” utworzono w 1962 r. na powierzchni 1,3 ha w celu ochrony miejsca bytowania bobrów (tabela 10). Obejmuje on małe jeziorko w zatorfionej dolinie strumienia, otoczone szuwarami trzcinowymi ze stanowiskami wierzby starej i brzozy niskiej.

W 1991 r. na omawianym obszarze utworzono dwa obszary chronionego krajobrazu: Pojezierze Sejneńskie o całkowitej powierzchni 37 880 ha i Pojezierze Północnej Suwalszczyzny 39 510 ha, którego fragmenty znajdują się na obszarze arkusza Puńsk OChKPS kontynuuje się w obrębie sąsiedniego arkusza Widugiery. Ich zadaniem jest zachowanie półnaturalnego krajobrazu o urozmaiconej rzeźbie terenu, z licznymi jeziorami, kemami, ozami i wzniesieniami morenowymi.

Na omawianym obszarze arkusza znajduje się 28 pomników przyrody – 17 w obrębie arkusza Puńsk i 12 – Widugiery (tabele 10, 11). Stosunkowo liczne są pomnikowe głazy narzutowe, z których największy o wysokości 2,4 m i obwodzie 11,3 m znajduje się koło wsi Postawełek.

Tabela 10

Wykaz rezerwatów i pomników przyrody – arkusz Puńsk

Nr obiektu na mapie	Forma ochrony	Miejscowość	Gmina Powiat	Rok zatwierdzenia	Rodzaj obiektu (powierzchnia w ha)
1	2	3	4	5	6
1	R	Sejwy	Puńsk Sejneński	1962	Fn – „Bobruczek” (1,3)
2	P	Andrzejewo	Szypliszki Suwalski	1955	Pn – G (gnejs)
3	P	Postawełek	Szypliszki suwalski	1969	Pn – G (granitognejs)
4	P	Postawełek	Szypliszki suwalski	1969	Pn – G (granit)
5	P	Andrzejewo	Szypliszki suwalski	1969	Pn – G (gnejs)

1	2	3	4	5	6
6	P	Kociołki	Szypliszki suwalski	1955	Pn – G (granitognejs)
7	P	Aleksandrówka	Szypliszki suwalski	1955	Pn – G (granit)
8	P	Aleksandrówka	Szypliszki suwalski	1998	Pn – G (granitognejs)
9	P	Krejwiany	Puńsk sejneński	1978	Pn – G (granitognejs)
10	P	Krejwiany	Puńsk sejneński	2001	Pż – grusza pospolita
11	P	Fornetka	Szypliszki suwalski	2004	Pż – dąb szypułkowy
1	2	3	4	5	6
12	P	Fornetka	Szypliszki suwalski	2004	Pż – brzoza brodawkowata
13	P	Szołtany	Puńsk sejneński	1993	Pż – lipa drobnolistna
14	P	Szołtany	Puńsk sejneński	1998	Pż – klon zwyczajny
15	P	Szołtany	Puńsk sejneński	1998	Pż – kasztanowiec zwyczajny
16	P	Grauże Nowe	Szypliszki suwalski	2004	Pż – dąb szypułkowy
17	P	Grauże Nowe	Szypliszki suwalski	2004	Pż – dąb szypułkowy
18	P	Rejsztokiejmie	Puńsk Sejneński	1998	Pż –topola biała

Rubryka 2: R – rezerwat przyrody, P – pomnik przyrody

Rubryka 5: rodzaj rezerwatu: Fn – faunistyczny

Rubryka 6: rodzaj pomnika przyrody: Pż – żywej, Pn – nieożywionej,
rodzaj obiektu: G – głąz narzutowy

Tabela 11

Wykaz pomników przyrody – arkusz Widugiery

Nr obiektu na mapie	Forma ochrony	Miejscowość	Gmina Powiat	Rok zatwierdzenia	Rodzaj obiektu
1	2	3	4	5	6
1	P	Poluńce Kolonia	Puńsk sejneński	1994	Pż – topola czarna
2	P	Poluńce Kolonia	Puńsk sejneński	1953	Pn – G (granit)
3	P	Tauroszyzki	Puńsk sejneński	1953	Pn – G (granitognejs)
4	P	Widugiery	Puńsk sejneński	1978	Pż – klon pospolity
5	P	Sankury	Puńsk sejneński	1980	Pż – jałowiec pospolity
6	P	Burbiszki	Sejny sejneński	1965	Pn – (gnejs)
7	P	Burbiszki	Sejny sejneński	1980	Pż – 5 jałowców pospolitych
8	P	Burbiszki	Sejny sejneński	1998	Pn – G (granitognejs)

1	2	3	4	5	6
9	P	Burbiszki	Sejny sejneński	1965	Pn – G (granit)
10	P	Jenorajście Folwark	Sejny sejneński	1953	Pn – G (gnejs)
11	P	Jenorajście Folwark	Sejny sejneński	1988	Pn – G (granitognejs)
12	P	Radziucie	Sejny sejneński	1998	Pż – dąb bezszypułkowy

Rubryka 2: P – pomnik przyrody,

Rubryka 6: rodzaj pomnika przyrody: Pż – żywej, Pn – nieożywionej; rodzaj obiektu: G – gład narzutowy

W systemie krajowym sieci ekologicznej ECONET, na obszarze omawianych arkuszy Puńsk i Widugiery znajduje się międzynarodowy obszar węzłowy – 16M Suwalski oraz międzynarodowy korytarz ekologiczny – 9m Szeszupy (fig. 5).

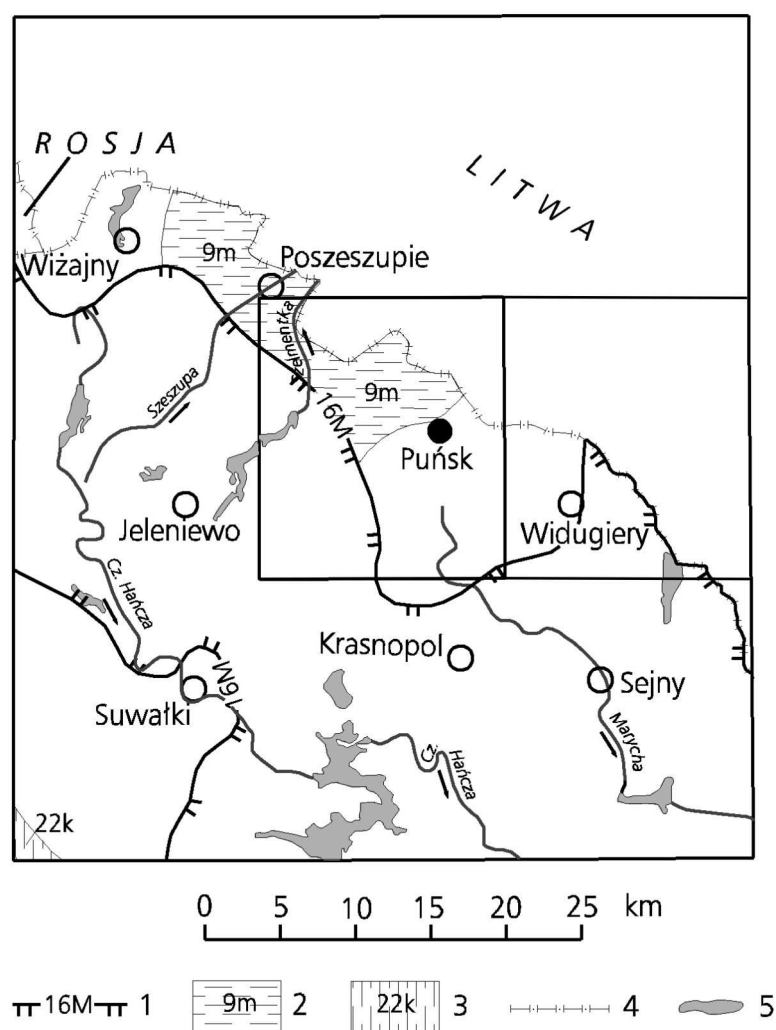


Fig. 5. Położenie arkuszy Puńsk i Widugiery na tle systemów ECONET wg Liro (1998)

1 – granica obszaru węzłowego o znaczeniu międzynarodowym, jego numer i nazwa: 16M – Suwalski; 2 – korytarz ekologiczny o znaczeniu międzynarodowym, jego numer i nazwa: 9m – Szeszupy; 3 – korytarz ekologiczny o znaczeniu krajowym, jego numer i nazwa: 22k – Rospudy; 4 – granica państwa; 5 – większe jeziora

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			
				Długość geogr.	Szerokość geogr.		Kod NUTS	Województwo	Powiat	Gmina
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	B	PLH 200001	Jeleniewo (S)	22°54'54"	54°12'46"	5 910,1	PL345	podlaskie	suwalski	Szypliszki, Jeleniewo,
2	B	PLH 20016	Dolina Szeszupy (S)	22°59'57"	54°20'42"	1 701,3	PL345	podlaskie	suwalski	Rutka-Tartak,
3	K	PLH 200004	Ostoja Wigierska (PS)	23°06'50"	54°01'05"	16 072,1	PL 345	podlaskie	sejneński	Krasnopol
4	K	PLH 200007	Pojezierze Sejneńskie (S)	23°18'40"	54°02'14"	13 630,9	PL 345	podlaskie	sejneński	Sejny Krasnopol

49

Rubryka 2: **B** – wydzielone SOO (Specjalne Obszary Ochrony) bez żadnych połączeń z innymi obszarami Natura 2000; **K** – SOO, częściowo przecinający się z OSO.

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

Pozycje 1–3 – w obrębie arkusza Puńsk, poz. 4 – w obrębie arkusza Widugiery

Omawiany obszar znajduje się w zasięgu kilku obszarów sieci Natura 2000 (tabela 12). Znajdują się tu niewielkie, północne fragmenty obszaru Pojezierze Sejneńskie. Jest to obszar o wybitnych walorach przyrodniczych. Występuje tu aż 14 typów siedlisk ujętych w zał. 1. oraz 6 gatunków roślin i 9 gatunków zwierząt kręgowych z zał. II „Dyrektywy Siedliskowej”. Do najcenniejszych należy lipiennik, związany z alkalicznymi torfowiskami. Spośród siedlisk największe znaczenie mają siedliska jeziorne i torfowiskowe, a także łąki na podłożu organicznym.

Zachodnia części obszaru arkusza Puńsk wokół jeziora Szelment Mały włączona została do obszaru „Ostoja Jeleniewo”. Swoim zasięgiem obejmuje on obszar morenowych wzniesień pomiędzy polodowcową rynną Czarnej Hańczy, a rynnowymi jeziorami Szelment Wielki i Mały. Ostoja ta o powierzchni 5910 ha ma za zadanie ochronę strefy żerowania największej w Polsce kolonii łąkowej nietoperza nocka łądkowłosego, najrzadszych i najbardziej zagrożonych wymarciem gatunków tych ssaków. Jego miejscem bytowania jest wieża kościoła w Jeleniewie (sąsiedni arkusz).

W granicach omawianego obszaru znajdują się ponadto bardzo niewielkie fragmenty dwóch innych obszarów „naturowych”: „Ostoja Wigierska”, w południowej części, której zasięg przestrzenny pokrywa się z granicami Wigierskiego Parku Narodowego oraz „Dolina Szeszupy”.

XII. Zabytki kultury

Najstarsze ślady bytności człowieka na obszarze arkuszy Puńsk i Widugiery pochodzą z okresu mezolitu (10 000-4 000 lat p.n.e.), a znaleziono je nad brzegami jeziora Szelment Mały. Były to obozowiska Bałtów. Ślady osadnictwa neolitycznego (4000–1800 lat p.n.e.) odkryto w Grauzach Nowych, Kaletniku i Radziucicach. Wszystkie odkryte dotychczas osady są wielokulturowe, gdyż znaleziska archeologiczne datowane tu są na różne okresy, nawet do wczesnego średniowiecza. Nieokreślonego wieku są kurhany w Ścibowie i Kociołach, natomiast cmentarzysko w Szlinokiemie pochodzi z okresu rzymskiego.

W czasach historycznych, aż do XIII w. ziemie te zamieszkiwali Jaćwingowie, plemię rolniczo-pasterskie, konkurujące z plemionami Mazowsza. Zostali oni pokonani i wysiedleni przez Krzyżaków. Z okresu świetności kultury Jaćwingów (V–XIII wiek) pochodzą: grodzisko w Jeglińcu oraz osada i kurhan w Bokszech Starych (arkusz Puńsk) i Bubelach, Brubiszkach i Jodeliszkach (arkusz Widugiery). Najcenniejsze pod względem kulturowym jest grodzisko w Jeglińcu, wpisane do wojewódzkiego rejestru zabytków. Znajduje się ono na wzgó-

rze morenowym, a jego naturalnymi barierami obronnymi były zbiorniki wodne. W XII–XIII wieku zbudowano potężne, widoczne do dziś wały, które umocniono kamieniami.

Kilka nowożytnych stanowisk archeologicznych – w pobliżu wsi Poluńce, Przystawańce, Pełeli, Widugier oraz w Zwiejkielach zlokalizowanych jest w obrębie arkusza Widugiery.

Najważniejszym ośrodkiem osadniczym i kulturalnym na omawianym obszarze jest Puńsk. Miasteczko to powstało pod koniec XVI wieku. Prawa miejskie posiadało w latach 1647-1852. Obecnie jest największym w Polsce skupiskiem mieszkających Litwinów i ich nieformalną stolicą. W Puńsku znajduje się kilka obiektów zabytkowych: neogotycki kościół z plebanią z 1881 r., dwa rzymskokatolickie cmentarze z kaplicami z XIX i XX wieku oraz synagoga i cmentarz żydowski. W okolicy zabytkowymi obiektami sakralnymi są: kościół, cmentarz z XX wieku w Bejcałach, osiemnastowieczny cmentarz w Kaletniku oraz zespół kościelno-klasztorny i cmentarz z początków XIX wieku w Smolanach.

Ochroną konserwatorską objęto drewniane domy mieszkalne i zabudowania gospodarcze z XIX wieku w miejscowościach: Trompole, Krejwiany, Wołyńce, Wojtokie i Smolany. Zabytkowymi obiektami architektonicznymi są także: drewniany budynek dworca kolejowego z 1896 r. w Trakiszkach i dwór z przełomu XIX i XX wieku w Sejwach, zespół dworsko-parkowy z XVIII w Szejpliszkach wraz z kuźnią i spichlerze, XIX w. dwór i park dworski w Dowiaciszkach, parki podworskie w Tauroszyzkach i Poluńcach, oraz zabytkowe litewskie chaty drewniane w Przystawańcach, Burakach, Widugierach, a także unikatowa ośmioboczna szopa maneżowa w Budzie Zawidugajskiej.

Miejscami pamięci narodowej są cmentarze żołnierzy rosyjskich i niemieckich poległych w czasie I wojny światowej w Szypliszkach (arkusz Puńsk), a także w Tauroszyzkach (ark. Widugiery).

XIII. Podsumowanie

Obszar arkuszy Puńsk i Widugiery znajduje się na pograniczu Polski i Litwy. Cały region ma charakter typowo rolniczy. Gleby chronione zajmują około 35-40% powierzchni, łąki na glebach pochodzenia organicznego około 5%, a lasy – 10%. Ludność utrzymuje się głównie z pracy na roli i w przedsiębiorstwach przetwórstwa rolno-spożywczego. Ważną rolę dla gospodarki i zatrudnienia lokalnych społeczności odgrywa obsługa ruchu towarowego na Litwę oraz usługi turystyczne.

Na omawianym obszarze udokumentowano 10 małych złóż kopalin okruchowych – kruszywa naturalnego piaskowo-żwirowego i jedno kopalni ilastych ceramiki budowlanej. Dwa niewielkie złoża piasków i żwirów są obecnie eksploatowane na podstawie udzielonych

koncesji. Perspektywy surowcowe omawianego obszaru są niewielkie i mają jedynie znaczenie lokalne. Dotyczą torfów oraz piasków i żwirów. Kilkanaście dobrze zbadanych, niewielkich, kilkuhektarowych torfowisk wyznaczono jako obszary prognostyczne.

Głównym użytkowym poziomem wodonośnym jest poziom czwartorzędowy. W jego obrębie znajdują się ujęcia wód podziemnych, które stanowią jedyne źródło zaopatrzenia w wodę ludności.

Warunki korzystne dla budownictwa występują głównie w centralnej części obszaru arkusza Puńsk. Na całym pozostałym terenie obu arkuszy warunki korzystne współwystępują z niekorzystnymi. Obecność licznych miejsc o niekorzystnych warunkach podłoża gruntowego jest efektem urozmaiconej morfologii terenu oraz obecności licznych zagłębień, gdzie zwierciadło wody gruntowej występuje płytko.

Obszar arkuszy Puńsk i Widugiery wyróżnia się znacznymi walorami krajobrazowymi i przyrodniczymi. Znaczne ich części objęte są prawną ochroną. Na obszarze arkusza Puńsk znajduje się niewielki fragment część Wigierskiego Parku Narodowego oraz większe fragmenty obszarów chronionego krajobrazu: Pojezierze Północnej Suwalszczyzny, oraz obręb obu – północne fragmenty OCHK Pojezierze Sejneńskie. Wielkoobszarowe formy ochrony uzupełnia sieć Natura 2000. Znajdują się tu większe fragmenty aż trzech obszarów tej sieci: Jeleniewo, Pojezierze Sejneńskie, a ponadto niewielkie skrawki obszarów Dolina Szeszupy i Ostoja Wigierska.

Liczne są pomniki przyrody, w tym głązy narzutowe oraz zabytki kultury, wśród których przeważają kościoły i cmentarze oraz zabytkowe obiekty architektoniczne.

Wybitne walory krajobrazowe i przyrodnicze, liczne jeziora, czyste powietrze, brak ośrodków miejskich i przemysłowych sprawiają, że głównymi kierunkami obecnego i przyszłego zagospodarowania tego terenu pozostaje indywidualne rolnictwo oraz agroturystryka i obsługa wzrastającego ruchu turystycznego. Coraz większego znaczenia nabiera też wymiana handlowa i współpraca kulturalna z sąsiednią Litwą.

Na terenie objętym arkuszami Puńsk i Widugiery wskazano obszary możliwej lokalizacji wyłącznie odpadów obojętnych. Naturalną barierę geologiczną tworzą gliny zwałowe fazy pomorskiej zlodowaceń północnopolskich.

Obszary predysponowane do składowania odpadów wskazano na terenie gmin: Rutka Tartak, Szypliszki, Puńsk i Krasnopol.

Warunki hydrogeologiczne dla składowania odpadów są zróżnicowane, stopień zagrożenia wód określono od bardzo niskiego do wysokiego. Najkorzystniejszy jest wariant lokalizacji składowisk w rejonach Kielczany – Wojnary, Trzcinka, Wygorzel, Szypliszki, Słobódka

i Sitkowizna. Przy średniej i wysokiej odporności użytkowego poziomu wodonośnego stopień jego zagrożenia określono na niski.

Wyrobiska eksploatowanych złóż oraz punkty niekoncesjonowanego poboru kopalin na potrzeby lokalne znajdują się ą na obszarach bezwzględnie 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 złożami kruszywa naturalnego przeprowadzonych w rejonach: Sejwy-Smolany, Romanowie i Giby. *Woj. Arch. Geol. W Białymstoku*.
- BER A., 1989 – Morfogenezą Pojezierza Suwalskiego i Równiny Augustowskiej. *Stud. i Mater. Ocean.* 56
- BIRCH G., SIAKA M., OWENS C., 2001 — The source of anthropogenic heavy metals in fluvial sediments of a rural catchment: Coss River, Australia. *Water, Air & Soil Pollution*, 126 (1-2): 13 – 35.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1996 — Heavy metals in the Bystrzyca river flood plain. *Geological Quarterly*, 40 (3): 467-480.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., LEWANDOWSKI P., 1995 – Metale ciężkie w glebach tarasów zalewowych Pisi. *Prz. Geol.* 44 (1), 75, 1996.
- BORDAS F., BOURG A., 2001 – Effect of solid/liquid ratio on the remobilization of Cu, Pb, Cd and Zn from polluted river sediment. *Water, Air, and Soil Pollution* 128:391-400.
- CECKOWSKI, TATARATA, 2010- Dokumentacja geologiczna w kat. C1 złoża piaski Szol-tany IV. *Woj. Arch. Geol. W Białymstoku*.
- DOBAK P., 2005 – Geologiczno-inżynierskie systemy waloryzacji przestrzeni. *Problemy Ocen Środowiskowych*. Warszawa.
- 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 warmińsko-mazurskim. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRUSZECKI J. 2006 – Mapa geologiczno-gospodarcza arkusz Widugiery. Plansza A. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HARAT J., 1990 – Wyniki wierceń penetracyjnych dla rozpoznania złoża surowców ilastych w rejonie Sądawki-Podwojponie. *Woj. Arch. Geol. W Białymstoku*.
- 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., 1987 – Atlas geologiczno-inzynierski rejonu Suwałk. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa
- KACZYŃSKI R., TRZCIŃSKI J., 2000 – Właściwości fizyko-mechaniczne i strukturalne glin zwałowych zlodowacenia Wisły na obszarze Polski. XII Konferencja mechaniki gruntów, Szczecin-Międzyzdroje.
- Klasyfikacja** jednolitych części wód rzecznych województwa podlaskiego – 2010 (stan na 30.06.2011) – zestawienie ocen. RDOŚ. Białystok
- KLECZKOWSKI. A. S. (red.), 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony w skali 1: 500 000. AGH, Kraków.
- KONDRACKI J., 2002 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- KRZYWICKI T., 1987 – Szczegółowa Mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Puńsk. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KRZYWICKI T., 1989 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000 Widugiery (74). Państw. Inst. Geolog, Warszawa.
- KRZYWICKI T., 1995 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Puńsk [73] i arkusz Widugiery [74]. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KWAŚNY 2006- Mapa geologiczno-gospodarcza arkusz Widugiery. Plansza A. 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. Wydawnictwo Fundacji IUCN Poland, Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995 – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LIU H., PROBST A. LIAO B. (2005) – Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China). *Sci Total Environ.* 339(1-3):153–166, 2005.
- MACDONALD D., INGERSOLL C., BERGER T., 2000 Development and Evaluation of consensus-based Sediment Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39: 20–31.
- MARKS L., BER A., GOGOŁEK W., PIOTROWSKA K. (red.) 2006 – Mapa geologiczna Polski w skali 1: 500 000. Państw. Inst. Geol.,
- MARUSZCZAK A., SOŻYŃSKI J., 1980– Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Zaborszki”. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- MECRAY E. L., KING J. W., APPLEBY P. G., HUNT A. S., 2001 — Historical trace metal accumulation in the sediments of an urbanized region of the Lake Champlain Watershed, Burlington, Vermont. *Water, Air & Soil Pollution* Vol. 125 Nos. 1-4 p 201 – 230.
- MIDDELKOOP H., 2000 – HEAVY-metal pollution of the river Rhine and Meuse floodplains in the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences* 79 (4): 411-428.
- 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.
- NOWICKI Z., GRZYCZKO A., 2004 – – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Widugiery. *Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol. Warszawa*
- NOWICKI Z., GRZYCZKO A., 2005 Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Puńsk. *Centr. Arch. Geolog. Państw. Inst. Geol. Warszawa*

- OSTRZYŻEK S., DEMBEK W. (red.), 1996 – Zlokalizowanie i charakterystyka złóż torfowych w Polsce spełniających kryteria potencjalnej bazy zasobowej z ustaleniem i uwzględnieniem wymogów związanych z ochroną i kształtowaniem środowiska. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.
- PACZYŃSKI B. 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski 1:500 000, cz. II. Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych. Państw. Inst. Geol. PAE.SA. Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A., 2007. –Hydrogeologia regionalna Polski, t. I. Wody słodkie. Wyd. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- PAPROCKA I., 1989 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Szołtany II” dla potrzeb drogownictwa i budownictwa gminnego. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PULFORD I., MACKENZIE A., DONATELLO S., LAURA HASTINGS L.,(2009 – Source term characterisation using concentration trends and geochemical associations of Pb and Zn in river sediments in the vicinity of a disused mine site: implications for contaminant metal dispersion processes.Environmental Pollution 157(5): 1649-1656
- RAMAMOORTHY S., RAMAMOORTHY S., 1997 – Chlorinated organic compounds in the Environment. Lewis Publishers.pp.370.
- Raport** o stanie środowiska w województwie podlaskim, 2011. RDOŚ. Białystok
- 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.
- SADOWSKI W., 1988 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Trakiszki” dla potrzeb budownictwa i drogownictwa gminnego. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1989 – Karta rejestracyjna złoża ceramiki budowlanej „Sadzawki-Podwojponie”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1991 Uproszczona dokumentacja geologiczna w kat. C1 złoża kruszywa naturalnego „Konstantynówka”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1992 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Andrzejewo” wraz z uproszczonym projektem zagospodarowania złoża dla potrzeb gminnych. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1993a – Uproszczona dokumentacja geologiczna w kat. C1 złoża kruszywa naturalnego „Postawełek”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1993b – Uproszczona dokumentacja geologiczna w kat. C1 złoża kruszywa naturalnego „Kaletnik” dla potrzeb drogownictwa i budownictwa gminnego. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1994a – Uproszczona dokumentacja geologiczna w kat. C1 złoża kruszywa naturalnego „Sadzawki”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 1994b – Uproszczona dokumentacja geologiczna w kat. C1 złoża kruszywa naturalnego „Szołtany III”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SADOWSKI W., 2002 – Dodatek (rozliczeniowy) nr 1 do uproszczonej dokumentacji geologicznej złoża kruszywa naturalnego „Słobódka” w kat. C1. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SJÖBLOM A, HÅKANSSON K., ALLARD B., 2004 – River water metal speciation in a mining region – the influence of wetlands, limning, tributaries, and groundwater. *Water, Air, and Soil Pollution* 152: 173-194.

- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1993 – Mapy Radioekologiczne Polski cz. I: Mapa mocy dawki promieniowania gamma w Polsce; Mapa stężenia cezu w Polsce. Skala 1:750 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1994 – Mapy Radioekologiczne Polski cz. II. Mapa koncentracji uranu, toru i potasu w Polsce. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŠMEJKALOVÁ M., MIKANOVÁ O., BORŮVKA L., 2003 – Effects of heavy metal concentrations on biological activity of soil micro-organisms. *Plant & Soil Environ.*, 49 (7): 321–326.
- SZELLER A., 1983 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Szołtany” dla potrzeb budownictwa i drogownictwa. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SZUFLICKI M. MALON A., (red.), 2011 – Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce według stanu na 31 XII 2010 r. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TATARATA M., 2003 – Dodatek (rozliczeniowy) nr 1 do dokumentacji geologicznej w kat. C₁ złoża kruszywa naturalnego „Szypliszki”. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TATARATA M., 2006 – Dokumentacja geologiczna kat. C₁ złoża piasku ze żwirem „Bublele”. Arch. Starostwa Powiatowego w Sejnach. Sejny
- Ustawa** o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. Dziennik Ustaw nr 185, poz. 1243 z dnia 5 października 2010 r.
- WOŚ A., 1999 – Klimat Polski, PWN, Warszawa.
- 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.
- ZIELIŃSKI T., 1992 – Moreny czołowe Polski północno-wschodniej – osady i warunki sedymentacji. *Prace Naukowe Uniw. Śląskiego w Katowicach* nr 1325.

ŻUKOWSKI K., SZELLER A., 1982 – Karta rejestracyjna złoża kruszywa naturalnego „Smolany” dla potrzeb drogownictwa. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.