

**GEOLOGICAL CHARACTERISATION  
OF THE KRYNICA SUBUNIT IN THE VICINITY  
OF KROŚCIENKO ON THE DUNAJEC RIVER  
(MAGURA NAPPE, OUTER FLYSCH CARPATHIANS)**

**Charakterystyka geologiczna podjednostki krynickiej  
w okolicach Krościenka nad Dunajcem  
(płaszczowina magurska, zewnętrzne Karpaty fliszowe)**

**Monika CHRUSTEK<sup>1</sup>, Jan GOLONKA<sup>1</sup>, Agnieszka JANECKO<sup>2</sup>  
& Filip STACHYRAK<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*AGH University of Science and Technology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;  
e-mail: chrustek@uci.agh.edu.pl, golonka@geolog.geol.agh.edu.pl*

<sup>2</sup>*Jagiellonian University, Institute of Geological Sciences, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków*

**Abstract:** The aim of this work is to present geological structure of the Krynica Subunit of the Magura Nappe in southern part of the Gorce and Beskid Sądecki Mountains and along the Pieniny Klippen Belt (PKB). Formal lithostratigraphic units were distinguished on the basis of mapping. The lithostratigraphic units are the age of Middle Paleocene – Middle Eocene age. Flysch deposits were classified as the Szczawnica Formation with the Życzanów Member, Zarzecze Formation and Piwniczna Member of the Magura Formation in the investigated area. Strike-slip faults and faulted formations complicate the geological structure of the described region. The creation of some of these faults is connected with andesite intrusions. Strong faulted strata occurs in the southern part of the region along the overthrust of the Pieniny Klippen Belt on the Magura Nappe. The contact line between the Pieniny Klippen Belt and Paleogene of the Magura Nappe is heterogeneous. The evidences of it are outcrops of klippen, which occur within the Szczawnica Formation and the Zarzecze Formation.

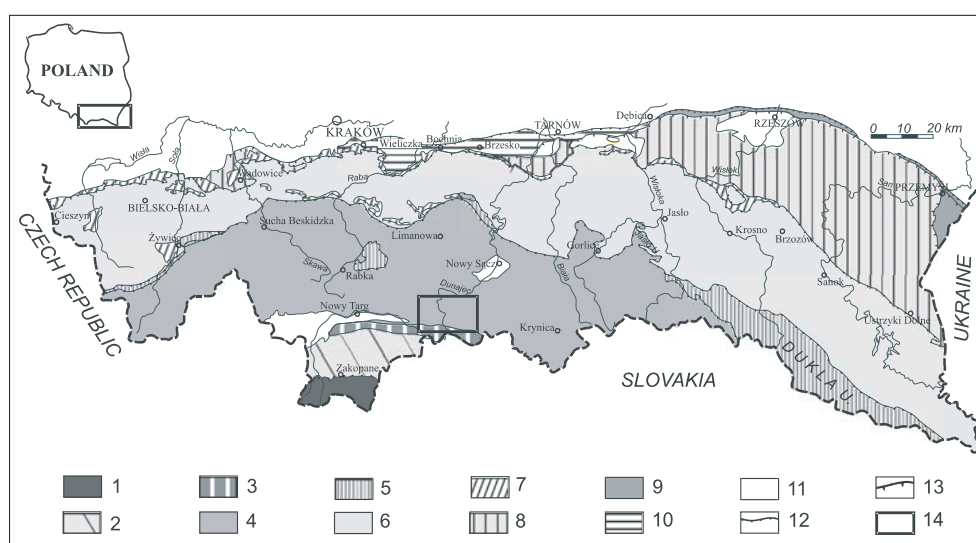
**Key words:** Magura Nappe, Krynica Subunit, Paleocene, Lower and Middle Eocene, lithostratigraphy, tectonics

**Treść:** Głównym założeniem niniejszej pracy jest zaprezentowanie budowy geologicznej podjednostki krynickiej płaszczowiny magurskiej w południowej części Gorców i Beskidu Sądeckiego oraz na kontakcie z pienińskim pasem skałkowym. Wydzielone na podstawie badań kartograficznych formalne jednostki litostratigraficzne obejmują osady od środkowego paleocenu do środkowego eocenu. Na badanym obszarze osady fliszowe zostały sklasyfikowane jako formacja szczawnicka z ogniwem z Życzanowa, formacja z Zarzecza oraz ogniwo piaskowców z Piwnicznej formacji magurskiej. Budowę geologiczną opisywanego obszaru komplikują liczne uskoki o charakterze przesuwczym oraz sfałdowane utwory fliszowe. Powstanie części tych uskoków jest związane z intruzjami andezytowymi. Mocno sfałdowane utwory występują w południowej części obszaru wzdłuż nasunięcia pienińskiego pasa skałkowego na płaszczowinę magurską. Linia kontaktu pasa skałkowego z paleogenem magurskim nie jest jednolita. Świadczą o tym wychodne skałek w obrębie utworów formacji szczawnickiej i formacji z Zarzecza.

**Słowa kluczowe:** płaszczowina magurska, podjednostka krynicka, paleocen, dolny i środkowy eocen, litostratigrafia, tektonika

## INTRODUCTION AND PREVIOUS STUDIES

The largest tectonic unit of the Outer Western Carpathians is the Magura Nappe. Slovakian geologists have called the Magura Nappe the “Magura Group of Nappes” (e.g. Kováč & Plaaenka 2002) because the Magura Nappe is subdivided into several subunits. From North to South there are: the Siary Subunit, the Racza Subunit, the Bystrica Subunit and the Krynica Subunit. The region, which is described here, investigated the southern part of the Krynica Subunit near the boundary of the Pieniny Klippen Belt between Wżar Mt. and Szczawnica (Fig. 1).



**Fig. 1.** Localisation of the investigated area on the Western Carpathians map (from: Czerwiński 2001): 1 – Tatric Units, 2 – Podhale Flysch, 3 – Pieniny Klippen Belt, 4 – Magura Unit, 5 – Group of units of Fore-Magura Zone, 6 – Silesian Unit, 7 – Sub-Silesian Unit, 8 – Skole Unit, 9 – Stebnik Unit, 10 – Zgłobice Unit, 11 – Transgressive Miocene, 12 – overthrusts, 13 – overthrust of Carpathians, 14 – area of research

**Fig. 1.** Lokalizacja obszaru badań na mapie Karpat Zachodnich (z: Czerwiński 2001): 1 – jednostki Tatr, 2 – flisz podhalański, 3 – pieniński pas skałkowy, 4 – jednostka magurska, 5 – grupa jednostek strefy przedmagurskiej, 6 – jednostka śląska, 7 – jednostka podśląska, 8 – jednostka skolska, 9 – jednostka stebnicka, 10 – jednostka Zgłobic, 11 – miocen, 12 – nasunięcia, 13 – nasunięcie karpackie, 14 – obszar badań

The stratigraphy of the Krynica unit was not established for a long time. Even less data about tectonics exists. The oldest mention of the stratigraphy of the Krościenko region derives from the XIX century when Uhlig (1890, *vide* Alexandrowicz *et al.* 1984) distinguished “Boundary Flysch” and “Magura Sandstone”. Małkowski (1923) made a map of the Krościenko region on the basis of the division of Uhlig (1990, *vide* Alexandrowicz *et al.* 1984). For the same region “Szczawnica Beds” and “Submagura Beds” (Birkenmajer 1957),

“Submagura Beds” and “Beloveza Beds” (Bogacz & Węclawik 1962) or “Hieroglific Beds” (Watycha 1963), “Inoceramian Beds” (Bogacz & Węclawik 1969) and “Ropianieckie Beds” (Golonka 1979, Oszczytko 1979) were distinguished later. The complete history of research of the investigated area is represented in Table 1. The tectonic history of the studied area is more widely presented in the Tectonics chapter.

**Table (Tabela) 1**

Data Sources and Previous Work  
*Materiały źródłowe i wcześniejsze prace*

Authors	Stratigraphy	Stratygrafia
Uhlig 1890 ( <i>vide</i> Alexandrowicz <i>et al.</i> 1984)	The first lithostratigraphic division of formations in Krościenko on the Dunajec river	<i>Pierwszy podział litostratygraficzny utworów w Krościenku nad Dunajcem</i>
Małkowski 1923	Geological map of the Dunajec Valley, used division of Uhlig (1890)	<i>Mapa geologiczna doliny Dunajca z użyciem podziału Uhliga (1890)</i>
Birkenmajer 1957	Geological cross-sections of Bryjarka Mt., right bank of the Dunajec river	<i>Przekrój geologiczny góry Bryjarka, prawy brzeg Dunajca</i>
Bogacz & Węclawik 1962	Geological map of Krościenko on the Dunajec river and Ochotnica	<i>Mapa geologiczna Krościenka nad Dunajcem oraz Ochotnicy</i>
Watycha 1963	Geological sketch map of the south part of the Magura flysch	<i>Szkic geologiczny południowej części fliszu magurskiego</i>
Bogacz & Węclawik 1969	Fragment of geological map of the Krościenko region on the Dunajec river	<i>Fragment mapy geologicznej regionu Krościenka nad Dunajcem</i>
Alexandrowicz <i>et al.</i> 1984	Lithostratigraphic profiles of the Krynica succession (Krościenko – Szczawnica – Jaworki)	<i>Profile litostratygraficzne sukcesji krynickiej (Krościenko – Szczawnica – Jaworki)</i>
Kulka <i>et al.</i> 1987	Geological map of Szczawnica – Krościenko a scale of 1: 50 000	<i>Mapa geologiczna Szczawnicy – Krościenko w skali 1: 50 000</i>
Birkenmajer & Oszczytko 1988, 1989	Lithostratigraphic units in the Krynica Subunit and in the Pieniny Klippen Belt	<i>Jednostki litostratygraficzne w podjednostce krynickiej oraz w pienińskim pasie skałkowym</i>
Birkenmajer & Péčskay 2000	Geological sketch of Wżar Mt.	<i>Szkic geologiczny góry Wżar</i>

**Table (Tabela) 1** cont.

Authors	Tectonics	Tektonika
Bogacz & Węclawik 1962	Data concerning the Lubań syncline and faults	<i>Dane dotyczące synkliny Lubania oraz uskoków</i>
Żyto 1963	Data concerning faults in the Krościenko vicinity	<i>Dane dotyczące uskoków w okolicach Krościenka</i>
Tokarski 1975	Structural sketch map of region between Krościenko and Zabrzeż	<i>Szkic strukturalny regionu Krościenka i Zabrzeży</i>
Birkenmajer <i>et al.</i> 1979, Birkenmajer 1986	Geological sketch map of the Pieniny Klippen Belt	<i>Szkic geologiczny pieniniego pasa skałkowego</i>
Birkenmajer 1983	Tectonic sketch map of klippen in Czorsztyn	<i>Szkic tektoniczny skałek w Czorsztynie</i>
Birkenmajer 1986	Data concerning the Zawiasy dislocation to the south of Krościenko	<i>Dane dotyczące dyslokacji Zawiasów na południe od Krościenka</i>
Żyto <i>et al.</i> 1987	Tectonic description of the Krościenko – Tylmanowa vicinity	<i>Opis tektoniczny okolic Krościenka – Tylmanowej</i>
Żyto 1991 ( <i>vide</i> Kulka <i>et al.</i> 1991)	Tectonic sketch map of the Szczawnica – Krościenko region	<i>Szkic tektoniczny regionu Szczawnicy – Krościenka</i>
Birkenmajer 1992	Sketch map of the andesite intrusions system and faults between Szczawnica and Krościenko Geological cross-section between Krościenko and Kłodne (right bank of the Dunajec river)	<i>Szkic systemu intruzji andezytowych oraz uskoków pomiędzy Szczawnicą a Krościenkiem Przekrój geologiczny pomiędzy Krościenkiem a Kłodnem (prawy brzeg Dunajca)</i>
Birkenmajer & Pěčskay 2000	Sketch of Wżar Mt. and region between Krościenko and Szczawnica	<i>Szkic góry Wżar i regionu między Krościenkiem a Szczawnicą</i>
Birkenmajer & Oszczytko 2001	Geological cross-section of Wżar Mt.	<i>Przekrój geologiczny góry Wżar</i>

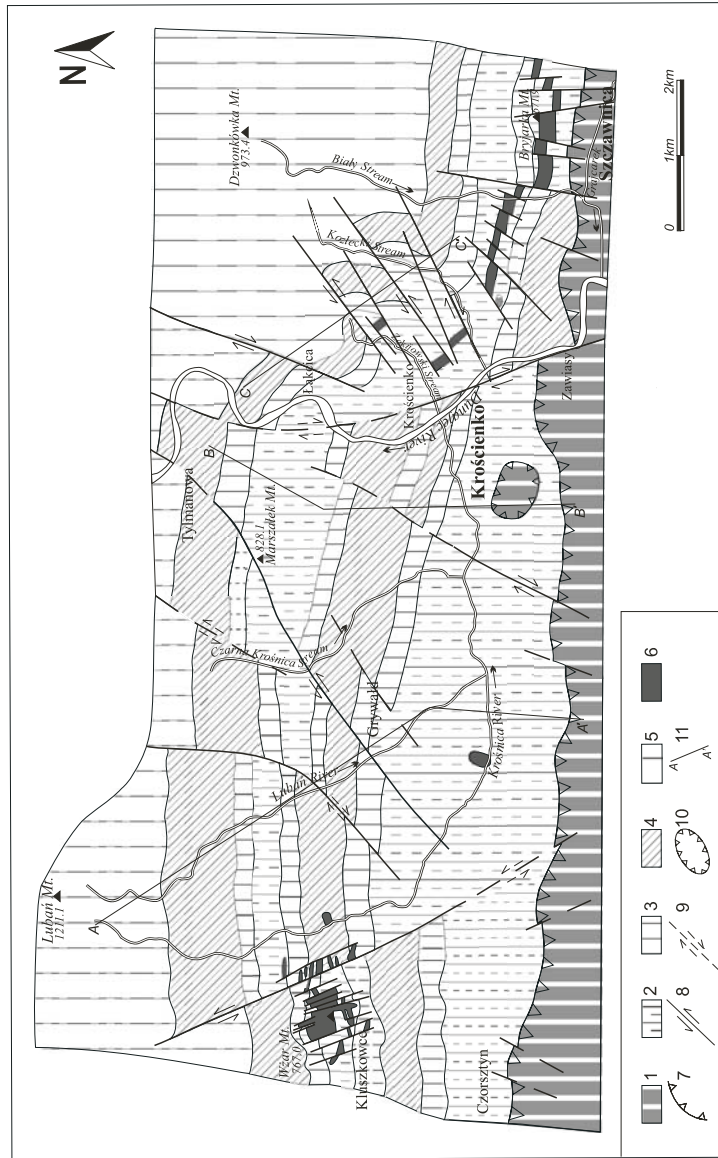
The basis for the origin of the geological map was the division according to Birkenmajer & Oszczytko (1988, 1989) supplemented by Oszczytko & Oszczytko-Clowes (2002). The authors mentioned suggest that there are five formations of the Beskid Group in the southern part of the Krynica Subunit. The oldest is the Szczawnica Formation of Middle Paleocene – Lower Eocene age (Birkenmajer & Oszczytko 1988, 1989). The age of the same formation is Mastrychtian – Early Eocene according to Oszczytko *et al.* (1990) and Oszczytko & Oszczytko-Clowes (2002). The Życzanów Member of Lower Eocene age (Birkenmajer & Oszczytko 1988, 1989) is distinguished within the Szczawnica Formation. The Życzanów Member was previously named sandstones and conglomerates of Życzanów (Oszczytko 1979). The Zarzecze Formation with the Krynica Member and Łącko marls of Lower Eocene (Birkenmajer & Oszczytko 1988, 1989) covers the Szczawnica Formation. The Frydman Formation of Lower Eocene (Birkenmajer & Oszczytko 1988,

1989) lies on the Szczawnica Formation close the Pieniny Klippen Belt. The Piwniczna Sandstone Member of the Magura Formation is also determined above the Szczawnica Formation in the Krynica Subunit. The age of the Piwniczna Member is Lower – Upper Eocene (Birkenmajer & Oszczytko 1988, 1989, Oszczytko *et al.* 1990), but according to Oszczytko & Oszczytko-Clowes (2002), Middle Eocene age of the Piwniczna Member is accepted for the whole Krynica Subunit. The most upper part of the Magura Formation consists of the Mniszek Shale Member of Middle – Upper Eocene and the Poprad Sandstone Member of Upper Eocene age (Birkenmajer & Oszczytko 1988, 1989). The last formation is the Malcov Formation with the Leluchów Marl Member of Upper Eocene – Oligocene age (Oszczytko *et al.* 1990, Oszczytko & Oszczytko-Clowes 2002) and the Smereczek Shale Member known as menilite-type shales of Lower Oligocene age (Oszczytko *et al.* 1990, Oszczytko & Oszczytko-Clowes 2002).

## STRATIGRAPHY

The oldest rocks, which occur in the described area, belong to the Pieniny Klippen Belt (PKB) and are represented by Jurassic and Cretaceous radiolarites and chert limestones as well as Cretaceous red marls (Kulka *et al.* 1987). These formations are known from the Łupisko klippen (Kulka *et al.* 1987) and small klippen found in the Ścigocki stream (Golonka & Sikora 1981). Lithostratigraphy of mentioned formations are not presented in the geological map of this paper. Incorporated fragments of the PKB within the Magura Nappe are only marked in the map. Similar rocks deposited in the deepest part of the Jurassic – Early Cretaceous Magura basin (Birkenmajer 1986, Golonka *et al.* 2003) are also involved in the PKB tectonic structure.

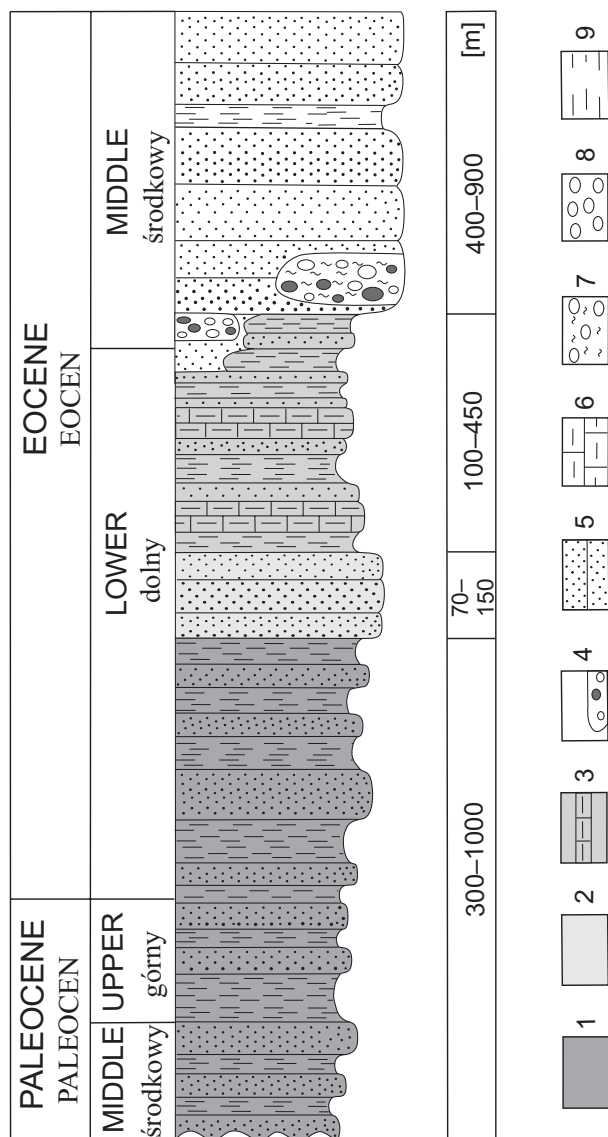
The oldest flysch deposits recognised in the Krynica Subunit in the Krościenko vicinity belong to the Szczawnica Formation. The strata of the Szczawnica Formation occur mainly along the PKB border in the Kluszkowce – Krościenko (Fig. 2) region. This formation is built of thin- and medium-bedded flysch (Fig. 3) with intercalations of thick and very hard sandstones. The age of the Szczawnica Formation is Paleocene – Lower Eocene in the investigated area. There are no evidences that deposits of the Szczawnica Formation on the surface could be older than the Paleocene. Predecessors (e.g. Birkenmajer & Dudziak 1981, Birkenmajer & Oszczytko 1989) even date the Szczawnica Formation from Paleocene to Eocene. The best outcrop of the Szczawnica Formation is represented in Łąkcica (Fig. 4) on the right bank of the Dunajec river. In the upper part of the Szczawnica Formation there are very thick-bedded sandstones of the Życzanów Member of Lower Eocene, which are often very similar to the Magura sandstones. They also occur between Kluszkowce and Krościenko and in Szczawnica Wyżna. Sometimes massive sandstones (Fig. 5) of the Życzanów Member forms a morphological threshold in rivers. The Życzanów Member is covered (Fig. 3) by the thin-bedded turbidites of the Zarzecze Formation of Lower Eocene age. The Zarzecze Formation occurs locally with intercalations of the Łącko marls-type (Birkenmajer & Oszczytko 1988, 1989) or marly shales. This formation within the Łącko marls were localised near Zawiasy to the south of Krościenko beneath of the St. Kinga Chapel and in the Czarna Krośnica stream to the west of Marszałek Mt. (Fig. 2).



**Fig. 2.** Geological map of the Krynica Subunit of the Magura Nappe in the vicinity of Krościenko on the Dunajec River: 1 – Pininy Klippen Belt, 2 – Szczawnica Formation (Middle Paleocene – Lower Eocene), 3 – Życzanów Member (Lower Eocene), 4 – Zarzeczce Formation (Lower – Middle Eocene), 5 – Piwniczna Sandstone Member (Lower – Middle Eocene), 6 – andesites (Sarmatian), 7 – Pieniny overthrust, 8 – fault, 9 – supposed fault, 10 – klippe, 11 – geological cross-section line

**Fig. 2.** Mapa geologiczna podjednostki krynickiej płaszczowiny magurskiej w okolicach Krościenka nad Dunajcem: 1 – pieniński pas skałkowy, 2 – formacja szczawnicka (średni paleocen – dolny eocen), 3 – ogniwo z Życzanowa (dolny eocen), 4 – formacja z Zarzeczca (dolny – środkowy eocen), 5 – ogniwo piaskowców z Piwnicznej (dolny – środkowy eocen), 6 – andezyty (sarmat), 7 – nasunięcie pienińskie, 8 – uskoki, 9 – przypuszczalny uskoki, 10 – czapka tektoniczna, 11 – linia przekroju geologicznego





**Fig. 3.** Lithostratigraphic column of the Krynica Subunit in the vicinity of Krościenko on the Dunajec river, Magura Nappe: 1 – Szczawnica Formation: fine-rhythmical flysch, 2 – Życzanów Sandstone Member of the Szczawnica Formation: thick bedded sandstones, 3 – Zarzece Formation: thin-bedded turbidites with Łącko type marls, 4 – Piwniczna Sandstone Member of the Magura Formation: thick-bedded sandstones with conglomerate and clay gravelstone with exotic pebbles – “Marszałek bed”, 5 – snadstones, 6 – marls, 7 – clay gravelstone, 8 – conglomerates, 9 – shales

**Fig. 3.** Profil geologiczny podjednostki krynickiej w rejonie Krościenka nad Dunajcem, płaszczowina magurska: 1 – formacja szczawnicka: drobnyrytmiczny flysz, 2 – ogniwo piaskowców z Życzanowa należące do formacji szczawnickiej: gruboławicowe piaskowce, 3 – formacja z Zarzezza: cienkoławicowe turbidyty z marglami typu margli Łąckich, 4 – ogniwo piaskowców z Piwnicznej formacji magurskiej: gruboławicowe piaskowce ze zlepiancami, żwirowcami ilastymi z egzotykami – „ławica z Marszałka”, 5 – piaskowce, 6 – margle, 7 – żwirowiec ilasty, 8 – zlepianiec, 9 – łupki



**Fig. 4.** The deformed beds in the Łąkcica anticline of the Szczawnica Formation on the right bank of the Dunajec River. The thick lines were drawn in figure for underline deformations in the Szczawnica Formation of the Łąkcica anticline

**Fig. 4.** Zdeformowane warstwy formacji szczawnickiej w antyklinie Łąkcicy, prawy brzeg Dunajca. Grubsze linie na zdjęciu zostały wyrysowane w celu podkreślenia deformacji warstw szczawnickich



**Fig. 5.** In the picture are visible boulders of sandstones that belong to the Życzanów Member. These formations form a morphological threshold in the Czarna Krośnica stream

**Fig. 5.** Widoczne na zdjęciu głazy piaskowców należą do ogniwa z Życzanowa. Utwory te tworzą próg morfologiczny w potoku Czarna Krośnica





**Fig. 6.** Flysch of the Zarzecze Formation with predominance of shales on sandstones. This formation forms a scarp in the northwest of Łąkcica (left bank of the Dunajec River)

**Fig. 6.** Flisz z przewagą łupków nad piaskowcami formacji z Zarzecza budujący stromą skarpę na północny zachód od Łąkcicy (lewy brzeg Dunajca)

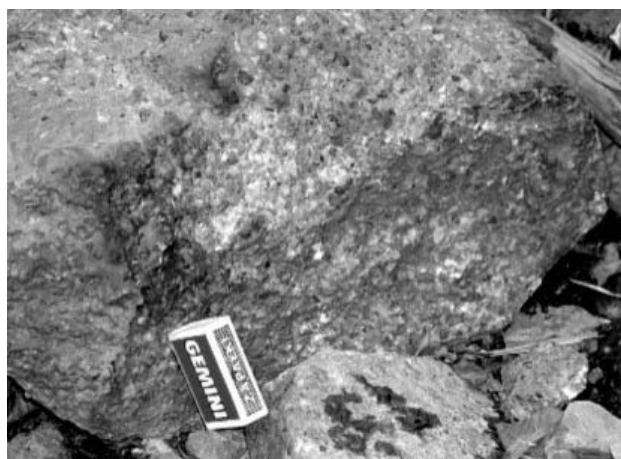
Flysch of the Zarzecze Formation with predominance of shales and marly shales on sandstones (Fig. 6) forms a scarp in the northwest of Łąkcica on the left bank of the Dunajec river. The outcrops on the left bank of the Dunajec near Zawiasy were previously classified as the Szczawnica Formation (Birkenmajer & Dudziak 1981, Birkenmajer 1986). However, occurrence of the Łącko marls of Lower Eocene (Birkenmajer & Dudziak 1981) in this place suggests that it should belong to the Zarzecze Formation. This formation continues to the east to Szczawnica Wyżna along the PKB border (Fig. 2). The Krynica Member occurs within the Zarzecze Formation in the Krynica region (Świdziński 1953, *vide* Oszczytko *et al.* 1990) whose age was determined to Lower Eocene (Birkenmajer & Oszczytko 1988, 1989). The Krynica Member consists of thick-bedded sandstones and conglomerates but in the area described in the present study none were found. Above the Zarzecze Formation there are thick-bedded Magura sandstones represented the Piwniczna Sandstone Member. The age of the Piwniczna Member is Lower – Middle Eocene in southern and peri-klippen zone of the Krynica Subunit according to Birkenmajer & Oszczytko (1989). The deposits of this member spread from Dzwonkówka Mt., the Dunajec river through Tylmanowa to Lubań Mt. (Fig. 7) above zone of the Zarzecze Formation (Fig. 2). In Tylmanowa where Oszczytko (1986) previously described the Piwniczna Member the same formations were distinguished in this paper. The rocks in northern and southern slopes of Dzwonkówka Mt. had been determined as Magura beds according to Kulka *et al.* (1987).



**Fig. 7.** Thick-bedded sandstones of the Piwniczna Member which dipping vertical (Lubań Mountain)

**Fig. 7.** Zapadające pionowo gruboławicowe piaskowce ogniwa z Piwnicznej (góra Lubań)

In this paper, for the mentioned area, the Piwniczna Member has been distinguished according to new lithostratigraphic division of Birkenmajer and Oszczytko (1988, 1989). The lower boundary of the Piwniczna Member is marked by conglomerates (Fig. 8), thick bedded sandstones, pebbly mudstones (Birkenmajer & Oszczytko 1989) and sometimes clay gravelstone with exotic pebbles, which are called “Marszałek bed” (Alexandrowicz & Kutyba 1979, Alexandrowicz *et al.* 1984, Cieszkowski & Oszczytko 1986). These deposits were found in the Czarna Krośnica stream in Krościenko.



**Fig. 8.** Conglomerate occurs in the lower part of the Piwniczna Member – element of “Marszałek bed” (Kozłeczki stream)

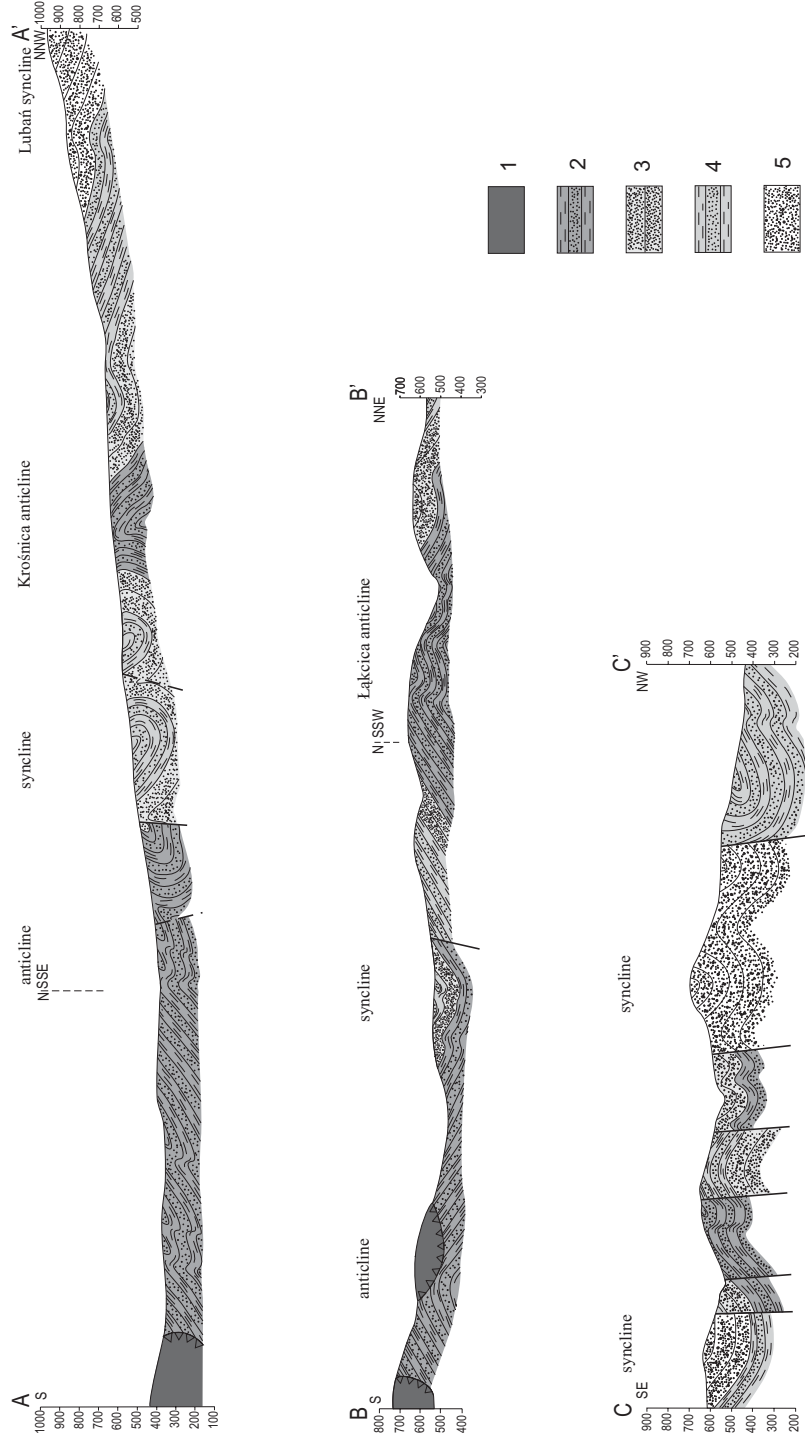
**Fig. 8.** Zlepieniec występujący w dolnej części ogniwa piaskowców z Piwnicznej tworzący tzw. „ławicę z Marszałka” (Potok Kozłeczki)

## TECTONICS

When this chapter was forming there was taken into account data from previous works (Tab. 1) and data obtained from area of research. In the geological cross-sections (Fig. 9) is visible that strata are very strong folded, especially those which consist of thin-bedded flysch of the Szczawnica Formation and the Zarzecze Formation. The Zarzecze Formation strata dip normally to the north, to the west of Marszałek Mt. but in the southern part of the region the Szczawnica Formation and also the Zarzecze Formation are strongly folded and strata are very often overturned. In addition to folds are mostly disharmonic. Anticlines with steep and often overturned strata of the Szczawnica Formation with the Życzanów Member and synclines of the Zarzecze Formation strikes East-West in the southern part of the area, along the PKB border. The beds which occur on the right bank of the Dunajec river are strongly folded and cut by faults. Distinguished dislocations are almost vertical normal faults.

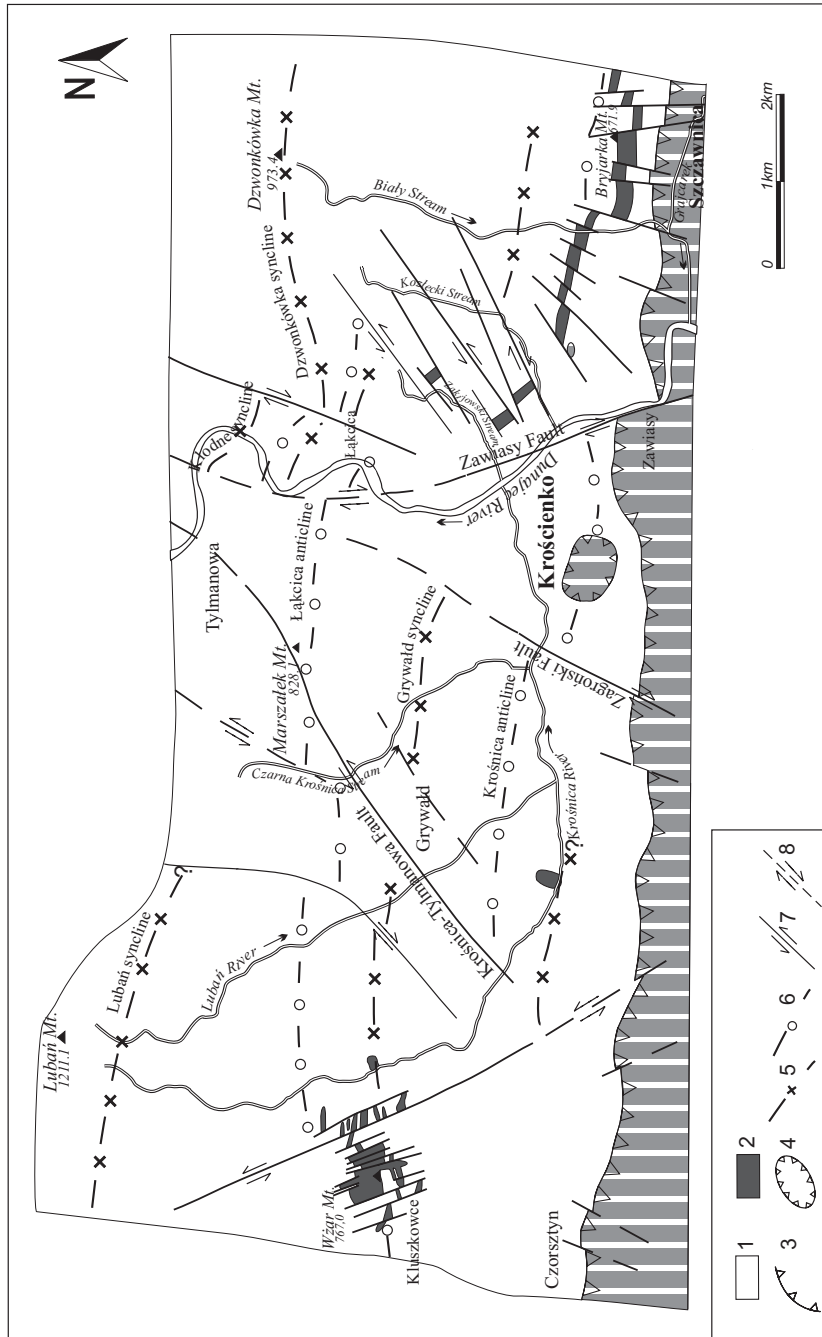
Several tectonic structures were recognised in the described area. The largest of them is the syncline with the Piwniczna Sandstone Member, which make up Lubań Mt. and Dzwonkówka Mt. The Lubań syncline perhaps continues to the east as the Kłodne syncline, which is cut by the Zawiasy fault. The first mentions about the Lubań syncline are in Bogacz & Węclawik (1962) and Żytko's paper (1963). An axis of the Lubań syncline has a W-E direction and in the eastern part it is cut by a fault along the Dunajec river according to Żytko (1963). In the central part of the Krościenko region between the Dunajec and the Krościenka river is small the Grywałd syncline within the Zarzecze Formation. Between the Kłodne and the Grywałd synclines is the Łąkcica anticline consists of the Szczawnica Formation and the Życzanów Member. The main direction of this anticline is W-E (Fig. 10). The Łąkcica anticline is cut by the Zawiasy fault to the east and a direction of it changes to NNW-SSE on the right bank of the Dunajec river. In the tectonic map the presented structures have mainly W-E directions and have similar directions to the tectonic elements distinguished by Żytko *et al.* (1987) and Żytko (*vide* Kulka *et al.* 1991).

A border of the Magura Nappe and the PKB is represented mainly by steeply dipping strike-slip fault (Birkenmajer 1986) nowhere intruded in area between Czorsztyn and Krościenko by andesites. In Szczawnica it runs in parallel and transversal to major dislocation called the Grajcarek dislocation system (Birkenmajer 1983). The same system of longitudinal and transversal faults is in the Czorsztyn region according to Birkenmajer (1983). How does this dislocation look between Czorsztyn and Krościenko is somewhat speculative, but probably it is very similar. The north dislocation line of the PKB is cut by transversal faults of SSW-NNE and SSE-NNW directions in the tectonic sketch. These faults are younger than the major dislocation and move klippen. Some of these faults as Zawiasy and Zagroński continue to the north into the Magura flysch (Fig. 10). The Zagroński fault has been distinguished on the basis of occurrence of fault-breccias in the Zagroński stream. This fault was produced by fracturing of wall-rocks (Roberts 1998) of the Pieńiny Klippen lying along a fault-plane, which was caused by fault movements. The Zagroński fault has direction NNE-SSW and extends to the north along overturned strata of the Zarzecze Formation. The second, significant fault called the Zawiasy fault (Birkenmajer 1979, 1989) which comes from the PKB, Zawiasy vicinity in the south of Krościenko, has SSE-NNW-NNE direction.



**Fig. 9.** Geological cross-sections of the investigated area: 1 – Pieniny Klippen Belt, 2 – Szczawnica Formation, 3 – Życzynów Sandstone Member of the Szczawnica Formation, 4 – Zarzeczce Formation, 5 – Piwniczna Sandstone Member of the Magura Formation

**Fig. 9.** Przekroje geologiczne obszaru badań: 1 – pieniński pas skałkowy, 2 – formacja szczawnicka, 3 – ogniwo piaskowców z Życzanowa formacji szczawnickiej, 4 – formacja z Zarzeczca, 5 – ogniwo piaskowców z Piwnicznej formacji magurskiej



**Fig. 10.** Tectonic sketch of the Krynica Subunit in the Krościenko vicinity on the Dunajec River: 1 – Pieniny Klippen Belt, 2 – andesites, 3 – Pieniny overthrust, 4 – klippe, 5 – syncline, 6 – anticline, 7 – fault, 8 – supposed fault

**Fig. 10.** Szkic tektoniczny podjednostki krynickiej w rejonie Krościenka nad Dunajcem: 1 – pieniński pas skałkowy, 2 – andezyty, 3 – nasunięcie pienińskie, 4 – czapka tektoniczna, 5 – synklina, 6 – antyklina, 7 – uskok, 8 – przypuszczalny uskok



The Zawiasy dextral fault moves 700 m of the west fault side to the north (Birkenmajer 1986). The Zarzecze Formation outcrops, which were previously defined the Szczawnica Formation (Birkenmajer & Dudziak 1981, Birkenmajer 1992) and found in the Dunajec river, close to the PKB in the south of Krościenko, are overturned and belong to the eastern fault side (Birkenmajer *et al.* 1979, Birkenmajer 1989) of the Zawiasy fault.

The Krośnica – Tylmanowa fault (SW-NNE) which cut Marszałek Mt. described as hinge fault by Żytko *et al.* (1987) is in fact strike-slip fault. Existence of the mentioned sinistral fault has been established on the basis of fault-breccias in the Dziadowe Kały stream between the Lubań river and Grywałd and also in the Czarna Krośnica stream which occur within the Szczawnica Formation. The eastern side of the Krośnica-Tylmanowa fault is about 350 m moved to the north. Displacement of it dislocation is small along a fault-plane. The largest displacement reaches about 850 of the Paleogene strata and occurs at Wżar Mt. along the SSE-NNW fault.

The tectonic position of the Łupisko klippe, which consists of Jurassic and Cretaceous rocks, is uncertain. Łupisko klippe was folded together with peri-klippen flysch according to Książkiewicz (1972) but it is also possible that this fragment could be separated from the PKB and overthrust on the Szczawnica Formation as a klippe (Fig. 2). In the Ściogocki stream klippe (Birkenmajer 1986) is probably uplifted at the strike-slip fault.

The tectonic sketch (Fig. 5) which shows andesites and faults at Wżar Mt. and between Krościenko and Szczawnica was determined on the basis of sketch maps of Birkenmajer (1992) and Birkenmajer & Péčskay (2000). Miocene andesites form dykes, sometimes sills cut the PKB and the Krynica Subunit rocks. Andesites are located along the so-called Pieniny Andesite Line (PAL) between Jarmuta Mt. and Krościenko and between Krośnica and Wżar Mt according to data of Birkenmajer (1986). In Krościenko on the right bank of the Dunajec river andesites derive from the first phase of intrusions and andesites are dissected by transversal faults (Birkenmajer 1992, Birkenmajer & Péčskay 2000). At Wżar Mt. there are two phases, the second phase vertical andesite dykes follow strike-slips faults transversals to the PAL which cut the first phase andesite dykes (Birkenmajer & Péčskay 2000).

Transversal faults displace the PKB and faults along the Dunajec river indicate it age younger than the major phase formation the north dislocation of the Klippen Belt which border with the Magura Nappe. Transversal faults have strike-slip character. They also cut the andesitic intrusions, at least they older generation (Birkenmajer 1992). It indicates they age as Sarmatian (Birkenmajer & Péčskay 2000). It is possible that the faults were originally strike-slip turned later into the normal ones. Indication of that are faults on the right bank of the Dunajec river (Fig. 4) near Łąkcica. The surface of these faults plunges towards downthrown side.

The Krościenko region has very complicated tectonic. In the eastern and western part of the area there are dense systems of faults what is especially visible in the maps according to Birkenmajer *et al.* (1979) and Birkenmajer (1986, 1992). In the central part of the Krościenko the region is uplifted (Żytko 1963) and forms so-called Krościenko element (Tokarski 1975) which is additionally strongly folded. Besides the Pieniny Klippen Belt overthrust forms a border in the south part of the studied area.

## CONCLUSIONS

The presented area is in the majority made up of the Szczawnica Formation of Middle Paleocene – Lower Eocene age with the Życzanów Sandstone Member of Lower Eocene age in upper part and the Piwniczna Sandstone Member of the Magura Formation. The Piwniczna Sandstone Member builds the highest elevations like Lubań Mt. and Dzwonkówka Mt. in the described area. The outcrops along right bank of the Dunajec river that were previously classified as the Szczawnica Formation belong to the Zarzecze Formation of Lower – Middle Eocene age. The Łącko marls-type of Lower Eocene age occur within formations, which are typical for the Zarzecze Formation on the Dunajec river, therefore the Zarzecze Formation was drawn in the geological map. Marls in the Czarna Krośnica stream are probably the same age as ones beneath of the St Kinga Chapel on the Dunajec river.

The Zarzecze Formation is only represented by thin-bedded flysch with the Łącko marls-type but without the Krynica Member. The outcrop of “Marszałek bed” described previously by Alexandrowicz & Kutyba (1979), Alexandrowicz *et al.* (1984) and Cieszkowski & Oszczytko (1986) occurs in lower part of the Piwniczna Sandstone Member in the Czarna Krośnica stream to the west of Marszałek Mt.

The described area is strongly folded and faulted. Anticlines are mainly composed of the Szczawnica Formation and the Życzanów Sandstone Member, whereas synclines are built of the Zarzecze Formation or the Piwniczna Sandstone Member. Structures distinguished in the investigated area have generally W-E directions. Presented faults are transversal and have strike-slip character. Some of the faults as the Zawiasy fault, at Wżar Mt and faults on the right bank of the Dunajec river which displace strongly the Paleogene strata.

The border between the Paleogene flysch deposits of the Magura Nappe and the Pieniny Klippen Belt is not uniform. The contact line is made of longitudinal and transversal faults. Some of transversal faults, for example the Zawiasy fault and the Zagroński fault run from the PKB and continue to the Krynica Subunit where it cut the Paleogene formations. Additionally within the Magura Nappe boundary appear klippen of the PKB. Klippen in the Ścigołki stream is uplifted at the strike-slip fault but the klippen, which forms Łupisko hill is probably overthrust on the Szczawnica Formation.

## REFERENCES

- Alexandrowicz S.W. & Kutyba J., 1979. Litostratygraficzne poziomy korelacyjne w serii magurskiej między Krościenkiem a Jaworkami. *Kwart. Geol.*, 23, 2, 502–503.
- Alexandrowicz S.W., Cieszkowski M., Golonka J., Kutyba J., Oszczytko N. & Paul Z., 1984. Stratygrafia strefy krynickiej płaszczowiny magurskiej w polskich Karpatach fliszowych. *Biul. Inst. Geol.*, 340, 23–39.
- Birkenmajer K. & Dudziak J., 1981. Wiek fliszu magurskiego (paleogen) północnego obrzeżenia pienińskiego pasa skałkowego w Polsce na podstawie nannoplanktonu. *Stud. Geol. Pol.*, 70, 7–36.

- Birkenmajer K. & Oszczytko N., 1988. New Lithostratigraphic Standard for the Paleogene of the Magura Flysch Basin (Southern Part), Carpathians. *Bull. Pol. Ac. Sc.*, 36, 3–4, 253–259.
- Birkenmajer K. & Oszczytko N., 1989. Cretaceous and Paleogene lithostratigraphic units of the Magura Nappe, Krynica Subunit, Carpathians. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 59, 1–2, 145–181.
- Birkenmajer K. & Péčskay Z., 2000. K – Ar dating of Miocene andesite intrusions, Pieniny Mts, West Carpathians, Poland. *Stud. Geol. Pol.*, 117, 7–25.
- Birkenmajer K., 1957. Dajki andezytowe góry Bryjarki w Szczawnicy. *Prz. Geol.*, 2, 62–65.
- Birkenmajer K., 1983. Uskoki przesuwcze w północnym obrzeżeniu pienińskiego pasa skałkowego w Polsce. *Stud. Geol. Pol.*, 77, 89–110.
- Birkenmajer K., 1986. Stratygrafia, sedimentologia, tektonika płaszczowiny magurskiej i strefy pienińskiego pasa skałkowego (wycieczka B). *Przewodnik LVII Zjazdu PTG*, 18–20 września Pieniny 1986, 134–139.
- Birkenmajer K., 1986. Zarys ewolucji geologicznej pienińskiego pasa skałkowego. *Prz. Geol.*, 6, 293–303.
- Birkenmajer K., 1992. Południowe obrzeżenie płaszczowiny magurskiej (Łąkcica – Tylmanowa). *Przewodnik LXIII Zjazdu PTG*, 17–19 września Koninki 1992, 50–64.
- Birkenmajer K., Dudziak J. & Jednorowska A., 1979. Wgłębna budowa geologiczna północnej strefy dyslokacyjnej pienińskiego pasa skałkowego w Szczawnicy. *Stud. Geol. Pol.*, 61, 7–36.
- Bogacz K. & Węclawik S., 1962. The Geological Position of the “Boundary Flysch” (Nordliche Grenzzone) on the Southern Slopes of the Gorce Mountains. *Bull. Pol. Ac. Sc.*, 10, 4, 223–229.
- Bogacz K., Chrząstowski J., Radomski A., Ślączka A. & Węclawik S., 1969. Przewodnik geologiczny po Zachodnich Karpatach fliszowych (wycieczka 23). W: Unrug R. (ed.), Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 260.
- Boryslawski A., Golonka J., Paul Z. & Ryłko W., 1981. Wzajemny stosunek stref tektono-facjalnych płaszczowiny magurskiej. *Kwart. Geol.*, 25, 4, 813–814.
- Cieszkowski M. & Oszczytko N., 1986. Rozwój osadów płaszczowiny magurskiej w strefie przypienińskiej. *Prz. Geol.*, 6, 327–333.
- Cieszkowski M., 1979. Warstwy z Kowańca w podjednostce krynickiej płaszczowiny magurskiej – nowa definicja. *Kwart. Geol.*, 23, 2, 501–502.
- Golonka J. & Sikora W., 1981. Microfacies of the Jurassic and Lower Cretaceous sedimentarily thinned deposits of the Pieniny Klippen Belt in Poland. *Biul. Inst. Geol.*, 31, 7–37.
- Golonka J., 1979. Wstępne wyniki badań geologicznych jednostki magurskiej w paśmie Radziejowej. *Kwart. Geol.*, 23, 2, 504–505.
- Golonka J., Krobicki M., Oszczytko N., Ślączka A. & Słomka T., 2003. Geodynamic evolution and palaeogeography of the Polish Carpathians and adjacent areas during Neo-Cimmerian and preceding events (latest Triassic – earliest Cretaceous). In: McCann T. & Saintot A. (eds), Tracing Tectonic Deformation Using the Sedimentary Record, 138–158, *Geological Society of London Special Publication*, 208.

- Kováč M. & Plašienka D. (eds), 2002. *Geological structure of the Alpine-Carpathian-Pannonian junction and neighbouring slopes of the Bohemian Massif*. Comenius University Bratislava.
- Książkiewicz M., 1972. *Budowa geologiczna Polski, tom IV (Tektonika), cz. 3 (Karpaty)*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Kulka A., Rączkowski W., Żytko K. & Paul Z., 1987. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski, 1:50 000. Arkusz Szczawnica – Krościenko*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Kulka A., Rączkowski W., Żytko K. & Paul Z., 1991. *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, 1:50 000. Arkusz Szczawnica – Krościenko (1050)*. Warszawa.
- Małkowski S., 1923. Sprawozdanie z badań fliszu magurskiego i fliszu granicznego w okolicy Krościenka nad Dunajcem. *Spraw. Pol. Inst. Geol.*, 1923–1924, 2, 17–26.
- Oszczypko N., 1979. Budowa geologiczna północnych stoków Beskidu Sądeckiego między Dunajcem a Popradem (płaszczowina magurska). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 49, 3–4, 293–325.
- Oszczypko N., 1979. Stratygrafia płaszczowiny magurskiej na północnych stokach Beskidu Sądeckiego. *Kwart. Geol.*, 23, 2, 503–504.
- Oszczypko N., 1986. Stratygrafia, sedymentologia i tektonika płaszczowiny magurskiej i strefy pienińskiego pasa skałkowego (wycieczka B). *Przewodnik LVII Zjazdu PTG, Pieniny*, 18–20 września 1986, 130–134.
- Oszczypko N., Dudziak J. & Malata E., 1990. Stratigraphy of the Cretaceous through Paleogene deposits of the Magura Nappe in Beskid Sądecki Range, Polish Carpathians (in Polish). *Stud. Geol. Pol.*, 97, 109–163.
- Oszczypko N. & Oszczypko-Clowes M., 2002. Newly discovered Early Miocene deposits in the Nowy Sącz area (Magura Nappe, Polish Outer Carpathians). *Geol. Quart.*, 46, 2, 117–133.
- Roberts J.L., 2001. *A Photographic Guide to Minerals, Rocks and Fossils*. New Holland Publishers (UK), 1–128.
- Tokarski A.K., 1975. Structural analysis of the Magura Unit between Krościenko and Zabrzeż (Polish flysch Carpathians). Analiza strukturalna jednostki magurskiej pomiędzy Krościenkiem a Zabrzeżą (polskie Karpaty fliszowe). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 55, 3–4, 327–357.
- Watycha L., 1963. Flisz magurski południowej części Gorców. *Prz. Geol.*, 8, 371–378.
- Żytko K., 1963. Wyniki badań okolic Krościenka nad Dunajcem. *Kwart. Geol.*, 7, 4, 724–725.
- Żytko K., Gucik S., Kulka A. & Paul Z., 1987. Budowa geologiczna płaszczowiny magurskiej w okolicy Krościenka – Tylmanowej. *Spraw. z Pos. Naukowych Instytutu Geologicznego*, 218–219.

### Streszczenie

W pracy została przedstawiona budowa geologiczna obszaru znajdującego się w południowej części podjednostki krynickiej płaszczowiny magurskiej (Fig. 1), w rejonie Krościenka nad Dunajcem. Obszar badań od południa ograniczony jest pienińskim pasem skałkowym. Kontakt fliszu magurskiego z pasem skałkowym został uwzględniony na linii od Czorsztyna do Szczawnicy.

Pierwsze badania w okolicach Krościenka nad Dunajcem zostały zapoczątkowane przez Uhliga w XIX wieku (Tab. 1). W kolejnych badaniach położony został nacisk zarówno na problematykę litostratygrafii, jak i tektoniki obszaru Krościenka. Wykonane przez różnych autorów zdjęcia geologiczne cechowały się zastosowaniem odmiennych podziałów litostratygraficznych. Ta różnorodność w litostratygrafii strefy krynickiej była spowodowana brakiem kompletnych badań stratygraficznych. Obecnie dla strefy krynickiej został wykonany ujednolicony podział litostratygraficzny z zastosowaniem formalnych jednostek litostratygraficznych. Podział ten był podstawą do wykonania zdjęcia geologicznego (Fig. 2) obszaru Krościenka nad Dunajcem.

Najstarsze rozpoznane utwory należą do formacji szczawnickiej (Fig. 3, 4) (środkowy paleocen – dolny eocen). W górnej części formacji szczawnickiej znajduje się ogniwo z Życzanowa (dolny eocen) (Fig. 5). Powyżej formacji szczawnickiej wydzielono formację z Zarzecza (dolny – środkowy eocen) (Fig. 6) charakteryzującą się występowaniem margli łąckich (dolny eocen). Najmłodsze utwory prawdopodobnie należą do formacji magurskiej, tworzą one tzw. ogniwo piaskowców z Piwnicznej (dolny – środkowy eocen) (Fig. 7). Na obszarze Krościenka nad Dunajcem występowanie ogniwa piaskowców z Piwnicznej często podkreślone jest pojawieniem się w dolnej jego części wkładki zwirowców ilastych lub zlepieńców (Fig. 8) tworzących tzw. „ławicę z Marszałka”.

Obszar Krościenka nad Dunajcem jest silnie sfałdowany (Fig. 9), szczególnie w rejonach występowania drobnorytmicznego fliszu oraz na kontakcie z pienińskim pasem skałkowym. Szereg struktur tektonicznych ma przebieg zbliżony do równoleżnikowego (Fig. 10). W obrębie antyklin w południowej części obszaru występują odwrócone warstwy (Fig. 9) formacji szczawnickiej, natomiast w synklinach znajdują się sfałdowane warstwy formacji z Zarzecza lub masywne piaskowce ogniwa z Piwnicznej. W północnej części badanego obszaru występuje ciąg synklin: synklina Lubania i synklina Dzwonkówki, zbudowanych z utworów ogniwa z Piwnicznej. W centralnej części obszaru w obrębie występowania formacji szczawnickiej wydzielono antyklinę Łąkcicy oraz antyklinę Krośnicy przedzielone synkliną Grywałdu zbudowaną z formacji z Zarzecza. W zachodniej i wschodniej części rejonu Krościenka wydzielenie struktur fałdowych uniemożliwia silna tektonika uskokowa.

Na badanym obszarze zidentyfikowane dyslokacje mają charakter uskoków przesuwczych. Uskoki te mają głównie kierunki SSE-NNW lub SSW-NNE (Fig. 10). Powstanie części dyslokacji było spowodowane naprężeniami występującymi w płaszczowinie magurskiej, które generowały powstawanie rozłamów i ruch mas fliszowych wzdłuż powierzchni uskokowych. Świadectwem tych ruchów są brekcje uskokowe zlokalizowane w potoku Czarna Krośnica i Dziadowe Kąty wyznaczające uskok Krośnica – Tylmanowa. Z kolei geneza dyslokacji występujących na górze Wżar oraz na prawym brzegu Dunajca (Krościenko – Zawodzie) jest związana z intruzjami andezytów w sarmacie.

Południowa granica strefy krynickiej regionu Krościenka jest niejednolita. W pobliżu kontaktu z pienińskim pasem skałkowym w obrębie paleogenu magurskiego występują fragmenty pasa skałkowego. Część z nich została prawdopodobnie oderwana od pasa skałkowego i nasunięta na płaszczowinę magurską, tworząc w rejonie Łupiska wyniesienie. Natomiast inne występujące na prawym brzegu Dunajca (potok Ścigocki) zostały wyniesione wzdłuż uskoku przesuwczego.