

Síra v Poľsku

Peter Blišťan¹, Julián Kondela a Peter Seman

Sulphur in Poland

Poland belongs to one of the last countries with native sulphur mining. Its history begun in 15th century. Deposit area of Tarnobrzeg represents 80% of all known sulphur reserves in this country. All of explored deposits in this area were created by metasomatic alteration of sulphur bearing limestones with sulphur mineralised liquids, which arised from melt gypsum. The average content is 25 - 30% of sulphur in Tarnobrzeg area. Considerable parts of deposits are created by calcite and native sulphur. Gypstone, baryte and stroncianite have only mineralogic occurrences. The extensive native sulphur deposits account for 88% of the country's sulphur production. There were five sulphur mines in operation: Jeziórko, Grębów, Machów I, Machów II and Basznia, but operations in Basznia were ended in 1992 and Machów and Machów II were liquidated. The sixth mine Osiek is currently producing. Only the Machów I mine operated an open-pit extraction and refining process, the other four mines producing sulphur using a modified Frasch method that gives elemental sulphur of up to 99,9% purity. Sulphur is an important export commodity with foreign sales totalling around 1.5 - 2.5 Mt/y. Modern beneficiation methods, which allowing to achieve sulphur from hydrocarbons, are causing decrease of native sulphur prices in the world and bringing about reduction of mining activities for this raw material in Poland.

Key words: native sulphur, sulphur deposits, Poland

História baníctva a vyhľadávania síry v Poľsku

V období rokov 1415 – 1921 sa síra dobývala v južnej časti karpatskej predhlbne, v baniach Swoszowice, Posządza, Czarkowy (obr.č. 2), Psów a tiež v baniach Kokoszyce a Czajkówce. Najstaršia baňa na ťažbu síry v Swoszowiciach pri Krakove, vyťažila v rokoch 1415 až 1884 asi 100 tis. t síry. Síra sa tu dobývala podzemným spôsobom. Síronosná vrstva mala mocnosť 0,5 – 2 m, s obsahom 12 – 20% síry. Na ložisku Czarkowy pri Wiślicy prebiehala ťažba od roku 1795 do roku 1920. Síra sa spočiatku ťažila povrchovo, potom sa postupne prešlo na banské dobývanie. Mocnosť síronosnej vrstvy dosahovala 4 siahly a stredný obsah síry bol okolo 19%. Na ložiskách Psów a Kokoszyce pri Rybniku sa síra dobývala z 13 menších baní v rokoch 1879 – 1887, pričom produkcia neprekročila 50 t za rok. Na ložisku Posządza pod Proszowicami sa dobývala síra v r. 1916 – 1921.

Mocnosť síronosných vrstiev bola niekoľko až 30 m, obsah síry 8% a ročná produkcia 200t.

V Czajkove pri Staszowe sa exploatovali v r. 1915 – 1918 chudobné ložiská síry. Na podnet prof. dr. S. Pawlowského sa začal geologicko – vrtný prieskum surovín v miocénnych útvaroch predkarpatskej priehlbiny. V r. 1953 boli navrhované ekonomicky významné síronosné vrstvy v Luszyca pri Połańci. Objav rozbehol intenzívne vyhľadávanie ložísk síry v oblasti. Výsledkom komplexných geologicko – vrtných prác bolo vylúčenie 90% predhlbne z hľadiska významného výskytu ložísk síry. Bilančné ložiská sú koncentrované v 100 km² pruhu severnej časti predhlbne.

Ako prvé bolo v r. 1953 odkryté ložisko v Mokrzyszowe, ktoré, ako sa neskôr zistilo, pokračuje nepretržite na východ až k rieke San. V západnej časti tohto ložiska sa začala v 1956 ťažba síry v lome Piaseczno a v 1969 na pravej strane Wisły v lome Machów. V 1966 sa prvýkrát v Európe začala dobývať síra

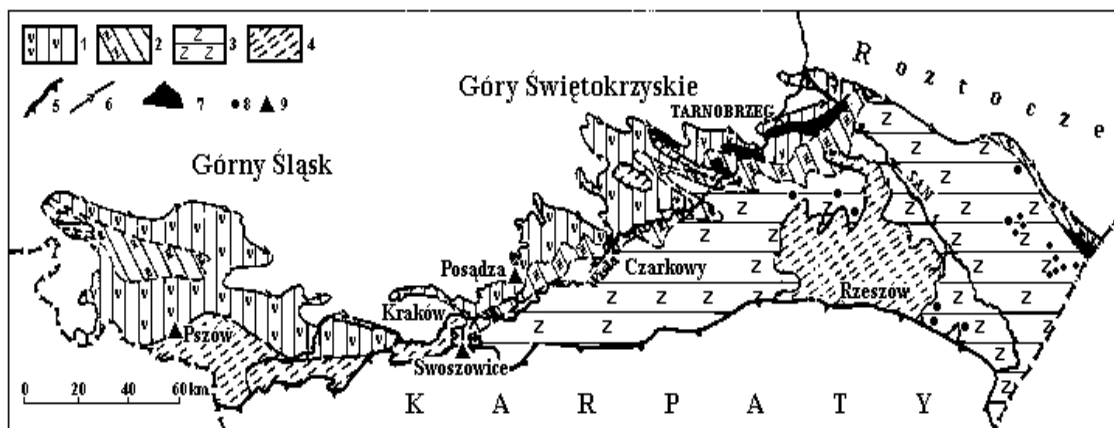


Obr.1. Situačná mapa ložísk síry v Poľsku.
Fig.1. Situation map of sulphur deposits in Poland.

¹ Ing. Peter Blišťan, PhD., Mgr. Julián Kondela a Ing. Peter Seman, Katedra geológie a mineralógie, Fakulta BERG Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 15, 040 01 Košice (Recenzované a revidované verzia dodaná 11.6.2001)

metódou podzemného vytápiania v bani Grzybów, následne v 1967 aj v bani Jeziórko. Súčasne s prieskumom v tarnobrzeskom rajóne prebiehal v 1955 až 1958 prieskum v rajóne Szydłów – Staszów, kde boli zdokumentované grzybówske ložiská síry. V rokoch 1969 – 1974 sa preskúmalo ložisko Rudniki, ktoré, ako sa zistilo, je pokračovaním grzybówskeho ložiska. Vyhľadávacie práce sa tiež uskutočnili vo východnej časti predkarpatskej predhlbne, v rajóne Lubaczów. Tu sa odkrylo a zdokumentovalo v roku 1974 ložisko Basznia.

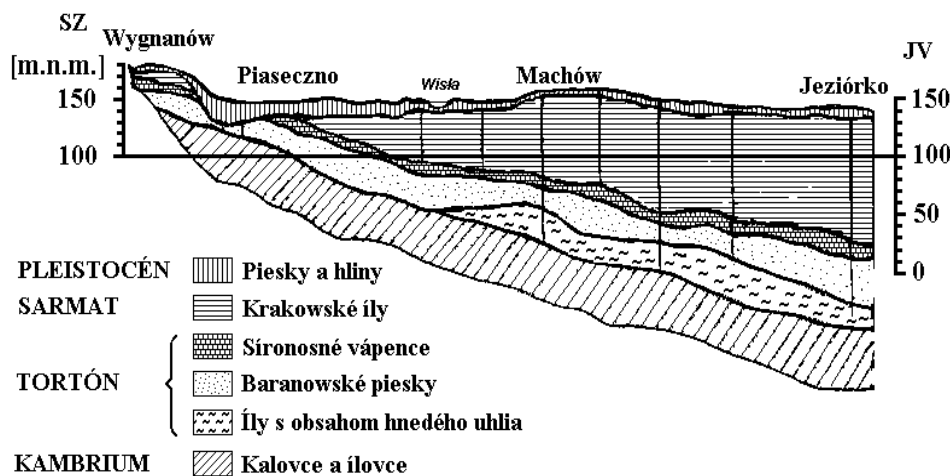
V roku 1976 bolo odkryté ložisko Osiek – Baranów v rajóne tarnobrzeskom, čím sa zvýšili zdokumentované zásoby síry o 40%. Tak sa okolie Tarnobrzegu stalo najvýznamnejším z hľadiska ťažby síry v Poľsku.



Obr.2. Ložiská síry v karpatskej predhlbni (Nieć, M., 1992).

Fig.2. Sulphur deposits in Carpathian Foredeep (Nieć, M., 1992).

1-sadrovce, 2-dehydrity, 3-anhydrity, 4-súvrstvia bez obsahu evaporitov, 5-severná hranica Karpát, 6- hranica dosahu evaporitov, 7-ložiská síry, 8- vrty, v ktorých boli zistené síronosné vápence, 9-miesta s historickou ťažbou síry.



Obr.3. Geologický rez cez Tarnobrzeské ložiskové územie (Nieć, M., 1992).

Fig.3. Geological cross-section through the Tarnobrzeg ore region (Nieć, M., 1992).

Územie tarnobrzeské

Tarnobrzeské ložiskové územie leží medzi riekami Wisła a San v tarnobrzeskom vojvodstve. Nachádza sa tu 80% doteraz známych a zdokumentovaných ložísk síry v Poľsku. Počnúc od Piaseczna sa tarnobrzeské ložiskové územie ťahne cez Machów, Jeziórko, Grębów až po Jamnicu a riekou San (obr. č. 3). Ložisko sa rozprestiera rovnomerne od SZ na JV, len v strede je časť, ktorá vyčnieva smerom na juh. Neskôr bolo odkryté menšie ložisko Osiek – Baranów, nachádzajúce sa JZ od tarnobrzeského ložiska.

Genéza a stavba tarnobrzeského ložiska

Všetky doteraz preskúmané ložiská prírodnej síry sa nachádzajú v rovnakej litostratigrafickej pozícii miocénnych chemogénnych sedimentov. Litostratigrafické vrstvy v oblastiach ložísk tvoria:

- kambričné útvary (hlavne ílovité bridlice, menej pieskovce, kvarcity),

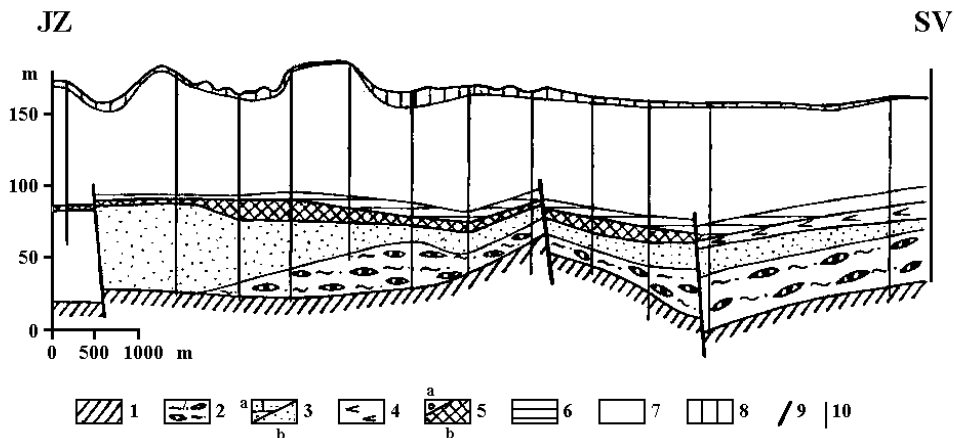
- b) miocénne sedimenty:
- spodná vrstva je tvorená ílmi s vložkami hnedého uhlia a zvetranými ílmi,
 - vrstvy baranovské, tvorené tufitmi, kremennými pieskmi s lavicami pieskocov a uhoľným, sírovým pojivom,
 - séria chemických sedimentov s vložkami tufitov: síronosné vápence, prírodná síra, sadrovec, anhydrity,
 - vrstvy pektenowe (íly a vápenaté sliene),
 - krakowiecká séria (ílovce a vápnité kalovce),
- c) štvrtohorné útvary:
- sedimenty pleistocénu,
 - sedimenty holocénu (piesky humusové, riečne, dunové, pôdy a hliny).

Ložiská síry sú epigenetické, vznikli až po vytvorení vápencových vrstiev. Podložie vápencov tvoria priepustné horniny, ktoré umožňujú cirkuláciu mineralizovaných podzemných vôd. Nadložie predstavujú nepriepustné íly. Účinkom metasomatických roztokov sa sadrovec v podloží rozpúšťal a za pomoci baktérií a obrovského množstva plynu (redukčné prostredie) sa premenil na kalcit, prírodnú síru a vodu.

Síra vyplnila dutiny, krasové kaverny, pukliny vápencov, hlavne v celistvej forme, ale vytvorila aj hrubokryštalické masy a kryštalické tvary.

Mocnosť síronosných vápencov je premenlivá. V Piasecyne je priemerná mocnosť 7 m (maximálna 17,5 m), v Machówe (obr. č. 4) 10,3 m (maximálna 18 m), v ložiskovej oblasti Jeziórko – Grębów (obr. č. 5) 10,5 m (maximálne 23,5 m) v Jamnici (obr. č. 6) 10,6 m (maximálne 26,95 m).

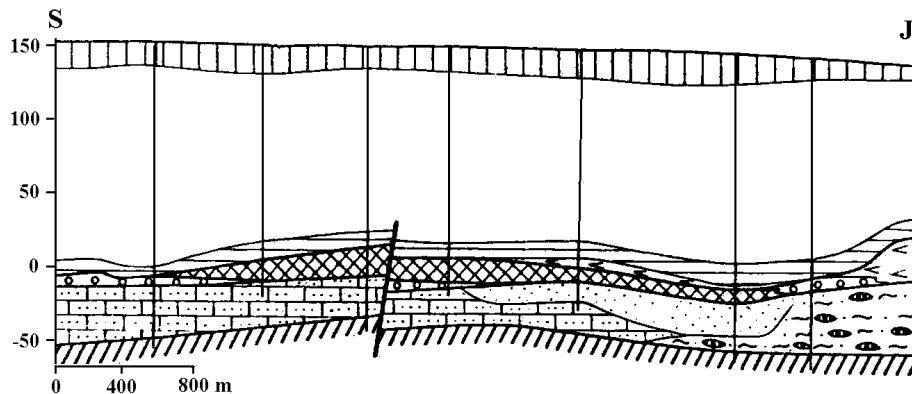
Chemické zloženie síry na ložiskových častiach je tiež premenlivé. Priemerný obsah síry ložiskového územia je 27%, najčastejšie sú obsahy 25 – 30%. V oblasti Jeziórko – Grębów je maximálny obsah 32,5% síry (tab. č. 1).



Obr.4. Geologický rez ložiskom Tarnobrzeg – Machów (Niec, M., 1992).

Fig.4. Geological profile of the Tarnobrzeg – Machów deposit. (Niec, M., 1992).

Vysvetlivky: kambrium: 1 – kalovce s vložkami pieskocov, báden: 2 – kalovce so slojkami lignitu, 3 – a) pieskocve, b) piesky, 4 – sadrovec, 5 – a) lignity, b) lignity so sírou, 6 – sliene pektenové, sarmat: 7 – slienité kalovce a piesčité kalovce, pleistocén – holocénne útvary: 8 – piesky, piesčité hliny, 9 – zlomy, 10 – vrty



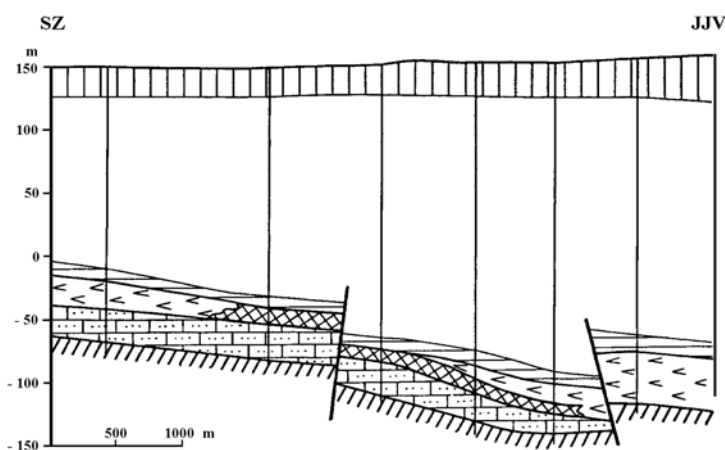
Obr.5. Geologický rez ložiskom Jeziórko – Grębów (Niec, M., 1992). Vysvetlivky sú pri obr. 4.

Fig.5. Geological profile of the Jeziórko – Grębów deposit. (Niec, M., 1992) For explanation see Fig. 4.

Tab.1. Chemické zloženie sírovej suroviny [%] (Malecki, & Stypula, 1992).
Tab.1. Chemical composition of the sulphur raw [%] (Malecki, & Stypula, 1992).

	Piaseczno	Machów	Jeziórko	Jamnica
CaO	35,85	29,51	35,75	31,43
CO ₂	26,74	23,28	24,00	23,20
SO ₂	0,90	2,35	3,25	3,91
S	32,78	28,39	35,75	33,83
SiO ₂	1,16	9,80	1,92	3,07
Al ₂ O ₃	0,40	2,34	0,56	0,88
BaO	neobs.	nest.	0,31	0,68
FeO	neobs.	nest.	0,31	0,44
Fe ₂ O ₃	0,52	1,41	nest.	nest.
TiO ₂	nest.	nest.	0,06	0,08
MgO	0,52	0,89	0,28	0,37
SrO	neobs.	nest.	1,47	1,93
Na ₂ O	s. o.	nest.	0,11	0,11
K ₂ O	s. o.	nest.	0,07	0,13
H ₂ O	nest.	nest.	0,22	0,35
Bitumeny	neobs.	nest.	nest.	nest.

s. o. - stopové obsahy, nest. - nestanovované, neobs. - neobsahuje



Obr.6. Geologický rez ložiskom Jamnica (Nieč, M., 1992). (Výsvetlivky sú pri obr. 4).
Fig.6. Geological profile of the Jamnica deposit. (Nieč, M., 1992) For explanation see Fig. 4.

tín (SrSO₄), sadrovec, kremeň, montmorillonit (tab. č. 2).

Tarnobrzegské ložiská sú uložené v oblasti málo vyzdvihnutej a sú ohraňované dislokačnými štruktúrami, patriacimi do JV sklonu masívu Svätokřížských Hôr.

Tab.3. Ťažba prírodnej síry v Poľsku [10³ t].
Tab.3. Exploitation of the native sulphur in Poland [10³ t].

Rok	Ťažba
1990	4 650
1991	3 880
1992	2 891
1993	1 861
1994	2 129
1995	2 392
1996	2 200
1997	1 710

Tab.2. Mineralogické zloženie sírovej suroviny [%] (Malecki & Stypula, 1992).
Tab.2. Mineralogical composition of the sulphur raw [%] (Malecki & Stypula, 1992).

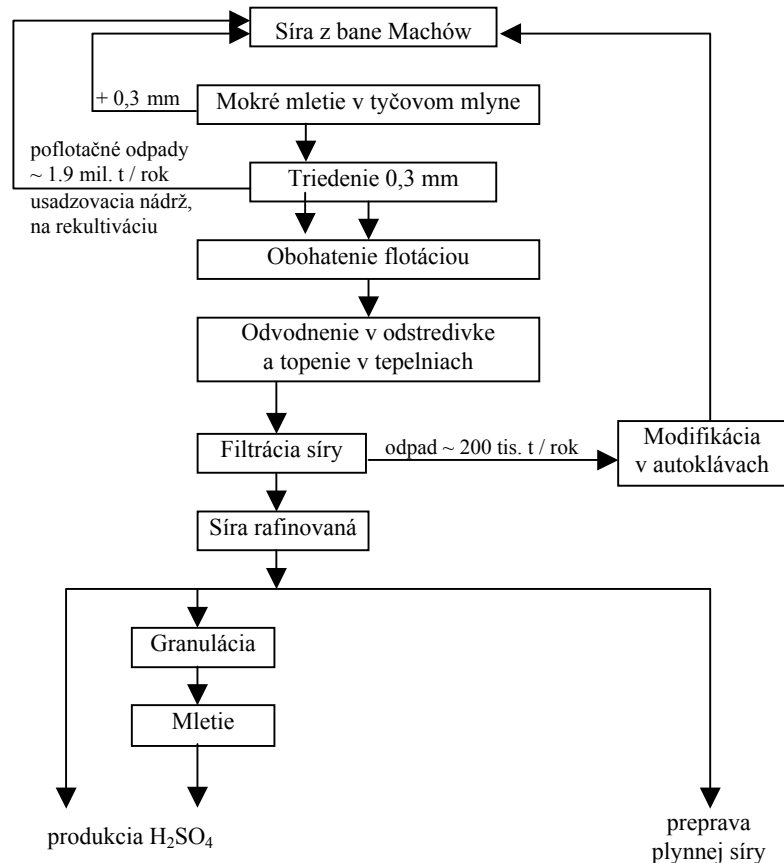
prirodná síra	26,4
kalcit	62,9
sadrovec	3,4
kremeň	2,3
ilové minerály	2,2
dolomit	1,4
iné	1,0
voda	0,4

Najväčšie obsahy sa zistili pri hraniciach ložiskového územia, na kontaktoch s jalovými vápencami, najmenšie na kontaktoch so sadrovcami. V okrajových častiach územia vystupujú sadrovce a jalové vápence, vo vnútri ložiska sú sadrovcovité vápence s prírodnou sírou, ojedinele zvyšky pôvodných sadrovcov. V strede prevládajú vápence (87%), zvyšok pripadá na slieň, ílovité slieň, íly.

Hlavné **minerály** v síronosných vápencoch predstavuje kalcit a prírodná síra, tvoriace spolu 87 – 95% horniny. Zvyšok pripadá na rôzne prímеси, ako kremeň, sadrovec, ílové minerály, stroncianit (SrCO₃), baryt. Röntgenovo – štruktúrne analýzy potvrdili vo vápencoch výskyt nasledujúcich minerálov: kalcit, síra, celestín

Tab.4. Priemerné ročné svetové ceny síry (Crowson, 1999).
Tab.4. Average yearly world sulphur prices (Crowson, 1999).

	Kanada kusová síra (plátky) Vancouver spot, f.o.b. USD.t ⁻¹	USA tekutá svetlá síra ex - terminál Tampa USD.t ⁻¹
1988	97,5	125,98
1989	96,8	125,78
1990	84,0	125,68
1991	81,0	120,86
1992	70,0	94,78
1993	45,2	83,76
1994	38,6	73,03
1995	52,0	63,97
1996	52,0	63,97
1997	48,0	63,97



Obr.7. Bloková schéma úpravy prírodnej síry (Malecki, & Stypuła, 1992).
Fig.7. Block scheme of the arrangement of native sulphur (Malecki, & Stypuła, 1992).

Záver

V posledných rokoch sa vo svete upúšťa od klasických banských spôsobov dobývania síry. Najnovšie sa síra získava ako vedľajší produkt pri úprave uhlíkov. Takto umelo získaná síra je lacnejšia, čo sa výrazne prejavuje na jej cene. Za posledné desaťročie svetové ceny síry poklesli o polovicu (tab. č.4). V súčasnosti sa síra stáva surovinou, ktorú produkujú aj krajiny, ktoré nemajú významnejšie ložiskové akumulácie prírodnej síry. Ťažba a úprava uhlíkov je v súčasnosti vysoká. Produkcia síry sa popri úprave tiež zvyšuje, čo spôsobuje pokles ceny. Poľské ťažobné podniky sa tak dostávajú do situácie, keď svetové ceny síry ťažko pokrývajú náklady na ťažbu a spracovanie prírodnej síry. Dochádza tak k útlmu ťažby síry v Poľsku (napr. ložisko Machów). Na záver možno skonštatovať, že moderné technológie úpravy uhlíkov sa stali dôvodom zníženia ceny prírodnej síry vo svete a nepriamo tak spôsobili útlm ťažby prírodnej síry v Poľsku.

Autori článku sa zúčastnili geologickej exkurzie na ložiskách síry v tarnobrzegskej oblasti, organizovanej v spolupráci s AGH Kraków. Srdečne týmto ďakujeme Prof., D. Sc., Eng., Andrzejovi Paulovi za skvelú organizáciu.

Literatúra

- CROWSON, P.: MINERALS HANDBOOK 1998-99. Statistics & Analyses of the World's Minerals Industry. *Mining Journal Books Ltd.*, 1999.
- MAŁECKI, Z. STYPUŁA, A.: Problemy sozologiczne Zagłębia Siarkowego. Komitet inżynierii środowiska polskiej akademii nauk, biuletyn 1/1992, *MP-PRESS*, Kraków.
- NIEĆ, M.: Native Sulphur Developments in Geology and Exploration, Kraków, 1992.