

## 2. Zarys budowy geologicznej wielickiego złoża soli

Zofia Alexandrowicz

Utwory solonośne (ewaporaty) są charakterystyczne dla prowincji geologicznej Paratetydy – basenów morskich, które istniały u podnóża Alpidów w okresie młodszego trzeciorzędu. W Europie centralnej chemiczne osady reprezentujące środkowy miocen – piętro badenian, występują po obu stronach łuku Karpat w zapadliskach tektonicznych zewnętrznego basenu przedkarpackiego (zapadlisko przedkarpackie) oraz basenów wewnętrznych: wschodniosłowackiego, zakarpackiego i transylwańskiego (ryc. 2.1). W wymienionych strukturach tektonicznych formacje osadów chemicznych miocenu wyróżniają się swoistymi sekwencjami (Galamay 1997).

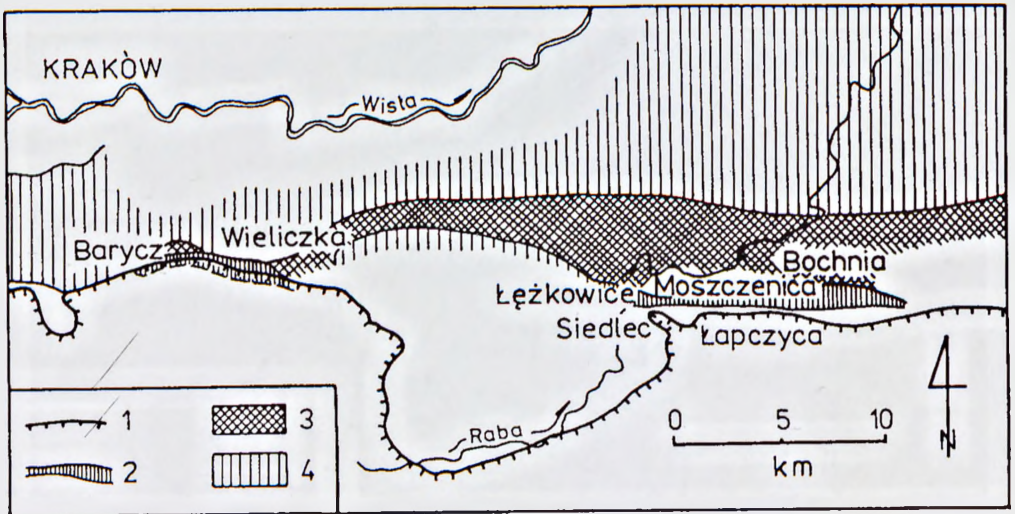


Ryc. 2.1. Występowanie osadów chemicznych (ewaporaty) środkowego miocenu (badenian) basenów Paratetydy regionu karpackiego (wg Galamaya 1997, uproszczone). 1 – obszar występowania ewaporatów, 2 – granice jednostek geologicznych.

Fig. 2.1. Occurrence of Middle Miocene (Badenian) chemical deposits (evaporites) in Parathetis of Carpathian depressions (after Galamay 1997, simplified). 1 – area of evaporites occurrence, 2 – borders of geological units.

Na obszarze Polski zapadlisko przedkarpackie ciągnie się wąskim pasem od Górnego Śląska do Krakowa, a następnie rozszerza się ku północy wzdłuż doliny Wisły po okolice Sandomierza i obejmuje szeroką strefę pomiędzy Karpatami a Roztoczem, przedłużając się dalej na Ukrainę. Chemiczne osady badenianu są tu wykształcone w dwóch facjach: chlorkowej i siarczanowej. Występowanie pierwszej facji z udziałem soli kamiennej jest ograniczone do wąskiego i nieregularnego pasa wzdłuż brzegu Karpat, a także miejscami pod ich nasunięciem. Pozostałą rozległą część zapadliska wypełniają autochtoniczne osady miocenu facji siarczanowej zawierającej gipsy i anhydryty, przekształcone lokalnie w złoża siarki. Pierwotna miąższość ewaporatów zwykle nie przekracza 50 m, jednakże ze względu na ich dużą plastyczność i mobilność w warunkach nacisków tektonicznych, w niektórych miejscach położonych blisko Karpat jest ona znacznie większa.

Złoże soli w Wieliczce znajduje się u czoła nasunięcia Karpat (ryc. 2.2). W przekroju równoleżnikowym ma ono około 10 km długości, a jego szerokość waha się od 0,5 do 1,5 km. Rozbudowane poziomy kopalni znajdują się pod miastem Wieliczka. Najstarszy z nich, a zarazem najbliższy powierzchni – poziom I Bono rozciąga się na głębokości 64 m. Układ poszczególnych poziomów górniczych (I–IX) obejmuje komory i chodniki. Te ostatnie to podłużnie biegnące mniej więcej równoleżnikowo wzdłuż rozciągłości złoża i poprzecznie – krzyżujące się z nimi oraz upadowe – łączące poziomy kopalni.



Ryc. 2.2. Występowanie osadów chemicznych (ewaporatów) miocenu piętra badenianu w okolicy Krakowa (wg Garlickiego 1970). 1 – brzeg nasunięcia Karpat, 2 – seria solonośna w sfałdowanych utworach miocenu przy nasunięciu Karpat, 3 – seria solonośna w miocenie autochtonicznym, 4 – obszar występowania gipsów i anhydrytów.

Fig. 2.2. Occurrence of Badenian (Middle Miocene) chemical deposits (evaporites) in the vicinity of Kraków (after Garlicki 1970). 1 – Carpathians thrust front, 2 – saliferous series inside folded Miocene deposits at Carpathians thrust front, 3 – saliferous series of autochthonous Miocene, 4 – area of gypsum and anhydrite occurrence.

Utwory solonośne od kilku stuleci były przedmiotem badań i opisów. Już w 1764 r. J.E. Guettard, zaznaczył na mapie tzw. „pas solny”, ciągnący się wzdłuż północnego brzegu Karpat (Wójcik 2000), co ułatwiało ówczesnie rozpoznawanie zasięgu złóż soli. Następnie S. Staszic (1815) wydzielił w tym rejonie tzw. „góry przedwodowe”, jako jednostkę stratygraficzną (regionalno-stratygraficzną), w obrębie której znalazły się złoża w Wieliczce i w Bochni.

Spośród przykarpaccich ewaporatów budowa geologiczna rejonu Wieliczka-Bochnia jest stosunkowo najlepiej rozpoznana dzięki badaniom prowadzonym tu od początku XIX wieku (Zejszner 1843, Niedźwiedzki 1883–1884) i ciągle ponawianym w aspekcie różnych problemów stratygraficznych, tektonicznych, mineralogicznych i sedymentologicznych. Pierwsze wszechstronne opracowanie dotyczące solnictwa na ziemiach polskich zawdzięczamy E. Windakiewiczowi (1926–1930). Fundamentalne znaczenie dla poznania budowy złoża wielickiego mają wyniki szczegółowych prac kartograficznych wykonanych i zinterpretowanych przez A. Gawła (1962). Plany (1:5000) i przekroje geologiczne poszczególnych poziomów kopalni oraz charakterystyki występujących tu utworów stanowią bogaty materiał faktograficzny wykorzystywany w licznych późniejszych opracowaniach różnych elementów złoża, jego budowy, sposobów eksploatacji i zabezpieczenia.

Solonośny kompleks utworów miocenu w Kopalni Soli Wieliczka należy do podpiętra wielicianu wyróżnianego w obrębie środkowej części piętra badenianu (tab. 2.I). Według przyjętej nomenklatury kodeksu stratygraficznego utwory te reprezentują jednostkę litostratygraficzną określoną jako formacja z Wieliczki (fm) (Alexandrowicz S.W. i in. 1982, Garlicki 1994). Odpowiada ona dawnemu wydzieleniu – warstwy wielickie. Są to osady chemiczne – sole kamienne, gipsy i anhydryty poprzerastane skałami płonnymi, do których zaliczają się piaskowce, zlepieńce, mułowce i iłowce. W podłożu utworów formacji z Wieliczki występują ilasto-margliste warstwy skawieńskie określone obecnie jako formacja ze Skawiny. Od góry oraz od strony północnej utwory formacji z Wieliczki otulają ility i iłowce z wkładkami mułowców, zawierające w stropie kilka cienkich wkładek tufitów oraz lokalnie piaski tzw. bogucickie. Wymienione utwory reprezentują formację z Machowa (fm) należącą do górnego badenianu (podpiętro kosowian). W dawniejszym podziale miocenu są to warstwy chodenickie, warstwy grabowieckie oraz piaski bogucickie (tab. 2.I).

Osady formacji z Wieliczki zawierają skamieniałości fauny morskiej, głównie otwornice, mszywioly i mięczaki, oraz liczne napławione szczątki flory lądowej – orzechy, szyszki, nasiona, odciski liści, szpilki i różne fragmenty gałęzi drzew. Zachowane skamieniałości świadczą o warunkach życia w morzu miocenijskim i w jego otoczeniu. Ze złoża wielickiego pochodzą bogate ich kolekcje, w tym otwornice po raz pierwszy oznaczone przez Reussa (1867) i flora opracowana przez Zabłockiego (1928–1930, 1930). Dawne i późniejsze paleontologiczne zbiory zostały skatalogowane i są przechowywane w Muzeum Żup Krakowskich.

Utwory formacji z Wieliczki (fm) odstonięte w Kopalni Soli Wieliczka mają rangę stratotypu o podwójnym znaczeniu: jako standardowy profil litostratygraficznej jed-

nostki w formalnym podziale miocenu w Polsce oraz ze względu na wyróżnienie tu podpiętra wielician w podziale biostratygraficznym miocenu Paratetydy, opartym na zespołach otwornic (Łuczowska 1978).

Tabela 2.1. Podział stratygraficzny miocenu okolic Wieliczki. Litostratygraficzne formacje (fm) wyróżnione wg zasad polskiej klasyfikacji, terminologii i nomenklatury stratygraficznej (wg Alexandrowicza, Garlickiego i Rutkowskiego 1982, Garlickiego 1994).

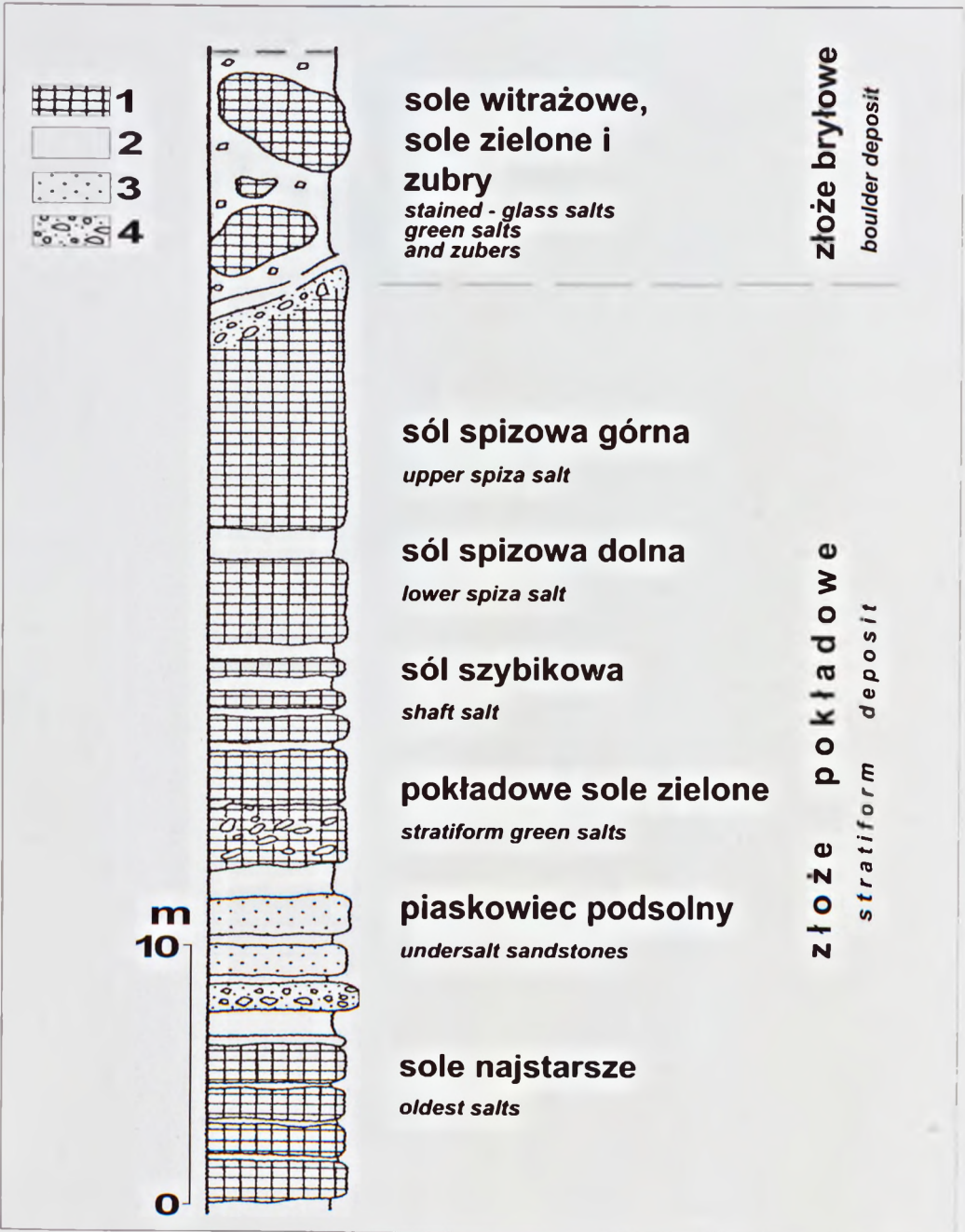
Table 2.1. Stratigraphic division of Miocene of Wieliczka vicinities. Lithostratigraphic formations (Fm) distinguished after the rules of the Polish stratigraphic classification, nomenclature and terminology (Alexandrowicz, Garlicki and Rutkowski 1982; Garlicki 1994).

Piętro Stage	Podpiętro Sub-stage	Formacja (fm) Formation (Fm)	Jednostki nieformalne Informal units	Litologia Lithology
Badenian	Kosovian	formacja z Machowa Machów Formation	warstwy grabowieckie piaski bogucickie	iły, piaski
			warstwy chodenickie Grabowiec Beds Bogucice sands Chodenice Beds	iły z tufitami clays, sands clays with tuffites
	Wielician	formacja z Wieliczki Wieliczka Formation	warstwy wielickie (ewaporaty) Wieliczka Beds (evaporites)	osady chemiczne* z przerostami skał płonnych** chemical deposits* with barren intercalations**
Moravian	formacja ze Skawiny Skawina Formation	warstwy skawińskie Skawina Beds	iły, iły margliste clays, marly clays	

\* Osady chemiczne: sole kamienne, gips, anhydryt – chemical deposits: rock salt, gypsum, anhydrite.

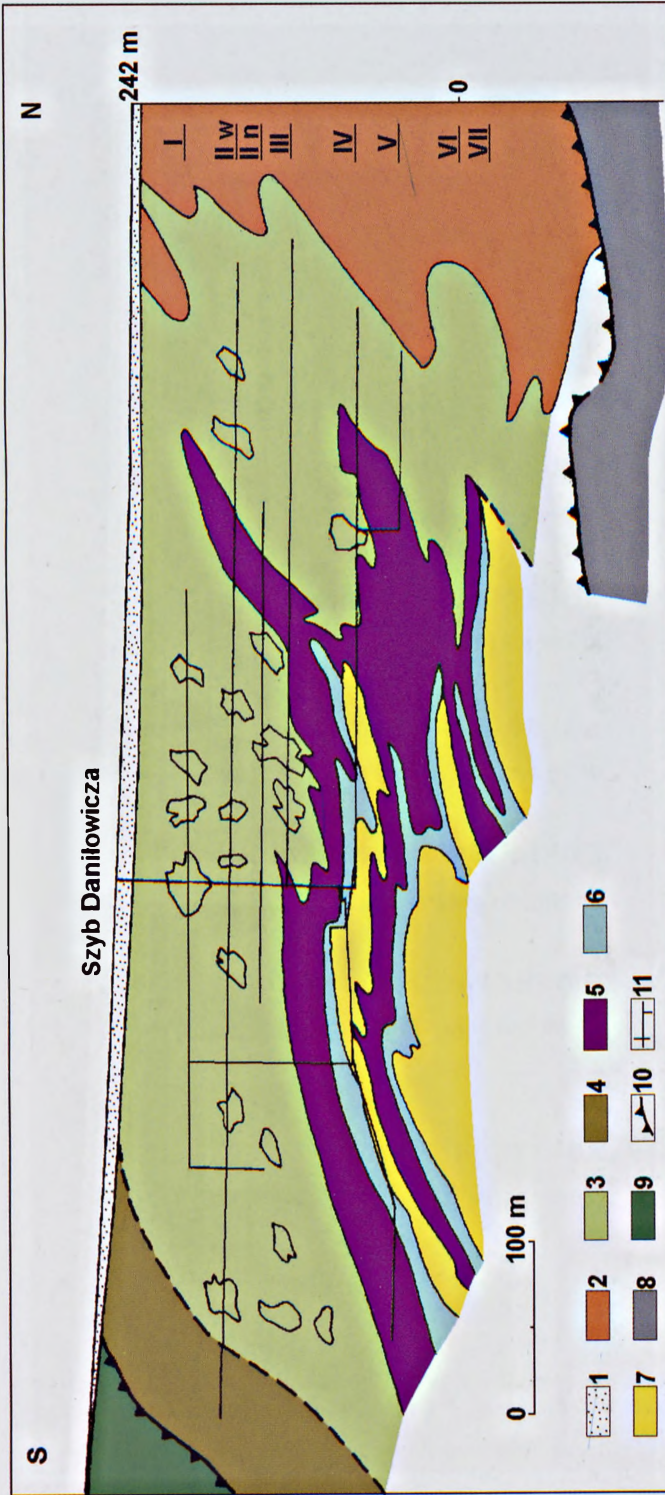
\*\* Przerosty płonne: ilowce, mulowce, piaskowce – barren intercalations: claystone, siltstone, sandstone.

W obrębie formacji solonośnej wyróżnia się dwa jej główne kompleksy tworzące złożę pokładowe i nadległe złożę bryłowe (ryc. 2.3). Ich cechy litologiczne są stosunkowo dobrze zbadane (Prochazka i Wala 1959, Prochazka i in. 1969, Wiewiórka 1974, 1988, Manecki i Pawlikowski 1975, Pawlikowski i Skowroński 1975, Szybist 1975, Pawlikowski 1978, Bukowski 1997, Ślęczka i Kolasa 1997). W profilu stratygraficznym złoża pokładowego występują w kolejności od najstarszych utworów do najmłodszych: iły podsólne z gipsem i anhydrytem, sól najstarsza z minerałami strontu i baru, sól pokładowa zielona, sól szybikowa (najczystsza sól udostępniona i wydobywana szybikami) i sole spizowe (sal spissum – sól twarda).



Ryc. 2.3. Litostratygiczny profil utworów formacji z Wieliczki (fm) (wg Galamaya i in. 1997). 1 – sól kamienna, 2 – iłowce i mułowce z anhydrytem, 3 – piaskowce, 4 – zlepionce solne (zuber).

Fig. 2.3. Lithostratigraphic column of Wieliczka Formation (Fm) (after Galamay et al. 1997). 1 – rock salt, 2 – claystone and siltstone with anhydrite, 3 – sandstone, 4 – salt conglomerate (zuber).



Ryc. 2.4. Przekrój przez złożo soli w Wieliczce i jego otoczenie (wg Gawła 1962, Poborskiego i Skoczylas-Ciszewskiej 1963, Kolasy i Ślaczki 1985). 1 – utwory czwartorzędowe, 2 – ilaste i piaszczyste osady górnego badenianu (formacja z Machowa – warstwy chodenickie); złożo bryłowe (formacja z Wieliczki – środkowy badenian); 3 – itowce – zuber z bryłami soli kamiennej, 4 – nagromadzenie redeponowanych fragmentów skal fliszu karpackiego; złożo pokładowe (formacja z Wieliczki – środkowy badenian); 5 – sole spizowe, 6 – sól szybikowa, sol zielona i sol najstarsza; 7 – ility i margliste ility podsolne dolnego badenianu (formacja ze Skawiny – warstwy skawinckie); 8 – autochtoniczne osady miocenu na podłożu wapieni górnej jury; 9 – Karpaty, 10 – nasunięcia; 11 – poziomy górnice (I–VII) oraz niektóre szyby i szybiki.

Fig. 2.4. Geological cross-section through Wieliczka salt deposit and its surroundings (after Gawel 1962; Poborski and Skoczylas-Ciszewska 1963; Kolas and Ślaczka 1985). 1 – Quaternary deposits, 2 – Upper Badenian argillaceous and sandy deposits (Machów Formation – Chodenice Beds); boulder flysch rocks; stratiform deposit (Wieliczka Formation – Middle Badenian); 3 – claystone – „zuber” with blocks of salt, 4 – accumulation of redeposited fragments of Carpathian flysch rocks; stratiform deposit (Wieliczka Formation – Middle Badenian); 5 – spiza salt (sal spissum), 6 – „shaft” salt, green salt and the oldest salt; 7 – clay and sub-salt marly clay of Lower Badenian (Skawina Formation – Skawina Beds); 8 – autochthonic Miocene deposits on basement formed by Upper Jurassic limestones; 9 – Carpathians, 10 – overthrusts; 11 – mining levels (no I–VII) and some shafts and pits.

W obrębie złoza pokładowego A. Garlicki (1979) wyróżnił 5 cyklotemów. Każdy z nich rozpoczyna się utworami terryogenicznymi przechodzącymi w osady chemiczne – kolejno anhydryty i sole. Dwa pierwsze cyklotemy są reprezentowane przez iłowce i sole najstarsze. Cyklotem trzeci jest najbardziej rozbudowany. Rozpoczyna się on iłowcami i mułowcami przechodzącymi ku górze w iłowce anhydrytowe, sole zielone, sól szybikową i sole spizowe dolne. Do cyklotemu czwartego zaliczone zostały iłowce i mułowce z anhydrytami tworzące tzw. przerost centralny oraz górne sole spizowe. Kolejny, piąty cyklotem, niekompletnie wykształcony, składa się z iłowców i iłowców anhydrytowych.

Pokłady soli kamiennej o zmiennej grubości zachowują na ogół ciągłość przebiegu, pomimo tektonicznych zaburzeń i przerostów skał płonnych. Położone ponad nimi utwory złoza bryłowego odznaczają się dużym przemieszaniem materiału skalnego. Pośród osadów ilasto-marglistych określanych jako zuber występują w rozproszeniu kryształy, bloki i bryły soli. Znajdują się tu również fragmenty skał fliszowych, pakiety ciemnoszarych, wapnistych iłowców (tzw. mydlarka) i zwięzłych margli popielatoszarych. Sole kamienne złoza bryłowego są wykształcone w kilku odmianach, jako sól zielona laminowana (typowa), zielona wielkoziarnista (sól witrażowa), pasiasta i dolo-mityczna.

Struktura złoza wielickiego jest niezwykle skomplikowana, co w dużej mierze wynika z podatności serii solnych na nacisk ruchów nasuwczych czoła Karpat. Część pokładowa złoza jest uformowana w trzy fałdy obalone z południa ku północy, złuskowane i silnie zaburzone (ryc. 2.4). Zewnętrzną otulinę fałdów stanowią utwory złoza bryłowego.

Geneza złoza wielickiego nie została ostatecznie rozstrzygnięta i jest od wielu lat przedmiotem dyskusji (Poborski 1965). Istnieją na ten temat trzy poglądy. Według pierwszego z nich, złoże bryłowe jest utworem brekcji tektonicznej nasuniętej na złoże pokładowe w czasie ostatniego etapu przemieszczania się płaszczowin karpacczych ku północy (Garlicki 1979, Gawęł 1962, Poborski i Skoczylas-Ciszewska 1963, Połtowicz 1977). Koncepcja o tektonicznym kontakcie złoza pokładowego i bryłowego została udokumentowana obserwacjami i pomiarami mezostruktur (Tarka i in. 1988, Tarka 1992). Drugi pogląd dotyczący genezy złoza wielickiego opiera się na badaniach sedymentologicznych (Kolasa i Ślącza 1985, 1986, Bukowski 1994, 1997, Ślącza 1994, Ślącza i Kolasa 1997). Według niego, stropowa część złoza pokładowego i złoże bryłowe składa się z redeponowanych osadów występujących w postaci pakietów tzw. olistostromów, uformowanych morskimi prądami zawiesinowymi i rozległymi podmorskimi osuwiskami wywołanymi podnoszeniem się południowej części basenu miocenińskiego. Koncepcja olistostromowej genezy utworów złoza przyjmuje zatem, że kompleksy pokładowy i bryłowy zachowują ciągłość sedymentacyjną w obrębie jednego basenu. Trzeci pogląd odnoszący się do powstania złoza bryłowego zakłada znaczny udział procesu erozji w przybrzeżnych strefach zbiornika miocenińskiego (Rolewicz 1987). Główną rolę w tym procesie miał ruch wody w strefie podstawy falowania. Według tej hipotezy, przede wszystkim aktywność tektoniczna Kar-

pat i wiążący się z tym wzrost gradientu morfologicznego stref brzeżnych zbiornika, przyczyniły się do rozwoju osuwisk dostarczających materiału do formowania się złoże bryłowego, które następnie zostało tektonicznie nasunięte na złoże pokładowe.

## Geological outline of Wieliczka salt deposit

### Summary

In Central Europe, the Middle Miocene (Badenian) evaporites, chemical sediments occur on both sides of the Carpathian arc in the tectonic depressions: outside the Carpathians in the Carpathian Foredeep and in the following inner basins: the East Slovakian, Transcarpathian and Transylvanian (Fig. 2.1). In the above mentioned tectonic structures, formations of the Miocene chemical sediments differ in characteristic sequences (Galamay 1997). Chemical deposits of the Badenian in the Polish part of the Carpathian Foredeep occur in two facies – chloride and sulphate. The first one, containing the rock salts, occurs in a narrow and irregular belt along the Carpathians thrust front; in some places it also occurs under the Carpathian overthrust. The Wieliczka salt deposit is situated at the front of the Carpathian thrust (Fig. 2.2). This deposit, accessible in the mine, is at the depth of 64–327 m below surface level (mining levels I–IX), with 10 km in longitude and 0.5–1.5 km meridionally. Geological plans and sections performed by A. Gawel (1962) are the most fundamental elaborations referring to the deposit formation and they inspired the contemporary investigations.

The saliferous complex of the Miocene deposits exposed in the Wieliczka mine, according to the stratigraphic code is distinguished as Wieliczka Formation (Fm) (Garlicki 1994) (Tab. 2.I). In the biostratigraphical division of the Badenian it belongs to the Wielician sub-stage distinguished on the basis of foraminifera assemblages (Łuczowska 1978). Collections of fossils, among others foraminifera (Reuss 1867) and remains of Tertiary land flora (Zabłocki 1928–1930, 1930), originated from this formation.

In the Wieliczka mine the stratiform deposit and superjacent boulder deposit are distinguished (Fig. 2.3). Layers of rock salts have a total thickness of about 50 m, but particular layers have variable thickness. In general they display a continuous sequence despite tectonic distortions and barren intergrowths. The stratiform deposit forms three folds inverted from the south to the north, scaled and strongly tectonically distorted (Fig. 2.4). The outer buffer zone of folds is formed from boulder deposit formations, the thickness of this deposit is ca. 150 m. They are argillic-marly sediments called "zuber" where fragments and blocks of different types of salt are dispersed; in places rocks of the Carpathian flysch occur as well. Chambers of different sizes which are characteristic historical forms of the contemporary interior of the mine have remained after several centuries of mining big salt blocks.

There are different, controversial opinions concerning the origin of the Wieliczka deposit. They refer particularly to the contact zone of two deposits – the stratiform and boulder ones. In the group of opinions where influence of tectonics predominates, the boulder deposit is also considered as the formation of tectonic breccia overthrust on the stratiform deposit during the last translocation stage of the Carpathian nappes northwards (Gawel 1962; Poborski and Skoczylas-Ciszewska 1963). According to the opposite opinion, the top parts of the stratiform deposit and the megabreccia deposit represent re-deposited sediment formed by fluxoturbidites and vast submarine slides caused by elevation of the southern part of the Miocene basin (Kolasa and Ślącza 1985). There is also the opinion including both tectonic and sedimentological circumstances with considerable participation of erosion in the coastal zones of the sea (Rolewicz 1987).