

INIERACTION SPARKS - MINERALS

Interakcje wyładowania elektryczne - minerały

Maciej Pawlikowski*, Piotr Bożęcki*

**/ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail:mpawlik@uci.agh.edu.pl*

Abstract

Interaction minerals artificial sparks were examined using pyrite, galena, hematite and pyrrhotite - bornite were examined using specially constructed generator. The surface of crystals was examined using SEM-EDS after strong bombing by artificial spark. The erosion of surface and formation of micro crater was observed. Moreover activity of sparks led to the formation of new secondary product represented sometime by pure metals.

Key words: minerals, artificial sparks, SEM

Streszczenie

Wykonano eksperymenty polegające na bombardowaniu powierzchni kryształów przez wyładowania elektryczne. Kryształy umieszczono na elektrodzie w specjalnej rurce szklanej. Iskry wytwarzano przy pomocy specjalnego generatora. Powierzchnie kryształów w strefie wyładowań badano przy pomocy mikroskopu skaningowego z przystawką do analiz chemicznych (EDS). Stwierdzono powstawanie w bombardowanej powierzchni kryształów mikro kraterów. Uderzenia iskier spowodowały także w niektórych przypadkach powstanie ziarn czystych metali w pobliżu mikro kraterów.

Słowa kluczowe: minerały, iskry, SEM

Badania realizowane w ramach badań statutowych nr 11.11.140.319 oraz finansów własnych M. Pawlikowskiego.

Materiał i metody

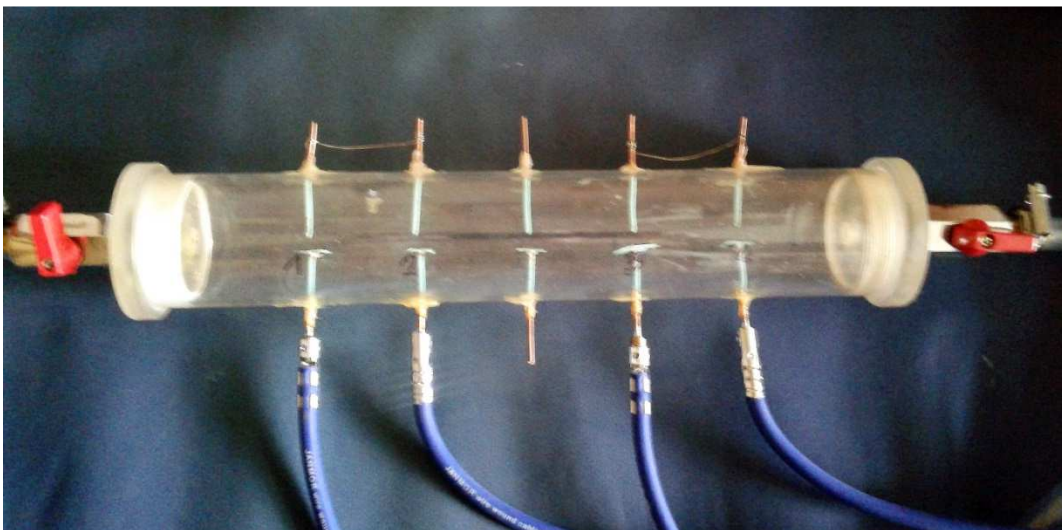
Celem badań było rozpoznanie wpływu plazmy wytworzonej dzięki generatorowi własnej konstrukcji na kryształy wybranych minerałów.

Obejmowały one zwłaszcza strefę kryształów znajdującą się w pobliżu „mikrokraterów” powstałych w wyniku bombardowania kryształów plazmą.

Materiał do badań stanowiły następujące minerały:

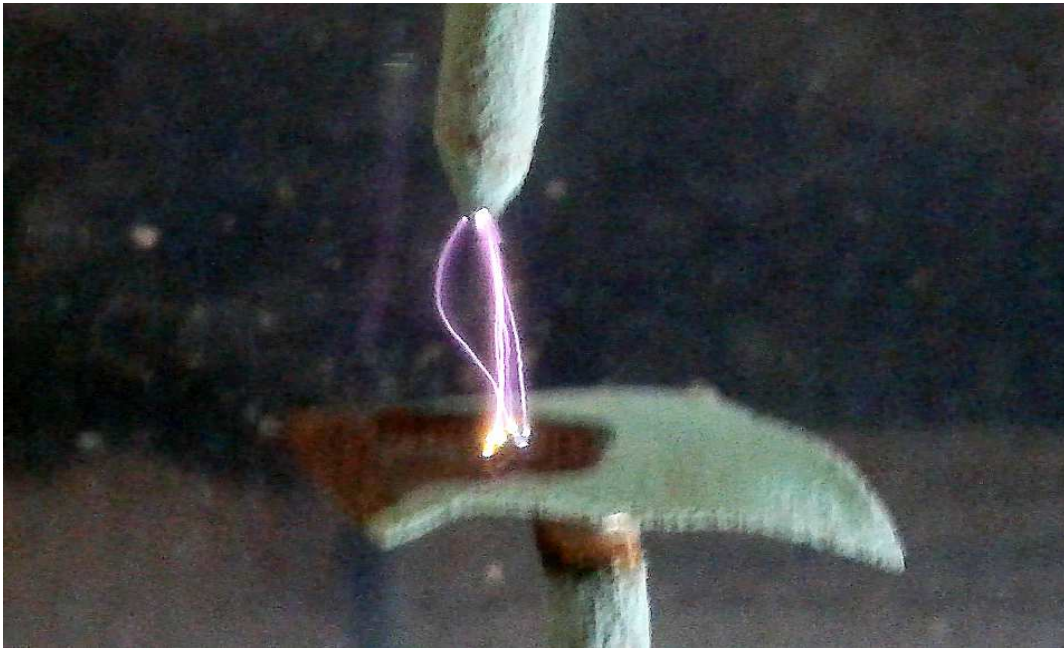
- ✓ piryt (Hiszpania),
- ✓ galena (Polska),
- ✓ hematyt (Kongo),
- ✓ pirotyt +bornit (Polska).

Do eksperymentów skonstruowano reaktor składający się z generatora wysokiego napięcia, szklanej rury z elektrodami (reaktora) zamykanej specjalnym i zaworami (Fot. 1). Do elektrod przy pomocy srebrnego przewodzącego prąd kleju mocowano kryształy. Po wyschnięciu kleju zamykano zawory i włączano generator. Po okresie 30 minut bombardowania kryształów plazmą kryształy wyjęto z reaktora i poddano badaniom z zastosowaniem metody SEM-EDS



Fot. 1 Reaktor użyty w eksperymencie.

W trakcie eksperymentu powstające mikro wyładowania elektryczne – plazma (Fot. 2) bombardowały powierzchnie kryształów przez 30 minut. Po eksperymencie kryształy wyjęto z reaktora a ich bombardowaną powierzchnię poddano badaniom SEM – EDS.



Fot. 2 Wstępna faza eksperymentu. Wiązka plazmy uderzające w reaktorze w elektrodę - jeszcze bez przyklejonego kryształu.

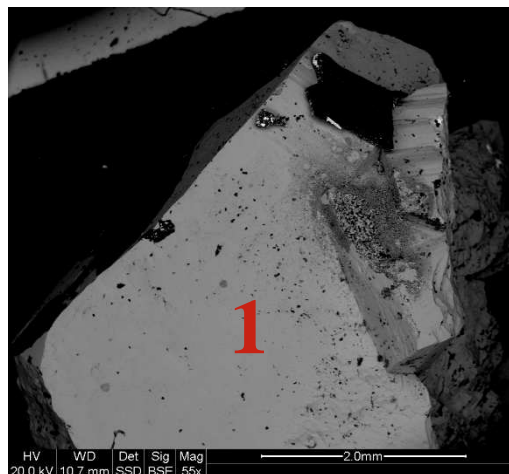
Wyniki badań

Analizy pirytu

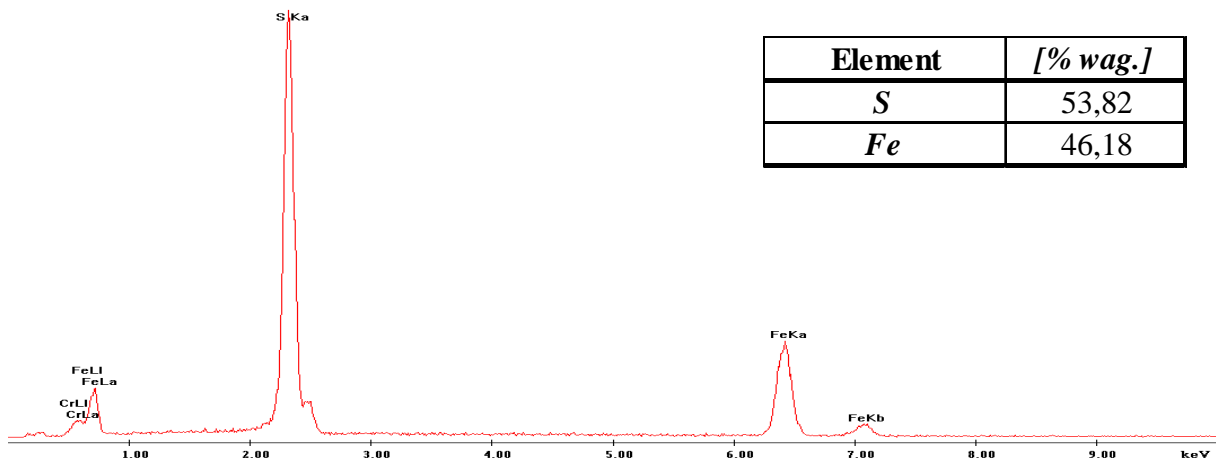
Piryt może zawierać od 22 do 45 % żelaza oraz od 32 do 45 % siarki. W badanym materiale zawartość tych pierwiastków także oscyluje. Obok Fe i S napotkano w kryształach także inne pierwiastki występujące w formie podstawień.

Poniżej zestawiono obszarami wyniki badań SEM-EDS kryształów w pobliżu miejsc w które uderzała plazma z wyładowań elektrycznych.

Obszar 1

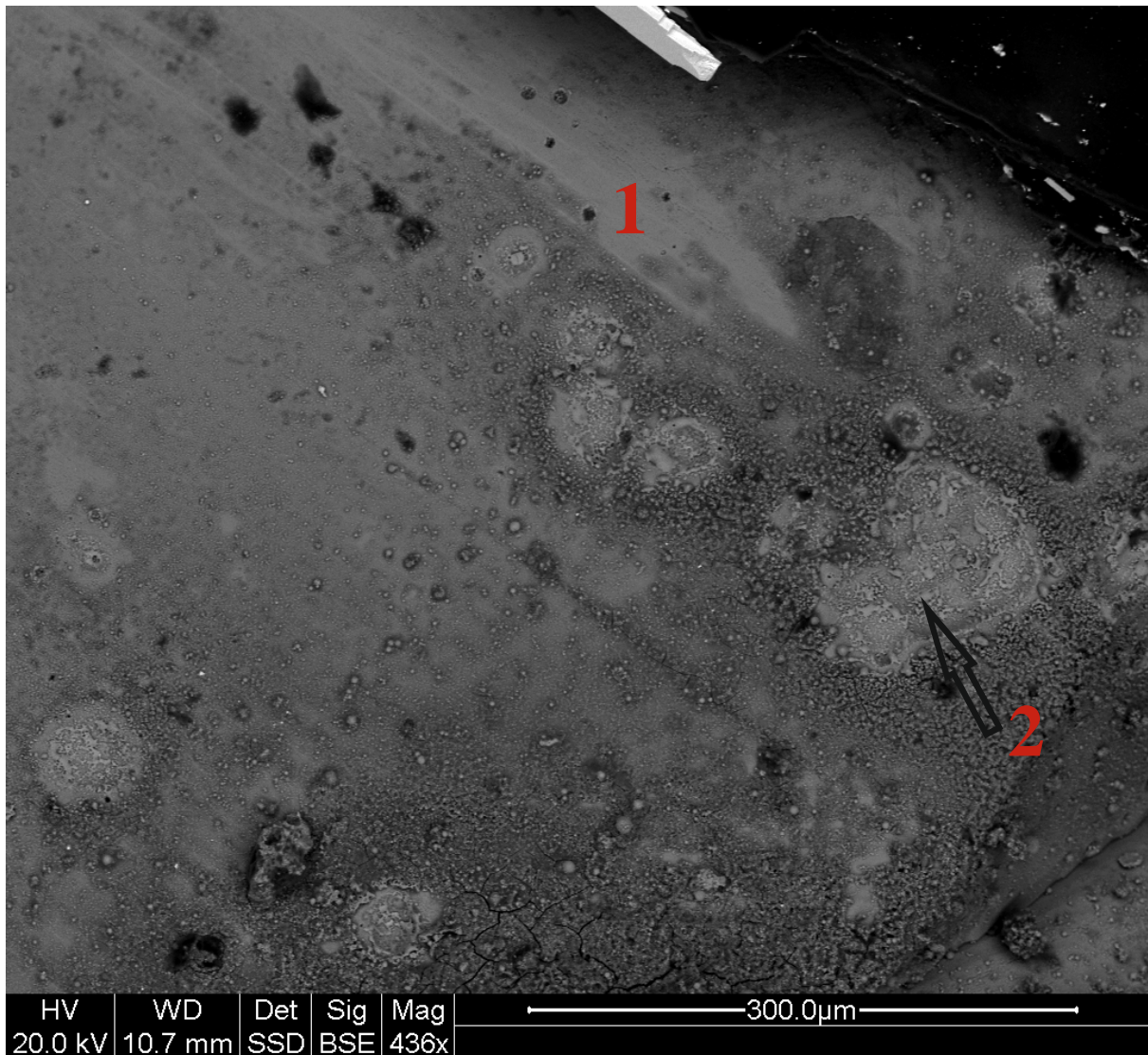


Wyniki analizy dla punktu nr 1

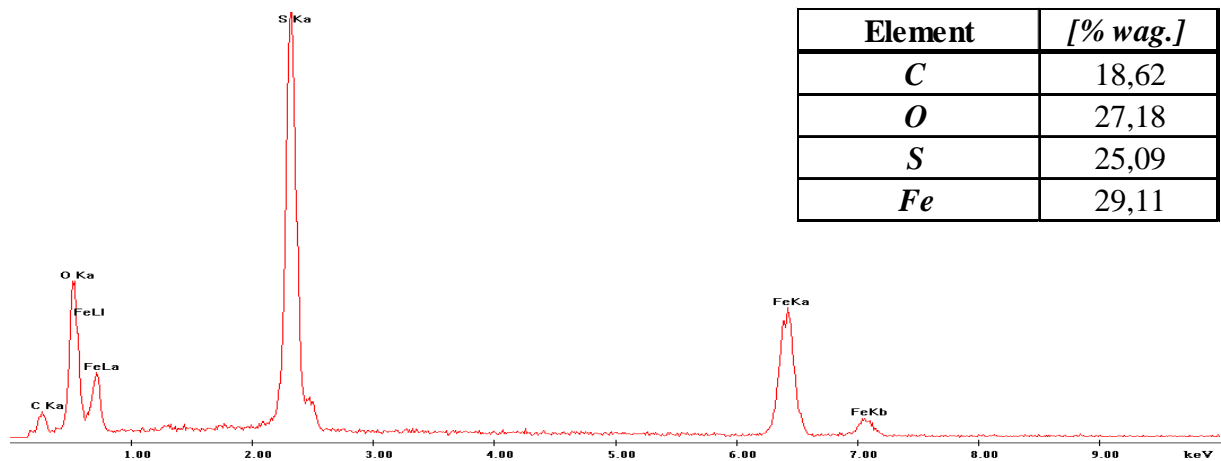


Element	[% wag.]
<i>S</i>	53,82
<i>Fe</i>	46,18

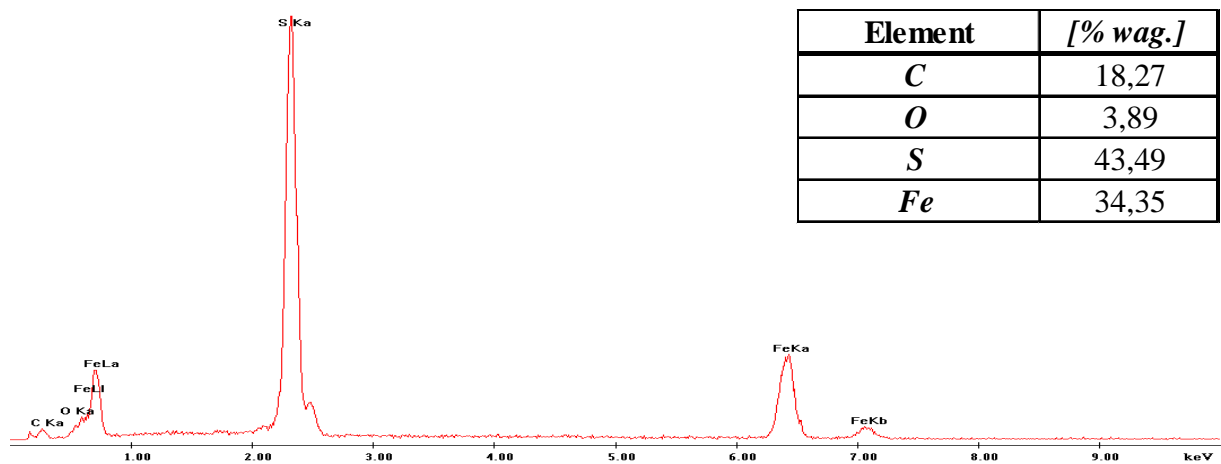
Obszar 2



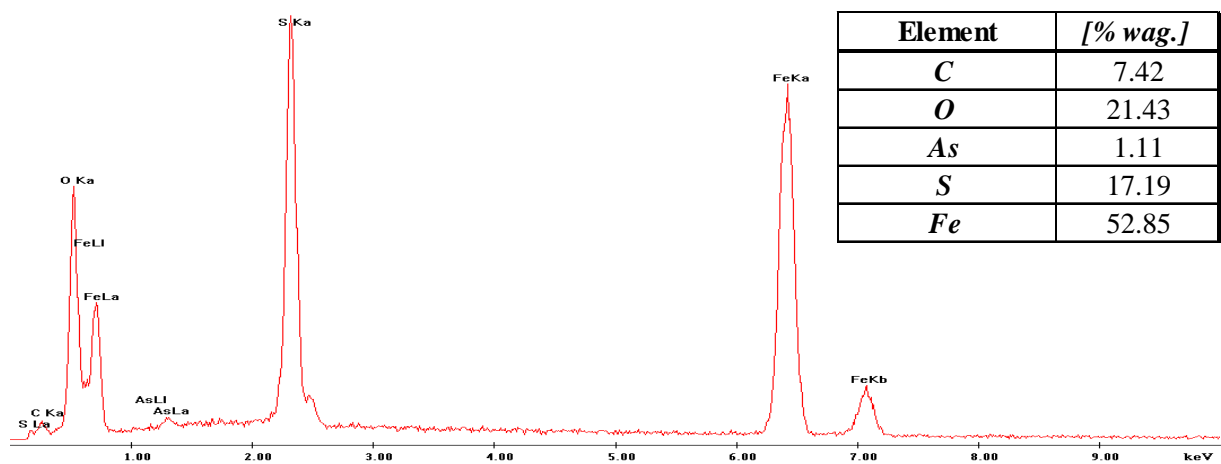
Wyniki analizy chemicznej całego obrazu



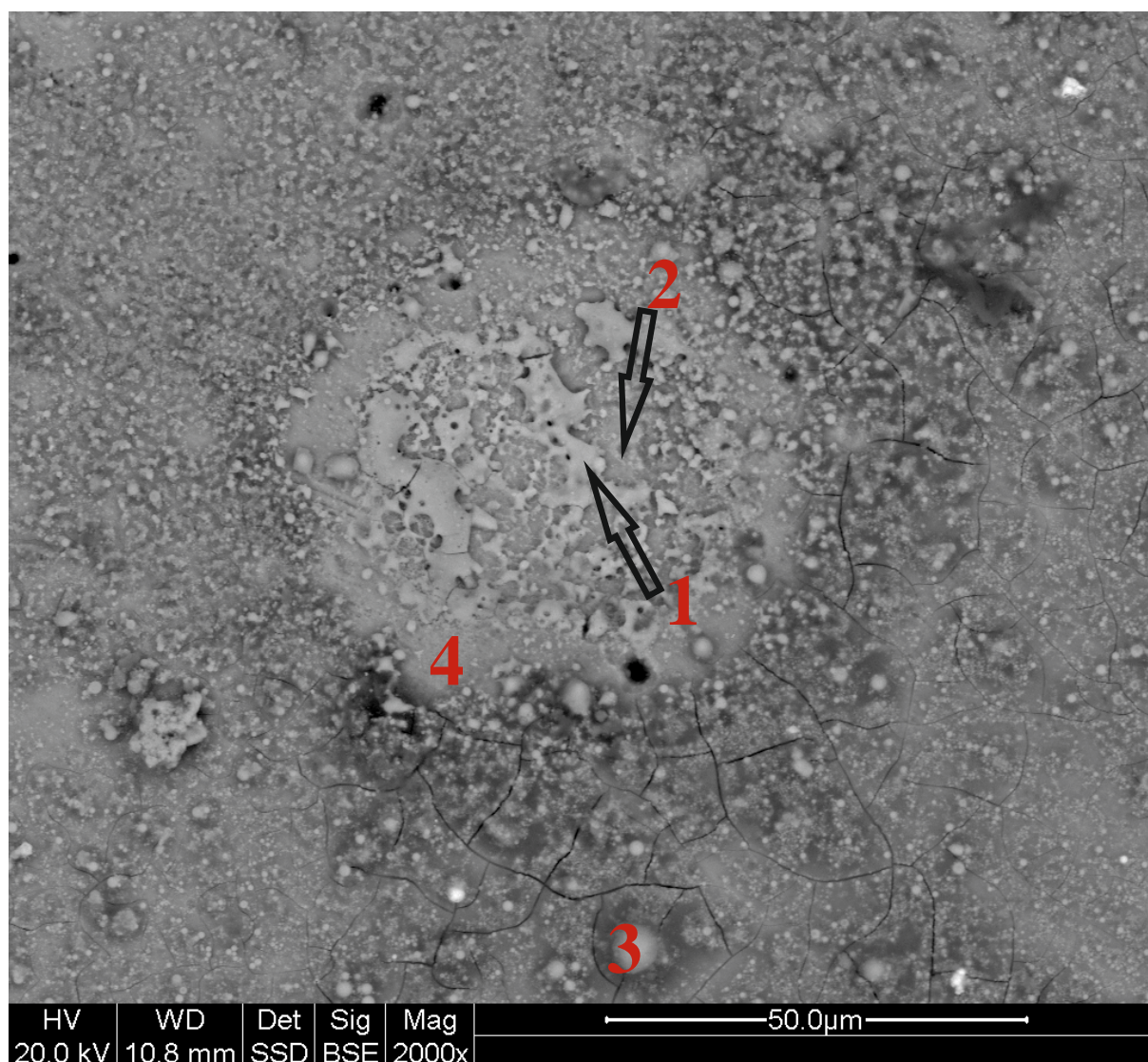
Wyniki analizy dla punktu nr 1



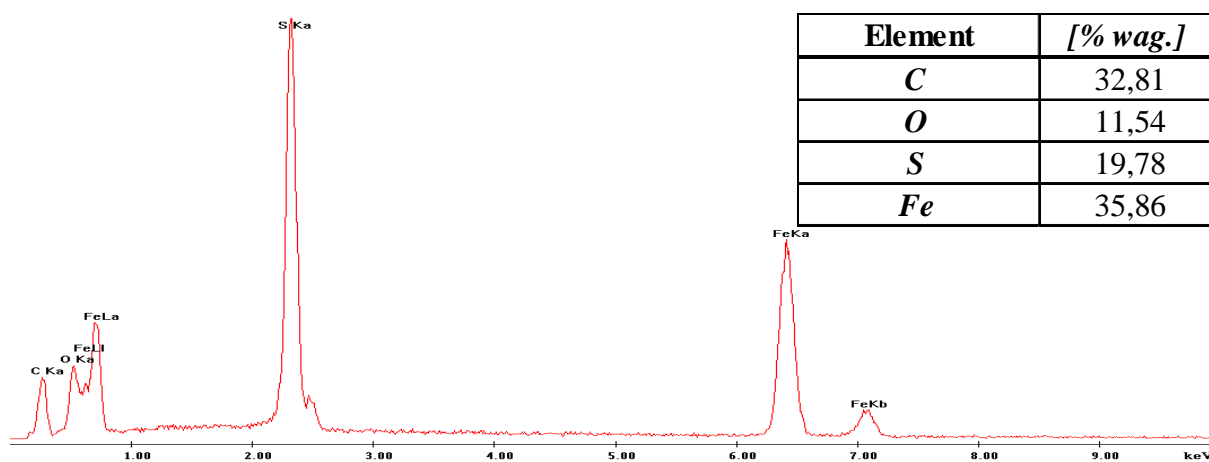
Wyniki analizy dla punktu nr 2



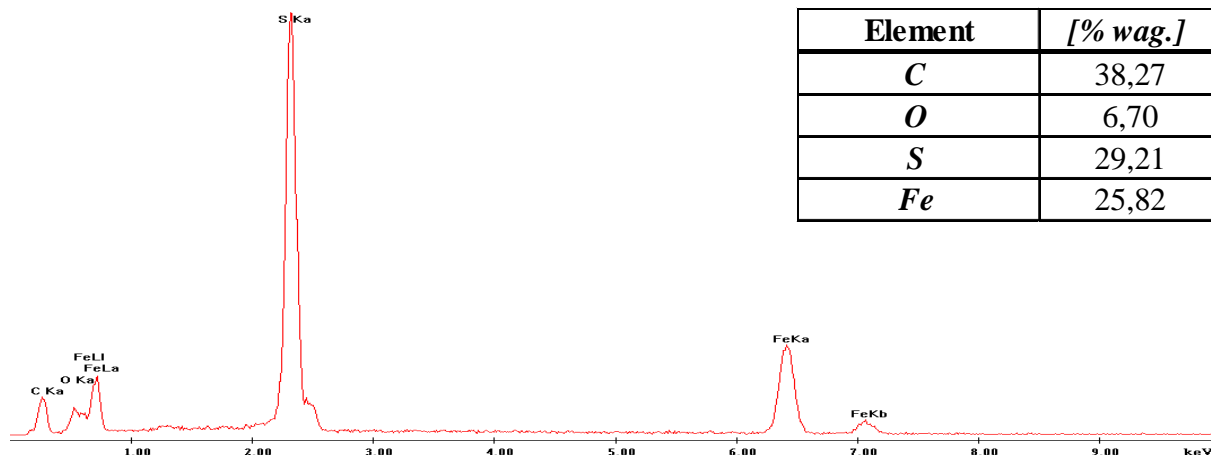
Obszar 3



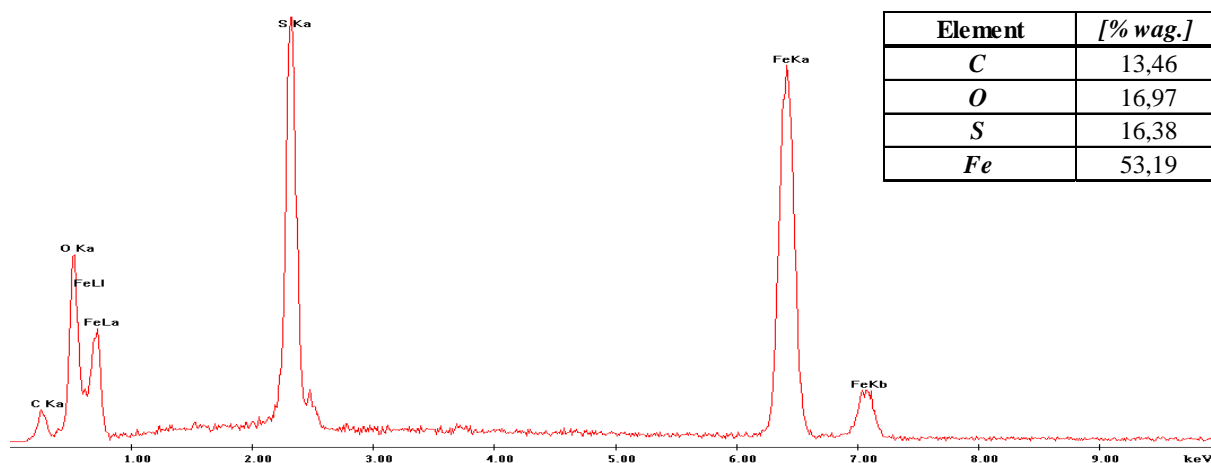
Wyniki analizy dla punktu nr 1



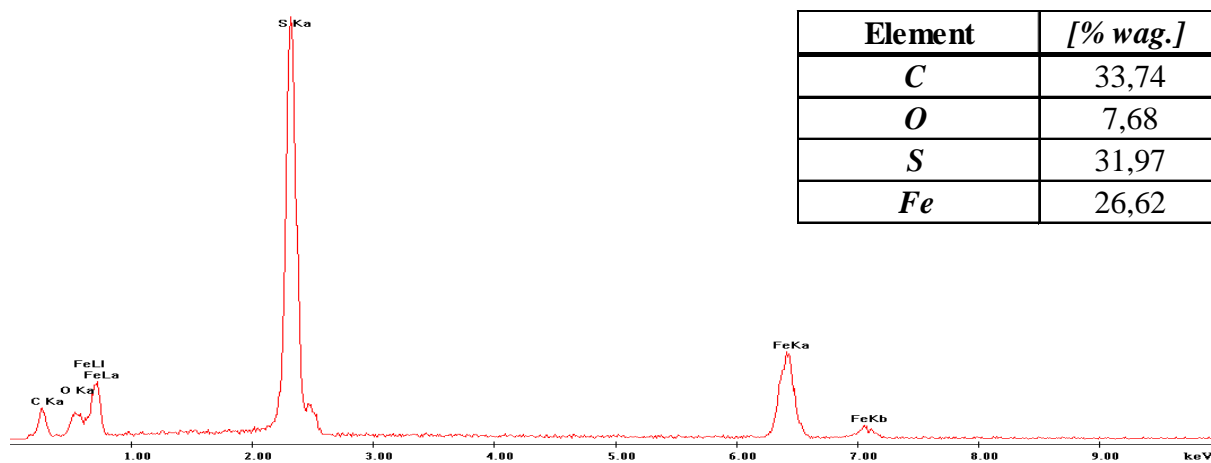
Wyniki analizy dla punktu nr 2



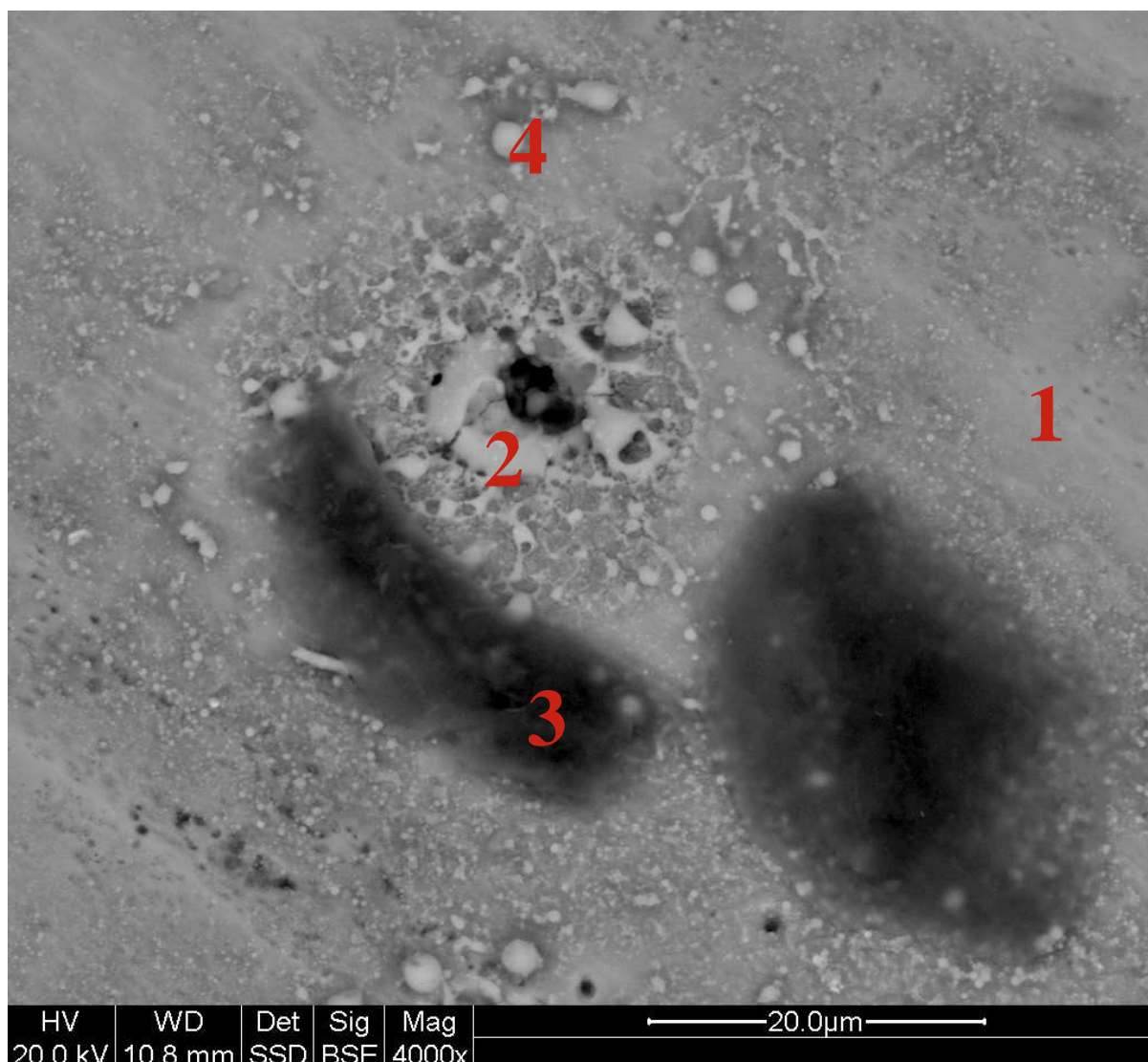
Wyniki analizy dla punktu nr 3



Wyniki analizy dla punktu nr 4

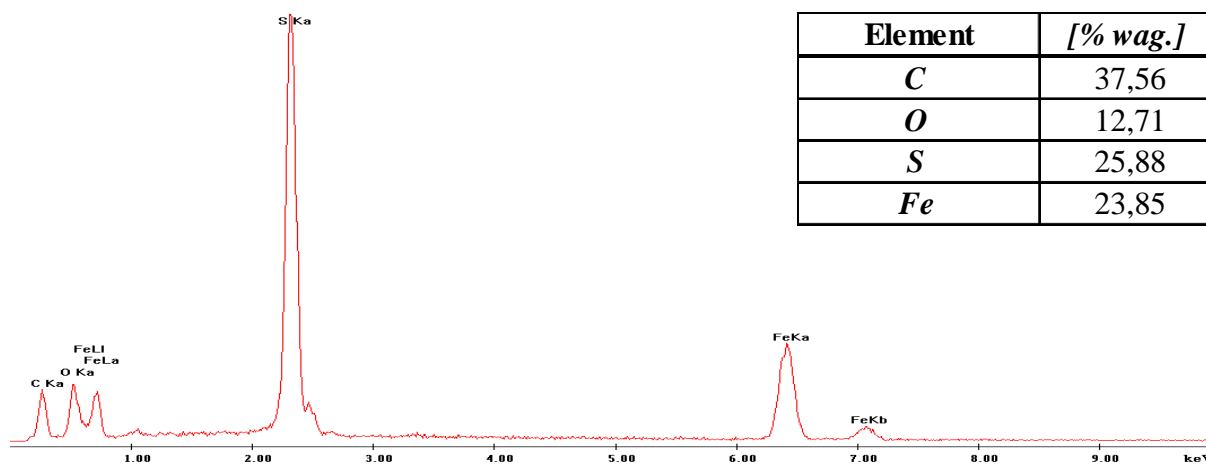


Obszar 4

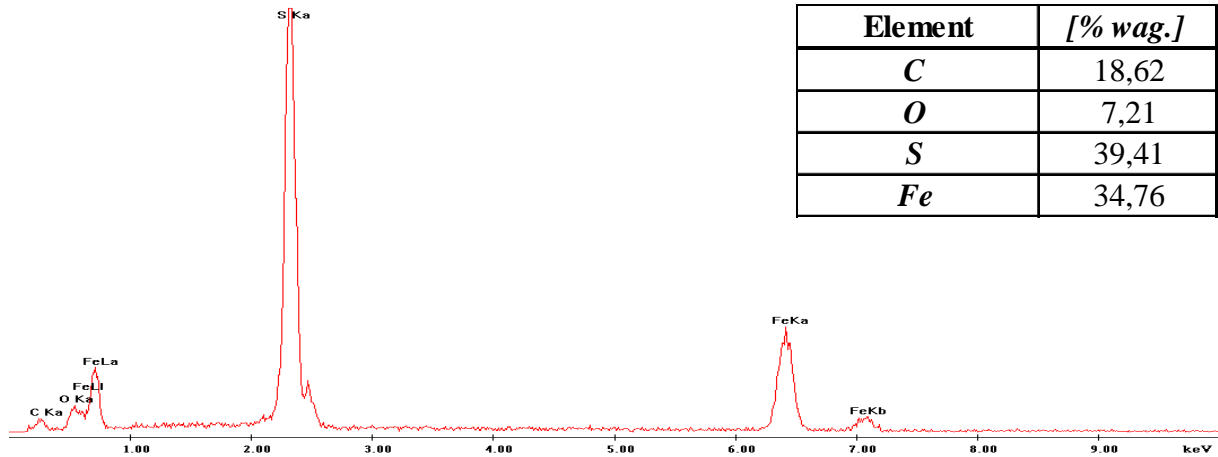


Wyniki analizy chemicznej całego obrazu

Element	[% wag.]
<i>C</i>	37,56
<i>O</i>	12,71
<i>S</i>	25,88
<i>Fe</i>	23,85

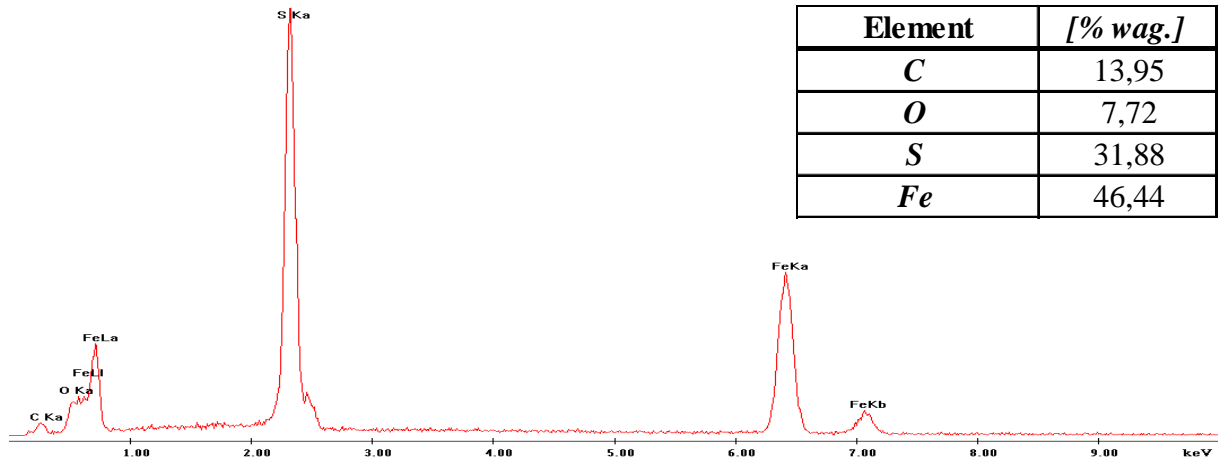


Wyniki analizy dla punktu nr 1



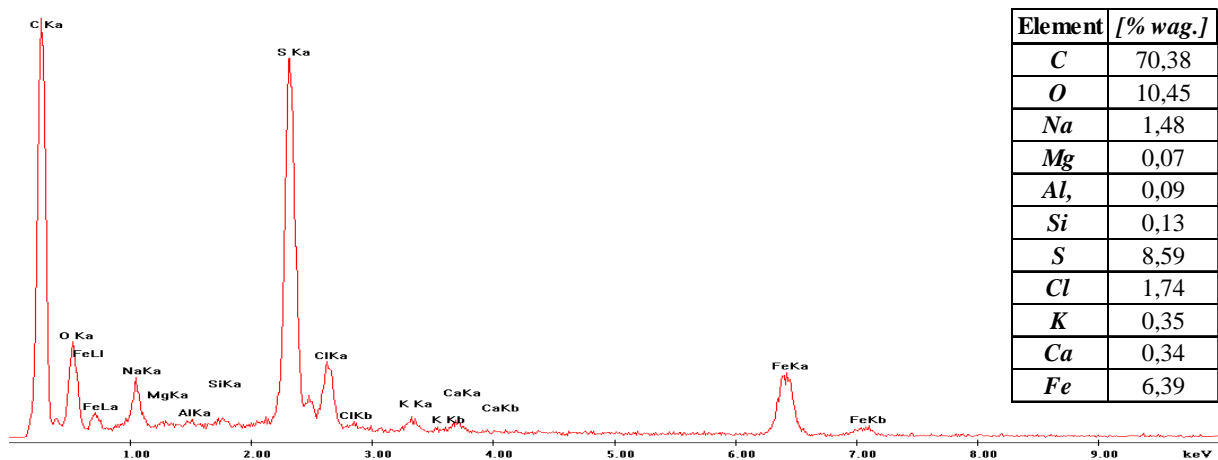
Element	[% wag.]
<i>C</i>	18,62
<i>O</i>	7,21
<i>S</i>	39,41
<i>Fe</i>	34,76

Wyniki analizy dla punktu nr 2



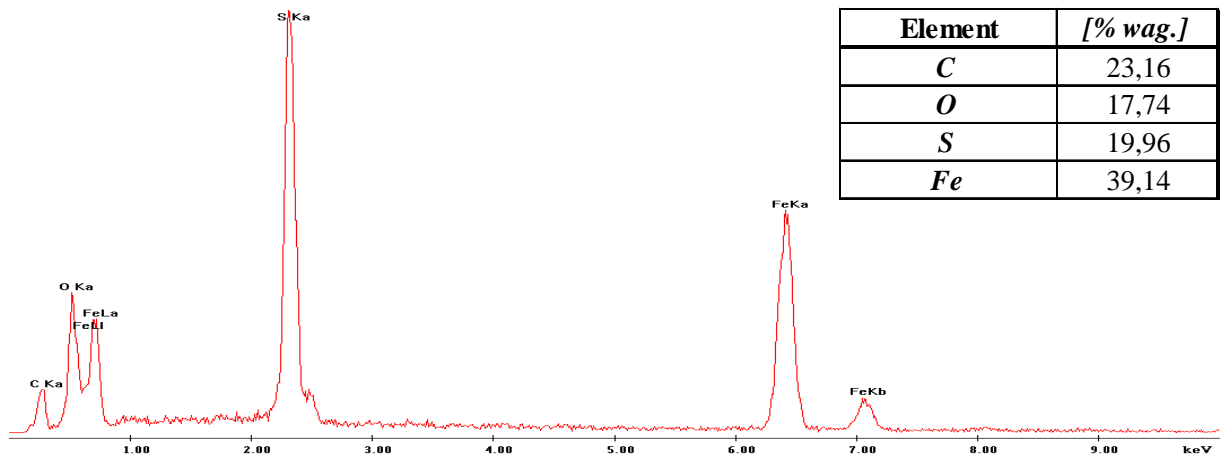
Element	[% wag.]
<i>C</i>	13,95
<i>O</i>	7,72
<i>S</i>	31,88
<i>Fe</i>	46,44

Wyniki analizy dla punktu nr 3



Element	[% wag.]
<i>C</i>	70,38
<i>O</i>	10,45
<i>Na</i>	1,48
<i>Mg</i>	0,07
<i>Al</i>	0,09
<i>Si</i>	0,13
<i>S</i>	8,59
<i>Cl</i>	1,74
<i>K</i>	0,35
<i>Ca</i>	0,34
<i>Fe</i>	6,39

Wyniki analizy dla punktu nr 4

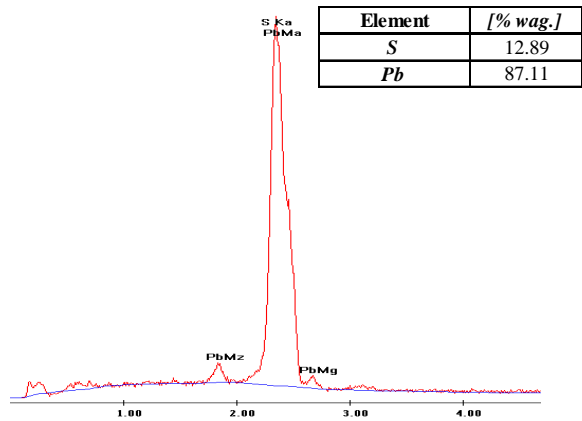
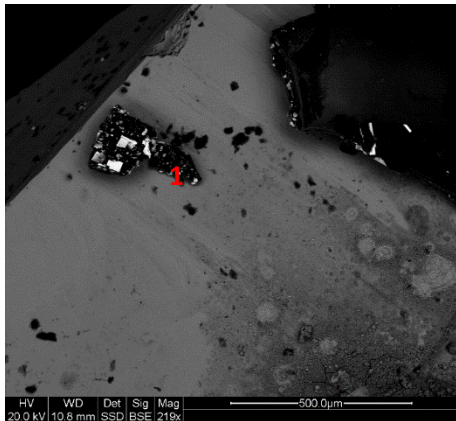


Podsumowanie badań pirytu

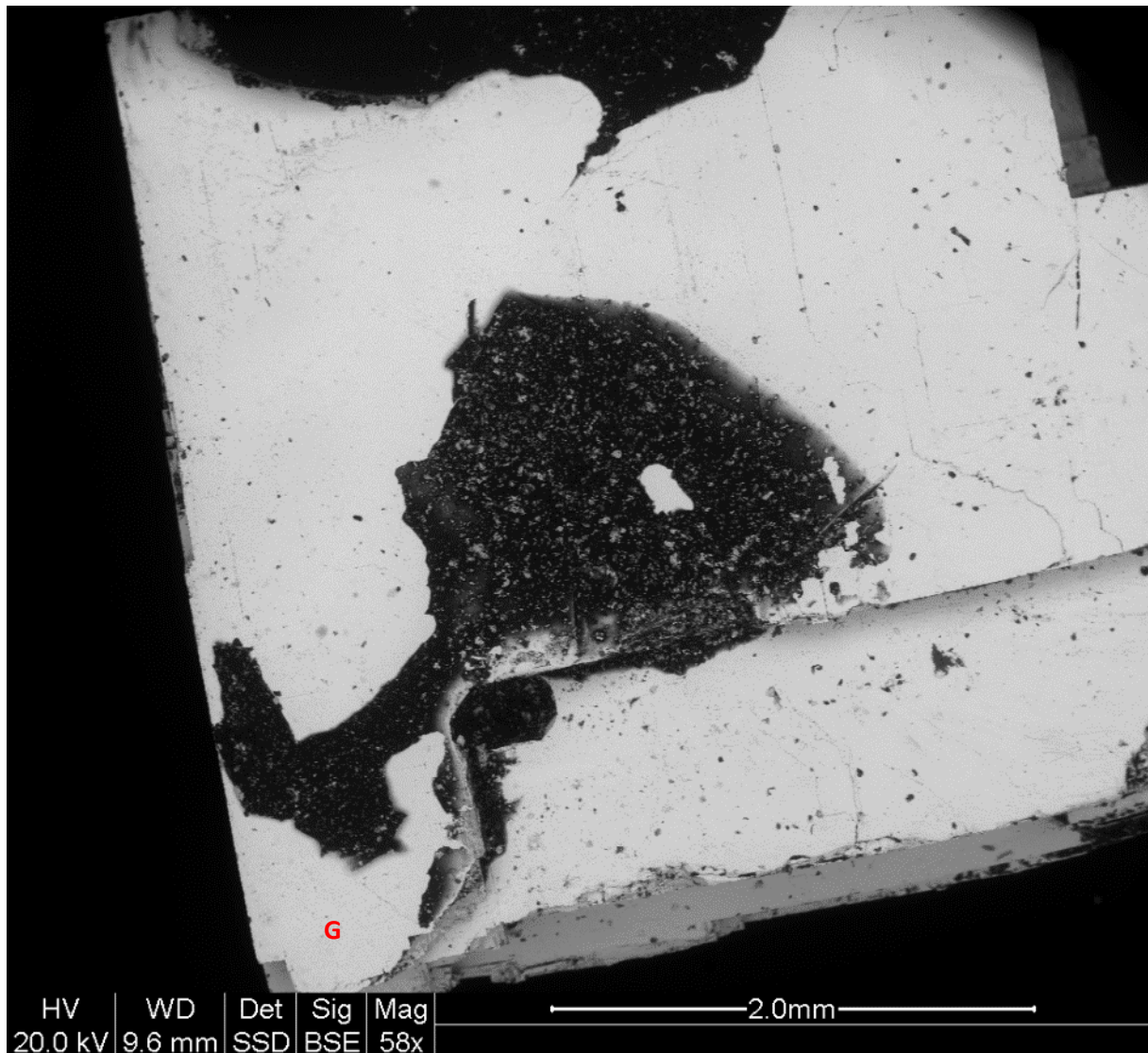
Otrzymane wyniki dowodzą, że piryt ma bardzo zmienny skład chemiczny zwłaszcza w zakresie proporcji Fe/S i zawiera obszary wzbogacone w Pb. Analizy wykazujące wspólna koncentracje Pb i S sugerują, że są to wrostki galeny. Taka interpretacje wskazuje także odmienna refleksyjność wrostków.

Znaczna zmienność chemizmu kryształów pirytu w strefie bombardowania plazmą może być wynikiem oddziaływania plazmy na siarczek żelaza, które sprzyjając utlenianiu powoduje przejście części siarki siarczkowej w gazowe SO₂. Zaobserwowano także w otoczeniu miejsc, w które uderzały iskry znajduje się podwyższona ilość siarki w stosunku do ilości którą zawiera piryt. Sugeruje to, że miejscami na powierzchni kryształów pirytu siarka może występować w formie nie związków żelazowych. Sprawdzenie tego poglądu wymaga dalszych badań.

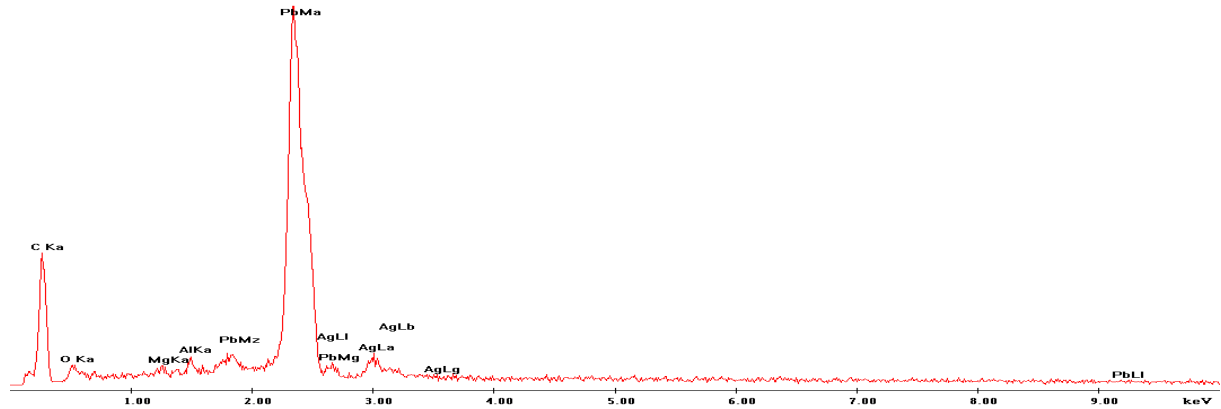
Analizy galeny Obszar 1 (punkt 1)



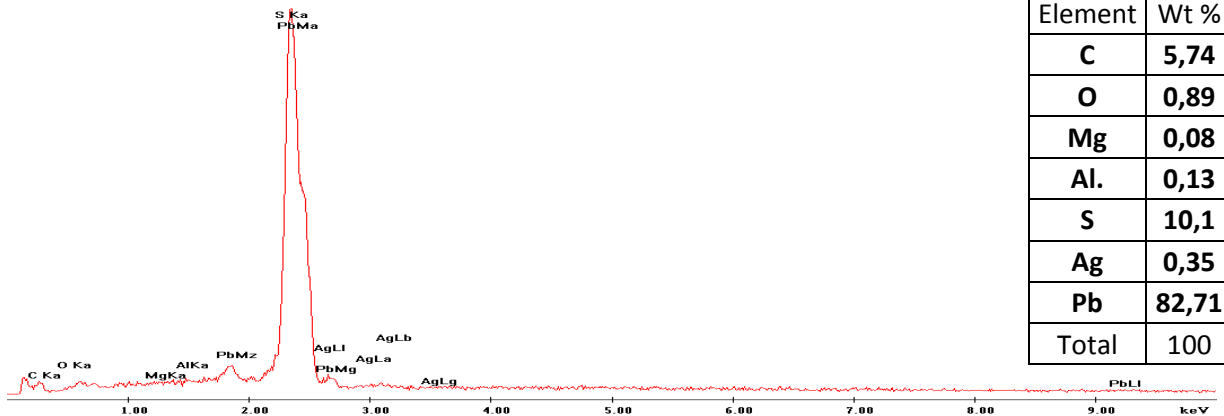
Obszar 2



Analiza z całej powierzchni kryształu



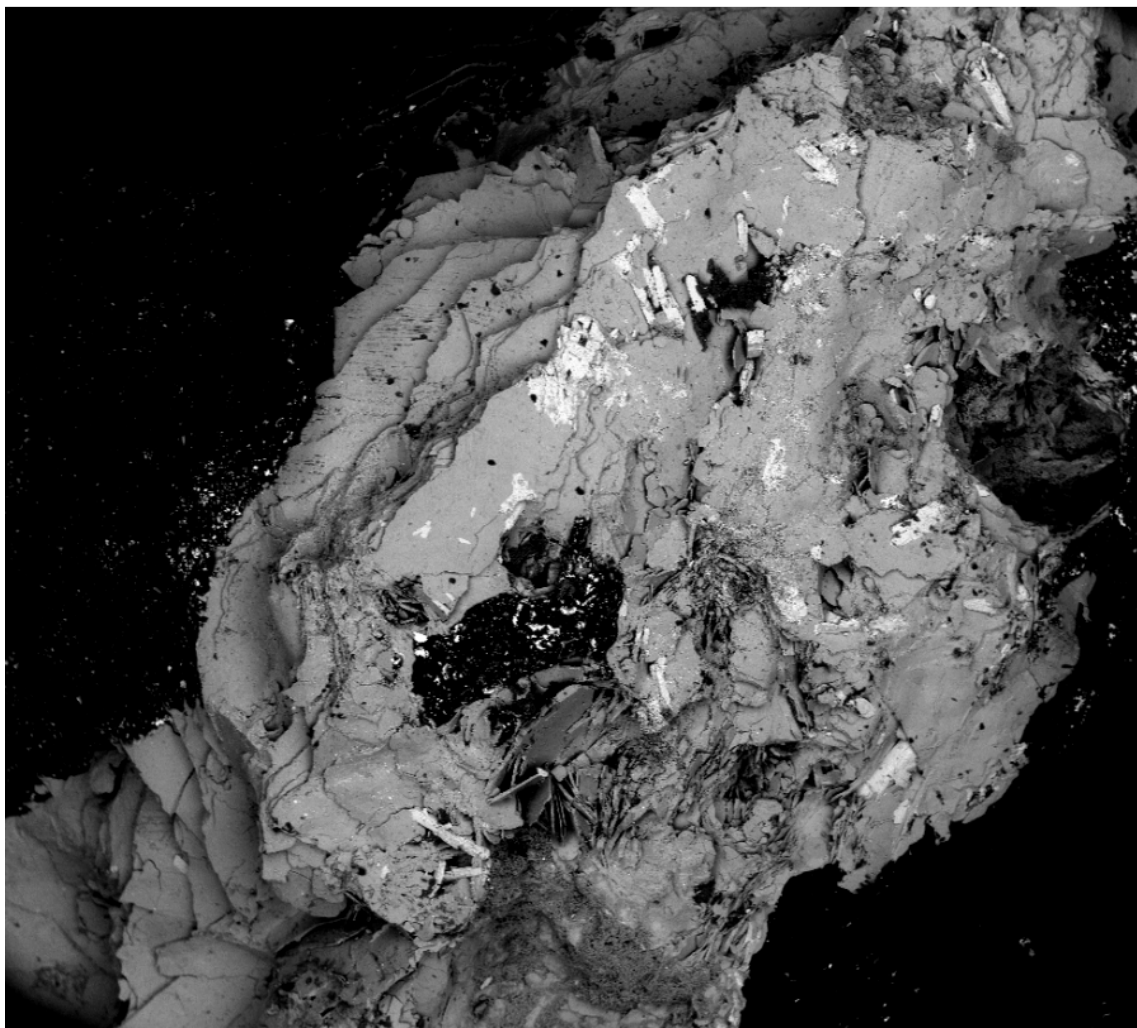
Analiza w punkcie G



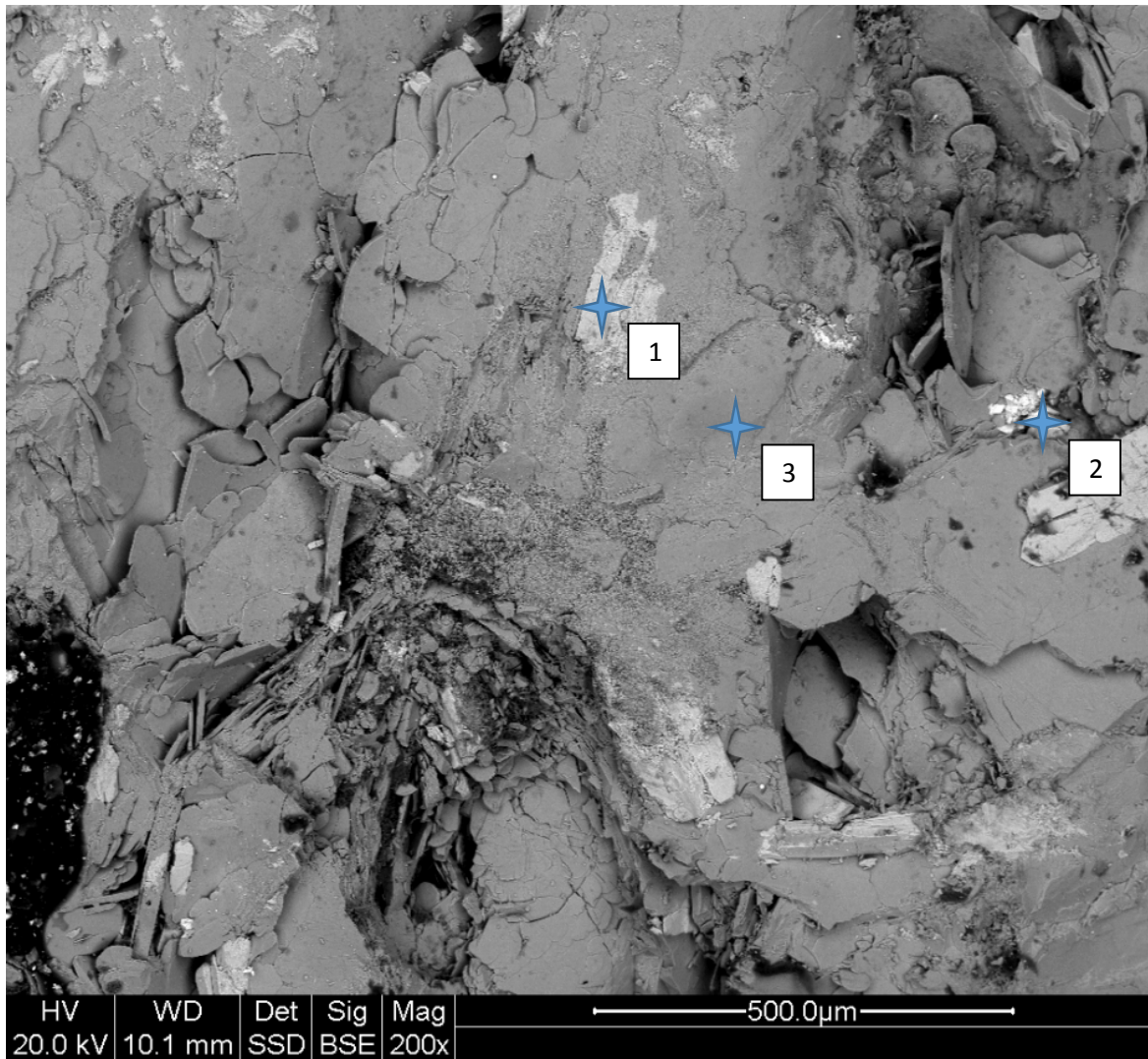
Podsumowanie badań galeny

Galena zawiera 86 % Pb i około 14 % S. Srebro może w niej występować w ilości do 0,3 %. Wykonane badania wskazują, że analizowany kryształ galeny nie jest czysty i posiada wrostki oraz domieszki. Główną domieszką jest srebro. W galenie występują mikrowrostki węglanów na co wskazuje obecność węgla. Pomimo bombardowania kryształu plazmą ilość utlenionych związków na powierzchni siarczku w pobliżu miejsca w który uderzały iskry jest niezauważalna metodą EDS. Oznacza to, że w porównaniu z pirytem galeną w obecności plazmy prawie się nie utlenia, pomimo, że eksperyment prowadzony był przy dostępie powietrza.

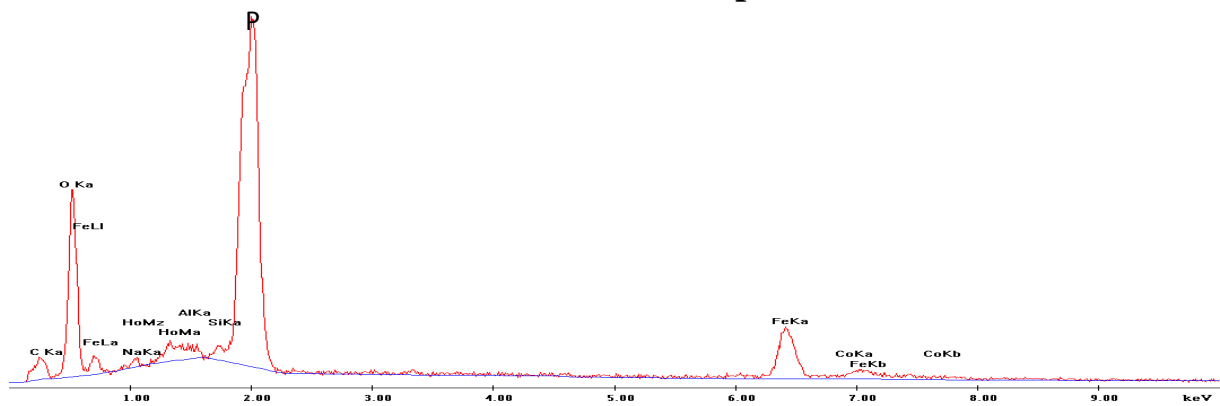
Analizy hematytu
Obraz ogólny próbki



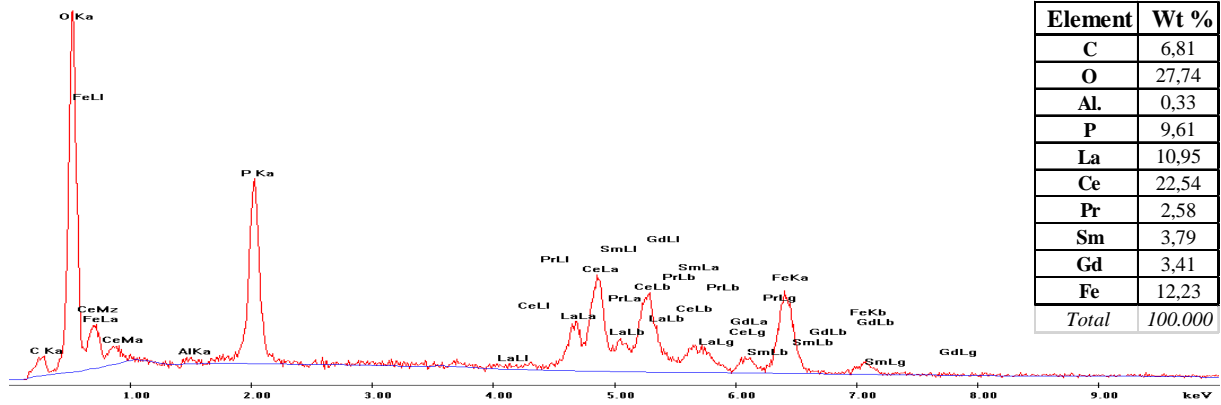
Obszar 1



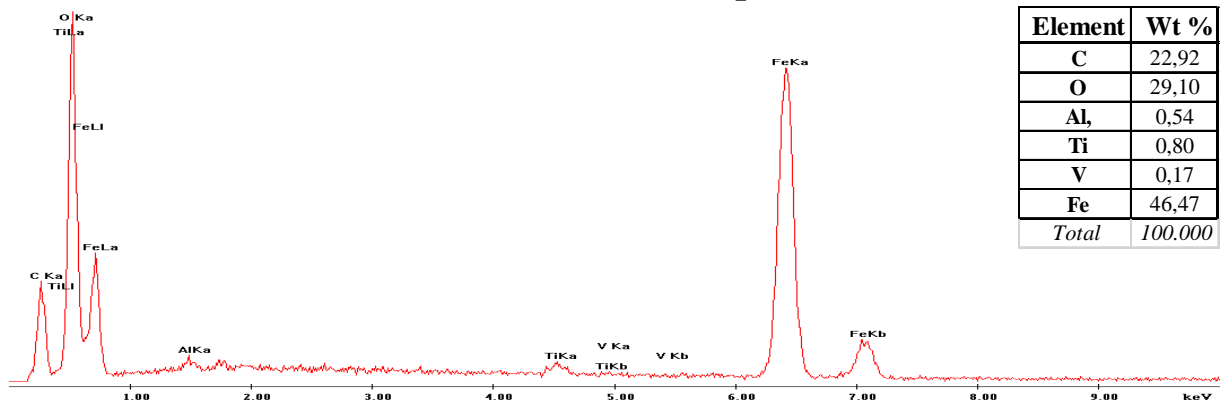
Analiza chemiczna w punkcie nr 1



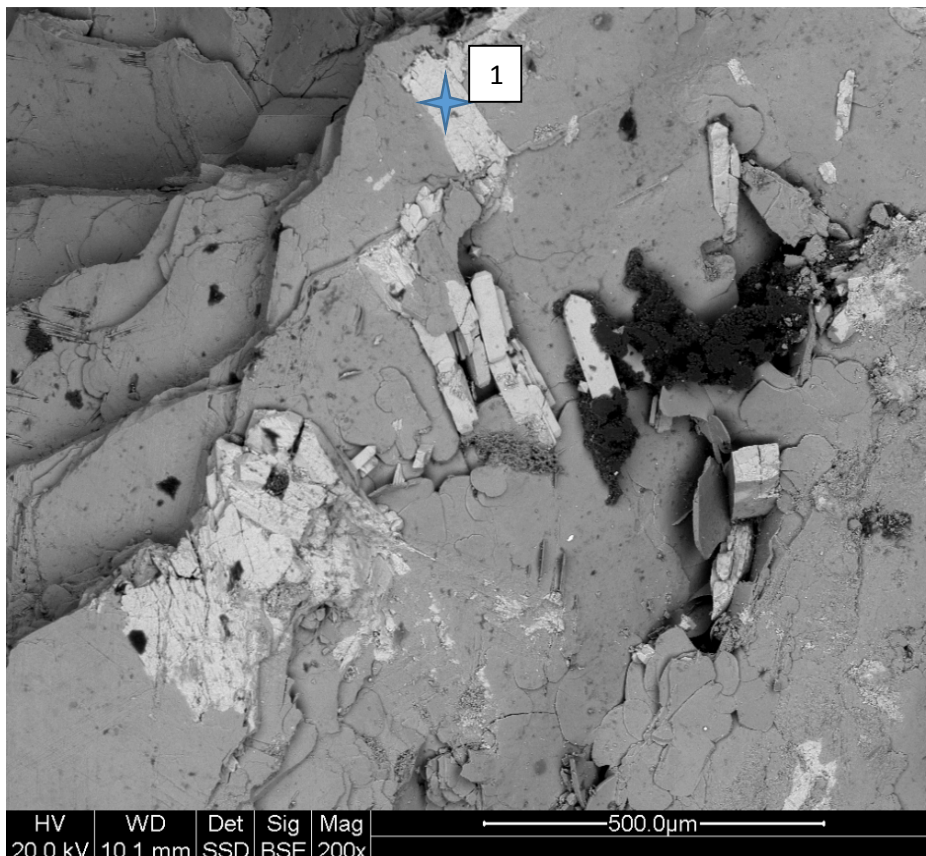
Analiza chemiczna w punkcie nr 2



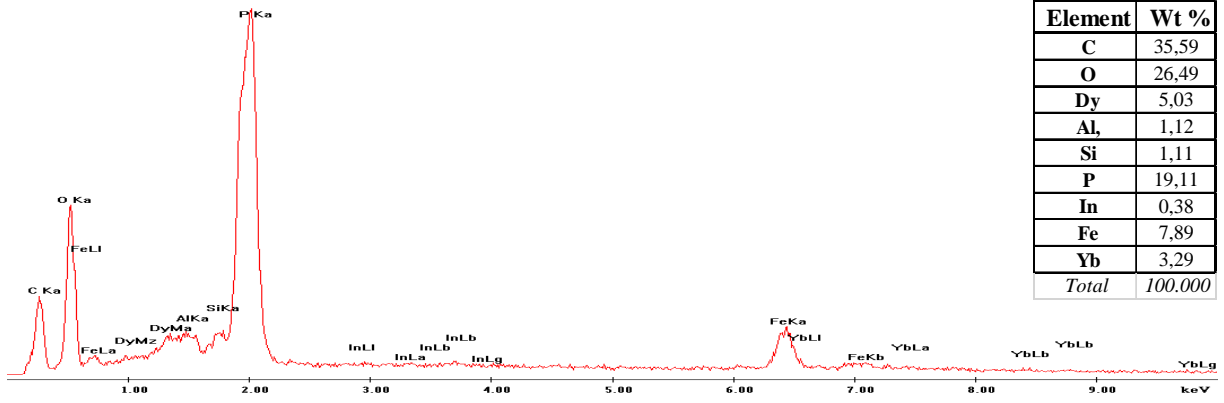
Analiza chemiczna w punkcie nr 3



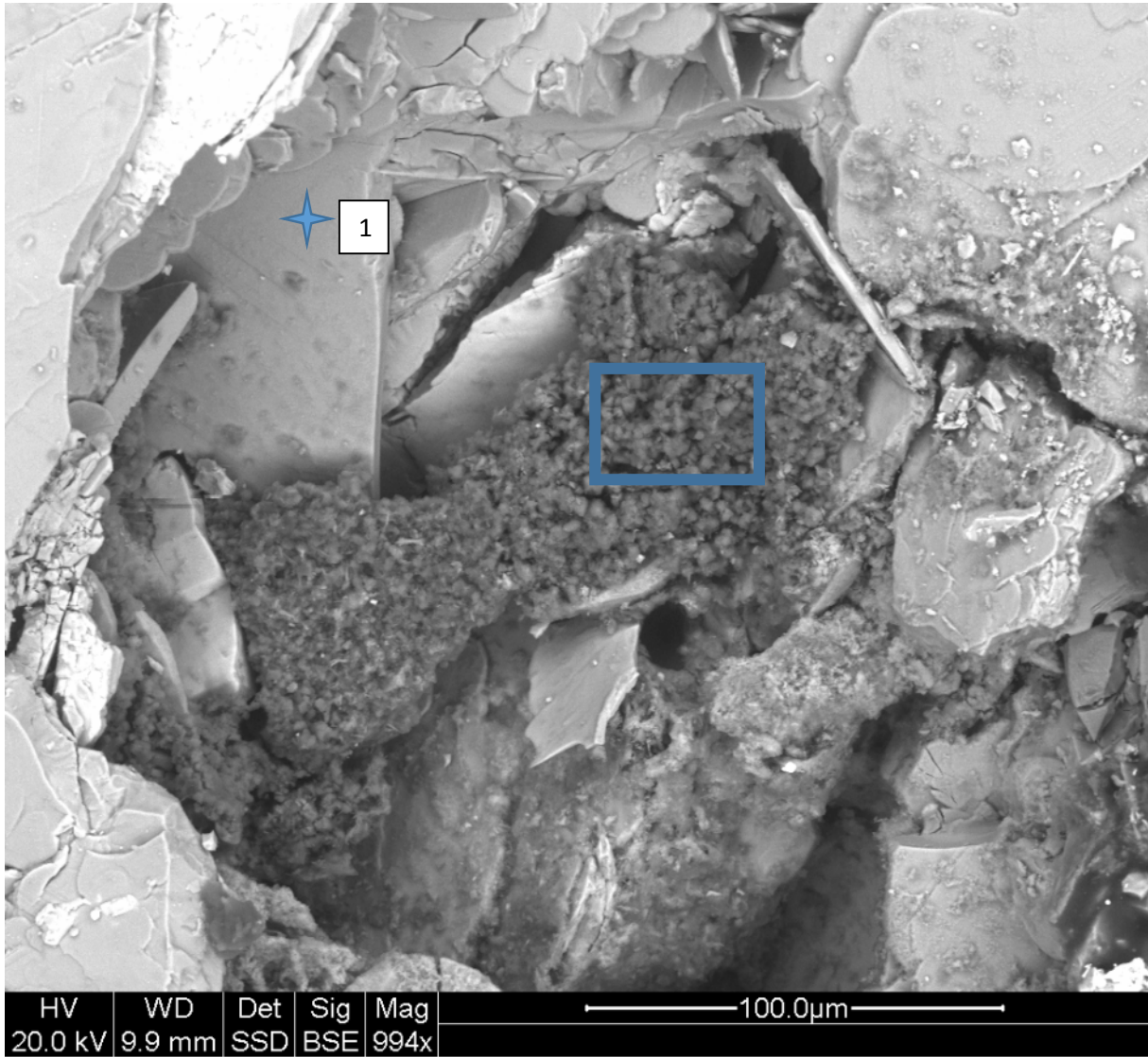
Obszar 2



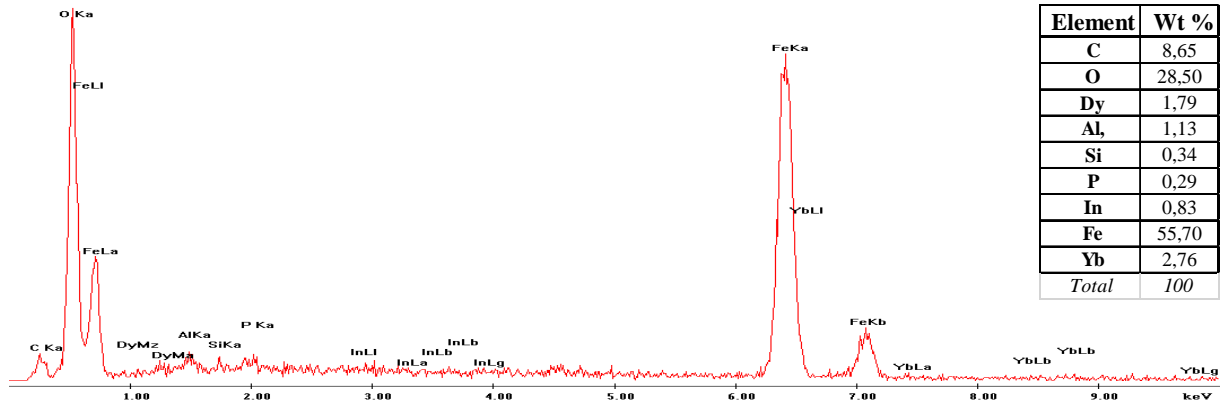
Analiza chemiczna w punkcie nr 1



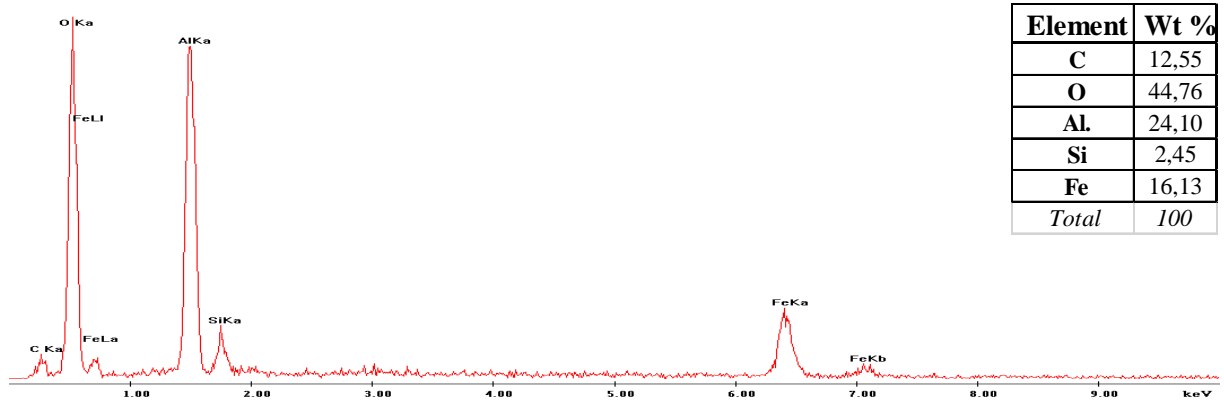
Obszar 3



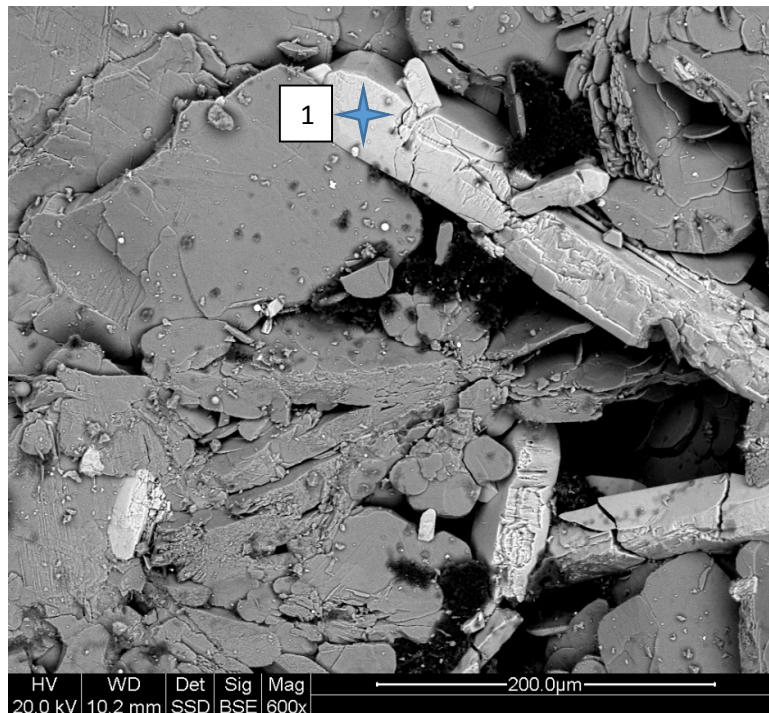
Analiza chemiczna w punkcie nr 1



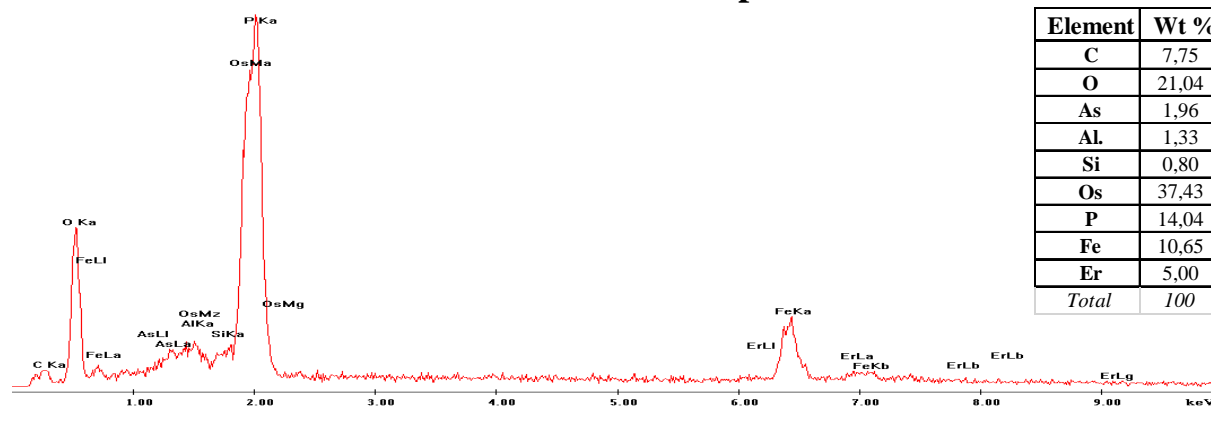
Analiza chemiczna z kwadratu



Obszar 4



Analiza chemiczna w punkcie nr 1

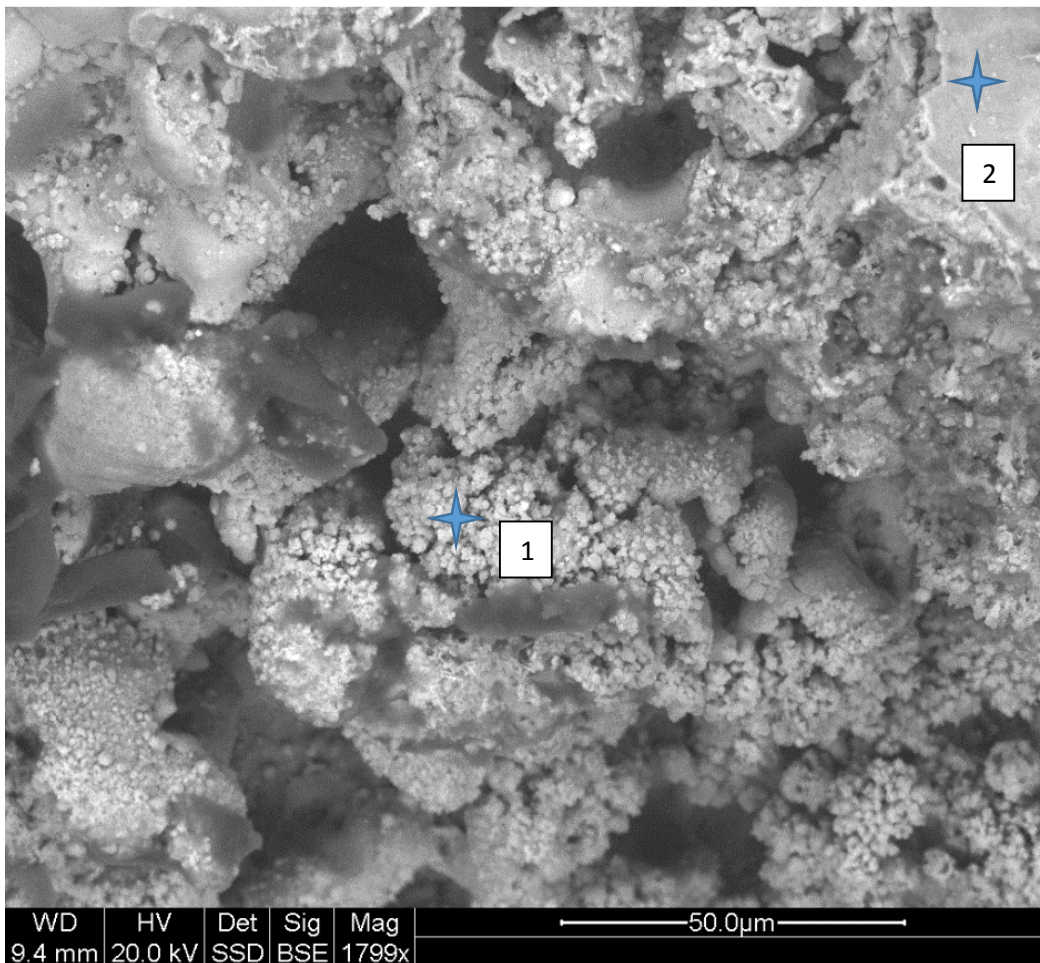


Podsumowanie wyników badań hematytu z apatytem

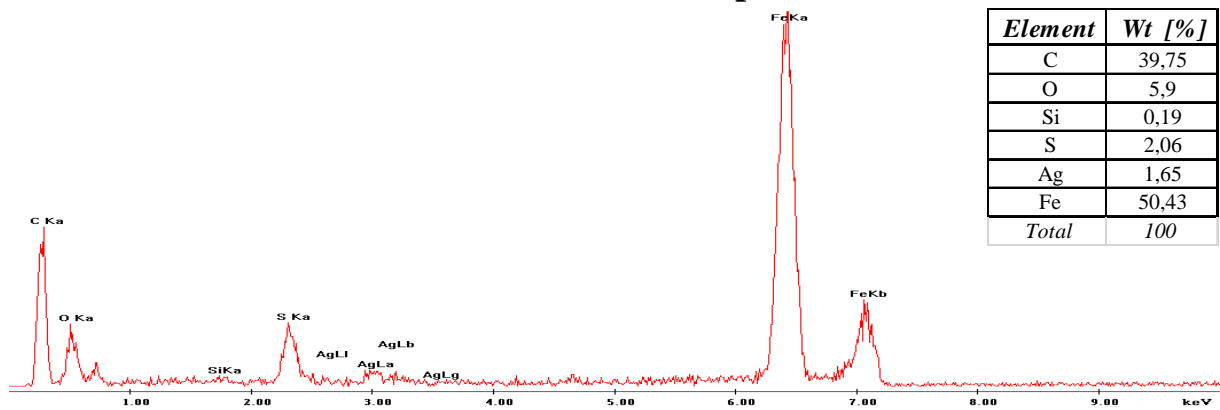
W skład hematytu wchodzi około 70% Fe a reszta to tlen czyli 30%. W apatycie dominują Ca i P. Badania wykazały, że analizowana próbka nie jest monomineralna. Obok hematytu występuje w niej apatyt. Natomiast w apatycie obecne są domieszki arsenu, indu i osmu. Bombardowanie powierzchni kryształu hematytu plazmą nie spowodowało zmian strukturalnych w wyglądzie powierzchni kryształów.

Analizy pirotynu + bornitu

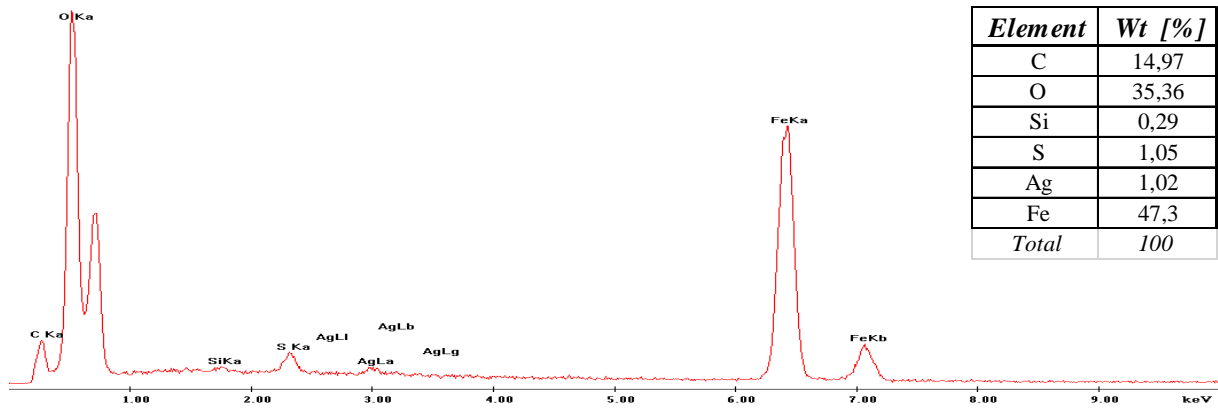
Obszar 1



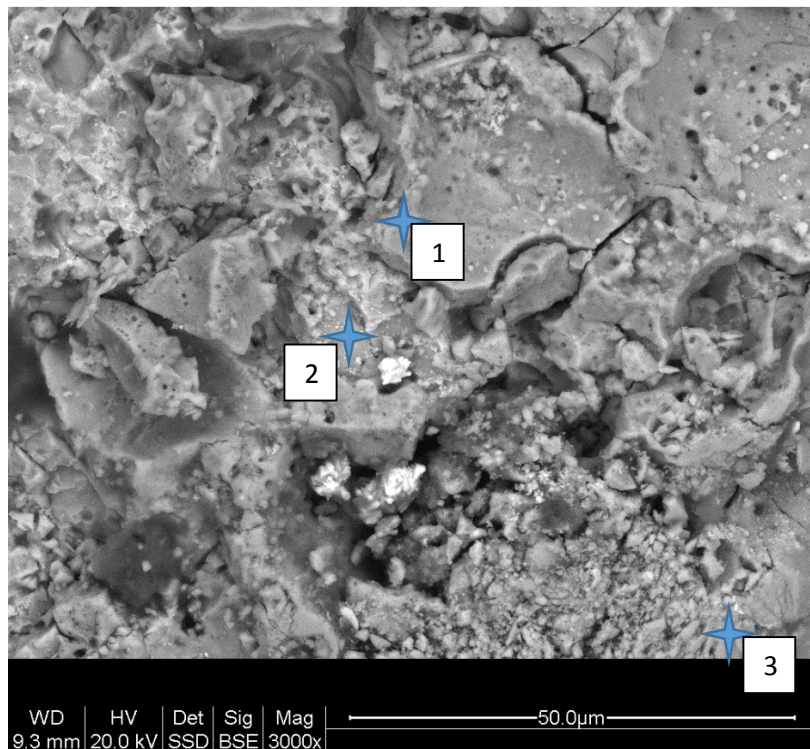
Analiza chemiczna w punkcie nr 1



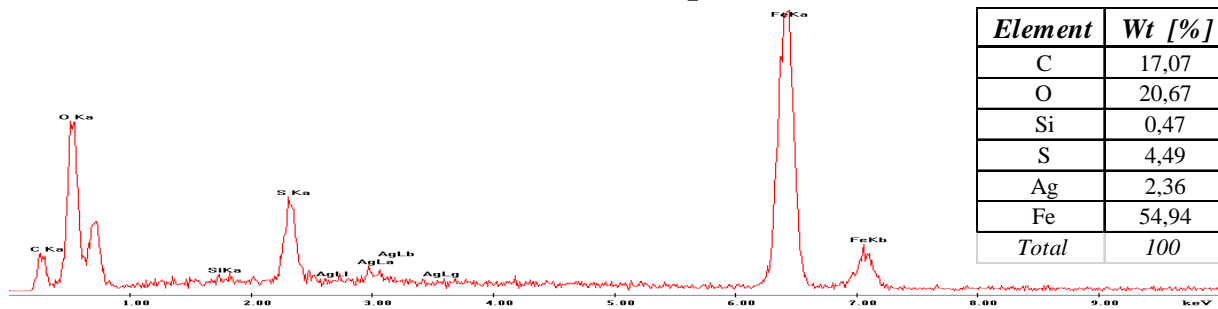
Analiza chemiczna w punkcie nr 2



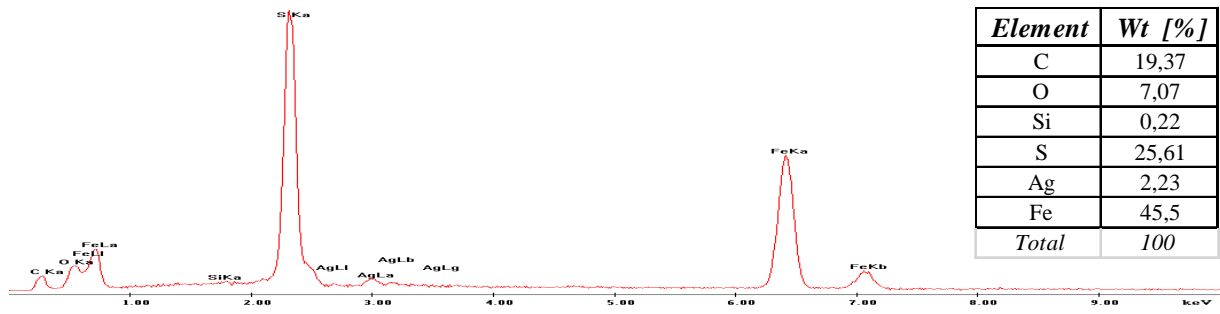
Obszar 3



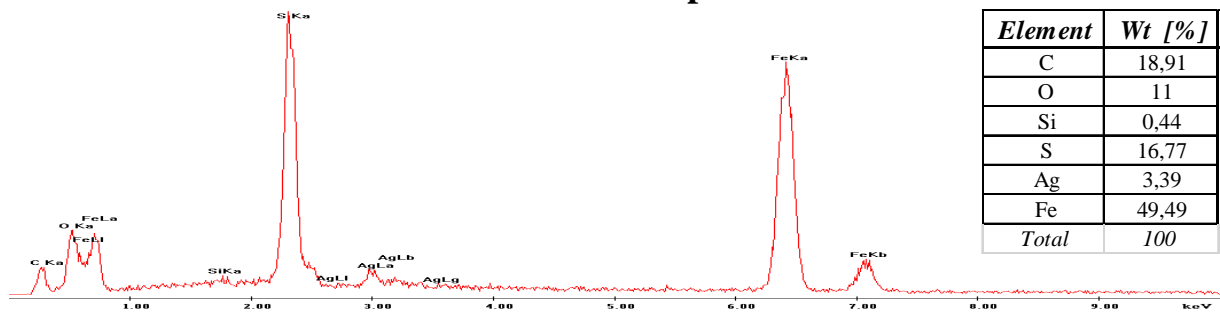
Analiza chemiczna w punkcie nr 1



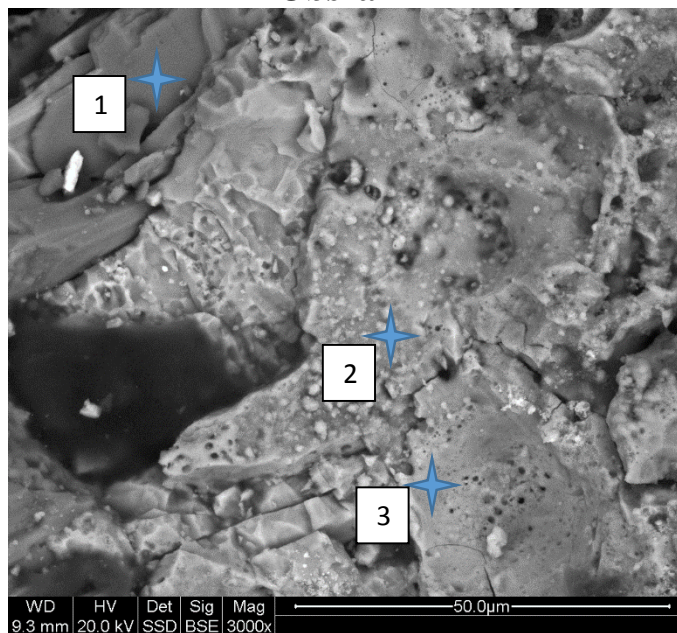
Analiza chemiczna w punkcie nr 2



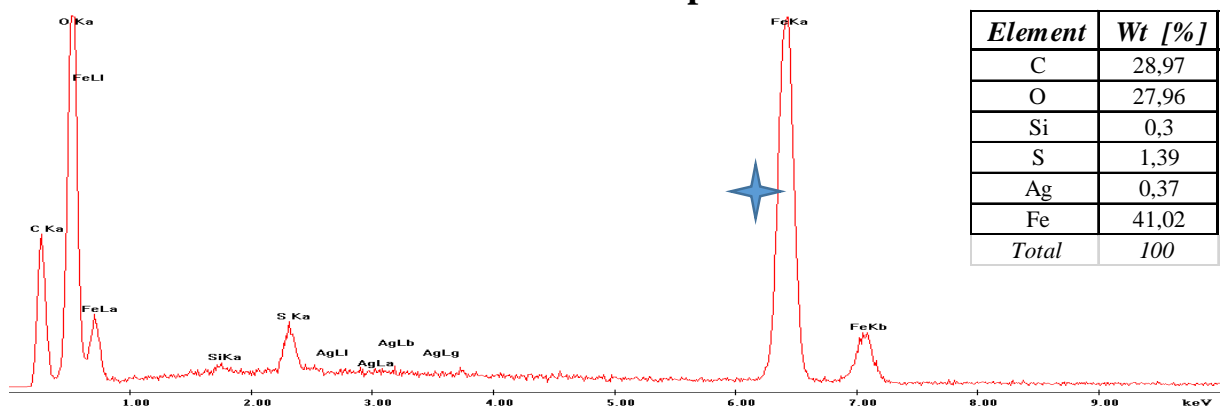
Analiza chemiczna w punkcie nr 3



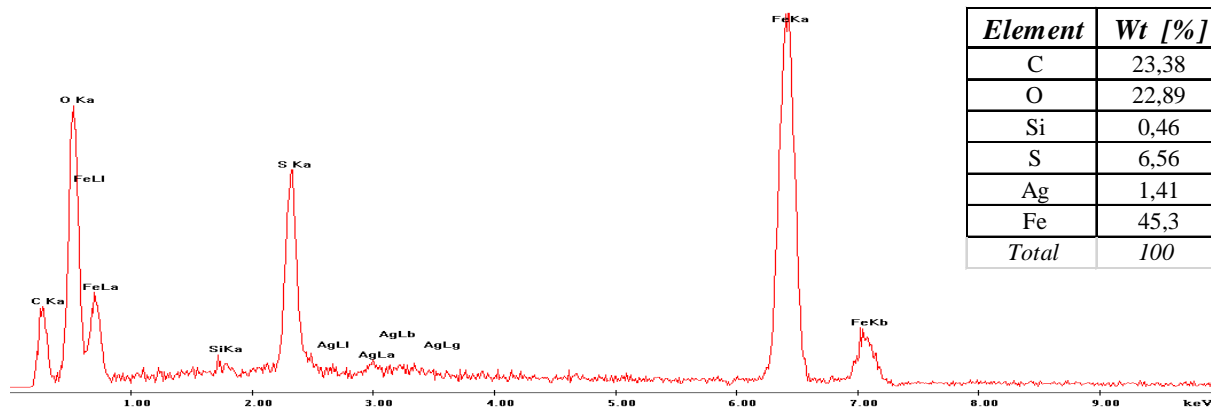
Obszar 4



Analiza chemiczna w punkcie nr 1

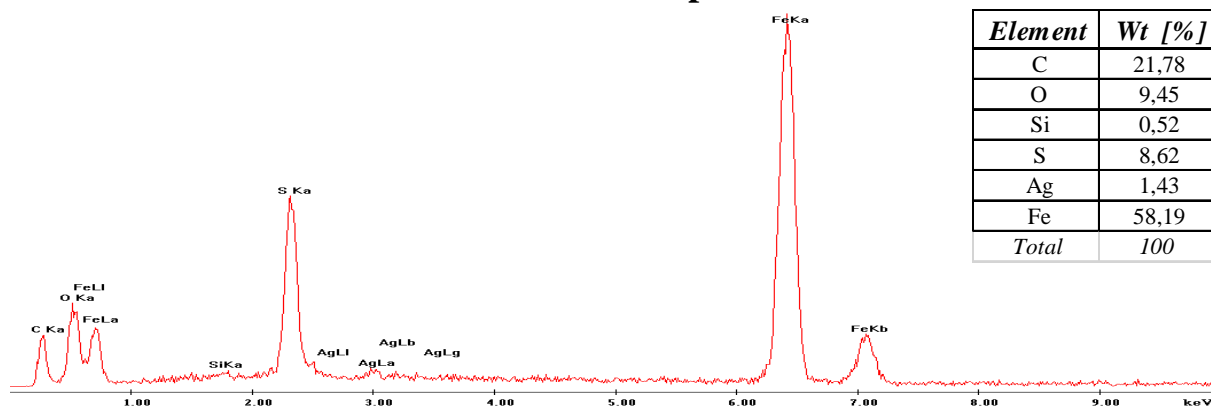


Analiza chemiczna w punkcie nr 2



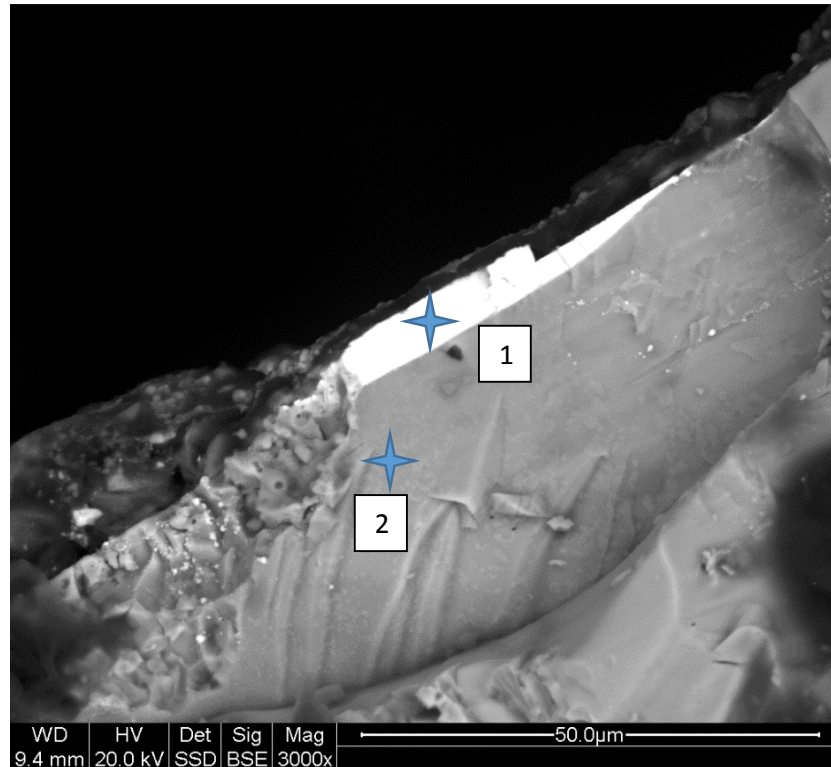
<i>Element</i>	<i>Wt [%]</i>
C	23,38
O	22,89
Si	0,46
S	6,56
Ag	1,41
Fe	45,3
<i>Total</i>	<i>100</i>

Analiza chemiczna w punkcie nr 3

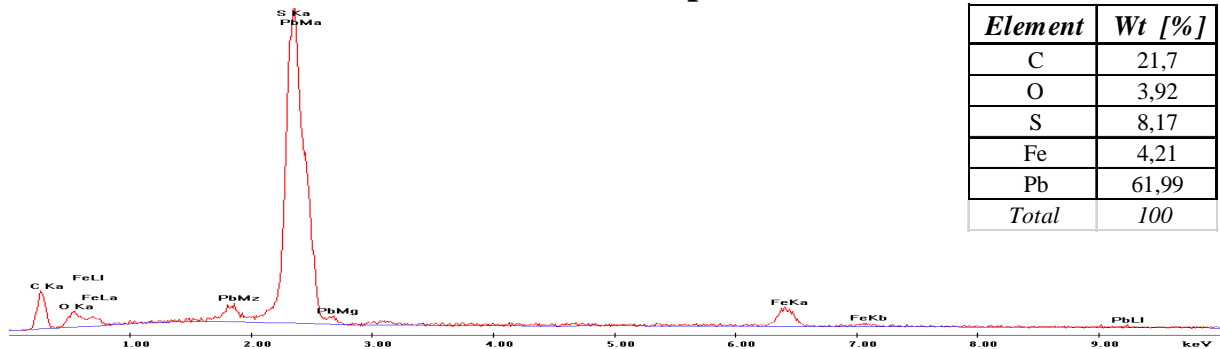


<i>Element</i>	<i>Wt [%]</i>
C	21,78
O	9,45
Si	0,52
S	8,62
Ag	1,43
Fe	58,19
<i>Total</i>	<i>100</i>

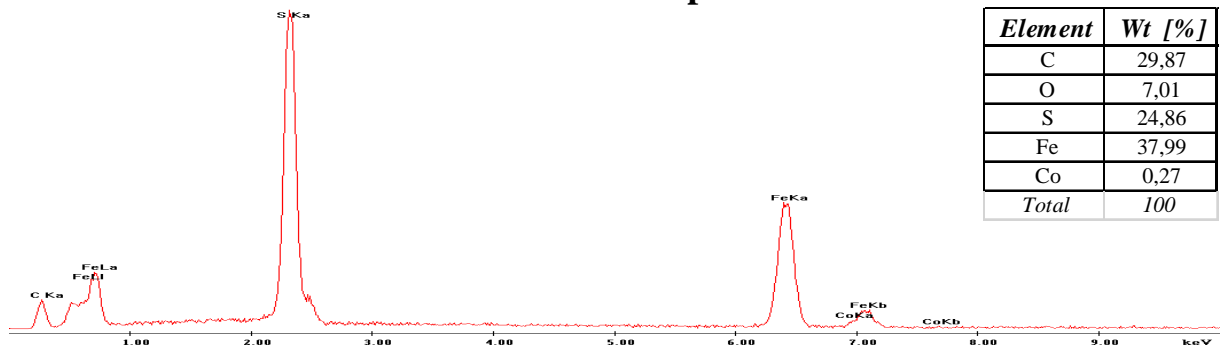
Obszar 5



Analiza chemiczna w punkcie nr 1



Analiza chemiczna w punkcie nr 2



Podsumowanie badań pirotynu z bornitem

Literatura podaje, że pirotyn zawiera 63 % Fe i około 37% S, natomiast bornit zawiera 63% Cu, 11 % Fe i około 20 % S. Wszystkie wykonane analizy

wskazują, że w zespole minerałów pirotyt-bornit obecne są liczne domieszki takich pierwiastków jak Ag, Co, Sn, Si zaś obecność węgla i tlenu sugeruje obecność niewielkiej ilości węglanów. Żadna z otrzymanych analiz chemicznych nie odpowiada wzorcowej ilości Fe i S ani w bornicie ani w pirotycie. Zjawisko to oraz analizy wskazujące na obecność tlenu w siarczku sugerują przyspieszenie procesu utleniania siarczku pod wpływem plazmy uderzającej w powierzchnię próbki. Taką interpretację wydaje się potwierdzać wyraźnie podwyższona w próbce ilość tlenu w pobliżu miejsca uderzeń plazmy w porównaniu z innymi miejscami nie bombardowanymi plazmą.

Podsumowanie

Bombardowanie tlenków (hematyt, apatyt) plazmą nie spowodowało zauważalnych efektów. Być może metody rozpoznawania zmian struktury użyte w badaniach były zbyt mało czułe. Analizy wykazały jednak wyraźnie podwyższone zawartości ziem rzadkich w apatycie. Próbka pochodzi z Katangi w Kongo, z obszaru dotychczas nie objętego eksploatacją. Ze względu na znaczną wartość ziem rzadkich otrzymane wyniki skłaniają do wykonania dokładniejszych i szerszych badań rejonu opróbowania.

Wykonane eksperymenty wskazują, że siarczki pod wpływem uderzających w nie wyładowań elektrycznych (uderzeń plazmy) ulegają przyspieszonemu utlenianiu. Zjawisko to może przebiegać dzięki podwyższonej temperaturze w miejscu uderzenia plazmy. Nie wykluczone, że na obserwowane zjawisko mają także wpływ elektrony uwalniane z katody, które mogą powodować zmiany konfiguracji elektronowej zarówno na orbitach metali, siarki i innych występujących w próbkach domieszek. Zagadnienie to oraz wyjaśnienie roli wolnych elektronów w utlenianiu siarczku wymaga dalszych badań.