

# A trail of storms imprinted in Triassic rocks on the touristic path: an example from Grodziec (Dąbrowa Basin, southern Poland)

Ślad sztormów, zapisanych w skałach triasowych, na szlaku turystycznym:  
przykład z Grodzca (Zagłębie Dąbrowskie, południowa Polska)

Aleksandra Gawęda<sup>1</sup>, Aleksandra Vierek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Earth Sciences, University of Silesia, Będzińska St. 60, 41-200 Sosnowiec, Poland;  
e-mail: [aleksandra.gaweda@us.edu.pl](mailto:aleksandra.gaweda@us.edu.pl)

<sup>2</sup>The Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education in Katowice, 40-065 Katowice, Mikołowska St., 72, Poland;  
e-mail: [a.vierek@awf.katowice.pl](mailto:a.vierek@awf.katowice.pl)



**Abstract:** The Upper Silesia – Dąbrowa Basin is one of the highest industrially transformed regions in Europe. However, places of geotouristic value are still preserved and should be protected. One of them is the abandoned “Kamionka” quarry and nearby St. Dorota hill, known as “local Olympus” with historical monuments, located in the Grodziec district of Będzin.

The profile of Triassic limestones, dolomitized limestones and marly dolomites belong to so called Gogolin Beds and represent the sedimentation typical of sea transgression with numerous changes in water energy, up to stormy sedimentation, imprinted in rock textures and sedimentary structures. Both proximal and distal tempestites are found here. Local bioturbations are indicative for breaks in storm activity and low-energy sedimentation. In general, the carbonate sediments of Grodziec district were formed in shallow basin, on the carbonate ramp, influenced by storms and/or bottom currents. The link between the history of that area, geomorphology and geological features makes that area of special importance for geotourism.

**Key words:** Upper Silesia, Dąbrowa Basin, Grodziec, Triassic carbonate sediments, storm activity

**Treść:** Basen śląsko-dąbrowski należy do najbardziej uprzemysłowionych, a przez to silnie zmienionych w wyniku działalności człowieka, rejonów Europy. Miejsca o wartości geoturystycznej z racji swej rzadkości powinny być pod specjalną ochroną. Jednym z takich miejsc jest nieczynny kamieniołom „Kamionka” usytuowany blisko wzgórza św. Doroty, znanego także jako „Olimp zagłębiowski”, usytuowane w dzielnicy Będzina o nazwie Grodziec. Odslaniający się w kamieniołomie profil triasowych wapieni, częściowo zdolomityzowanych i marglistych,

należy do tak zwanych warstw gogolińskich i reprezentuje cechy sedimentacyjne typowe dla transgresji morskiej. W osadach znaleźć można zapis teksturalny i strukturalny wielokrotnych zmian energii wód aż do sedimentacji sztormowej, z charakterystycznymi osadami tempestytów proksymalnych i dystalnych. Lokalnie obserwowane bioturbacje wskazują na przerwy w aktywności sztormowej i sedimentacji niskoenergetycznej. Sekwencje osadowe, odsłaniające się w Grodzcu, powstawały w płytkim basenie sedimentacyjnym, na rampie węglanowej, noszą cechy zarówno osadów sztormowych, jak i prądów dennych. Obszar Kamionki – wzgórze św. Doroty jest przykładem związków między budową geologiczną, geomorfologią oraz historią regionu i jest przez to obszarem o dużym znaczeniu geoturystycznym.

**Słowa kluczowe:** Górny Śląsk, Zagłębie Dąbrowskie, Grodziec, triasowe osady węglanowe, sztormy

## Introduction

The Upper Silesia – Dąbrowa Basin region is known from its industry, which has been developed here from the XIV<sup>th</sup> century till now: coal mining, steel, zinc, lead and silver metallurgy and – from the second half of XX<sup>th</sup> century – electro-power stations. The main problem of that region is the environmental pollution and the large amount of waste material, forming dumps, which modify the original landscape. Little is known about the geotouristic value of that area, which represents the unique place of Triassic sedimentation, overlying the carboniferous coal-bearing strata.

St. Dorota hill is located in a Grodziec district of Będzin and it is the highest point (382 m a.s.l.) of the Dąbrowa Basin (Fig. 1). Historically it was called „local Olympus” and currently (from 1993) the vicinity of the top is a protected landscape area. In the past, it was one of the most important places in that area, starting from Iron Age (650-500 years B.C – Halstatt period), mainly as the place of settlements, defences against the Scythian and religious centre. The archaeological investigations revealed also the well-developed settlement of the Lusatian Culture (Błaszczuk, 1982). After

christianization (in X-th century), the hill was still used as a religious centre and was known as a target of many pilgrimages and a place famous of a “holy spring”. However, the old Lusitanian defence constructions were probably rebuilt in the XIV-th century and still used, as that area was in a very special geo-political position near the border between Poland and Silesia, subjected to the Luxemburg dynasty (Błaszczyk, 1982). In 1653, on the top of St. Dorota Hill, a small church was built, just in the place of the old, pre-Christian religious centre, existing till now and being a place of pilgrimages and a yearly traditional festival on August 4<sup>th</sup>.

The aim of this paper is to describe the abandoned quarry of Triassic dolomites and nearby St. Dorota Hill, located in a Grodziec district, city Będzin (Fig. 1), as the places important from the geoturistic point of view. It is the only place in the very industrial area, where local geology together with sedimentological details can be presented for the tourists. Additional impact is to show how the old mining places can be used in an area, which was heavily transformed in the past, because of the industry development.

### Geographical and geological outline

St Dorota Hill is a kind of inselberg, built of Triassic marls and dolomites, preserved among the Quaternary deposits and coal-bearing Carboniferous rocks, covering the Epi-Variscan Platform. Locally, faults of different range complicate the geological structure (Goszczyk, 1982).

In the Grodziec district, coal exploitation was led from 1823 (historical “Barbara” coal-mine on the western slope of the St Dorota Hill and “Grodziec” coal mine until the nineties of the XX-th century).

Triassic deposits are represented by:

1. Red Sandstone (Lower Triassic), filling the paleo-denivelations in the Variscan Platform,
2. Rhetian and Muschelkalk (Middle Triassic) carbonate sediments (limestones and dolomites, locally ore-bearing of total thickness 150-160 m,
3. Upper Triassic red clays, limestones, marls and breccias are locally observed.

Triassic carbonate rocks show a strong karstification and it is possible that historically known „holy spring” was one of the karst springs bringing the mineral water. The underground coal exploitation caused the disturbances in the hydrogeological environment, the infiltration of Triassic mineral waters into Carboniferous water-bearing horizon and the resulting mixing and the final disappearance of water in the spring (Rózkowski, Chmura, 1996).

### Outcrops description

Middle Triassic carbonate sediments (so-called Gogolin Beds; e.g., Assman, 1944) are very well exposed and easily available in the southern (Stop1) and south-western (Stop 2) parts of the old abandoned “Kamionka” quarry (Fig. 2).

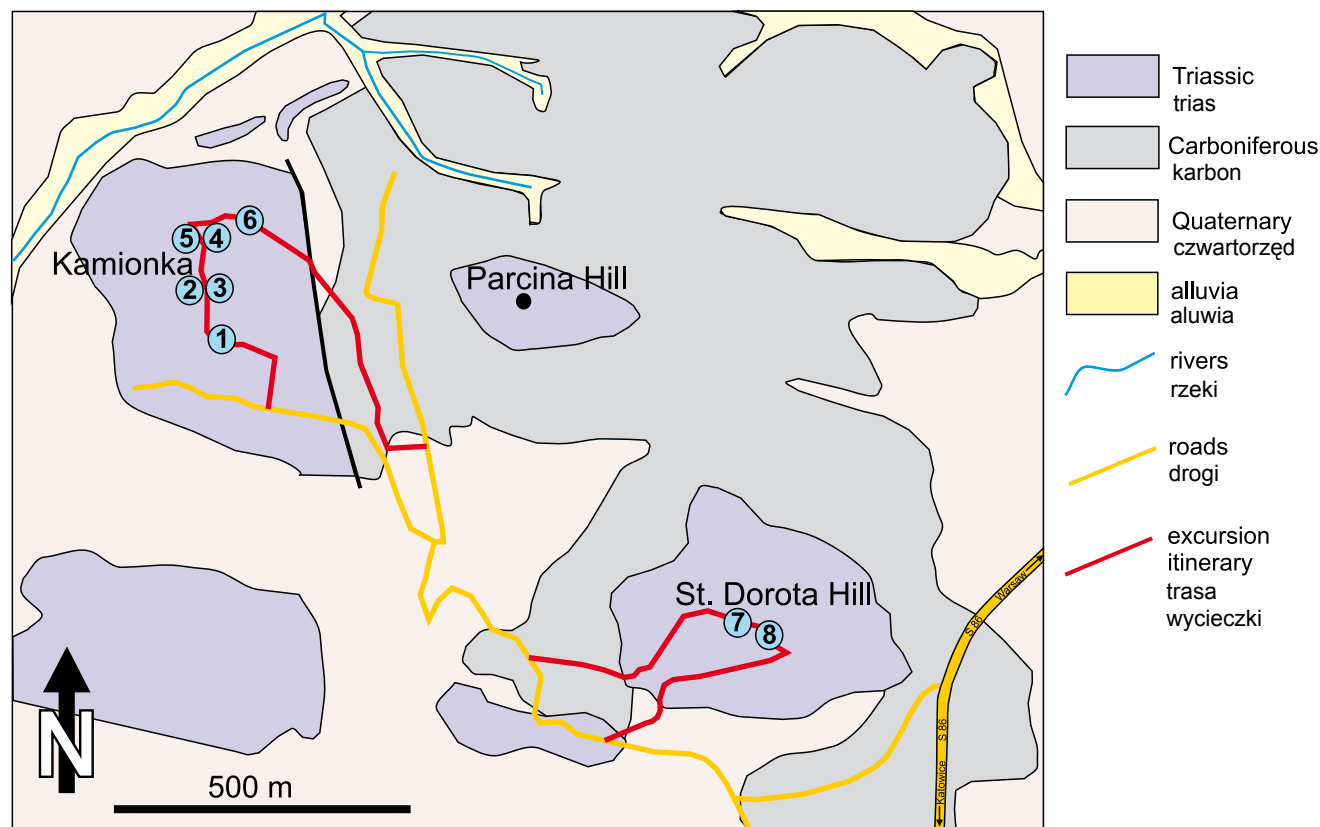


Fig. 1. Location of the investigated area and simplified geological map of the Grodziec district, together with the excursion itinerary (outcrops marked as the numbers of stops in the circles) • Lokalizacja obszaru badań i uproszczona mapa geologiczna dzielnicy Grodziec wraz z trasą wycieczki (punkty obserwacyjne zaznaczone jako numery w kółkach)

In the first outcrop (Stop 1) ca. 3.8 m a thick profile of rhythmically stratified limestones, marly limestones and marly shales can be observed (Fig. 3a). These are light-grey or pale-yellow, thin- to middle-bedded (3–30 cm thick) micritic limestones (calcsiltites), with horizontal and/or low-angle cross lamination. The bottom and top bed surfaces are mostly planar (Fig. 3b). Locally the undulations of the top surface and erosion base are also present (Fig. 3d). Thin-bedded (ca. 5 cm) layers occasionally comprise micrite in their lower sections and show gradations to calcarenites in their upper parts, separated by the erosion surface. Within the micritic parts ichnofossils (bioturbations) are present. Rarely, limestone beds show amalgamations. Locally, wavy-to nodular fabric is observed in the thick-bedded (ca. 50 cm) micritic limestones, characterized by irregularly undulated or curved and discontinuous layers (Fig. 3a). They comprise more or less regular nodules, coated by the poorly compacted marly material (Fig. 3c). In the lower and uppermost parts of the section, intra-formational conglomerates are present as layers from 13 to 27 cm thick. The pebbles in the conglomerate are subhorizontally oriented and floating in the matrix, forming matrix-supported fabric (Fig. 3a).

Locally limestones are poorly compacted and contain the admixture of clay material (= marly limestones), they could be also characterized by fine platy lamination (= marly shale). Marly shales occur in the middle and upper part of the section and are very thin- and thin-bedded (1–6 cm).

The small outcrop in the south-eastern side of the “Kamionka” quarry (Stop 2, Figs. 2 and 4) represents a ca. 2.0 m thick pale-yellow limestone and a marly dolomitic limestone sequence. Limestones are laminated (4–30 cm thick), nodular or wavy-bedded, with beds amalgamation locally observed (Fig. 4a). Horizontal lamination (Fig. 4b) often changes into low-angle cross- and wavy-lamination at the tops of some beds. Calcarenite limestones contain many brachiopod shells and crinoids. In the uppermost part of the section, limestones change colour to dark-yellow and are strongly cavernous. The caverns are irregular in shape and their diameters is millimetres in size (so called cellular limestones – Fig. 5 a; e.g., Siedlecki, 1952; Szulc, 2000).

Stop 3 is located per contra Stop 2, ca. 60 m to the north (Fig. 2). Small, ca. 1.8 m thick, outcrop of dark-coloured calcarenites is strongly tectonized (Fig. 5A). Limestones are middle- to thick-bedded (10–57 cm), partly dolomitized (= dolomitic limestone). The middle and upper portion of the section is characterized by intercalations of wavy-bedded fabric and horizontal lamination. Except for rare erosional contacts, bottom and top surfaces are indistinct and disturbed. Fossils are rare, only crinoid detritus is scarcely present.

In the northern part of the quarry, in the uphill bank is visible small, ca. 0.60 m thick, fragment of fine-grained limestones (Stop 4). There are four, relatively medium-bedded (11–19 cm) calcarenites. The bottom and top surfaces are sharp and distinct. Rare, the bases are erosional. Locally, the calcarenites show horizontal and/or cross-lamination (Fig. 5B). Except for rare crinoids, no fossils were detected.

Stop 5 represents a ca 0.70 m thick profile of homogeneous limestones (calcarenites), with abundant fragments of

brachiopod shells and crinoid detritus. The limestone beds are weakly laminated, locally cellular.

Along the path coming to the north- and northeast part of the quarry one can see thin- to moderately-bedded, pale-yellow marly limestones (Stop 6, Fig. 5C). Unfortunately, the location of the exposure and numerous rocky overhangs make the outcrop dangerous so it should be exploited with care.

The eastern side of the quarry is distinct in morphology as it comes along the tectonic fault (Fig. 2). On the way to the east one has to cross the tectonic border. Further way to SE comes along Kempy and Konopnickiej streets. On the way to St Dorota hill we turn left to Barlickiego Street and passing the old cement factory we come further along Chopina Street. First turn left is the SSW-NNE directed touristic path, located inside the protected landscape area, commonly used as a pilgrimage. The church located at the top of the hill (Stop 7, Fig. 6) is surrounded by the old Lusatian defence constructions, at present covered by vegetation.

Coming down the hill along its eastern slope we pass the small, old chapel and abandoned spring (Stop 8). In the old traditional beliefs water from that spring has special medicinal properties. Probably in the past it was the mineral, karst-related water. When coal exploitation started the Triassic mineral waters and carboniferous waters mixed and the water in the spring slowly disappeared.

## Interpretation

In the end of the Early Triassic (Rhetian) the area of the present Upper Silesia was covered by the sea transgression, which continued until Muschelkalk (Senkowiczowa, 1980).

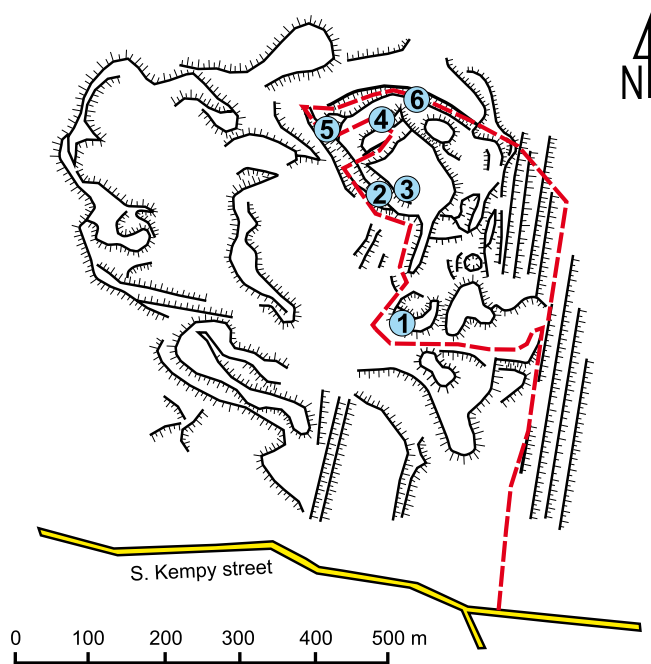


Fig. 2. Detailed plan of the „Kamionka” quarry with the fragment of the excursion itinerary and outcrops location (1–6). • Szczegółowy plan kamieniołomu „Kamionka” wraz z fragmentem trasy wycieczki i lokalizacją odsłonięć (1–6)

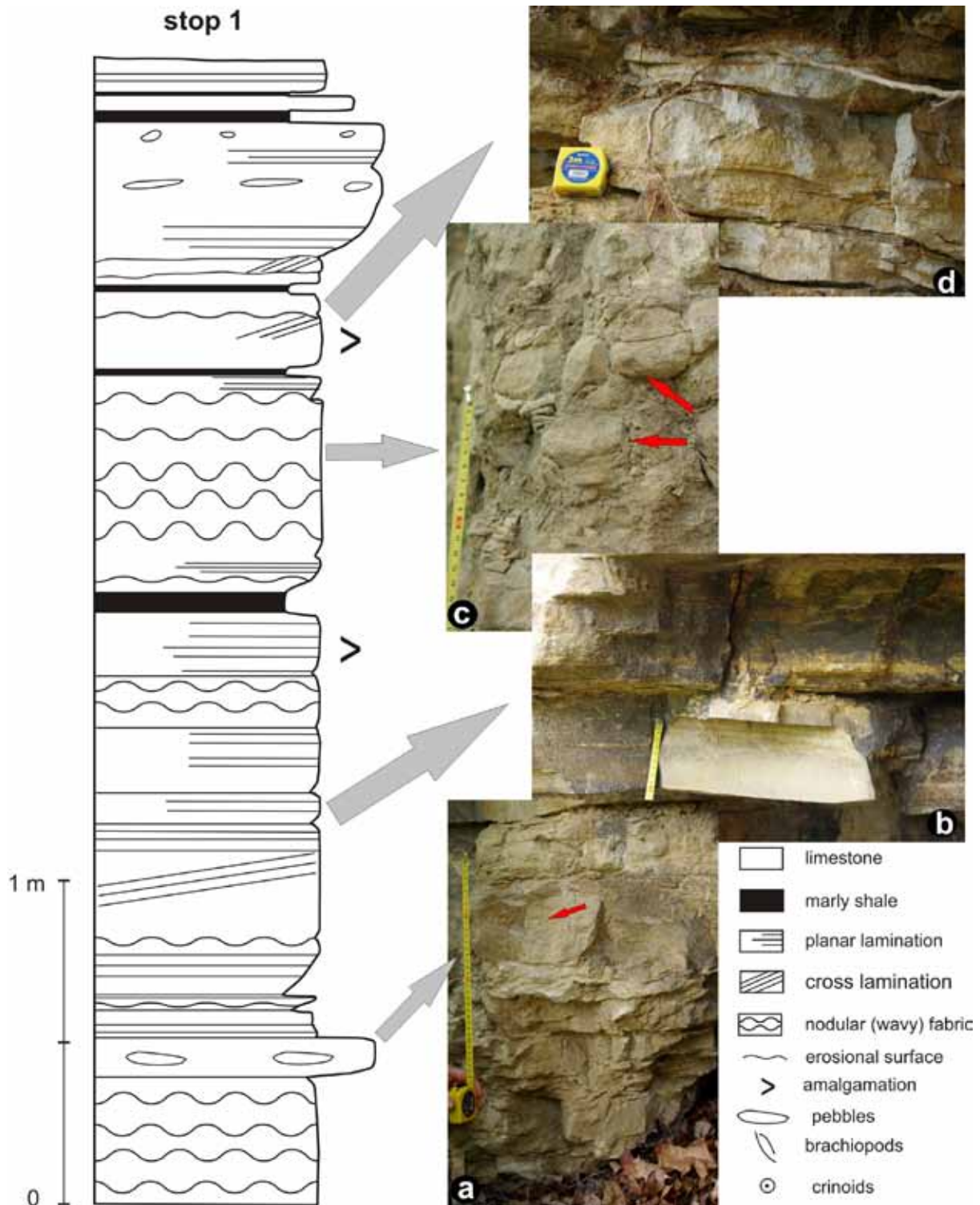


Fig. 3. Lithological profile of carbonate rocks from Stop 1, phot. A. Vierek:

- a) in the lower part of the profile micritic limestones with wavy- to nodular fabric are present, covered by intra-formational conglomerates (red arrow points out the elongated pebble);
- b) horizontally laminated micritic limestone (calcisiltite);
- c) typical nodular limestone: nodules (pointed by red arrows) are dispersed in the marly matrix;
- d) Micritic limestones with low-angle cross lamination and characteristic undulated top and bottom surfaces

• Profil litologiczny węglanowych osadów budujących Stop 1, fot. A. Vierek:

- a) w dolnej części zdjęcia wapienie mikrytowe o budowie falisto-gruzłowej, powyżej ławica zlepieńca śródformacyjnego (strzałką zaznaczono wydłużony otoczek);
- b) laminowane poziomo wapienie mikrytowe (kalcysiltity);
- c) typowe wapienie gruzłowe: zauważ wapienne buły (zaznaczone czerwoną strzałką) rozmieszczone w spoiwie marglistym;
- d) laminowane przekątnie wapienie mikrytowe o charakterystycznych falistych powierzchniach stropu i spągu

Carbonaceous rocks, described here, were deposited in the marginal, shallow part of the sea basin, in subtropical, hot and relatively dry climate (Szulc, 2000).

The sea transgression covered the morphologically diversified shore zone, built of the Paleozoic rocks. In the end of the Rhetian sedimentation most of the denivelations were filled by sediments. The Gogolin Beds were deposited in a relatively shallow and vast basin, characterised by the flat bottom (Pawłowska, 1985). In such a shallow sea sedimentation conditions could have changed from low- to high-energy during intense stormy waving. The numerous changes of the environment's energy are imprinted in rocks as variegated textures and typical sedimentary structures. In the calcareous deposits of "Kamionka" quarry numerous sedimentary structures point out such changes. Delicate horizontal lamination, cross- and wavy stratification, erosional surfaces, beds amalgamation and bioturbation are characteristic features. In addition, changes from calcisiltites to calcirudites are evident. Important is also the occurrence of horizons of intraformational conglomerates.

Below the wave base, in the quiet, low energy environment, marly limestones and marly shale were formed. A low-energy environment is also highlighted by the relatively fine-grain

nature of the calcareous sediments and the flat basal and top surfaces of the calcisiltites. Such slow, normal carbonate sedimentation had been broken by the episodes of rapid erosion and relatively quick sedimentation after storms, marked by intraformational conglomerates (e.g., Chudzikiewicz, 1975). The sharp and/or erosion bases, thicker grain of sediments (czy może być calcarenite-calcirudite sediments), low-angle cross lamination and/or wavy-lamination indicate storm deposits (tempestites) formed above a storm wave base. Some of the conglomerate beds were also amalgamated, what is typical for proximal tempestites (Aigner, 1985). Beds with the distinct textural change from calcisiltite to calcarenite, divided by the erosional surface, are also typical of such environmental conditions (see Duke, 1985; Vierek, 2007). When storm winds have ceased, only horizontal lamination could be formed, what is typical of distal tempestites (Aigner, 1985). However, bioturbations are indicative of breaks in storm activity and slow sedimentation under low-energy conditions.

Freshly deposited limestones were rich in water, what could cause the formation of unstable density layering, with marly layers easily liquified. Any environmental changes, like an earthquake or intensive stormy waving might have caused the disturbances in the unstable layered system.

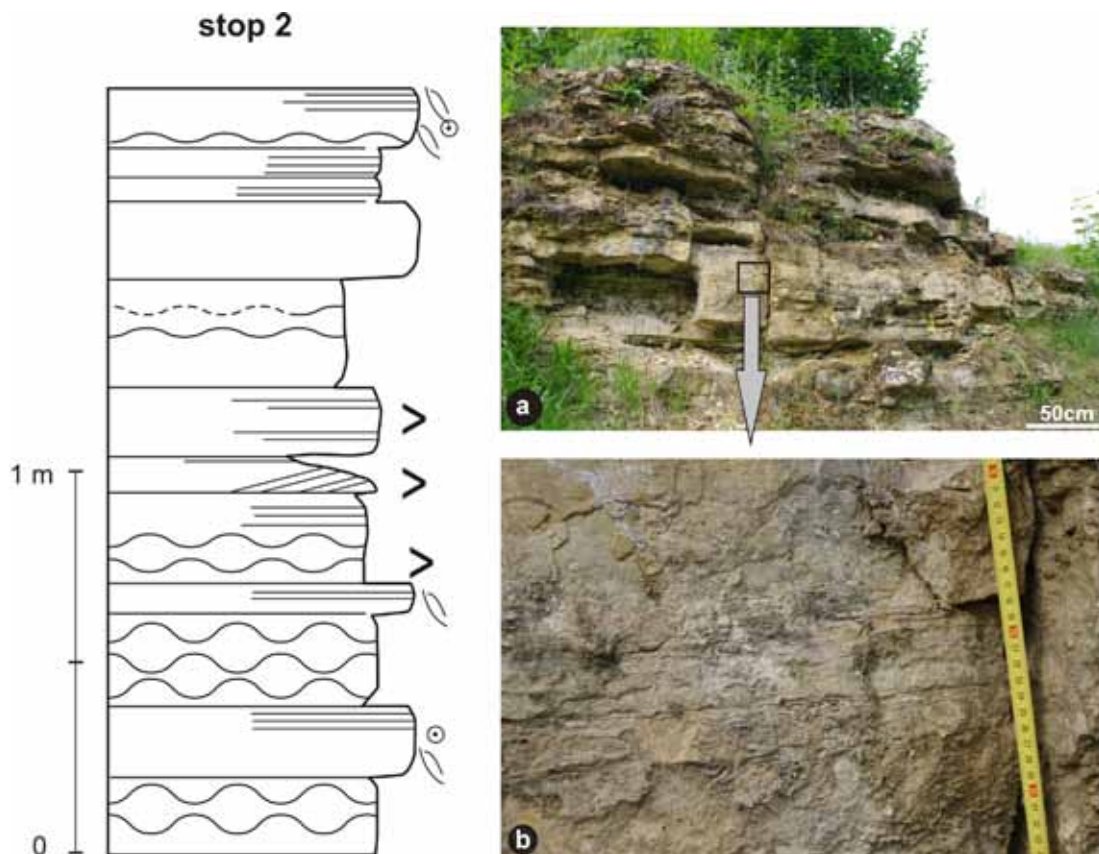


Fig. 4. Lithological profile of carbonate rocks from Stop 2, phot. A. Vierek:

a) general view of the outcrop;

b) fragment of the horizontally laminated micritic limestones

• Profil litologiczny osadów węglanowych budujących stop 2, fot. A. Vierek:

a) ogólny widok odsłonięcia;

b) fragment wapieni mikrytowych laminowanych poziomo. Objasnienia profilu patrz Fig. 3

More competent limestone layers could be bent, broken and sunk into liquified marly matrix (Gradziński, 1972), causing the formation of the wavy- to nodular fabric.

At higher temperatures in the carbonate sediments dolomitization process could occurred, giving rise to dolomitic limestones – the most popular rock of that area. Similarly, the cellular limestones were formed as a result of chemically active fluids.

Thus, these carbonates were formed in a shallow-water marine basin, on a carbonate ramp, frequently influenced by storm wave or bottom currents.

## Conclusions

- 1) The exposures of Triassic Gogolin beds in the “Kamionka” quarry are a good example of rocks presenting the changes in deposition: from the quiet, low energy sedimentation to stormy, high energy environment. The sequence of sedimentary structures and textures could be easily observed.
- 2) These outcrops are unique in the area of the Dąbrowa Basin; the region very intensively transformed industrial and city development, and should be protected together with St. Dorota Hill.



Fig. 5. Examples of carbonate rocks from Stops 3–6, phot. A. Vierek:

- a) strongly tectonized calcarenites from Stop 3;
- b) middle-bedded limestones (calcarenites) from Stop 4; red arrow points out the cross-lamination;
- c) laminated pale-yellow marly limestones from Stop 6;
- d) cellular limestone, formed as a result of the secondary processes by chemical active solutions

• Przykłady skał węglanowych z odsłoneń 3-6, fot. A. Vierek:

- a) zaburzone tektonicznie drobnoziarniste wapienie (kalkarenity) budujące odsłonięcie 3;
- b) średniej miąższości ławice wapieni drobnoziarnistych budujące odsłonięcie 4; strzałką zaznaczono laminację przekątną;
- c) warstwowane jasnożółte wapienie margliste z odsłonięcia 6;
- d) wapień komórkowy, powstały w wyniku wtórnych zmian pod wpływem działania chemicznie aktywnych roztworów

The described route might be presented as an educational path, presenting both geological and historical places. That place could be also used for sedimentology teaching.

### Basic dictionary of sedimentological terminology based on Flügel (2004):

Amalgamation – combination two or more beds and loss of boundary surfaces between them.

Bioturbation – all kinds of displacement within sediments produced by the activity of organisms; the churning and stirring of sediments by organisms resulting in the destruction of sedimentary structures (e.g. bedding or laminations).

Calcarenites – the limestones consisting predominantly of sand-size grains (0.062 – 2 mm).

Calcuridites – the limestones consisting of grains which are larger than 2 mm.

Calcsiltites – the limestones consisting predominantly of calcite particles of silt size, to 0.062 mm.

Carbonate ramp – the gently sloping depositional surface which passes gradually without a slope break from a shallow, high-energy environment to a deeper, low-energy environment.

Distal tempestite – the thinner, finer and better preserved storm beds which forms in deeper, low-energy depositional environments.

Dolomitization – a diagenetic process whereby limestone is completely or partly converted to dolomite by the replacement of the original  $\text{CaCO}_3$  by magnesium carbonate, through the action of Mg-bearing water.

Intra-formational conglomerates – the sedimentary rocks characterized by limestone (or dolomite) fragments embedded in a groundmass consisting of fine-grained matrix; the conglomerates are characterized by well-rounded clasts. Intra-formational conglomerates are formed by synsedimentary processes and consist of clasts believed to have formed within the depositional basin.

Matrix – the interstitial material between larger grains; a common generalization is that “matrix” is synonymous with “groundmass”.

Nodular fabric – the limestones characterized by scattered or densely packed nodules within a matrix of like or unlike



Fig. 6. St. Dorota church, located at the top of the hill, phot. A. Gawęda • Kościółek św. Doroty, zlokalizowany na szczycie wzgórza o tej samej nazwie, fot. A. Gawęda

character; nodules are generally cm-sized and often have rounded outlines.

Proximal tempestites – the thick-bedded, bioclast- and shell-dominated and coarse-grained storm beds which forms in shallow, high-energy environments.

Tempestites – the limestone beds deposited by storms; they are most common on shelves and ramps in windward settings.

Wave base/storm wave base – the water depth below which surface wave (fair-weather or storm wave) action no longer stirs and moves the sediment. The depth of the wave base varies widely, depending on wave amplitude and fetch, bottom topography, activity of storms, orientation of shelves and ramps, latitudes etc. □

#### Streszczenie

Ślad sztormów  
zapisanych w skałach triasowych,  
na szlaku turystycznym:  
przykład z Grodzca  
(Zagłębie Dąbrowskie, południowa Polska)

Aleksandra Gawęda, Aleksandra Vierek

Wzgórze św. Doroty, zwane popularnie „Dorotką”, leży na terenie dzielnicy Będzina o nazwie Grodziec (woj. ślą-

skie), ma wysokość 382 m n.p.m. i jest najwyższym wzniesieniem w okolicy. Przez różnych autorów opracowań historycznych (por. Błaszczyk, 1982) zwane było „Olimpem zagłębiowskim”. Szczyt wzgórza został zakwalifikowany jako obszar krajobrazu chronionego. Pierwsze ślady osadnictwa na wzgórzu datowane są na epokę żelaza (650 p.n.e. – 500 n.e.), a ściślej na tzw. wczesny, halsztacki okres żelaza. Wzgórze stanowiło ważny ośrodek obronny, do dziś przetrwały relikty wałów ziemnych i kamienno-ziemnych, usytuowanych na południowych i północnych stokach wzgórza (Błaszczyk, 1982). Rejon „Dorotki”, z racji naturalnych

warunków fizyczno-geograficznych, był także miejscem osadniczym w okresie wczesnego średniowiecza. Wzgórze „Dorotka” w tradycji ustnej stanowiło miejsce kultu od czasów rozwoju kultury łużyckiej. Kult ten podtrzymywała obecność świętego źródła, którego woda, według tradycji, miała leczyć choroby oczu. Woda źródła ma obecnie charakter meteoryczny, gdyż w wyniku eksploatacji węgla kamiennego przez pobliską kopalnię „Grodziec” nastąpiło mieszanie wód krasowych i wód karbońskich, a potem ich odpływ. Rejon Grodzca ma szczególne znaczenie jako rejon geoturystyczny, ze względu na połączenie elementów historycznych, geomorfologicznych, botanicznych i ciekawej historii geologicznej.

Profil triasu w rejonie wzgórza reprezentują:

1. osady pstręgo piaskowca, wypełniające paleo-deniwelacje w utworach waryscyjskich,
2. utwory węglanowe retu i wapienia muszlowego (wapienie fałiste, dolomity kruszonośne i dolomity dipoporowe) o sumarycznej miąższości ok. 150–160 m,
3. lokalnie obserwuje się ility pstrę, wapienie, margle, brekcje, zaliczane do najwyższego piętrowania triasu-retyku.

Skały węglanowe triasu wykazujące silne skrasowienie, hydrogeologicznie zaliczane są do jednostki olkusko-zawierciańskiej. W wyniku eksploatacji podziemnej węgla kamiennego doszło do zaburzenia warunków hydrogeologicznych i infiltracji wód krasowych triasu w obręb karbońskiego poziomu wodonośnego (Rózkowski, Chmura, 1996).

Węglanowe osady triasu środkowego (tzw. warstwy gogolińskie; Assman, 1944) są odsłonięte w południowej i południowo zachodniej części nieczynnego kamieniołomu „Kamionka” (Stop 1 i Stop 2; Fig. 2). Odsłonięcia 1 i 2

demonstrują profile rytmicznie stratyfikowanych wapieni, wapieni marglistych i łupków marglistych, cienko- i średnio uławicznych (3–30 cm grubości), mikrytowych, cechujących się horyzontalną i/lub przekątną laminacją (Fig. 3 a, b). Powierzchnie spągowe i stropowe są na ogół planarne, lokalnie erozyjne (Fig. 3b). Lokalnie obserwuje się amalgamację ławic (Fig. 4a, b). W górnej części profilu obserwuje się przejście do wapieni komórkowych (Fig. 5 a). W odsłonięciach 3 i 4 przeważają wapienie dolomityczne, stektonizowane, z rzadkim detrytusem liliowców (Fig. 5a, b). Odsłonięcia 5 i 6 (Fig. 2) prezentują homogeniczne kalkarenity z liczną fauną brachiopodów i liliowców. Na pobliskim wzgórzu św. Doroty, zbudowanym z identycznych skał, brak na chwilę obecną naturalnych odsłoneń. Na szczycie, w obrębie pokrytych roślinnością wałów ziemnych z okresu kultury łużyckiej, znajduje się kościół św. Doroty z 1653 r. (Fig. 6). Obszar szczytu wzgórza, ze względu na swoją charakterystyczną roślinność i siedliska ptaków, znajduje się pod ochroną prawną Uchwałą Rady Miejskiej w Będzinie Nr XIII/139/93 z dnia 23 czerwca 1993 roku.

Profil urozmaiconych litologicznie węglanów triasowych z Kamionki – wzgórze św. Doroty – zawiera tekstury i struktury sedymentacyjne wskazujące na sedymentację typową dla transgresji morskiej, z licznymi zmianami energii środowiska, a lokalnie osadami burzowymi (tempestatami proksymalnymi i dystalnymi). Sporadyczne bioturbacje wskazują na przerwy w aktywności burzowej i spokojną, niskoenergetyczną sedymentację. Całość osadów węglanowych rejonu Grodzca powstawała w płytkim basenie sedymentacyjnym o charakterze platformy węglanowej, pod silnym wpływem sztormów i/lub prądów dennych.

## References (Literatura)

- Aigner, T., 1985. Storm depositional systems. In: *Lecture Notes in Earth Science* 3, Berlin-Springer.
- Assman, P., 1944. Die Stratigraphie der Oberschlesischen Trias; Teil 2. Der Muschelkalk. *Abhandlungen. Reichsamts für Bodenforschung, Neue Folge*, 208: 1–124.
- Błaszczak, W., 1982. *Będzin przez wieki. Dzieje miasta i jego rozwoju urbanistyczno-przestrzennego od średniowiecza do połowy XX wieku na podłożu osadnictwa w starożytności i wczesnym średniowieczu*. PTTK, Poznań 1982.
- Chudzikiewicz, L., 1975. Intraformational conglomerates in the Gogolin Beds (Middle Triassic, southern Poland). *Rocznik PTG*, 45: 3–20.
- Duke, W.L., 1985. Hummocky cross-stratification, tropical hurricanes, and intense winter storms. *Sedimentology*, 32: 167–194.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Springer.
- Gradziński, R., 1972. *Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Goszcz, A., 1982. Systemy uskoków normalnych w rejonie Będzina, Czeladzi i Wojkowic Komornych oraz orientacja pól naprężeń tektonicznych powodujących powstanie tych uskoków. *Przegląd Geologiczny*, 7: 374–376.
- Pawłowska, J., 1985. Rozwój facjalny morskich utworów triasu na obszarze śląsko-krakowskim. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 349: 41–88.
- Rózkowski, A., Chmura, A., 1996 (red.). *Mapa dynamiki zwykłych wód podziemnych GZW i jego obrzeżenia. Skala 1: 100 000*. Państwowy Instytut Geologiczny.
- Senkiewiczowa, H., 1980. Możliwości sformalizowania podziału litostratigraficznego środkowego i górnego triasu Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. *Kwartalnik Geologiczny*, 24, 4: 787–804.
- Siedlecki, S., 1952. Utwory geologiczne między Chranowem a Kwaczałą. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 60: 5–230.
- Szulc, J., 2000. Middle Triassic evolution of the northern Peri-Tethys area as influenced by early opening of the Tethys Ocean. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 70: 1–48.
- Vierek, A., 2007. Storm-dominated deposition on a Frasnian carbonate platform margin (Wietrznia, Holy Cross Mts., Poland). *Geological Quarterly*, 51, 3: 307–318.