

Znaczenie warunków geologicznych i geomorfologicznych dla rozwoju i współczesnego stanu torfowisk Niecki Nidziańskiej

Daniel Okupny^{1,2}, Witold Jucha¹



D. Okupny



W. Jucha

Significance of geological and geomorphological conditions for development and the contemporary state of peatlands in the Nida Basin. *Prz. Geol.*, 68: 135–144; doi: 10.7306/2020.6

Abstract. Synthetic studies of biogenic deposits made on a regional scale reveal how the geological structure and land relief have been affecting the development of limnic and peat sediments. The research was made in the Nida Basin, which is the region of great diversity of natural landscape in southern Poland and has a relatively large area of peatlands. The conclusions have been based on SRTM interpretation, hydrogeological documentations of deposits near Busko-Zdrój, and field and laboratory works. The spring-fed fen at Zwierzyniec, along with the fen at Mikołowice, has been forming on the densest complexes of alkaline fens in the Małopolska Upland. The calcareous tufa includes records of chemical denudation occurring in the southern part of the Pińczów Hump in the Late Weichselian and Holocene.

Keywords: biogenic deposits, geomorphometry, peatland, spring-fed fen, Nida Basin

Wzrost zainteresowania mokradłami, wyraźnie zauważalny w ostatnich latach, wynika z funkcji, jakie te ekosystemy pełnią w środowisku. Z jednej strony torfowiska są siedliskami zwiększającymi różnorodność krajobrazową i biologiczną (Łachacz, 2004), z drugiej zaś pełnią ważną rolę w obiegu wody oraz akumulacji martwej materii organicznej (Gorham, 1991; Waddington, Price, 2000). Z tego też powodu wszelkie działania z zakresu ochrony środowiska powinny uwzględniać ilościową i jakościową ocenę stanu torfowisk, w tym z wykorzystaniem wielu wskaźników (*multi-proxy*) stanowiących współcześnie trzon badań paleoekologicznych (Lamentowicz, 2007). Na uwagę zasługuje szeroko rozumiany monitoring funkcjonowania mokradeł torfotwórczych, zwłaszcza w kontekście negatywnych zmian szybko postępujących w ich obrębie. Do zmian tych należą: zaburzenia uwarunkowań hydrogeochemicznych, zmniejszanie zasięgu tych obiektów, ich fragmentacja, a nawet całkowity zanik (Barber, 1993; Łajczak, 2013; Marcisz i in., 2014; Solovey, Józwiak, 2019). Zmiany poziomu wody gruntowej i powierzchniowej, zapisane w seriach sukcesyjnych torfowisk, dowodzą, że proces zatorfienia rozpoczęty w późnym glacie był ściśle związany z warunkami hydrogeologicznymi oraz rzeźbą terenu (Żurek, 1991/1992; Forsytek, 2012). Istotną rolę w badaniach współczesnych zbiorników akumulacji biogenicznej pełni kryterium geologiczne (Tobolski, 2004). Składają się na nie m.in.: badania nad oceną wpływu litologii podłoża, rzeźby terenu i zasilania na rozwój torfowisk. Szczególnie pod tym względem są torfowiska źródłkowe, których rozwój jest związany ze stałym zasilaniem wodami podziemnymi o podwyższonej twardości, zasobnymi w węglan wapnia (Dobrowolski, 2011; Dobrowolski i in., 2019). Tematyka torfowisk źródłkowych na Wyżynie Małopolskiej, dobrze rozpoznanej pod względem hydrogeologicznym, była bardzo rzadko poruszana (Ławryniewicz, 1977; Przemyski, Wołejko, 2011), w przeciwieństwie do pozostającej

części krasowych wyżyn węglanowych (Alexandrowicz i in., 1994; Dobrowolski, 1994; Pazdur i in., 2002; Dobrowolski i in., 2002) czy Niżu Polskiego (Alexandrowicz, Żurek, 1996; Wołejko, 2002; Ziulkiewicz i in., 2012; Mazurek i in., 2014). Tymczasem podobne torfowiska źródłkowe występują w Niece Nidziańskiej, w strefie od Buska-Zdroju po Pińczów, gdzie Okupny i in. (2018) przedstawili liczne przykłady występowania sekwencji rytmicznie warstwowanych osadów biogenicznych (torfów) oraz węglanowych (martwic wapiennych). Usytuowanie geomorfologiczne oraz litologia tych osadów są typowe dla torfowisk źródłkowych wiszących, rzadziej tworzą one kopuły torfowo-martwicowe.

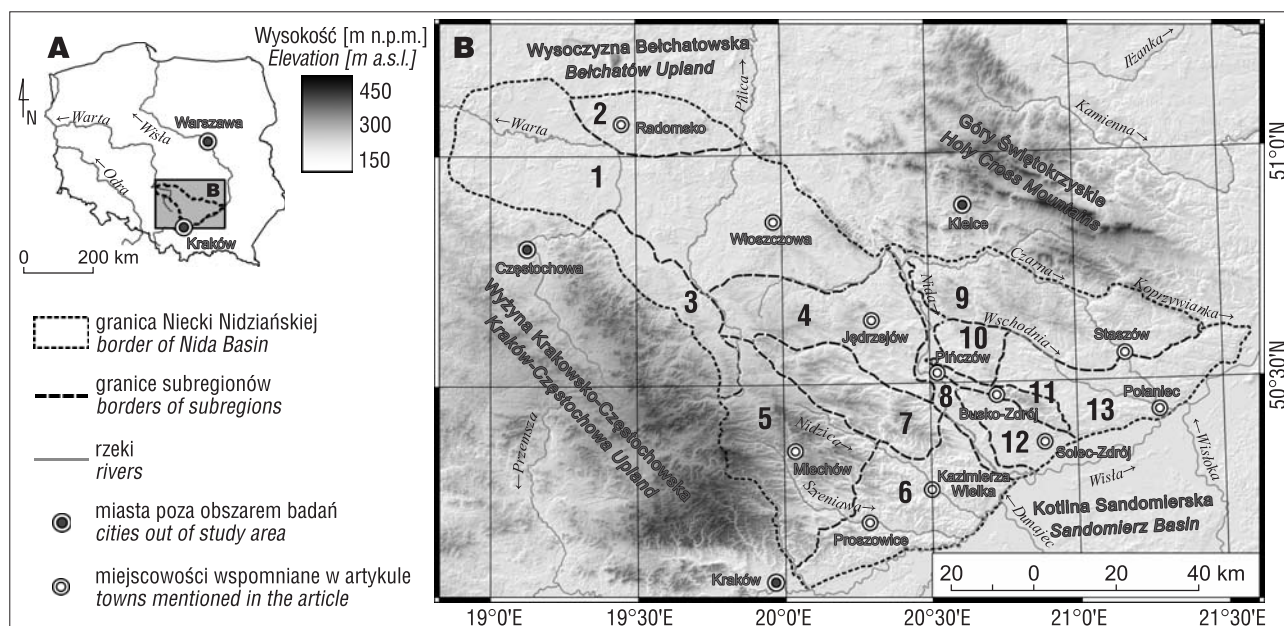
Celem artykułu jest ukazanie związku rozwoju torfowisk Niecki Nidziańskiej z jej budową geologiczną i rzeźbą. Region ten cechuje czterokrotnie większy wskaźnik zatorfienia od pozostałej części Wyżyn Polskich. W pracy przedstawiono dotychczasowy stan rozpoznania osadów wybranych mokradeł torfotwórczych niecki, w tym także wstępne wyniki badań kilku nowo udokumentowanych stanowisk torfowisk źródłkowych. Tym samym artykuł wpisuje się w nurt badań nad węglanowymi (alkalicznymi) torfowiskami typu niskiego, których udział w powierzchni wszystkich torfowisk w kraju nie przekracza 1% (Jasnowski, 1975).

OBSZAR BADAŃ

Niecka Nidziańska leży w środkowej części Wyżyny Małopolskiej (Solon i in., 2018) i stanowi wyraźne obniżenie względem sąsiednich obszarów Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej i Wyżyny Kielecko-Sandomierskiej (ryc. 1). Zgodnie z podziałem geomorfologicznym Niecki Nidziańskiej przyjętym przez Cabaja i Nowaka (1986) w skład badanego regionu wchodzi 13 jednostek, spośród których największą powierzchnię ma Niecka Włoszczowska, najmniejszą zaś Dolina Nidy (ryc. 1). Wśród nich jedynie

¹ Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków

² Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Uniwersytet Szczeciński, ul. Adama Mickiewicza 16, 70-383 Szczecin; daniel.okupny@usz.edu.pl



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań i podział na subregiony geomorfologiczne wg Cabaja i Nowaka (1986): 1 – Niecka Włoszczowska, 2 – Wzgórza Radomszczańskie, 3 – Próg Lelowski, 4 – Płaskowyż Jędrzejowski, 5 – Wyżyna Miechowska, 6 – Działy Proszowickie, 7 – Garb Wodzisławski, 8 – Dolina Nidy, 9 – Płaskowyż Szydłowski, 10 – Płaskowyż Szaniecki, 11 – Garb Pińczowski, 12 – Niecka Solecka, 13 – Niecka Połaniecka

Fig. 1. Location of the study area against the geomorphic subregions by Cabaj and Nowak (1986)

na Płaskowyżu Szanieckim i w Niecce Soleckiej dominuje rzeźba strukturalno-denudacyjna rozwinięta na utworach mioceńskich oraz kredowych (tab. 1). W pozostałych jednostkach udział rzeźby akumulacyjnej i denudacyjno-erozyjnej rozwiniętej na utworach czwartorzędowych przekracza 50% powierzchni, a na obszarze Wzgórz Radomszczańskich, Działów Proszowickich oraz Doliny Nidy (ryc. 1) dochodzi nawet do 90%.

Nieco mniej niż połowę powierzchni Niecki Nidziańskiej zajmuje dorzecze Nidy (47%), pozostały obszar jest odwadniany głównie przez rzeki: Dłubnię, Szreniawę, Nidzicę, Koprzywiankę, Wschodnią, Czarną oraz górne odcinki Warty i Pilicy. Na przeważającym obszarze zwierciadło wód podziemnych zalega stosunkowo głęboko (nawet 100 m p.p.t.), wydajność licznych źródeł zależy zaś od miąższości i przepuszczalności skał tworzących warstwę wodonośną. Lokalnym zgrupowaniom wydajnych wypływów wód podziemnych (nawet powyżej 50 l/s) sprzyja występowanie uskoków (Chełmicki, 1986). Na zróżnicowany skład chemiczny wód podziemnych tego obszaru istotny wpływ ma jego struktura blokowo-łańdowa (system uskoków o zróżnicowanym zasięgu i orientacji przestrzennej) oraz poziomy wodonośny związane z utworami czwartorzędowymi, neogenu, kredy i lokalnie jury (Wicik, 2000a; Józwiak, Rózkowski, 2015).

Obecnie na terenie Niecki Nidziańskiej prowadzi się eksploatację wód leczniczych typu: Cl–Na, S, I oraz Cl–Na, I, które łącznie z wydobyciem mułów borowinowych (torfów nasyconych związkami siarki), stały się podstawą działalności uzdrowisk w Busku-Zdroju i Solcu-Zdroju (Herman, Gagol, 2000; Prażak, 2012). Z obliczeń Żurka (1981) wynika, że eksploatacją torfu w środkowej części Wyżyny Małopolskiej objęto 30% torfowisk, a obszar wyrobisk poeksploatacyjnych dochodzi do 7% ogólnej powierzchni wszystkich obszarów podmokłych. Najważniejszymi złożami torfu i gytii, przeznaczonymi do lecznictwa uzdrowiskowego i eksploatowanymi na skalę przemysłową, są na terenie Niecki Nidziańskiej: Miku-

łowice–Siwice, Szaniec–Wymysłów, Skorzów, Kobylniki oraz Stopnica–Kargów–Sufczyce (Karski, 1971; Gałka i in., 2006). Niektóre duże torfowiska (np. w Pierzchnicy), zostały wyeksploatowane prawie całkowicie. Mimo wyraźnych zmian w środowisku przyrodniczym torfowisk Niecki Nidziańskiej, przetrwało na nich wiele rzadkich gatunków roślin oraz kilka zbiorowisk roślinnych (Głazek, 1989, 1992; Towpasz, Stachurska-Swakoń, 2009; Przemyski, Wołejko, 2011).

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Do scharakteryzowania torfowisk wykorzystano dane ze wstępnych dokumentacji złożowych, zestawionych przez Piwockiego (1971) oraz Żurka (1981). Warunki geologiczne i genezę rzeźby rozpoznano na podstawie literatury przedmiotu (Łyczewska, 1975; Rutkowski, 1981, 1986; Lindner, 1984; Cabaj, Nowak, 1986; Urban, 2014) oraz analizy opracowań geologicznych dotyczących ujęć wody podziemnej w okolicach Buska-Zdroju (Marszałek, 1970; Siemieniec, 2002). Ponadto z 30 arkuszy Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (SMGP) w skali 1 : 50 000 przeniesiono zasięgi dwóch wydzieleni litologicznych odnoszących się do osadów biogenicznych (torfów oraz torfów na innych osadach).

Parametry morfometryczne pozyskano w środowisku GIS, wykorzystując do tego celu programy *Quantum GIS* i *GRASS GIS* oraz materiały przestrzenne – mapy i modele wysokościowe. Analizę zróżnicowania rzeźby terenu w poszczególnych jednostkach Niecki Nidziańskiej oparto na badaniu rozkładu dwóch parametrów, pochodnych z cyfrowego modelu wysokościowego (analiza numerycznych modeli terenu): nachylenia terenu oraz wskaźnika wilgotności gruntu (*Topographic Wetness Index* – TWI). Wskaźniki te umożliwiają wyznaczenie stref występowania potencjalnych obszarów podmokłych (Migoń, Kasprzak, 2014). Oba wskaźniki wygenerowano na podstawie cyfrowego modelu wysokościowego SRTM

(<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) i zbadano z zastosowaniem narzędzi statystyk rastra w podziale na poszczególne jednostki subregionalne Niecki Nidziańskiej. Dane cyfrowe wykorzystano zgodnie z licencją wydaną przez Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej dla Instytutu Geografii UP w Krakowie. Zgodę na skorzystanie z danych wysokościowych ALS ISOK, potrzebnych do zobrazowania niektórych obiektów, wydał Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.

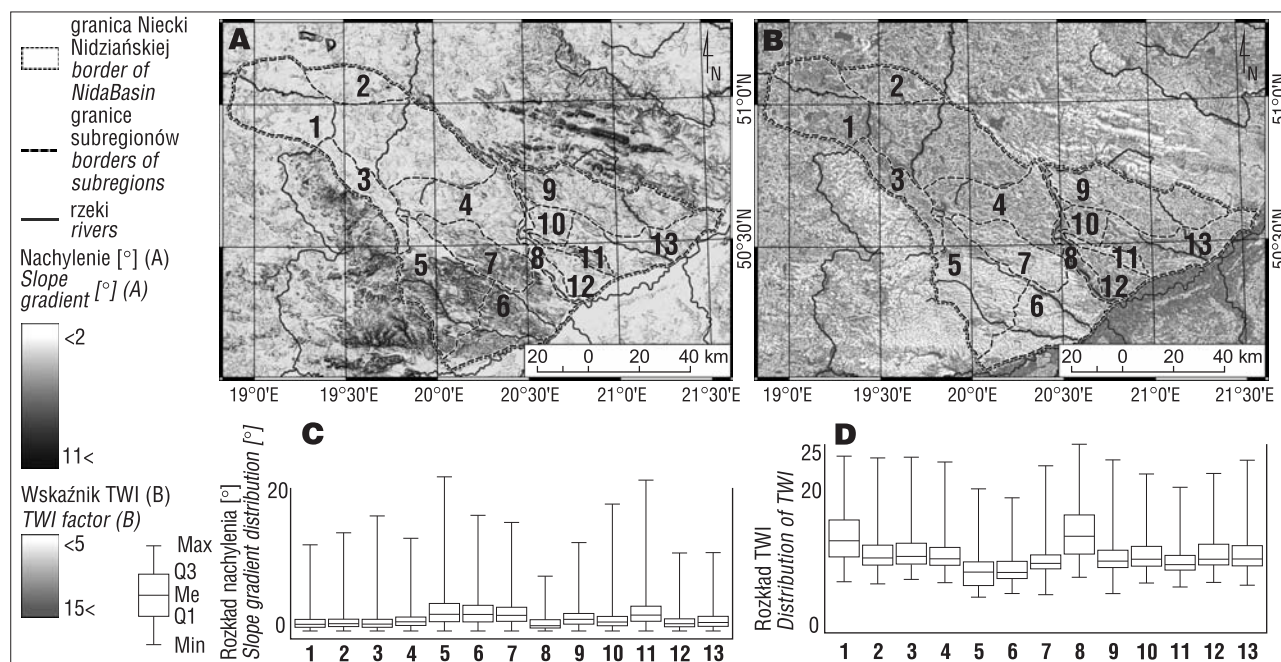
W ramach prac terenowych określono skład fizykochemiczny wód podziemnych wypływających we wsi Zwierzyniec z krawędzi niszy podcinającej południowe zbocze Garbu Pińczowskiego. Odczyn wody podziemnej pomierzono za pomocą miernika CP-401 firmy *Elmetron*, a twardość ogólną oznaczono fotometrem LF300 firmy *Slandi*. W Bełku, Sędowicach oraz Zwierzyncu-Mikułowicach przeprowadzono kartowanie geologiczne torfowisk źródłiskowych. Z użyciem laski holenderskiej wykonano 200 wierceń, a za pomocą próbnika *Instorf* pobrano 8 rdzeni osadów torfowo-martwicowych z różnych części torfowisk w Bełku, Sędowicach i Zwierzyncu. Ze względu na specyfikę środowiska depozycyjnego torfowisk źródłiskowych w opisie ich litologii uwzględniono sugestie metodyczne Dobrowolskiego (2011).

Podstawowe składniki litogeochemiczne pobranych osadów oznaczono w Laboratorium Geochemicznym Instytutu Nauk o Morzu Uniwersytetu Szczecińskiego: materię organiczną (metodą strat prażenia w piecu mufowym w temperaturze 550°C) oraz węgiel wapnia – CaCO₃ (metodą objętościową przy użyciu aparatu Scheiblera). Opis rdzenia pobranego z torfowiska w Zwierzyncu, oznaczonego jako Z-I, i jego makroskopową analizę litofacjalną wykonano zgodnie z założeniami niegenetycznej klasyfikacji osadów Troels-Smitha (Tobolski, 2000), uwzględniając modyfikację Dobrowolskiego (2011).

ROZWÓJ TORFOWISK NA TLE WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH I GEOMORFOLOGICZNYCH

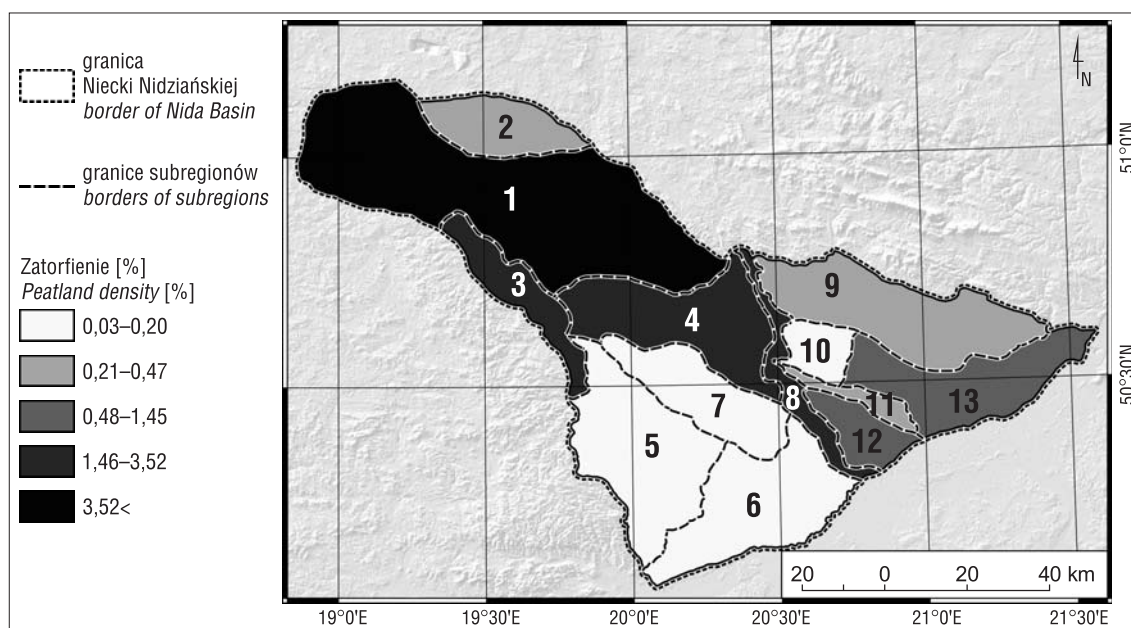
Charakterystyczną cechą Niecki Nidziańskiej jest zróżnicowanie rzeźby terenu, wynikające m.in. z litologii osadów oraz uwarunkowań morfogenetycznych, zarówno endo-, jak i egzogenicznych (Flis, 1954; Cabaj, Nowak, 1986; Urban, 2012). W granicach obszaru badań wydzielono cztery typy litologiczne rzeźby wyżynnej, tj. krzemionkowy, skał krasowięjących, lessowy i aluwialny (Janicki i in., 2008), jednak mimo to ukształtowanie terenu charakteryzuje się bardzo dużym udziałem powierzchni o niewielkim nachyleniu, najczęściej 2–4° (ryc. 2A, C). Większym udziałem obszarów o większych nachyleniach (5–7°) charakteryzują się Wyżyna Miechowska, Działy Proszowickie, Garb Wodzisławski oraz Garb Pińczowski (ryc. 1). Wartości wskaźnika TWI, wyliczone dla tych subregionów, są w związku z tym niższe – średnio o dwie jednostki (ryc. 2B, D). Najlepsze warunki morfologiczne do rozwoju torfowisk, wyrażone przez wskaźnik TWI, udokumentowano w Niece Włoszczowskiej, na Płaskowyżu Jędrzejowskim i w Dolinie Nidy (ryc. 1). W tych trzech subregionach licznie występują kompleksy wydumowe z zagłębieniami bezodpływowymi, których udział w powierzchni wynosi nawet 8% (Cabaj, Nowak, 1986).

Wymienione lokalne uwarunkowania geologiczne i geomorfologiczne obszaru badań znajdują odzwierciedlenie w szczególnym rozmieszczeniu i typie torfowisk, determinującym największe jego zatorfienie (ok. 4%) w porównaniu do pozostałej części wyżyn południowopolskich, gdzie ich udział nie przekracza 1% (Żurek, 1987, 2000). Zatorfienie Niecki Nidziańskiej jest jednak mocno zróżnicowane w poszczególnych subregionach. Wzrasta ono z południa w kierunku północnym i zachodnim. W Niece Włoszczowskiej zatorfienie wynosi 8%, w Dolinie Nidy, na



Ryc. 2. Mapa i rozkład nachyleń (A i C) oraz przestrzenne zróżnicowanie i rozkład topograficznego wskaźnika wilgotności (B i D) w subregionach geomorfologicznych Niecki Nidziańskiej wyróżnionych przez Cabaja i Nowaka (1986). Numery i nazwy subregionów jak na ryc. 1

Fig. 2. Map and distribution of the slope gradients (A and C), and spatial distribution of Topographic Wetness Index (B and D) in the geomorphic subregions of the Nida Basin distinguished by Cabaj and Nowak (1986). Numbers and names of subregions as in Fig. 1



Ryc. 3. Zatorfienie Niecki Nidziańskiej wg subregionów fizycznogeograficznych wydzielonych przez Cabaja i Nowaka (1986). Numery i nazwy subregionów w objaśnieniach do ryc. 1

Fig. 3. Peatland density in the geomorphic subregions of the Nida Basin, distinguished by Cabaj and Nowak (1986). Numbers and names of subregions as in Fig. 1

Płaskowyżu Jędrzejowskim oraz Płaskowyżu Lelowskim waha się między 2,5 a 3,5%, natomiast na Wyżynie Miechowskiej i w Działach Proszowickich wynosi mniej niż 0,05% (ryc. 3). Spośród 360 torfowisk udokumentowanych na arkuszach Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski Niecka Włoszczowska grupuje ich aż 160, natomiast Działy Proszowickie i Wyżyna Miechowska – tylko po 7 (tab. 1). Nieco inaczej wygląda sytuacja pod względem powierzchni torfowisk – w Niece Włoszczowskiej, na Płaskowyżu Jędrzejowskim oraz Progu Lelowskim zaj-

mują one odpowiednio 21 tys. ha; 3,5 tys. ha oraz 900 ha; na Wyżynie Miechowskiej – 29 ha, a na Płaskowyżu Szanieckim – zaledwie 22 ha. Wśród analizowanych cech ilościowych zróżnicowanie wykazuje także średnia powierzchnia torfowisk. Na Płaskowyżu Szanieckim oraz w Działach Proszowickich wynosi ona zaledwie 2 ha, w Dolinie Nidy, Niece Połanieckiej oraz na Progu Lelowskim oscyluje wokół 35 ha, natomiast w Niece Włoszczowskiej osiąga aż 132 ha. Powierzchnia 69% torfowisk Płaskowyżu Szanieckiego oraz Działów Proszowickich jest mniejsza od 5 ha,

Tabela 1. Procentowy udział różnych typów rzeźby (wg Cabaja, Nowaka, 1981) oraz liczba i powierzchnia torfowisk (wg Piwockiego, 1971; Żurek, 1981 – zmienione) w subregionach Niecki Nidziańskiej

Table 1. Percentage of relief types of areas (after Cabaj, Nowak, 1981), number and area of peatlands (after Piwocki, 1971; Żurek, 1981 – changed) in particular subregions of the Nida Basin

Subregion Subregion	Rzeźba strukturalno-denudacyjna w utworach: Structural-denudational relief in:		Rzeźba akumulacyjna i denudacyjno-erozyjna w utworach czwartorzędowych Accumulation and denudational-erosional relief in Quaternary deposits [%]	Liczba torfowisk Number of peatlands	Powierzchnia torfowisk Peatland area [ha]
	kredowych i starszych Cretaceous and older deposits [%]	miocenijskich Miocene deposits [%]			
Niecka Włoszczowska	14	–	86	160	21252
Wzgórza Radomszczańskie	8	–	92	4	142
Próg Lelowski	28	–	72	27	900
Płaskowyż Jędrzejowski	48	–	52	53	3553
Wyżyna Miechowska	21	1	78	7	29
Działy Proszowickie	1	3	96	7	15
Garb Wodzisławski	27	–	73	9	104
Dolina Nidy	10	–	90	17	593
Płaskowyż Szydłowski	24	9	67	14	304
Płaskowyż Szaniecki	12	45	43	11	22
Garb Pińczowski	16	20	64	8	52
Niecka Solecka	10	41	49	17	302
Niecka Połaniecka	–	19	81	26	890

podczas gdy powierzchnia 15% torfowisk Niecki Włoszowskiej nawet pięciokrotnie przekracza 100 ha.

W starszym podłożu, które odsłania się na powierzchni zaledwie 25% regionu, wyróżniono skały górnokredowe i miocenne (Cabaj, Nowak, 1986). W wyniku denudacji chemicznej na obszarze Niecki Nidziańskiej rozwinęły się liczne formy krasu powierzchniowego i podziemnego, w tym m.in. zapadliska (leje) krasowe (Urban i in., 2015). Powstałe w ich obrębie zbiorniki akumulacji biogenicznej nie zapewniały jednak ciągłości przyrostu osadów jeziornych i torfowych, gdyż były silnie uzależnione od zasilania wodami gruntowymi. W gipsowym krajobrazie Niecki Nidziańskiej torfowiska stanowią zazwyczaj niewielkie powierzchniowo zbiorniki (do 10 ha) o maksymalnej miąższości osadów do 2 m. Zdaniem Wicika (2000b) te torfowicze mokradła powstały w miejscach wypływu wód podziemnych o słabym ciśnieniu hydrostatycznym. Pod względem litologii i wieku osadów biogenicznych najciekawszymi obiektami tego typu są torfowiska: Aleksandrów, Gacki, Gaik-Winiary, Owczary i Żydowiec (ryc. 4).

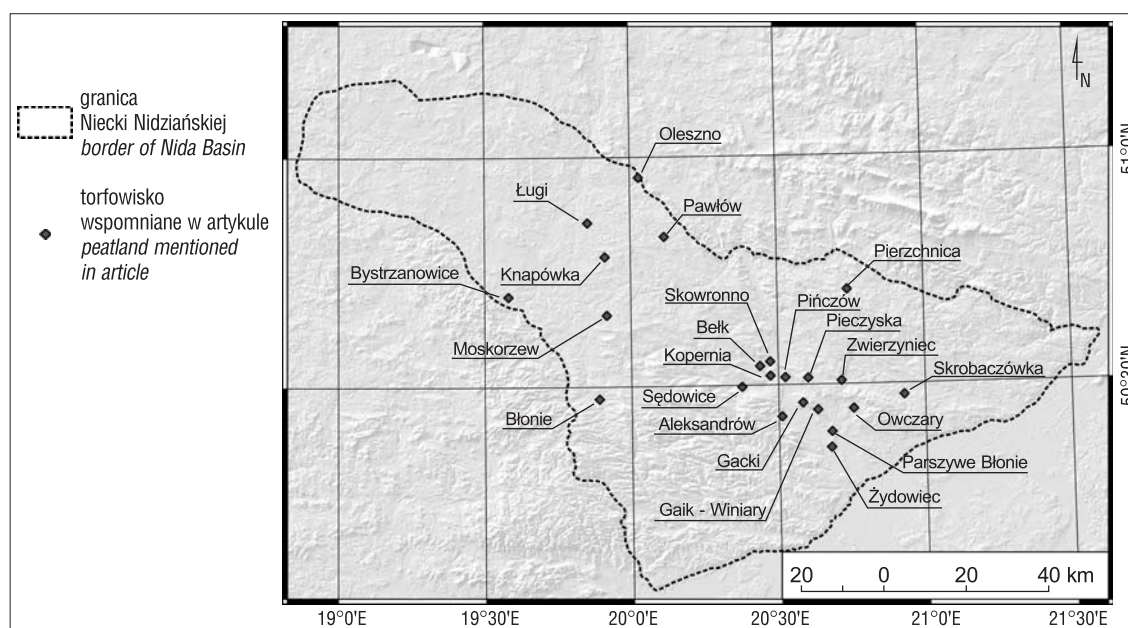
W profilu torfowiska Parszywe Błonia w Aleksandrowie, które zajmuje dno obniżenia krasowo-denudacyjnego otoczonego wychodniami margli kredowych i gipsów, występuje w spągu cienka warstwa (ok. 0,5 m) murszów torfiastych, których najstarsze daty ^{14}C wynoszą $13\,910 \pm 100$ lat BP oraz $10\,370 \pm 150$ lat BP (Wicik, 2000b). Wicik (2000b) dokonał także geochemicznej charakterystyki osadów kompleksu torfowisk w pobliżu wsi Gaik oraz Winiary. Rozwój niewielkich powierzchniowo zbiorników rozpoczyna faza jeziorna (gytia ilasto-wapienna z kilkuprocentowym udziałem CaCO_3), a następnie przyjmuje fazy torfowiska niskiego i przejściowego – torfy o różnym stopniu rozkładu i średniej popielności ok. 20% z liczną małakofauną oraz drewnem.

Również w Owczarach koło Buska-Zdroju obecność w spągu profilu torfowiska gytii ilastej, ilasto-wapiennej i wapiennej z dużym udziałem CaCO_3 (ponad 60%), stanowi zapis sedymentacji organicznej i mineralnej w zbiorniku jeziornym. Objęte ochroną torfowisko, którego

misa powstała w warunkach krasu gipsowego, jest obecnie zasilane wodami podziemnymi czterojonowego typu $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na}$, S i stanowi jedyny słonoroślowy rezerwat na terenie Niecki Nidziańskiej (Łajczak, 2000). Materiał pyłkowy w pobranych ostatnio osadach wykazuje niską frekwencję i zły stan zachowania, co uniemożliwia rekonstrukcję historii rozwoju roślinności na tym terenie (Brzozowicz, inf. ustna). Z kolei ze szczegółowych badań Szczepanka (1971) nad osadami biogenicznymi wypełniającymi 11 lejów krasowych w północno-wschodniej części Niecki Nidziańskiej wynika, że pierwsza faza ich rozwoju przypada na późny glacjał (las brzozowo-modrzewiowo-sosnowy oraz zbiorowiska roślin otwartych), druga zaś rozpoczęła się u schyłku okresu atlantyckiego (lasy łęgowe i olszowe w podmokłych obniżeniach oraz lasy sosnowo-dębowe na siedliskach suchych).

Torfowisko Żydowiec, o powierzchni ok. 100 ha, wypełnia rozległe obniżenie krasowo-denudacyjne o długości nieco ponad 1 km oraz szerokości ok. 0,8–1,2 km (Urban i in., 2012). Od północy, wschodu i południa zagłębienie to otaczają wzgórza, wyniesione względem powierzchni torfowiska o 15–20 m, jedynie na zachodzie obniżenie przechodzi w rozległą dolinę Nidy. Lokalnie miąższość gytii ilastej i ilasto-wapiennej przekracza 1 m, a wynik datowania radiowęglowego (3740 ± 70 lat BP) warstwy silnie zmurszałego torfu, przykrywającego osady jeziorne, stanowi zapis rozwoju torfowiska niskiego dopiero w późnym holocenie (Alexandrowicz, Żurek, 2013). Z pracy Woźniaka i Żurka (2005) wynika, że spadek udziału CaCO_3 w osadach jeziornych i torfowych bliżej powierzchni terenu (z 88% do 13%), świadczy o sedymentacji w warunkach stopniowego zmniejszenia zasilania gruntowego.

Na znacznej powierzchni Niecki Nidziańskiej (ok. 75%), skały podłoża przykrywa zróżnicowana pod względem miąższości seria utworów czwartorzędowych, reprezentowanych przez piaski, pyły oraz gliny, związane głównie z morfogenezą polodowcową w warunkach klimatu perylglacjalnego i umiarkowanego, w mniejszym stopniu z mor-



Ryc. 4. Lokalizacja torfowisk opisywanych w artykule
Fig. 4. Location of the peatlands described in article

fogenezą glacialną (Cabaj, Nowak, 1986). Złożona budowa geologiczna, w powiązaniu z parametrami charakteryzującymi rzeźbę terenu (np. spadki terenu czy deniwelacje), zadecydowały o rozwoju licznych siedlisk podmokłych. Na przykład ze względu na niewielki spadek doliny Nidy (ok. 0,5‰) forma ta jest wypełniona głównie holoceniowymi madami, piaskami, namułami oraz torfami (Hakenberg, Lindner, 1973; Rodzik i in., 2008). Z badań Żurka (1993) wynika, że taka sytuacja jest typowa dla dolin kształtowanych przez wody rzeczne, które sezonowo pokrywają cały jej obszar, a w pozostałej części roku znacząco opadają, nawet poniżej powierzchni równi zalewowej. Mimo dużej amplitudy wahań poziomu wody, to właśnie w dolinach rzecznych stwierdzono występowanie największych powierzchniowo torfowisk Niecki Nidziańskiej, przy czym niektóre z nich przekraczają nawet 200 ha (Żurek, 1981; Lipka, 2000). W takich warunkach przyrost torfu jest jednak niewielki (ok. 0,4 mm/rok), a średnia miąższość osadów torfowisk dolinnych waha się głównie w granicach 0,7–1,5 m i rzadko przekracza 2 m (Piwocki, 1971; Sołtysik, 1996; Rodzik i in., 2008). Największe powierzchniowo torfowiska dolinne na terenie Niecki Nidziańskiej (np. Błonie, Kopernia, Skowronno), składają się głównie z torfów olesowych i mechowiskowych, rzadziej z turzycowiskowych i szuwarowych (Piwocki, 1971; Żurek, 1981; Lipka, Zajac, 2018).

Z badań Jaśkowskiego (2001) oraz Sołtysika (2002) wynika, że misy torfowiskowe występujące w subregionach Niecki Włoszczowskiej, Płaskowyżu Jędrzejowskiego oraz Płaskowyżu Szydłowskiego genetycznie są związane z działalnością eoliczną. W istocie wiele z nich jest poligenetycznych. Zostały ukształtowane wskutek procesów fluwialnych lub denudacyjnych, ale do ich zamknięcia doszło dopiero w wyniku eolicznej akumulacji piasku w postaci pokryw i wydm. Przykłady takich torfowisk występują zarówno w małych dolinach rzecznych (np. Jeżówka Kuźniecka), jak i większych, np. w górnej Pilicy (na odcinku Żarnowiec–Szczekociny). Część z nich została objęta ochroną rezerwatową, np. torfowiska Ługi k. Jeżowic czy Pieczyska (Żurek, 2006). Przykładem zatorfionego zagłębienia przywyspowego jest stosunkowo rozległe (200 ha) torfowisko Knapówka, oddalone o 8 km na południe od Włoszczowy. Z wyników analiz palinologicznej i diatomologicznej wynika, że funkcjonujący w okresie późnego glaciału zbiornik jeziorny uległ zatorfieniu w starszej części holocenu (Kaczmarek, 1973). Zróżnicowana litologia wypełnienia opisywanego zbiornika, w tym wkładki namulów oraz piasków, świadczą o wzmożonej aktywności powodziowej lub też eolicznej. Taka sytuacja, dowodząca przerywania sedymentacji biogenicznej, zgodnej z szeregiem sukcesyjnym (stopniowego wypełniania misy zbiornika jeziornego oraz łądowacenia prowadzącego do całkowitego zniknięcia jeziora i rozwoju torfowiska), często jest spotykana w torfowiskach limnogenicznych centralnej Polski (Forysiak, 2013; Żurek, Okupny, 2015). Na uwagę zasługują także torfowiska: Oleszno, o południkowym przebiegu i maksymalnej miąższości torfu 5,3 m, ograniczone od zachodu stokiem kompleksu eolicznego z wydmami (Piwocki, 1971; Sołtysik, 2000) oraz Pawłów, z miąższością torfu rzędu 0,5–3,5 m, przylegające od wschodu do wydmy Michałów (Cabaj, Nowak, 1986). Zagłębienia w pobliżu wydm stonkowo często powstawały w wyniku działalności deflacyjnej (aż 8% torfowisk udokumentowanych na SMGP).

Cechami torfowisk wypełniających tego typu formy są: niewielka powierzchnia (zazwyczaj 1–2 ha), średnia miąższość osadów biogenicznych nie przekraczająca 0,8 m, a maksymalna, w przegłębieniach ich środkowych części, wynosząca zaledwie 1,5 m (Żurek, 1981; Sołtysik, 2000, 2002; Jaśkowski, 2001).

Na terenie Niecki Nidziańskiej licznie występują także torfowiska powstałe w zagłębieniach krasu reprodukowanego. Genezę tych zbiorników, przyjmujących najczęściej kształt lejów, niecek i rynien, należy wiązać z krążeniem wód podziemnych pod pokrywą skał luźnych (Walczowski, 1964; Liszkowski, 1979; Nowak, 1993). Nad miejscami przenikania materiału pokrywowego w szczeliny krasowe tworzą się na powierzchni terenu bezodpływowe formy wklęsłe, które w zachodniej i północnej części Wyżyny Małopolskiej są wypełnione osadami mineralno-organicznymi, gytiami węglanowymi oraz torfami (Żurek, 1981; Kobjek, Nalej, 2008; Brzozowicz, Forysiak, 2016; Okupny i in., 2016). Najwięcej zatorfionych zagłębień o takiej genezie występuje na terenie Niecki Nidziańskiej u podnóża progów w rejonie Lelowa (Żurek, 1981; Cabaj, Nowak, 1986) oraz na Płaskowyżu Szydłowskim i w Niece Połanieckiej w rejonie Staszowa (Szczepanek, 1971; Zieliński, 2013). Maksymalną miąższość torfu, dochodzącą nawet do 4,5 m, udokumentowano w okolicy Bystrzanowic i Moskarzewa (ryc. 4).

CHARAKTERYSTYKA OSADÓW WYBRANYCH TORFOWISK ŹRÓDLISKOWYCH

Torfowiska źródłiskowe stanowią rzadką grupę niskich torfowisk soligenicznych, których osobliwości przyrodnicze dotyczą morfologii, hydrologii, geobotaniki oraz litologii osadów (Tobolski, 2003; Dobrowolski, 2011). Terminologia stosowana do określania źródłiskowych osadów węglanowych jest problemem dyskusyjnym (Szulc, 1983; Dobrowolski, 2011; Capezzuoli i in., 2014). Osady węglanowe wytrącające się w strefie wypływu wód podziemnych często występują naprzemiennie z utworami organicznymi (torfami), co umożliwia prowadzenie badań z zakresu rekonstrukcji paleogeograficznych i chronostratygraficznych (Dobrowolski i in., 1999, 2016; Apolinarśka, Gałka, 2017; Gruszczynski i in., 2017; Pietruczuk i in., 2018).

W wyniku kartowania torfowisk źródłiskowych, na terenie Niecki Nidziańskiej określono warunki hydrogeologiczne oraz geomorfologiczne trzech stanowisk: Bełk, Sędowice i Zwierzyniec. Średnia miąższość osadów organiczno-węglanowych torfowiska Bełk, usytuowanego na zachód od Pińczowa (ryc. 5A), wynosi ok. 1,2 m, przy czym maksymalna przekracza nieco 3 m. Torfowisko to leży w dolinie Kruczki (Mierzawki), będącej prawobrzeżnym dopływem Nidy, i ma powierzchnię 39 ha. W profilu osadów pobranych w środkowej części tego torfowiska przeważają torfy mszysto-turzycowe o 20–60-procentowym rozkładzie oraz średnim udziale materii mineralnej (w tym węglanowej) przekraczającym 20%. Ponadto udokumentowane torfy są smugowane i warstwowane cienkimi wkładkami martwicy mułkowej (z udziałem CaCO₃ rzędu 50–80%), które makroskopowo przypominają gytie wapienną i kredę jeziorną. Podobnie jak w górnych odcinkach większości pozostałych dolin rzecznych Płaskowyżu Jędrzejowskiego dopływ wód podziemnych do torfowiska następuje z po-

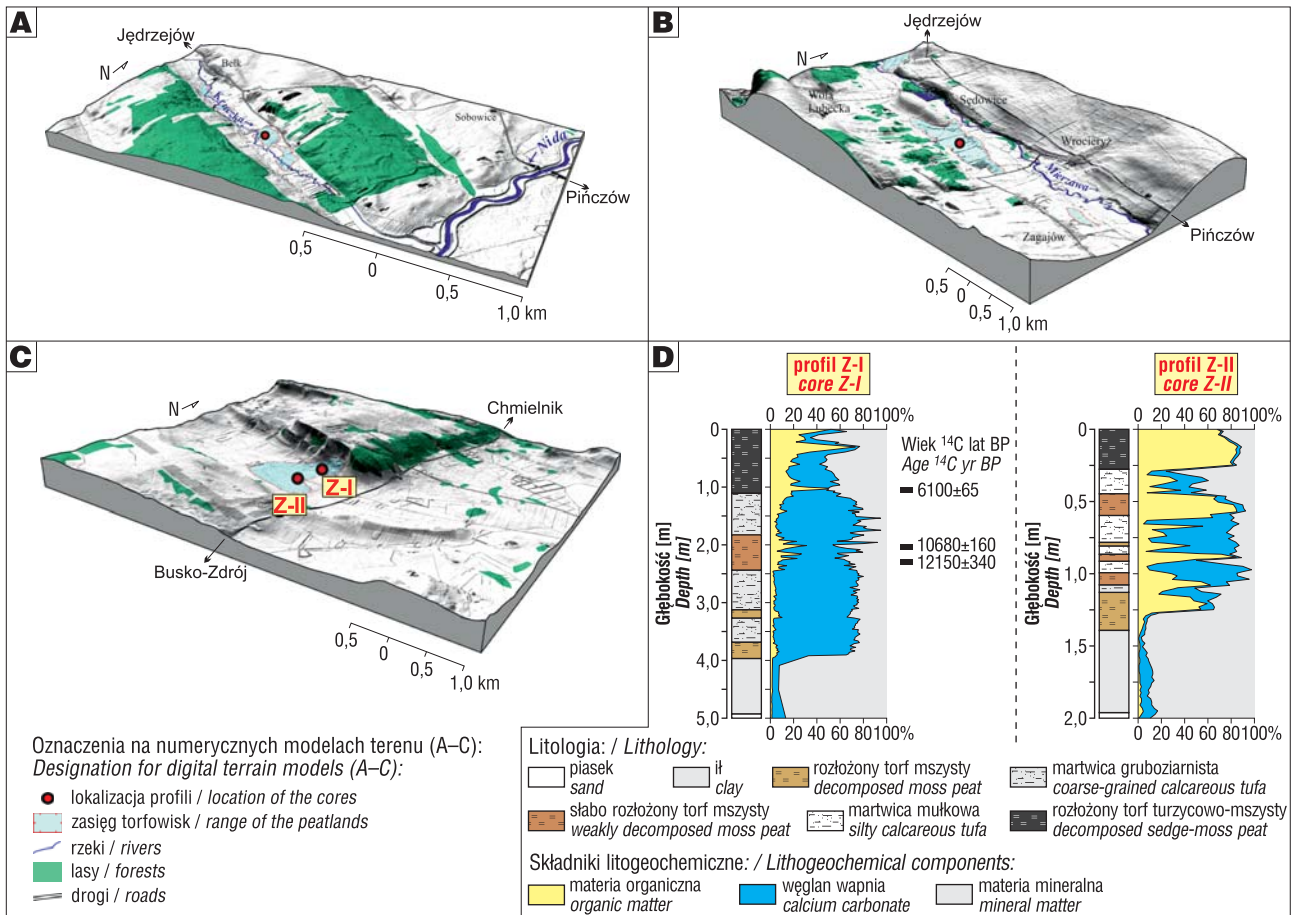
łudniowego zachodu, poprzez miąższy poziom piasków fluwioglacjalnych ze żwirami (Łyczewska, 1968).

Torfowisko w Sędowicach (ryc. 5B) tworzą torfy o średnim i silnym stopniu rozkładu, z licznymi przewarstwieniami martwicy wapiennej, które wypełniają dno doliny Mierzawy. Zdaniem Łyczewskiej (1968) mezozoiczne podłoże, wyniesione na zachód od torfowiska, jest marglistym ostańcem denudacyjnym. Średnia miąższość osadów biogenicznych tego torfowiska nie przekracza 1 m, jednak ze względu na prowadzoną eksploatację torfu oraz funkcjonowanie stawów hodowlanych na wschód od ujścia Mozgawy, jest to wartość szacunkowa. Zawartość CaCO_3 waha się od 52% w martwicy mułkowej do 87% w martwicy drobnoziarnistej.

Największą miąższość osadów torfowo-węglanowych (ponad 4,5 m) udokumentowano na północ od Buska-Zdroju w torfowisku źródłiskowym w Zwierzyńcu-Mikułowicach na terenie Szanieckiego Parku Krajobrazowego (ryc. 5C). Dominują w nim torfy mszyste – $\text{Tb}^{2,4}$, Lc^{++} , sicc.2 , elas.2 , nig.3 , lim.3 ; torfy turzycowo-mszyste z fragmentami drewna – $\text{Sh}2$, $\text{Tb}^{3,1}$, $\text{Th}^{3,1}$, Tl^+ , Ld^+ , sicc.2 , elas.2 , nig.4 , lim.0 ; martwice gruboziarniste z małakofauną – $\text{Cm}(\text{min.})4$, sicc.2 , elas.1 , nig.1 , lim.1 , [teste (moll.)2] oraz martwice bardzo gruboziarniste – $\text{Cm}(\text{maj.})3$, $\text{Tb}^{2,1}$, sicc.2 , elas.1 , nig.1. , lim.0 . Opisywany ekosystem tworzy kompleks torfowisk soligenicznych, zlokalizowanych w licznych zgłębieniach bezodpływowych w strefie wododziałowej w wapieniach Garbu Piń-

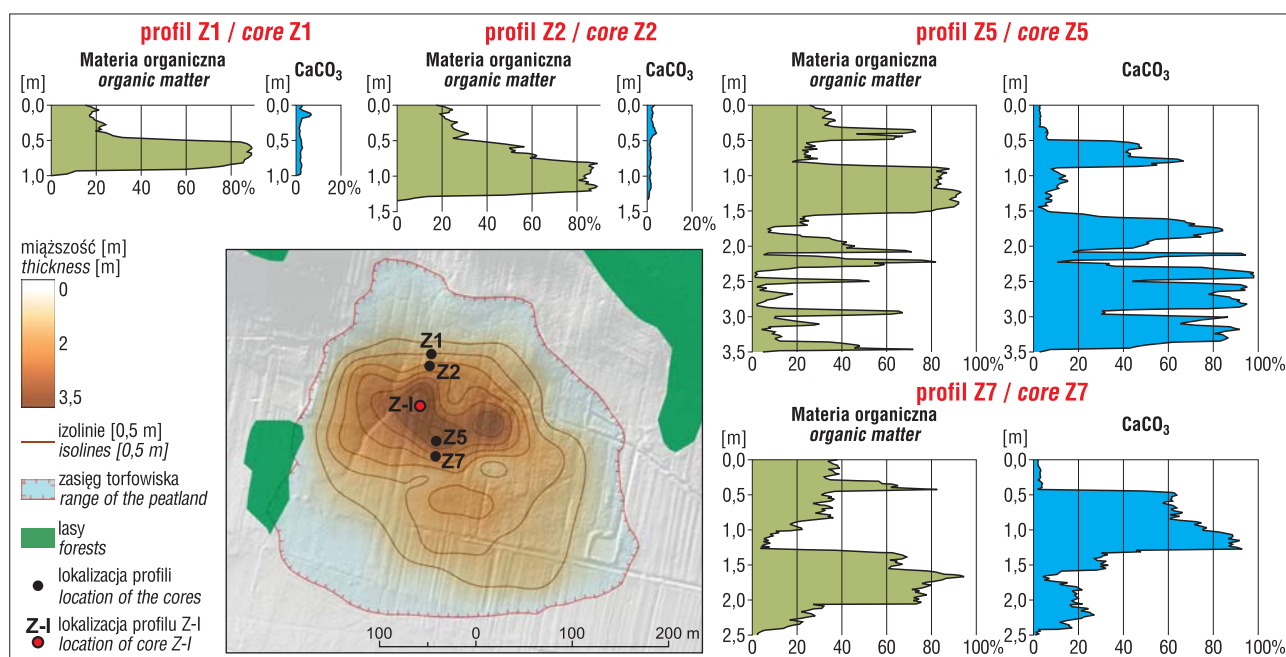
czowskiego oraz na jego południowych zboczach, w miejscach wypływu wód podziemnych. Lokalizacja torfowiska w Zwierzyńcu (profil Z-I) świadczy o tym, że występujące nieopodal źródła są descensyjne. Wypływy wód z krawędzi niszy cechują się odczynem obojętnym i lekko zasadowym (pH w granicach 7,2–7,8) i twardością ogólną na poziomie 5,2–7,4 mval/l. Z dokumentacji hydrogeologicznej pobliskiego ujęcia wody (Siemieniec, 2002) wynika, że pod względem składu chemicznego wody podziemne należą do wodorowęglanowo-wapniowych, typowych dla obszarów wyżynnych (Dynowska, 1979; Michalczyk, 1997), w tym także Niecki Nidziańskiej (Chelmicki, 1986; Wicik, 2000a).

Zróźnicowane genetycznie osady torfowiska w Zwierzyńcu (ryc. 5D) stanowią zapis zmieniającej się w czasie wydajności zasilania wodami podziemnymi. W profilu Z-I wyróżniono 3 zasadnicze jednostki litologiczne: osady ilaste z niewielką domieszką materii organicznej (2–5%) oraz CaCO_3 (5–8%); osady martwicy wapiennej o różnym stopniu zwietrzienia i średnim udziale CaCO_3 przekraczającym 72% oraz silnie rozłożone i zamulone torfy ze średnim udziałem materii organicznej nie przekraczającym 45%. W brzeżnej części torfowiska zmniejsza się wyraźnie udział martwicy wapiennej, wzrasta zaś udział silnie rozłożonego torfu ze stosunkowo dużą ilością CaCO_3 (20–40%) oraz osadów ilasto-mułowych ze średnim udziałem materii organicznej ok. 15% oraz CaCO_3 maksymalnie do 25%. (ryc. 6).



Ryc. 5. Lokalizacja torfowisk źródłiskowych: **A** – w dolinie Kruczki; **B** – w dolinie Mierzawy; **C** – na południowym zboczu Garbu Pińczowskiego; oraz **D** – główne składniki litogeochemiczne profili ze stanowiska Zwierzyńiec-Mikułowice

Fig. 5. Location of the spring-fed fens: **A** – in the Kruczka River valley; **B** – in the Mierzawa River valley; **C** – on the southern slope of the Pińczów Hump; and **D** – main lithochemical components of the profiles from the Zwierzyńiec-Mikułowice site



Ryc. 6. Stanowisko Zwierzyniec (torfowisko źródłiskowe) – szkic miąższości osadów oraz ich podstawowe cechy geochemiczne
Fig. 6. Zwierzyniec site (spring-fed fen) – sketch of the thickness of deposits and their basic geochemical features

Wyniki datowania radiowęglowego osadów torfowych w środkowej części profilu Z-I: 12150 ± 340 lat BP (głębokość 2,25–2,3 m) i 10680 ± 160 lat BP (głębokość 2,05–2,10 m), sugerują późnoglacialną aktywność źródeł w tej części Niecki Nidziańskiej. Funkcjonowaniu obiektów krenologicznych mogły sprzyjać: morfologia terenu (nachylenie przekraczające 30%, południowa ekspozycja zbocza) oraz duża porowatość całkowita miocenijskich wapieni detrytycznych podścielających zlewnię, wynosząca od 18,4 do 37,4% (Rutkowski, 1969; Kozłowski, Leszczyszyn, 1986). Uwagę zwraca także duża porowatość efektywna tych wapieni, decydująca o ich wodoprzepuszczalności. Jest ona skutkiem tego, że w podłożu tej zlewni występują wapienie z przewarstwieniami żwirów (ze średnim udziałem CaCO_3 ok. 53%), lokalnie przykryte cienką warstwą utworów piaszczysto-pylastych (Marszałek, 1970; Siemieniec, 2002). Ponadto w kształtowaniu stosunków hydrogeologicznych opisywanego obszaru ważną rolę odgrywają uskoki. Dyslokacje starszej generacji przecinają utwory kredy i badeń, natomiast uskoki młodszej generacji obejmują też osady sarmatu detrytycznego (Rutkowski, 1981). Zanik depozycji węglanowej, wyznaczony przez wynik datowania radiowęglowego 6100 ± 60 lat BP, przypada na drugą część fazy AT3 (Starkel et al., 2013) w optimum klimatycznym holocenu. Potwierdza to wyniki dotychczasowych badań dotyczących wpływu pogorszenia się mezoholocenijskich warunków hydroklimatycznych na zmniejszenie wytrącania martwic wapiennych w południowej i wschodniej Polsce (Dobrowolski et al., 1999; Pazdur et al., 1988).

W zupełnie innych warunkach zachodziła sedimentacja holocenijskiej martwicy wapiennej w zachodniej części Garbu Pińczowskiego. Jej rozwój, zdaniem Alexandrowicza i Gołas-Siarzewskiej (2013), nastąpił w niewielkim zbiorniku wodnym, który powstał w średniowieczu na zapleczu grobli trawertynowej. Z kolei współczesne warunki wytrącania martwicy wapiennej w korycie niewielkiego cieku Skrobaczówka, należącego do zlewni Czarnej Staszowskiej, opisał Bonk (2016).

PODSUMOWANIE

Przedstawiony materiał badawczy dowodzi wyraźnego związku przestrzennego rozmieszczenia torfowisk z budową geologiczną oraz rzeźbą terenu. Subregionami o zdecydowanej przewadze torfowisk są Niecka Włoszczowska, Dolina Nidy oraz Płaskowyż Jędrzejowski i Płaskowyż Lelowski. Z kolei Wyżyna Miechowska i Działy Proszowickie są obszarami o niewielkiej liczbie torfowisk, rozwijających się głównie w zagłębieniach o powierzchni do 5 ha.

Współczesne torfowiska Niecki Nidziańskiej powstały w obrębie form poligenicznych, których rozwój był związany ze strukturą tektoniczną (np. Garb Pińczowski), krasem w warunkach skał węglanowych i gipsowych (np. Płaskowyż Jędrzejowski, Niecka Połaniecka, Niecka Solecka), funkcjonowaniem krasu reprodukowanego (np. Płaskowyż Lelowski, Niecka Połaniecka), rzeźbotwórczą działalnością fluwialną i eoliczną (Dolina Nidy, Niecka Włoszczowska) oraz rozcięciem poziomów wodonośnych i powstaniem lokalnie nisz źródłiskowych (np. Płaskowyż Jędrzejowski, Garb Pińczowski). W strukturze osadów torfowiskowych badanego obszaru dominują torfy niskie, lokalnie silnie zamulone.

W warunkach stałej alimentacji wodami podziemnymi bogatymi w CaCO_3 rozwinęły się torfowiska źródłiskowe z serią rytmicznie warstwianych torfów i martwic wapiennych o miąższości dochodzącej maksymalnie do 5 m. Określony radiowęglowo początek depozycji osadów węglanowych w Zwierzyncu koło Buska-Zdroju przypada na późny glacjał, a paludyzacja (zatorfienie) ekosystemu i sedentacja silnie rozłożonego torfu turzycowo-mszystego była związana prawdopodobnie z pogorszeniem się warunków hydrotermicznych w mezoholocenie. Czynnikiem decydującym o uruchomieniu zasilania źródłiskowego były lokalne uwarunkowania hydrogeologiczne i geomorfologiczne na południowym zboczu Garbu Pińczowskiego.

Ze względu na naturalne zmiany hydroklimatyczne oraz działalność człowieka, przejawiającą się w eksploata-

cji torfu, konieczne jest kontynuowanie badań nad chronostratygrafią i paleogeografią Niecki Nidziańskiej na podstawie interdyscyplinarnych analiz osadów torfowych i martwic wapiennych. Mimo największej wartości wskaźnika zatorfienia w pasie Wyżyn Polskich, wciąż brakuje szczegółowych rekonstrukcji paleośrodowiskowych Niecki Nidziańskiej, co uniemożliwia porównanie zapisu zmian środowiska ostatnich kilkunastu tysięcy lat z innymi obszarami. Zagadnienie to jest szczególnie istotne również w kontekście stosunkowo dużej liczby form ochrony przyrody i zróżnicowania środowisk sedymentacyjnych Niecki Nidziańskiej.

Badania terenowe zostały zrealizowane w ramach projektu naukowego sfinansowanego przez Rektora Uniwersytetu Pedagogicznego pt. *Osady torfowisk źródłiskowych i ich środowiska sedymentacyjne w środkowej i południowej Polsce* (nr projektu: BN.3115-153/217/R). Badania z zakresu chronostratygrafii martwic wapiennych zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu MINIATURA-1 pt. *Geneza i skład chemiczny osadów biogeniczno-węglanowych budujących torfowisko źródłiskowe w okolicy Buska-Zdroju (Niecka Nidziańska)* o numerze: 2017/01/X/ST10/00525. Słowa podziękowania autorzy kierują do Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Kielcach i Zespołu Świętokrzyskich i Nadnidziańskich Parków Krajobrazowych za wyrażenie zgody na prowadzenie badań na terenach objętych ochroną oraz do Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Busku-Zdroju za udostępnienie archiwalnych materiałów hydrogeologicznych. Autorzy składają podziękowania redaktorowi numeru tematycznego dr. hab. inż. J. Urbanowi oraz recenzentom, prof. dr. hab. R. Dobrowolskiemu i śp. prof. dr. hab. J. Szulcowi, za wnikliwą recenzję artykułu oraz wiele konstruktywnych uwag.

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ S.W., BAŁAGA K., DOBROWOLSKI R. 1994 – Etapy rozwoju torfowiska kopułowego *Krzywice* w okolicach Chełma Lubelskiego. Kwart. AGH – Geologia, 20 (3): 259–273.
- ALEXANDROWICZ W.P., GOŁAS-SIARZEWSKA M. 2013 – Zmiany środowiska Niecki Nidziańskiej (południowa Polska) w świetle analizy malakologicznej martwic wapiennych w Pińczowie. Biul. Państw. Inst. Geol., 454: 1–14.
- ALEXANDROWICZ S.W., ŻUREK S. 1996 – Origin and malacofauna of spring mire in the Tyśmienica River valley (Western Polesie). Kwart. AGH – Geologia, 20 (3): 259–273.
- ALEXANDROWICZ W.P., ŻUREK S. 2013 – Holocene malacofauna from a peat bog in Żydowiec, near Wiślica (Nida Basin, Southern Poland). Folia Malacol., 21: 161–170.
- APOLINARSKA K., GAŁKA M. 2017 – Detrital input to spring-fed fen deposits – a problem or an opportunity in palaeoenvironmental studies? A Holocene palaeoclimatic reconstruction from central Europe. J. Quatern. Sci., 32 (1): 91–103.
- BARBER K.E. 1993 – Peatlands as scientific archives of past biodiversity. Biodivers. Conserv., 2: 474–489.
- BONK M. 2016 – Stwierdzenie martwicy wapiennej w gminie Stopnica (woj. świętokrzyskie). Wszechświat, 117: 316–317.
- BRZOZOWICZ D., FORYSIAK J. 2016 – Warunki funkcjonowania i rozwój torfowiska w zagłębieniu krasowym w okolicach Paradyża. Acta Geogr. Lodz., 105: 69–79.
- CABAJ W., NOWAK W.A. 1986 – Rzeźba Niecki Nidziańskiej. Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr., 14: 119–209.
- CAPEZZUOLI E., GANDIDIN A., PEDLEY M. 2014 – Decoding tufa and travertine (fresh water carbonates) in the sedimentary record: The state of the art. Sedimentology, 61: 1–21.
- CHELMICKI W. 1986 – Źródła Niecki Nidziańskiej. Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr., 14: 249–271.
- DOBROWOLSKI R. 1994 – Tektoniczne uwarunkowania rozwoju źródłiskowego torfowiska kopułowego *Krzywice* koło Chełma. Pr. Geol., 7: 532–535.
- DOBROWOLSKI R. 2011 – Problemy klasyfikacyjne osadów torfowisk źródłiskowych. Stud. Lim. Tel., 5, 1: 3–12.
- DOBROWOLSKI R., ALEXANDROWICZ S.W., BAŁAGA K., DUARKIEWICZ T., PAZDUR A. 1999 – Badania martwic wapiennych w obrębie źródłiskowych torfowisk kopułowych we wschodniej Polsce. [W:] A. Pazdur, A. Bluszcz, W. Stankowski, L. Starkel, Geochronologia górnego czwartorzędu Polski w świetle datowań radiowęglowych i luminescencyjnych. WIND – J. Wojewoda, Wrocław: 179–197.
- DOBROWOLSKI R., BAŁAGA K., BUCZEK A., ALEXANDROWICZ W.P., MAZUREK M., HAŁAS S., PIOTROWSKA N. 2016 – Multi-proxy evidence of Holocene climate variability in Volhynia Upland (SE Poland) recorded in spring-fed fen deposits from the Komarów site. The Holocene, 26 (9): 1406–1425.
- DOBROWOLSKI R., DURAKIEWICZ T., PAZDUR A. 2002 – Calcareous tufas in the soligenous mires of eastern Poland as an indicator of the Holocene climatic changes. Acta Geol. Pol., 52 (1): 63–73.
- DOBROWOLSKI R., MAZUREK M., OSADOWSKI Z., ALEXANDROWICZ W.P., PIDEK I.A., PAZDUR A., PIOTROWSKA N., DRZYMULSKA D., URBAN D. 2019 – Holocene environmental changes in northern Poland recorded in alkaline spring-fed fen deposits – A multi-proxy approach. Quat. Sci. Rev., 219: 236–262.
- DYNOWSKA I. 1979 – Charakterystyka źródeł Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr., 7: 391–421.
- FLIS J. 1954 – Kras gipsowy Niecki Nidziańskiej. Pr. Geogr. IG PAN, 1: 5–73.
- FORYSIAK J. 2012 – Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego wistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego. Acta Geogr. Lodz., 99: 1–164.
- FORYSIAK J. 2013 – Jeziorna przeszłość torfowisk regionu łódzkiego. Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Phys., 12: 3–15.
- GAŁKA M., PASIECZNA A., TOMASSI-MORAWIEC H., OSSEN-DOWSKA E., NOWACKI K., SALAMON E., NIEĆ M. 2006 – Objaśnienia do Mapy Geośrodowiskowej Polski, ark. Busko-Zdrój (917) 1:50 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- GAŁEK T. 1989 – Nowe dla Polski południowej stanowisko *Schoenus nigricans* L. Fragm. Flor. Geobot., 34 (3–4): 249–253.
- GAŁEK T. 1992 – *Lipario-Scheonetum ferruginei* – a new plant association. Fragm. Flor. Geobot., 37 (2): 549–562.
- GORHAM E. 1991 – Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. Ecol. Appl., 1: 182–195.
- GRUSZCZYŃSKI T., MAŁECKI J., ZIUŁKIEWICZ M. 2017 – Reconstruction of palaeohydrological conditions in the Late Holocene based in the study of calcareous tufa in the spring mire of the Wolbórka river drainage basin (central Poland). J. Elementol., 22 (3): 1049–1065.
- HAKENBERG M., LINDNER L. 1973 – Holoceni rozwój doliny środkowej Nidy. Acta Geol. Pol., 23: 435–444.
- HERMAN G., GAŁEK J. 2000 – Wody mineralne w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju. Pr. Geol., 48: 616–618.
- JANICKI G., RODZIK J., TYC A. 2008 – Zastosowanie kryterium litologicznego w typologii krajobrazu naturalnego Wyżyn Polskich. Probl. Ekol. Krajobr., 20: 99–107.
- JASNOWSKI M. 1975 – Torfowiska i tereny bagienne w Polsce. [W:] Kac N.J., Bagna kuli ziemskiej. PWN, Warszawa: 356–390.
- JAŚKOWSKI B. 2001 – Związek procesów wydmotwórczych z występowaniem mokradła i torfowisk w Regionie Świętokrzyskim. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 1 (3): 179–195.
- JÓZWIAK K., RÓŻKOWSKI J. 2015 – Charakterystyka występowania mikroskładników w lokalnych systemach przepływu wód podziemnych w środowisku skał węglanowych i siarczanowych Niecki Nidziańskiej. Pr. Geol., 63: 796–800.
- KACZMARSKA I. 1973 – Late-Glacial datom flora at Knapówka near Włoszczowa (South Poland). Acta Palaeobot., 14 (3): 173–199.
- KARSKI A. 1971 – Kilka uwag o zaopatrzeniu uzdrowisk w borowinę. Biul. Inf. Torf., 3: 17–20.
- KOBOJEK S., NALEJ M. 2008 – Formy krasu reprodukowanego w południowej części Wyżyny Wieluńskiej. Landform Analysis, 9: 247–250.
- KOZŁOWSKI S., LESZCZYŃSKA H. 1986 – Surowce mineralne Niecki Nidziańskiej. Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr., 14: 63–85.
- LAMENTOWICZ M. 2007 – Paleoeologia torfowisk – źródło informacji o historii klimatu i wpływie człowieka na środowisko. Pr. Geol., 55 (12/2): 1130–1135.
- LINDNER L. 1984 – Region świętokrzyski. [W:] E. Mojski (red.), Budowa geologiczna Polski, t. 1. Stratygrafia, cz. 3b, Kenozoik. Czwartorzęd. Wyd. Geol., Warszawa: 282–287.
- LIPKA K. 2000 – Torfowiska w dorzeczu Wisły jako element środowiska przyrodniczego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Ser. Rozprawy, 255: 1–148.
- LIPKA K., ZAJĄC E. 2018 – Hydrological conditions of peatland formation based on a dynamic curve of a biogenic sediments sequence – a new proposal. J. Water and Land Develop., 37: 75–85.
- LISZKOWSKI J. 1979 – Typy morfogenetyczne oraz mechanizmy rozwoju powierzchniowego form krasu zakrytego w Polsce. Biul. Geol. Wyd. Geol. Uniw. Warsz., 23: 155–169.
- ŁACHACZ A. 2004 – Mokradła w krajobrazie – wybrane pojęcia. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 4 (2): 295–301.

- ŁAJCZAK A. 2000 – Zagrożenia i ochrona źródeł mineralnych na Pomidziu na przykładzie rezerwatu przyrody *Owczary*. Chr. Przyn. Ojcz., 5: 43–76.
- ŁAJCZAK A. 2013 – Zmniejszenie zasięgu złóż torfu i ich retencji wodnej w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i w Bieszczadach w wyniku działalności człowieka. Pr. Geol., 61: 532–540.
- ŁAWRYNOWICZ M. 1977 – Torfowiska źródłiskowe z turzycą *Davalia* w okolicach Mstowa koło Częstochowy. Chr. Przyn. Ojcz., 4: 63–66.
- ŁYCZEWSKA J. 1968 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Jędrzejów. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŁYCZEWSKA J. 1975 – Zarys budowy geologicznej Pasma Wójczo-Pińczowskiego. Biul. Inst. Geol., 283: 151–189.
- MARCISZ K., LAMENTOWICZ Ł., SŁOWIŃSKA S., SŁOWIŃSKI M., MUSZAK W., LAMENTOWICZ M. 2014 – Seasonal changes in Sphagnum peatland testate amoeba communities along a hydrological gradient. *Europ. J. Protistol.*, 50: 445–455.
- MARSZAŁEK Z. 1970 – Projekt badań geologicznych studzien na terenie Buska-Zdroju. Arch. Przedsiębiorstwa Hydrogeologicznego, Dział Dokumentacji Geologicznej, nr ewidencyjny 70-4074, Łódź: 1–35.
- MAZUREK M., DOBROWOLSKI R., OSADOWSKI Z. 2014 – Geochemistry of deposits from spring-fed fens in West Pomerania (Poland) and its significance for palaeoenvironmental reconstruction. *Quatern. Geomorph.*, 20 (4): 323–342.
- MICHALCZYK Z. 1997 – Źródła Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. *Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Phys.*, 2: 73–93.
- MIGOŃ P., KASPRZAK M. 2014 – Tereny podmokłe na płaskowyżu Gór Stołowych w świetle parametryzacji powierzchni na podstawie topograficznego indeksu wilgotności (TWI). *Stud. Lim. Tel.*, 8: 57–68.
- NOWAK W.A. 1993 – Skrasowienie podziemne wapieni i jego odzwierciedlenie w rzeźbie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej w rejonie Częstochowy. *Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr.*, 21: 9–157.
- OKUPNY D., GEBUS-CZUPYT B., ALEXANDROWICZ W.P., MICZCZYŃSKI A. 2018 – Badania martwic wapiennych budujących złoża torfowisk źródłiskowych w okolicach Buska-Zdrój. [W:] *Kostrzewski A., Stach A., Majewski M. (red.), Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań: 141–146.
- OKUPNY D., NITA M., KLOSS M., ALEXANDROWICZ W.P., FORTUNIAK A., ŻUREK S. 2016 – Próba rekonstrukcji rozwoju zbiornika akumulacji biogenicznej w Bydlinie (Wyżyna Śląsko-Krakowska). *Acta Geogr. Lodz.*, 105: 55–68.
- PAZDUR A., DOBROWOLSKI R., DURAKIEWICZ T., PIOTROWSKA N., MOHANTI M., DAS S. 2002 – $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ time record and palaeoclimatic implications of the Holocene calcareous tufa from South-Eastern Poland and Eastern India (Orissa). *Geochronometria*, 21: 97–108.
- PAZDUR A., PAZDUR M.F., STARKEL L., SZULC J. 1988 – Stable isotopes of Holocene calcareous tufa in Southern Poland as paleoclimatic indicators. *Quat. Res.*, 30: 177–189.
- PIETRUCZUK J., DOBROWOLSKI R., PIDEK I.A., URBAN D. 2018 – Palaeoecological evolution of spring-fed fen in Pawłów (eastern Poland). *Grana*, 57 (5): 345–363.
- PIWOŃKI M. 1971 – Stan rozpoznania złóż torfu województwa kieleckiego. *Prz. Geol.*, 19 (2): 74–76.
- PRAŻAK J. 2012 – Wody podziemne, słodkie i lecznicze. [W:] Świercz A. (red.), *Monografia Nadnidziańskiego Parku Krajobrazowego*. Wyd. UJK w Kielcach, Kielce: 177–185.
- PRZEMYSKI A., WOŁEJKO L. 2011 – Calcareous fens of the Nida Basin. *Newsletter IMCG*, 4: 44–48.
- RODZIK J., CIUPA T., JANICKI G., KOCIUBA W., TYC A., ZGŁOBICKI W. 2008 – Współczesne przemiany rzeźby Wyżyn Polskich. [W:] *Starkel L., Kostrzewski A., Kotarba A., Krzemień K. (red.), Współczesne przemiany rzeźby Polski*. IGiP UJ, Kraków: 165–228.
- RUTKOWSKI J. 1969 – Uwagi o sedymentacji detrytycznych osadów sarmatu na obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. *Geol. Quart.*, 13: 177–184.
- RUTKOWSKI J. 1981 – O tektonice utworów mioceńskich w zachodniej części zapadliska połanieckiego. *Ann. Soc. Geol. Poloniae*, 51: 117–131.
- RUTKOWSKI J. 1986 – Budowa geologiczna Niecki Nidziańskiej. *Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr.*, 14: 35–61.
- SIEMIENIEC A. 2002 – Sprawozdanie z wykonanych prac i badań w związku z renowacją studni głębinowej dla wsi Zwierzyniec, gmina Busko-Zdrój. *Przedsiębiorstwo Budownictwa Ekologicznego*, Kielce: 1–6.
- SOŁON J., BORZYKOWSKI J., BIDASIK M., RICHLING A., BARDORA K., BALON J., BRZEZIŃSKA-WÓJCIK T., CHABUDZIŃSKI Ł., DOBROWOLSKI R., GRZEGORCZYK I., JODŁOWSKI M., KIS-TOWSKI M., KOT R., KRAŻ P., LECHNIO J., MACIAS A., MAJCHROWSKA A., MALINOWSKA E., MIGOŃ P., MYGA-PIĄTEK U., NITA J., PAPIŃSKA E., RODZIK J., STRZYŻ M., TERPIŁOWSKI S., ZIAJA W. 2018 – Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geograph. Pol.*, 91 (2): 143–170.
- SOŁOVEY T., JÓZWIĄK K. 2019 – Skład chemiczny wód podziemnych w strefie kontaktu z siedliskami hydrogenicznymi. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 476: 115–122.
- SOLTYSIK R. 1996 – Torfowiska oraz obniżenia z wypełnieniem biogeniczno-mineralnym okolic Pińczowa w Niece Nidziańskiej. *Pr. Inst. Geogr. WSP w Kielcach*, 1: 163–171.
- SOLTYSIK R. 2000 – Wpływ czynnika tektonicznego na formowanie zabagnień w strefach przedprzełomowych dolin rzecznych Gór Świętokrzyskich i ich obrzeżenia. *Pr. Inst. Geogr. WSP w Kielcach*, 4: 209–222.
- SOLTYSIK R. 2002 – Geneza mokradł Gór Świętokrzyskich i Niecki Nidziańskiej. *Pr. Inst. Geogr. AŚ, Kielce*, 9: 1–126.
- STARKEL L., MICHCZYŃSKA D.J., KRĄPIEC M., MARGIELEWSKI W., NALEPKA D., PAZDUR A. 2013 – Progress in the holocene chrono-climatostratigraphy of Polish territory. *Geochronometria*, 40 (1): 1–21.
- SZCZEPANEK K. 1971 – Kras staszowski w świetle badań paleobotanicznych. *Acta Palaeobot.*, 12: 63–140.
- SZULC J. 1983 – Geneza i klasyfikacja wapiennych osadów martwicowych. *Prz. Geol.*, 4: 231–236.
- TOBOLSKI K. 2000 – Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. PWN, Vademecum Geobotanicum.
- TOBOLSKI K. 2003 – Torfowiska na przykładzie Ziemi Świeckiej. TPDW, Świecie.
- TOBOLSKI K. 2004 – Kryterium geologiczne w badaniach zbiorników akumulacji biogenicznej. *Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 5: 119–126.
- TOWPASZ K., STACHURSKA-SWAKOŃ A. 2009 – Występowanie *Sesleria uliginosa* (Poaceae) w zbiorowiskach z rzędu *Caricetalia davallianae* na obszarze Niecki Nidziańskiej (Wyżyna Małopolska). *Fragm. Flor. Geobot. Polonica*, 16 (2): 305–316.
- URBAN J. 2012 – Dziedzictwo geologiczne. [W:] Świercz A. (red.), *Monografia Nadnidziańskiego Parku Krajobrazowego*. Wyd. UJK w Kielcach, Kielce: 35–71.
- URBAN J. 2014 – Cechy rzeźby strukturalnej Gór Świętokrzyskich oraz południowo-wschodniej części Niecki Nidziańskiej. *Prz. Geol.*, 62 (1): 44–50.
- URBAN J., CHWALIK-BOROWIEC A., KASZA A. 2015 – Warunki rozwoju i wiek krasu w gipsach Niecki Soleckiej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 462: 125–152.
- URBAN J., CHWALIK-BOROWIEC A., KASZA A., GUBALA J. 2012 – Jaskinie i stanowiska krasowe. [W:] Świercz A. (red.), *Monografia Nadnidziańskiego Parku Krajobrazowego*. Wyd. UJK w Kielcach, Kielce: 82–121.
- WADDINGTON J.M., PRICE J.S. 2000 – Effect of peatland drainage, harvesting, and restoration on atmospheric water and carbon exchange. *Phys. Geogr.*, 5: 433–451.
- WALCZOWSKI A. 1964 – Zjawiska krasowe południowo-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Ann. UMCS, sec. B*, 19: 29–62.
- WICK B. 2000a – Cechy chemiczne wód gruntowych Pomidzia. *Pr. Studia Geogr.*, 27: 81–90.
- WICK B. 2000b – Krajobrazy gipsowe Pomidzia Pińczowskiego. *Pr. Studia Geogr.*, 27: 91–98.
- WOŁEJKO L. 2002 – Soligenous wetlands of north-western Poland as an environment for endangered mire species. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 71 (1): 46–61.
- WOŹNIAK N., ŻUREK S. 2005 – Torfowiska krasu węglanowego okolic Cieślina i Krzywopłotów oraz krasu gipsowego koło Żydowca. [W:] *Partyka J. (red.), Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, tom 3, Ojców: 41–44.
- ZIELIŃSKI A. 2013 – Rozwój jezior krasowych w Niece Połanieckiej. *Wyd. UJK w Kielcach, Kielce*.
- ZIUŁKIEWICZ M., OKUPNY D., FORYSIAK J., FORTUNIAK A. 2012 – Warunki funkcjonowania kopuł źródłiskowych w południowej części Wzniesień Łódzkich. *Czasop. Geogr.*, 83 (3): 175–196.
- ŻUREK S. 1981 – Charakterystyka złóż surowców mineralnych – torf. [W:] *Wielgomas L. (red.), Surowce mineralne województwa częstochowskiego*. Wyd. Geol., Warszawa: 135–154.
- ŻUREK S. 1987 – Złoża torfowe Polski na tle stref torfowych Europy. *Dok. Geogr. IGIPZ PAN*, 4: 1–84.
- ŻUREK S. 1991/92 – The development of the peat-forming processes versus the lowland relief of Poland and hydrological change in the post-glacial period. *Quest. Geogr.*, 17/18: 95–100.
- ŻUREK S. 1993 – Zmiany paleohydrologiczne w mokradłach. *Prz. Geogr.*, 65 (1–2): 75–95.
- ŻUREK S. 2000 – Przegląd badań torfowisk obszarów wyżynnych Polski ze szczególnym uwzględnieniem torfowiska Białe Ługi. *Pr. Inst. Geogr. WSP w Kielcach*, 4: 237–257.
- ŻUREK S. 2006 – Katalog rezerwatów przyrody na torfowiskach Polski. *Wyd. Akad. Świętokrzys., Kielce*.
- ŻUREK S., OKUPNY D. 2015 – Torfowiska regionu łódzkiego. *Stud. Lim. Tel.*, 9: 59–69.