

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
WYDZIAŁ GÓRNICZY

mgr Paweł P. Zagożdżon

**ZGORZEL SŁONECZNA
W TRZECIORZĘDOWYCH BAZALTOIDACH ŚLĄSKA
I SPOSOBY WYKORZYSTANIA JEJ PRODUKTÓW**

Praca doktorska

Promotor
prof. dr hab. Irena Wojciechowska

Wrocław, 2001

mojej kochanej Kaśce

Podziękowania

Składam serdeczne podziękowania licznym osobom, które przyczyniły się do powstania tej pracy. W szczególności dziękuję Pani prof. dr hab. Irenie Wojciechowskiej za opiekę merytoryczną oraz cenne uwagi, które pomogły w nadaniu pracy jej ostatecznego kształtu.

Koleżankom i Kolegom z Zakładu Geologii Stosowanej, Odwadniania i Ekologii jestem bardzo wdzięczny za pomoc na wszystkich etapach prac – od wyboru tematu po opracowanie tekstu i szaty graficznej.

Rodzinie gorąco dziękuję za wsparcie i cierpliwość, szczególne wyrazy wdzięczności składam Żonie, której pomoc okazała się nieoceniona.

Spis treści

1.	Wstęp	5
2.	Zakres i metodyka badań	6
2.1.	Analiza literatury	6
2.2.	Prace terenowe	6
2.3.	Prace kameralne	6
3.	Definicja zjawiska	10
3.1.	Definicje zgorzeli słonecznej podawane w literaturze	10
3.2.	Terminy nieprecyzyjne i zjawiska mylone ze zgorzelą	12
3.3.	Terminy związane z rozpadem zgorzelowym – próba syntezy	13
4.	Historia badań zgorzeli bazaltowej	14
5.	Opis punktów badawczych	17
6.	Charakterystyka skał zgorzelowych	44
6.1.	Opis makroskopowy	44
6.2.	Mezostuktury	52
6.3.	Forma ciał zgorzelowych	54
6.4.	Położenie ciał zgorzelowych w obrębie wystąpień bazaltoidowych	58
6.5.	Udział skał zgorzelowych w wystąpieniach bazaltoidowych	64
6.6.	Występowanie zgorzeli w poszczególnych odmianach petrograficznych	66
7.	Badania laboratoryjne skał zgorzelowych	68
7.1.	Badania mikroskopowe	68
7.2.	Analiza rentgenostrukturalna	72
7.3.	Charakterystyka chemiczna	74
7.3.1.	Zawartość tlenków	74
7.3.2.	Pierwiastki śladowe	83
7.3.3.	Analiza chemiczna w mikroobszarze	85
7.4.	Generowanie zmian zgorzelowych	88
7.5.	Badania właściwości fizyko-mechanicznych	91
7.5.1.	Przegląd dotychczasowych badań	91
7.5.2.	Badania właściwości próbek kawałkowych	94
7.5.3.	Badania właściwości kruszyw	95
7.6.	Próbné topienie bazaltów zgorzelowych	99
7.7.	Inne badania laboratoryjne	101
8.	Geneza zgorzeli bazaltowej	102
9.	Przydatność produktów rozpadu zgorzelowego	106
9.1.	Kierunki wykorzystania bazaltów	107
9.1.1.	Produkcja kruszyw	107
9.1.2.	Wytwarzanie mączek bazaltowych	107
9.1.3.	Wykorzystanie bazaltów w hutnictwie skaliwnym	109
9.1.4.	Zwietrzliny bazaltowe	109
9.2.	Perspektywy wykorzystania skał zgorzelowych	109
9.3.	Wyniki badań	110
9.3.1.	Kruszywa uzyskane ze skał zgorzelowych	111
9.3.2.	Mączki bazaltowe	111
9.3.3.	Przydatność skał zgorzelowych do produkcji leizny bazaltowej	112
10.	Wnioski	113
11.	Literatura	115
12.	Załączniki i tablice fotograficzne	123

1. Wstęp

Celem badań przeprowadzonych w ramach prezentowanej pracy było określenie potencjalnej przydatności bazaltoidów zgorzelowych. W związku z bardzo słabym rozpoznaniem zjawiska określanego jako zgorzel bazaltowa (słoneczna) koniecznym było wyjaśnienie różnorodnych jego aspektów. Opisano symptomy zgorzeli, jej rozprzestrzenienie, określono przebieg zjawiska, genezę oraz sposoby występowania. Ponadto scharakteryzowano produkty rozpadu zgorzelowego i zaproponowano potencjalne możliwości ich wykorzystania.

Zawarty w tytule termin „bazaltoidy”, formalnie odnoszący się do bazaltów i andezytów wg klasyfikacji Streckeisena, zastosowano w znaczeniu używanym bardziej powszechnie. Określa on występujące w południowo-zachodniej Polsce skały trzeciorzędowej prowincji wulkanicznej. Według klasyfikacji TAS są to foidyty, tefryty, bazanity, trachybazalty, bazalty i pikrobazalty oraz odosobnione wystąpienie trachitów. W praktyce przemysłowej w odniesieniu do tych skał stosowany jest zazwyczaj nieprecyzyjny z petrograficznego punktu widzenia termin „bazalty”.

W skałach tych często obserwuje się obecność zgorzeli słonecznej, będącej zjawiskiem istotnym zarówno z przyczyn czysto poznawczych, jak i utylitarnych. W krajowej literaturze brak jednak kompleksowych opracowań na jego temat. Podawane są sprzeczne informacje odnośnie genezy, a nawet wyglądu skał zgorzelowych. Uważa się, że obniża ona jakość, a niejednokrotnie dyskwalifikuje bazalt jako surowiec dla różnych gałęzi przemysłu. Badania właściwości fizyko-mechanicznych tych skał były jednak prowadzone rzadko i wybiórczo. W zakładach wydobywczych zgorzelowe partie złóż są omijane w trakcie eksploatacji, a w wypadku konieczności wybrania kopaliny dotkniętej takimi zmianami jest ona przeznaczana na odpad. Niejednokrotnie odkrycie przejawów zgorzeli powodowało korekty granic złóż lub skreślenie złóż z listy zasobów. Uznano więc za wskazane przeanalizowanie możliwości wykorzystania skał dotkniętych tym zjawiskiem.

Wykonanie prac było możliwe dzięki środkom finansowym pochodzącym z kilku źródeł. Wstępną analizę literatury (głównie dokumentacji geologicznych znajdujących się w gestii Przedsiębiorstwa Geologicznego we Wrocławiu PROXIMA S.A.), prace terenowe na odkrywkach Winna Góra i Krzeniów oraz pierwsze badania laboratoryjne wykonano w ramach wydziałowego zlecenia własnego nr 331410 pt.: „Sposoby wykorzystania bazaltu zgorzelowego rejonu Legnicy”. Projekt KBN nr 9 T12A 030 14 pt.: „Analiza i możliwości wykorzystania bazaltów zgorzelowych z kamieniołomu Krzeniów koło Złotoryi” pozwolił na przeprowadzenie analiz składu chemicznego bazaltów zgorzelowych oraz wykonanie badań właściwości fizyko-mechanicznych tych skał. Ponadto rozpoczęto próby generowania rozpadu zgorzelowego w warunkach laboratoryjnych. W ramach zlecenia wewnętrznego nr 331427 pt.: „Badania przebiegu procesu zgorzelowego w warunkach sztucznych”, poza badaniami zawartymi w tytule, sfinansowano wstępne analizy rentgenostrukturalne oraz dalszą część prac terenowych. Środki wydzielone ze zlecenia statutowego 341817 wykorzystano na przeprowadzenie szczegółowych badań rentgenostrukturalnych oraz kontynuację penetracji poszczególnych stanowisk badawczych. Ważną część prac sfinansowano dzięki projektowi badawczemu pt.: „Określenie możliwości wykorzystania bazaltów zgorzelowych Polski południowo-zachodniej do produkcji kruszyw oraz dla potrzeb przemysłu skalnego”, finansowanemu ze środków Działu Nauki Politechniki Wrocławskiej. W jego ramach zrealizowano zasadniczą część prac terenowych, wykonano próbne topienia bazaltów zgorzelowych oraz określono wybrane parametry fizyko-mechaniczne kruszyw uzyskanych z takich skał. Ostatnie analizy kruszyw oraz badania rentgenostrukturalne wykonano dzięki dofinansowaniu ze środków instytutowych w ramach zlecenia 342117.

2. Zakres i metodyka badań

2.1. Analiza literatury

Pierwszym etapem prac była analiza literatury. Przegląd polskich prac publikowanych wniósł stosunkowo niewiele, przede wszystkim ze względu na ograniczoną ich liczbę. Znacznie bardziej owocne było zapoznanie się z wynikami dokumentowania złóż bazaltów z obszaru Dolnego Śląska i Opolszczyzny, zgromadzonymi w Archiwum Przedsiębiorstwa Geologicznego we Wrocławiu PROXIMA S.A. Dużą ilość informacji uzyskano w wyniku analizy przedwojennych prac niemieckojęzycznych. Dostęp do większości z nich uzyskano w Bibliotece Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, jednak kopie najistotniejszych otrzymano drogą korespondencyjną od U. Schreibera (Instytut Geologiczny Uniwersytetu w Essen). Literaturę najnowszą uzyskano w podobny sposób dzięki uprzejmości U. Schreibera i R. Kühnela (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Delft).

2.2. Prace terenowe

Ze względu na bardzo słaby stan rozpoznania omawianego zjawiska wstępną częścią badań było przeprowadzenie podstawowych prac terenowych, w tym kartograficznych. Wytypowano do nich stanowiska badawcze o dobrze widocznych i dostępnych ścianach skalnych. W przewadze były to czynne wyrobiska górnicze (kamieniołomy: Sulików, Bukowa Góra, Józef, Księginki, Rębiszów, Krzeniów, Trupień, Winna Góra, Wilcza Góra, Jawor-Męcinka, Janowiczki, Lutynia, Gracze i Rutki), a ponadto również niektóre kamieniołomy nieczynne (Gronowskie Wzgórze, zespół kamieniołomów na złożach Brzozy, Leśna-Brzozy i Brzozy oraz wyrobiska w Pielgrzymce i Targowicy). Ponadto, w celu określenia rozprzestrzenienia występowania zjawiska zgorzelowego spenetrowano ponad 60 dalszych stanowisk: dawno opuszczonych wyrobisk górniczych i odsłoneń naturalnych. Lokalizację punktów obserwacyjnych przedstawiono na ryc. 2.1 – 2.3, a ich charakterystykę podano w tabelarycznych zestawieniach zawartych w rozdz. 5.

Prace terenowe polegały na określeniu parametrów mezostruktur występujących w obrębie skał zgorzelowych oraz kartowaniu stref występowania takich skał. Kartowanie prowadzono z wykorzystaniem tradycyjnych metod polowych (krokówka, kompas geologiczny). Podkład topograficzny pochodził z planów sztygarskich udostępnionych przez zarządy kamieniołomów, archiwalnych planów zaczerpniętych z dokumentacji geologicznych lub szkiców terenowych.

Prace terenowe objęły także opróbowanie stanowisk badawczych. Z ogólnej liczby ok. 250 próbek 19 (o masach rzędu 15-25 kg każda) przeznaczono do badań właściwości fizyko-mechanicznych, pozostałe wykorzystano przy makroskopowych opisach petrograficznych i w innych analizach laboratoryjnych.

2.3. Prace kameralne

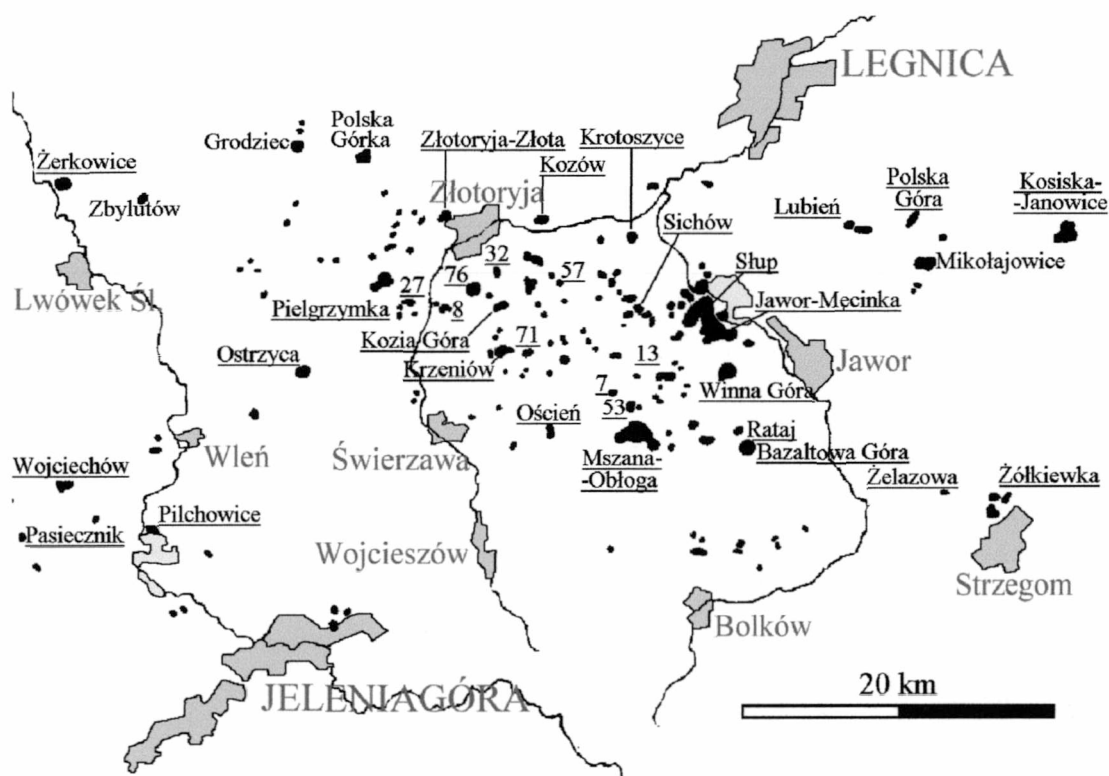
Opis makroskopowy pobranych próbek

Makroskopowy opis pobranych próbek objął charakterystykę skał, „plamek” zgorzelowych i ich zmienności, a także szacunkowe określenie procentowej zawartości substancji zgorzelowej przy wykorzystaniu schematów do przybliżonego wizualnego określania zawartości składników mineralnych.

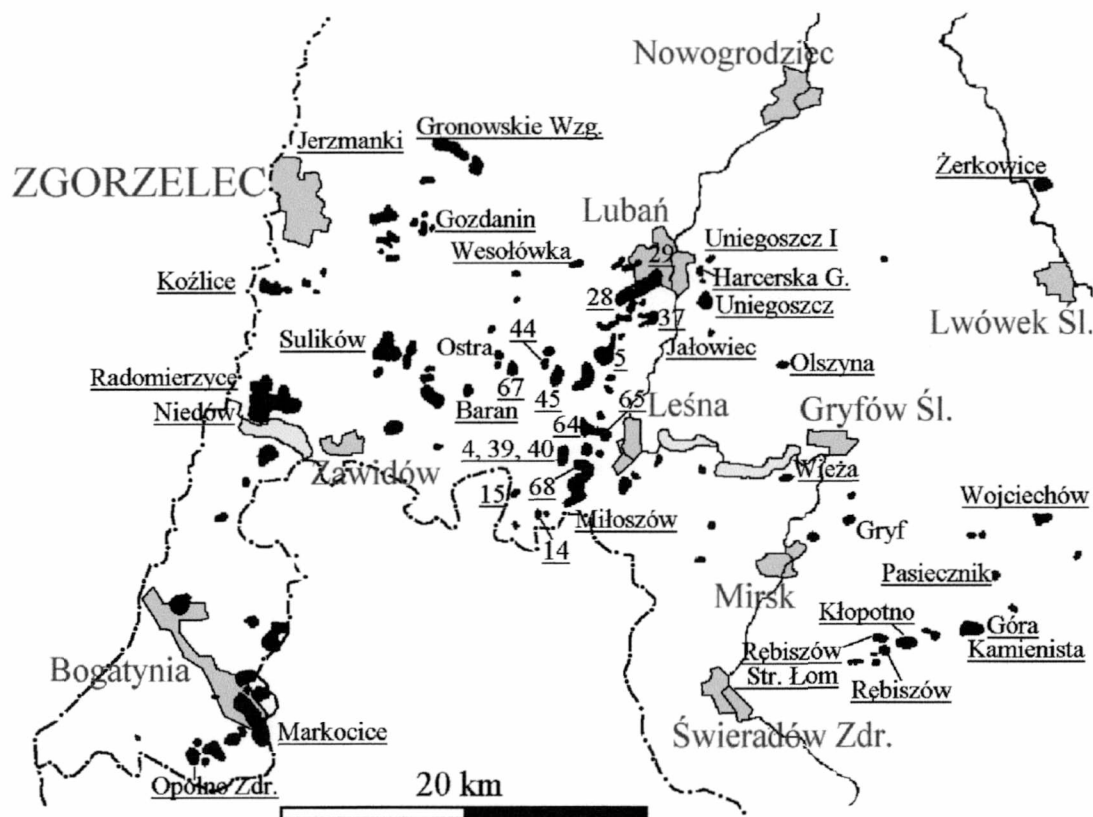


Ryc. 2.1. Lokalizacja wybranych stanowisk badawczych na obszarze Dolnego Śląska i Śląska Opolskiego (nazwy zbadanych występień podkreślono)

Ryc. 2.2. Lokalizacja stanowisk badawczych (nazwy podkreślone)
w rejonie Legnicy, Strzegomia i Złotoryi (numeracja zgodna z rozdz. 5)



Ryc. 2.3. Lokalizacja stanowisk badawczych (nazwy podkreślone)
w rejonie Zgorzelca, Bogatyni i Mirska (numeracja zgodna z rozdz. 5)



Badania laboratoryjne

I. W ramach badań mikroskopowych przebadano 18 standardowych szlifów cienkich wykonanych we własnym zakresie oraz 6 preparatów cienkich, polerowanych (wykorzystanych następnie do badań chemicznych w mikroobszarze), wykonanych w Szlifierni Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. Szczegółowo przeanalizowano skały pochodzące z kamieniołomów Winna Góra i Krzeniów, ponadto wykonano pojedyncze preparaty ze stanowisk Gracze, Sulików, Wilcza Góra, Jawor-Męcinka, Lutynia i Gronowskie Wzgórze. Wykonano też dwa preparaty z próbek leizny bazaltowej uzyskanej ze skał pochodzących z kamieniołomów Winna Góra i Targowica. Prace prowadzono na mikroskopie polaryzacyjnym NIKON OPTIPHOT T2-POL, wykorzystując zestaw do analizy obrazu z oprogramowaniem LUCIA G/Comet-Version 3.52a.

II. Materiał do proszkowych analiz dyfraktometrycznych (substancja „plamek” zgorzelowych oraz zdrowe fragmenty skał) separowano ręcznie i mielono w moździerzu porcelanowym lub agatowym. Ich masa wynosiła ok. 5 g. Część analiz wykonano w Instytucie Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej na dyfraktometrze rentgenowskim Philips X'PERT z przetwarzaniem danych za pomocą programu DHN-PDS. Resztę badań przeprowadzono na urządzeniu Siemens D5005 znajdującym się w Pracowni Rentgenostrukturalnej Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. Otrzymane tam wyniki interpretowano z użyciem programu Siemens DIFFRACplus.

III. Dla celów pełnej, czternastoskładnikowej analizy chemicznej przygotowano próbki o masach od 30 do 100 g. Ich separację i mielenie przeprowadzono w sposób podany wyżej. Badania zostały wykonane w Pracowni Analitycznej przy Zakładzie Mineralogii i Petrografii Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego.

IV. Dla części opisanych powyżej próbek określono zawartość wybranych pierwiastków śladowych (Ni, Co, Cr, V). Badania przeprowadzono z wykorzystaniem metody absorpcji atomowej w Pracowni Analitycznej przy Zakładzie Mineralogii i Petrografii Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego.

V. Do badań chemicznych w mikroobszarze wykonano 6 cienkich polerowanych preparatów mikroskopowych napylnych węglem. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem urządzenia Cambridge Instruments Microscan 9 x-ray microanalyser znajdującym się w Zakładzie Mineralogii i Petrologii Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego.

VI. Doświadczenia nad sztucznym generowaniem zmian zgorzelowych prowadzono na stanowisku zestawionym z kolby okrągłodennej pięcioszyjnej oraz chłodnicy zwrotnej. Układ taki pozwolił na długotrwałe utrzymanie warunków badania bez konieczności uzupełniania wody. Stałą temperaturę zapewniono dzięki wykorzystaniu laboratoryjnego płaszcza grzejnego typu TaR-2,5 zasilanego poprzez autotransformator regulacyjny. Ze skał przeznaczonych do analiz wycinano płytki o grubości 3-5 mm. W większości wypadków zachowano stałe ich wymiary wynoszące ok. 4×5 cm. Początkowo, nawiązując do informacji uzyskanych w wyniku analizy literatury, badano preparaty polerowane, później (po stwierdzeniu, że polerowanie ich powierzchni nie jest niezbędne przy dalszych badaniach) obróbkę kończono na etapie szlifowania karbokorundowym proszkiem polerskim 1200.

VII. Do określenia parametrów fizyko-mechanicznych fragmentów skał zgorzelowych przeznaczono próbki słupkowe 1:1 o wysokości 5 cm, a w mniejszej ilości (gdy, ze względu na silne zaawansowanie zmian zgorzelowych i związane z tym obniżenie spójności skał, nie było możliwe uzyskanie próbek skalnych o takim kształcie) próbki sześciennie o boku 5 cm. Badania wytrzymałości na ściskanie (R_c) wykonano w Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej w prasie hydraulicznej ZD-100. Analizy mrozoodporności przeprowadzono w Laboratorium Badań Chemicznych, Ochrony Środowiska, Mechaniki Gruntów, Kruszyw i Skał Przedsiębiorstwa Geologicznego we Wrocławiu PROXIMA S.A., zaś gęstość objętościową i nasiąkliwość badanych próbek określono we własnym zakresie.

VIII. Próbki do badań właściwości kruszyw uzyskanych ze skał zgorzelowych wykonano we własnym zakresie. Kruszenie przeprowadzono za pomocą kruszarki szczękowej, jednorozporowej, ze szczękami płaskimi typu SKET, a separację poszczególnych frakcji na mechanicznej wstrząsarce mimośrodowej z zestawem sit z oczkami kwadratowymi o bokach długości: 12 mm, 6,3 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm. Badania ścieralności w młynie Los Angeles oraz mrozoodporności bezpośredniej i zmodyfikowanej zlecono Laboratorium Badań Chemicznych, Ochrony Środowiska, Mechaniki Gruntów, Kruszyw i Skał Przedsiębiorstwa Geologicznego we Wrocławiu PROXIMA S.A. Dla połowy próbek badania te wykonano zgodnie z PN-79/B-06714/42 i PN-78/B-06714/19. W pozostałych przypadkach norm nie można było zastosować ze względu na nieodpowiednią frakcję przekazanego materiału.

IX. Zarówno wypalanie tygli przeznaczonych do badań nad topieniem bazaltów zgorzelowych, jak i samo wygrzewanie próbek przeprowadzono w zakładzie SIEMENS Fabryka Izolatorów w Jedlinie Zdroju. Wykorzystano znajdujący się tam piec tunelowy produkcji „BIPROPIEC” Kraków. Do badań wytypowano trzy próbki skalne pochodzące z wyrobisk Winna Góra i Targowica. Część próbek, przed stopieniem, została zmielona do frakcji pylastej, rozdrabnianie pozostałych przerwano po uzyskaniu ziaren o średnicy poniżej 2 mm. Proces wygrzewania trwał 56 godzin w stopniowo rosnącej, a następnie malejącej temperaturze. Jej maksymalna wartość wyniosła około 1230°C, zaś przez około 8 godzin próbki znajdowały się w temperaturze ponad 1000°C.

3. Definicja zjawiska

Specyficzny proces, jakim jest zgorzel słoneczna bywa różnie definiowany, jego nazwa jest często błędnie stosowana, istnieje też szereg zjawisk mylonych ze zgorzelą i związanych z nią terminów używanych niekonsekwentnie. W związku z tym za celowe uznano precyzyjne zdefiniowanie zjawiska będącego przedmiotem niniejszej pracy oraz wyjaśnienie wspomnianych niejednoznaczności.

3.1. Definicje zgorzeli słonecznej podawane w literaturze

Najwcześniejszą spójną definicję procesu zgorzelowego, którą odszukano w literaturze, podaje Leppla (1901). „Zgorzelowymi” (*Sonnenbrenner*) nazwał on takie bazalty, w których po pewnym okresie przebywania na powietrzu pojawiają się jaśniejsze odbarwienia, a następnie skały te rozpadają się na luźne, nieforemne i wieloboczne ziarna o wielkości porównywalnej z grochem i orzechami laskowymi. Autor podkreślił, że zjawisko ma niewiele wspólnego ze słońcem i nie jest rodzajem spalania. Hibsche (1920) określił zgorzel bazaltową mianem rakowatego schorzenia. Jego zdaniem po kilku tygodniach przebywania na powietrzu

pierwotnie bezzgorzelowa skała pokrywa się jasnymi odbarwieniami. Po kilku miesiącach pojawiać się mają liczne tzw. rysy włosowate, a ostatecznie dochodzi do rozpadu na drobne okruchy, których wielkość porównano do kaszy, oraz większe ziarna o rozmiarach grochu lub orzechów laskowych (Hibsch, 1920). Hoppe (1936) definiuje pojęcie „zgorzeli słonecznej bazaltów” (*Sonnenbrand der Basalte*) jako właściwość (*Eigenschaft*), w wyniku której skały te (pod wpływem działania czynników atmosferycznych) ulegają przemianom polegającym na powstawaniu „plamek” i rys włosowatych, a ostatecznie ulegają rozpadowi. Ernst i Drescher-Kaden (1940) wydzielają zgorzel właściwą (*echte Sonnenbrenner*), jako skałę z „wyspowym” rozmieszczeniem stref zawierających analcym, zgorzel z gruzłowymi (*knollige*), położonymi blisko siebie partiami analcymowymi oraz zgorzel ze strefami analcymowymi tworzącymi tło, czy strukturę skały (*Gewebe*). W okresie przedwojennym zgorzel słoneczną zwięźle definiowali też m. in. Klemm (1902, streszcz. w Neues J., 1904) i Henglein (1939).

W literaturze krajowej kilkakrotnie natknięto się na definicje zgorzeli bazaltowej. Jak się wydaje pierwszą na obszarze Polski publikacją, w której ją przedstawiono jest praca Smulikowskiego (1960). Uznał on zgorzel za „szczególny typ szybkiego wietrzenia skał bazaltowych”, a jako jej cechy charakterystyczne podał pojawianie się na skałach jasnych szarych plam „nawet po krótkim leżeniu na powietrzu”, nierówny, zadziorowaty przełam oraz rozpad skał na drobne fragmenty. Maślankiewicz (1961) jako typowe elementy zgorzeli bazaltowej wskazał „plamki” oraz kruchość skały. Niestety autor ten błędnie stwierdził, że jest ona zjawiskiem powierzchniowym. Precyzyjną definicję znajdujemy w pracy Śliwy (1975). Określił on zgorzel jako „charakterystyczny proces prowadzący do gruzelkowatego rozpadu skały bazaltowej” precyzując dalej, iż: „bazaltami zgorzelowymi są wszystkie zasadowe efuzywy, które wykazują szare lub niebieskawe plamki, połączone ze sobą włoskowatymi szczelinkami”. Podano też, że bazalty zgorzelowe stopniowo tracą spójność i rozpadają się na ostrokrawędziste okruchy pod wpływem uderzenia lub nacisku. Pojęcie zgorzeli słonecznej precyzują teksty normy branżowej (Surowce..., 1986) oraz polskiej normy PN-87/B-06714/11 (Kruszywa mineralne..., 1987). W pierwszym z tych źródeł zjawisko to określono jako „(...) typ wietrzenia skał bazaltowych (charakteryzujących się przełamem gruzelkowatym, jaśniejszymi plamami, białoniebieskawym nalotem) polegający na rozpadzie skały pod wpływem działania czynników klimatycznych oraz obciążeń dynamicznych i statycznych.” Według wspomnianej polskiej normy „ziarna ze zgorzelą słoneczną” cechuje obecność jasnych (szarych lub niebieskawych) plam, drobnych spękań i szczelin oraz nierówny, gruzelkowaty lub zadziorowaty przełam. W późniejszych latach definicja omawianego zjawiska pojawiła się w pracy Ryki i Maliszewskiej (1991), stwierdzających, że jest to: „specjalny rodzaj wietrzenia bazaltu ujawniający się na powierzchni skały jako jasnoszare, niebieskawe plamy i drobnutkie spękania; w dalszym stadium przeobrażeń bazalt staje się gruzelkowaty i rozpada się...” oraz Bolewskiego (1994), który określił ją jako: „szczególny rodzaj wietrzenia bazaltów zaznaczający się jasnoszarymi, niebieskawymi plamami i subtelnymi spękaniem. (...) jej rozwój prowadzi do rozpadu bazaltu.” Mianem definicji określić też można informacje zawarte w dwóch opracowaniach dokumentacyjnych złóż bazaltu. Janik i Szapliński (1973) wyróżnili w złożu Radzimów trzy rodzaje skał wykazujących obecność tego zjawiska: „bazalt ze śladami zgorzeli”, „bazalt zgorzelowy” i „zgorzel bazaltu”. Zdefiniowano je na podstawie wyrazistości gruzelkowej struktury skał i ich zwięźłości. Prawdopodobnie wydzielone odmiany skał zgorzelowych odpowiadają w istocie postępującemu rozwojowi zjawiska. Rutnik (1974) podał, że „skały zgorzelowe, nawet po krótkim dostępie powietrza, pokrywają się (...) plamkami, nabierają nierównego, zadziorowatego przełamu, w dalszym ciągu dzielą się na nieforemne grudki, które powodują rozpadanie się skały.”

Ze zjawiskiem zgorzeli słonecznej są bezpośrednio związane dodatkowe terminy. W starszej literaturze pojawiało się określenie *echte Sonnenbrand* (wprowadzone przez Steuera, prawdopodobnie w 1925 roku, por. Pukall, 1939), a odnoszące się do skał, które ulegają ostatecznie rozpadowi na gruz. Znaczenie tego terminu precyzują również Ernst i Drescher-Kaden (1940), uważając jednak, że odnosi się on do skał ze stosunkowo rzadko rozmieszczonymi strefami występowania analcymu (odpowiadającymi „plamkom”).

Przeciwieństwem wspomnianej „zgorzeli właściwej” są skały które pomimo obecności w nich typowych „plamek” zachowują zwięzłość. Chelius (1905 vide Pukall, 1939) zaproponował dla nich nazwę „zgorzeli utajonej” (*zum Stillstand gekommener Sonnenbrand*). O podobnie zachowujących się skałach informował Hoppe (1936). W pracy Ernsta i Drescher-Kadana (1940) tego rodzaju bazalty określone zostały jako „pseudozgorzelowe” (*Pseudo-Sonnenbrenner*). Określenie „pseudozgorzel” pojawia się też w pracy Ernsta (1960 a), który (nie definiując go) stwierdza w nawiązaniu do swych rozważań genetycznych, iż pomiędzy różnymi odmianami skał zgorzelowych, takimi jak wspomniana zgorzel właściwa (*echte Sonnenbrand*), skały zgorzelopodobne (*Sonnenbrand-ähnlich*) czy pseudozgorzelowe (*Pseudo-Sonnenbrand*) występują jedynie ilościowe różnice w zawartości analcymu. W literaturze polskiej termin „pseudozgorzel” użyty został w odniesieniu do, pochodzącej z kamieniołomu Rutki koło Graczy, skały ulegającej rozpadowi na gruz w wyniku uderzenia (Kozłowski, 1979).

3.2. Terminy nieprecyzyjne i zjawiska mylone ze zgorzelą

Badania zagadnienia zgorzeli słonecznej pozwoliły dostrzec stosowanie w literaturze oraz praktyce górniczej szeregu terminów nieprecyzyjnych. W niektórych opracowaniach dokumentacyjnych złóż bazaltów pojawiają się, bliżej nie zdefiniowane, określenia takie jak: bazalt zgorzelowaty lub zgorzelały (Krzyśków, 1986; Kochanowska, 1995). W zawartych w tych opracowaniach opisach profili otworów wiertniczych lub tabelach zestawiających wyniki badań laboratoryjnych pojawiają się informacje o występowaniu „(licznych) drobnych zgorzeli” (Borek & Kwapiński, 1974 a; Majkowska, 1989 a, 1991 a), niekiedy z zaznaczeniem, iż pokrywają one powierzchnie skał (Herman, 1973 a; Rutnik, 1974) lub tworzą naloty (Majkowska, 1991 a). Inni autorzy informują o obecności „bazaltów podlegających zgorzeleniu” (Borek & Kwapiński, 1974 b) lub „zgorzeliny” (Krzyśków, 1985). Trudno wyrokować, czy terminy te mają być synonimami zgorzeli bazaltowej, czy raczej odnoszą się do różnorodnych zjawisk zbliżonych albo mylonych z nią.

Za zgorzelowe uchodzą często skały o wybitnie nierównych, gruzłowatych powierzchniach przełamu. Wydaje się, że z sytuacją taką mamy do czynienia m. in. w pracach Borka i Kwapińskiego (1974 b), Białowolskiej (1980), Kochanowskiej i Żygadło (1984) czy Krzyśków (1986). Skały tego rodzaju powszechnie obserwowano w trakcie prowadzenia prac terenowych (Zagożdżon, 1997, 1998 a). Określano je mianem bazaltów gruzłowatych i stwierdzono, że nie mogą być uznane za element procesu zgorzelowego.

Z omawianym zjawiskiem wiązany jest termin „rozpad kokkolitowy”. Hibschi (1920) łączy go ze zgorzelą, choć uważa, że może on też następować bez wcześniejszego powstania „plamek”. Śliwa (1974) opisał „rozpad kokkolityczny (pseudozgorzelowy)” jako rozpadanie się skał poddanych silnym uderzeniom na gruz o średnicy ziaren 0,5–2 cm. Ryka i Maliszewska (1991) opisują bazalt kokkolitowy jako gruz powstały w wyniku rozwoju zgorzeli słonecznej. Aby wyjaśnić ten problem konieczne jest sięgnięcie do pracy Hoppego (1936), który stwierdza, że ze zgorzelą bywa mylone „ziarniste wykształcenie bazaltów” (*körnige Ausbildung des Basaltes*), czyli „struktura kokkolitowa” (*kokkolitische Struktur*).

Wydaje się, że określenie to jest synonimem wspomnianej wyżej gruzłowej budowy niektórych skał bazaltoidowych.

Dalszym zgorzelopodobnym zjawiskiem jest zdaniem Hoppego (1936) „rozpad kokkolitowy” bazaltów (*kokkolitische Zerfall der Basalte*), który zachodzi przy rozpoczynającym się wietrzeniu. Skała ulega dezintegracji na ziarna wielkości orzecha, ale też mniejsze lub większe. Wynik rozpadu jest podobny jak przy zgorzeli, ale nie pojawiają się „plamki”. Odmierna jest też geneza tego zjawiska. Według przytoczonej przez Hoppego opinii Diehla powodem rozpadu kokkolitowego jest powstanie naprężeń w zasadowym labilnym szklwiu. W przypadku rozpadu kokkolitowego i zgorzelowego działają więc różne procesy, jedynie ich rezultat jest podobny. Rozpad kokkolitowy w rozumieniu Hoppego (1936) należy utożsamiać wyłącznie z pseudozgorzelą *sensu* Kozłowski (1979), a genetyczne wiązanie go ze zgorzelą jest błędne. Hibschi (1920) uznał rozpad skały na gruz bez wcześniejszego powstania „plamek” za zgorzel, w świetle przytoczonych powyżej poglądów wydaje się to jednak niesłuszne.

Jako zgorzelowe często określane są skały o teksturze gąbczastej (Wójcik, 1973; Nasz & Marcinkowska, 1977; Majkowska & Farbisz, 1984; Majkowska, 1991 a, 1992). Przytoczone opisy sugerują, że w rzeczywistości możemy tu mieć do czynienia ze skałami piroklastycznymi lub strefami brekcji lawowych. Nie koniecznie jednak we wszystkich wypadkach, gdyż w trakcie własnych badań terenowych, sporadycznie stwierdzano obecność znamion zgorzeli w skałach o teksturach porowatych. Ich porowatość nigdy jednak nie uzasadniała użycia określenia „tekstura gąbczasta”.

Ze zgorzelą słoneczną często mylone są różnobarwne naloty mineralne na powierzchniach skał lub spękań (Nadybski, 1956; Skurzewski, 1973; Białowolska, 1980; Majkowska, 1982 b, 1991 a, 1992; Krzyśków, 1986). Zjawiska takie obserwowano wielokrotnie w trakcie przeprowadzonych prac terenowych. Były to nieregularne naloty o dużych powierzchniach lub okrągłe wykwyty mineralne (por. rozdz. 6.1).

W niektórych przypadkach notowano obecność jasnych okrągłych odbarwień na powierzchniach skał. Są one wizualnie identyczne z „plamkami” zgorzelowymi, ale mają wyraźnie płaską formę. Grubość tych struktur nie przekracza 0,5 mm, przy średnicy dochodzącej do 5 mm (por. rozdz. 6.1).

Sporadycznie ze zjawiskiem zgorzeli słonecznej łączone bywa kuliste wietrzenie bazaltów. Zdaniem Stachowiaka (1983) efektem tego procesu ma być zaokrąglenie krawędzi słupów bazaltowych, a nawet uzyskanie przez nie owalnych przekrojów. Birkenmajer (1967) umieścił określenie „zgorzel słoneczna” w podpisie fotografii nr 25, ale wydaje się, że ukazane na niej okrągłe struktury nie mogą być określone tym terminem.

Henglein (1939) wyraźnie odróżnia zgorzel słoneczną od wyników wpływu wahań temperatury (*Frostwirkung, Temperaturwirkung*), a więc prawdopodobnie rezultaty takich zmian również bywały mylone z omawianym zjawiskiem.

Na marginesie prezentowanych rozważań wspomnieć trzeba pracę Siomy (1938), który w niemieckim tłumaczeniu tytułu oraz streszczeniu swej pracy mylnie użył terminu „Sonnenbrand” dla określenia opisywanej przez siebie „opalenizny pustynnej”.

3.3. Terminy związane z rozpadem zgorzelowym – próba syntezy

Przeprowadzone badania pozwalają na jednoznaczne zdefiniowanie procesu zgorzelowego oraz związanych z nim terminów. Określenie „zgorzel słoneczna” (albo „bazaltowa”) odnosi się do charakterystycznego procesu rozpadu bazaltoidów. Wynikiem jego działania są skały (bazaltoidy) „zgorzelowe”. Najbardziej charakterystyczną i diagnostyczną, powstającą najwcześniej ich cechą są tzw. „plamki” zgorzelowe. Są one w rzeczywistości strukturami

trójwymiarowymi, o formach owaloidalnych lub nieregularnych (kanciastych albo gwiazdkształtnych), zawsze jednak izometrycznych. Ich rozmiary wahają się pomiędzy ułamkami milimetra a 20 mm. Barwa „plamek” jest wyraźnie jaśniejsza niż pozostałej części skały, najczęściej szara, rzadziej w odcieniach rudych. Kolejnym etapem rozwoju zgorzeli słonecznej jest utworzenie sieci tzw. szczelin włosowatych. Przebieg tych zygzakowatych dysjunkcji nie wykazuje ukierunkowania (jest chaotyczny). Ostatecznie dochodzi do całkowitego zniszczenia spójności skały oraz jej rozpadu na gruz (o średnicy ziaren do ok. 2–3 cm) oraz drobniejsze frakcje.

Uzasadnione może być stosowanie terminu „zgorzel uśpiona”, jako określenie skał wykazujących obecność „plamek”, ale nie ulegających rozpadowi. Jest on przy tym bardziej odpowiedni niż określenie „pseudozgorzel” różnie rozumiane w publikacjach przedwojennych i krajowych. Natomiast termin „zgorzel właściwa” wydaje się być zbędną komplikacją terminologiczną, a jego stosowanie jest raczej nieuzasadnione. Określenie „pseudozgorzel” wydaje się najodpowiedniejsze w odniesieniu do jasnych odbarwień występujących niekiedy na powierzchniach skał. Jest to zjawisko niewątpliwie powierzchniowe, choć odbarwienia te są ładząco podobne do intersekcji trójwymiarowych „plamek” zgorzelowych z powierzchnią skał.

W świetle literatury nie znajduje uzasadnienia ścisłe łączenie ze zgorzelą słoneczną terminów „bazalt kokkolitowy” i „rozpad kokkolitowy”. Opierając się na ich najdokładniejszym, zamieszczonym w pracy Hoppego (1936), omówieniu wydaje się, że pierwsze z tych określeń może się odnosić do skał wykazujących nierówne, gruzłowate powierzchnie przełamu. W dalszych rozdziałach będą one nazywane bazaltami gruzłowatymi. Termin „rozpad kokkolitowy” można odnosić do dezintegracji skał zachodzącej bez wcześniejszego wytworzenia się „plamek” zgorzelowych lub do każdego rodzaju rozpadu, w tym również typowego rozpadu zgorzelowego.

W dalszych rozdziałach stosowanych będzie kilka terminów w skrótowy sposób charakteryzujących opisywane bazaltoidy. Pod nazwą „skała zdrowa” należy rozumieć skałę nie wykazującą żadnych znamion procesu zgorzelowego ani śladów wietrzenia. Skały „słabo zgorzelowe” wykazują istnienie niewyraźnych „plamek”, a obecność drobnych spękań zauważa się sporadycznie. W pracach polowych termin ten może odpowiadać pierwszemu stopniowi zgorzeli wg Śliwy (1975). Skały „silnie zgorzelowe” pokryte są wyraźnymi „plamkami” i wykazują obecność gęstej sieci szczelin włosowatych. W terenie określenie to można uznać za synonim drugiego stopnia zgorzeli wg Śliwy (1975).

4. Historia badań zgorzeli bazaltowej

Przegląd literatury, wykonany w ramach przeprowadzonych prac, pozwolił stwierdzić, że zgorzel słoneczna (choć początkowo nie stosowano jeszcze tego terminu) jest zjawiskiem badanym od z górą dwustu lat. Prawdopodobnie już w pracy J.K.W. Voigta (1783 vide Pukall, 1939) pojawiła się wzmianka na temat omawianego zjawiska, gdyż Pukall umieszcza ją w spisie literatury dotyczącej zgorzeli. Jednak w samym tekście publikacji Pukalla nie natrafiono na żaden jej ślad. Trzy lata później wyniki swoich obserwacji przedstawił geognostom niemieckim B. Faujas de St. Fond (1786 vide Pukall, 1939). Praca jego zawierała pierwszy szczegółowy opis skały nazwanej bazaltem plamistym lub żwirowym (*gravelaux*) i próbę wyjaśnienia jej genezy.

W najwcześniejszym okresie rozpoznawania zgorzeli wypowiadał się m. in. Schaub (1799 vide Pukall, 1939), podając praktyczną metodę zwiększania wyrazistości plamek poprzez nachuchanie na powierzchnię skały. Jednak na przełomie XVIII i XIX w. jako badacz najsilniej zaangażowany w rozwiązywanie problemów związanych z tym zjawiskiem jawi się

Voigt. Dzięki niemu dowiadujemy się po raz pierwszy o istnieniu „plamek” w odcieniu żółtawym (1794 vide Pukall, 1939) i o szerokim rozprzestrzenieniu bazaltów zgorzelowych, podał on też sugestię o niższej gęstości „plamek” w stosunku do zdrowych części skał (1802 vide Pukall, 1939).

Na przestrzeni XIX wieku zainteresowanie zgorzelą słoneczną stopniowo wzrastało, o czym może świadczyć fakt, że w ciągu pierwszych siedmiu dekad opublikowano 9 prac na ten temat, zaś w końcowym trzydziestoleciu – aż 16 (por. Pukall, 1939). Kontynuowano prace terenowe, a ich plonem było m. in. stwierdzenie istnienia drobnych pęcherzyków pogazowych zarówno w obrębie „plamek”, jak i zdrowych fragmentów niektórych bazaltów zgorzelowych, oraz opisanie takich odmian tych skał, w których ilość substancji zgorzelowej zdecydowanie przeważa nad fragmentami skały zdrowej (v. Leonhard 1832 vide Pukall, 1939). O przestrzennym współwystępowaniu bazaltu „plamkowego” i „świeżego” informowali Moesta (1867 vide Pukall, 1939) i Möhl (1874 vide Pukall, 1939). Bořický (1873 vide Pukall, 1939) stwierdził, że na badanym przez niego obszarze (Czechy) zgorzel występuje rzadko. Za bardzo istotne należy uznać doniesienie Lorda (1894 vide Pukall, 1939) o odkryciu słupów bazaltowych posiadających zdrową korę i zgorzelowe wnętrze.

Do badań nad zgorzelą słoneczną próbowano (z różnym skutkiem) wykorzystywać coraz nowe metody laboratoryjne. V. Leonhard (1832 vide Pukall, 1939) wykonywał próbne topienia substancji zgorzelowej i zdrowej w płomieniu dmuchawki (*Lötrohrversuch*). Moesta (1867 vide Pukall, 1939) i inni wykonywali pełne analizy chemiczne (*chemische Gesamtanalysen*) skał zgorzelowych nie odnotowując jednak zadowalających rezultatów. Stopniowo coraz większe znaczenie zyskiwały analizy mikroskopowe. Badania takie prowadzili m. in. Dressel (1866 vide Pukall, 1939), Moesta (1867 vide Pukall, 1939), czy Bořický (1873 vide Pukall, 1939). Möhl (1874 vide Pukall, 1939) odkrył w skałach zgorzelowych obecność „słabo dwójłomnej substancji” określonej jako szkliwo nefelinowe wyraźnie jednak różniące się od krystalicznego nefelinu. Trippke (1878 vide Pukall, 1939) stwierdził w bazaltach góry Grodziec koło Złotoryi obecność „sznurów” zeolitowych, które uznał za kanały odgazowujące w obrębie skały. Istotna jest obserwacja Laspeyera (1900 vide Pukall, 1939), iż jasna barwa „plamek” wynika z ich porowatości. Ewolucji ulegały też poglądy na genezę zgorzeli bazaltowej. Keferstein (1820 vide Pukall, 1939) uznawał ją za wynik wietrzenia, Stift (1831 vide Pukall, 1939) i Möhl (1874 vide Pukall, 1939) rozwijali kontrakcyjną hipotezę de St. Fond, zaś v. Leonhard (1832 vide Pukall, 1939) i Dressel (1866 vide Pukall, 1939) odpowiedzialnością za utworzenie zgorzeli obarczyli procesy zachodzące jeszcze w fazie magmowej (por. rozdz. 8).

Zdaniem Pukalla (1939) z początkiem XX wieku zainteresowanie badaniami zgorzeli bazaltowej znacznie wzrosło. Pogląd ten znajduje, jak się wydaje, potwierdzenie w ilości ukazujących się publikacji. O ile na przestrzeni całego XIX wieku pojawiło się ich 25 (por. Pukall, 1939), to w pierwszych czterech dekadach kolejnego stulecia – aż około 60. Przynajmniej niektóre z nich zasługują na przybliżenie.

Asumpt do nowych badań nad zjawiskiem zgorzeli bazaltowej dała praca Leppli (1901). Zawarto w niej definicję i szczegółowy opis tego zjawiska, oraz wyniki analiz chemicznych wykazujących wzbogacenie „plamek” zgorzelowych w alkalia. W roku 1916 Tannhäuser poinformował o możliwości występowania zgorzeli w melafirach. Szczegółowy opis przebiegu procesu zgorzelowego oraz omówienie poglądów na jego przyczyny znajdujemy w pracy Hibscha (1920). Autor ten analizował bogaty materiał pochodzący z różnych części Niemiec, Czeskiego Średniogórza, a nawet z okolic Aspang we wschodniej Austrii. Hoppe & Kellermann (1928) rozpatrywali chemiczne aspekty genezy zgorzeli, a także przedstawili przegląd laboratoryjnych metod jej generowania. Steuer i in. (1929), a także Holler (1930) ukazali wyniki porównawczych badań składu chemicznego oraz gęstości „plamek” zgorzelowych i zdrowych fragmentów bazaltów, zaś za przyczynę tego procesu uznali

obecność skupień zeolitów. Po raz kolejny opis skał zgorzelowych, definicja procesu oraz rozważania na temat jego przyczyny pojawiają się w pracy Hoppego (1936). Dodatkowo autor ten szczegółowo omawia zjawiska zbliżone do zgorzeli, choć nie związane z nią genetycznie, a także metody sztucznego jej generowania.

W latach 1939 i 1940 obszerną, dwuczęściową pracę opublikował Pukall. W części pierwszej dokonał przeglądu literatury od momentu wstępnego rozpoznania problemu zgorzeli do czasów jemu współczesnych. Autor szczegółowo omówił historię badań oraz poglądy na genezę tego zjawiska (Pukall, 1939). W części drugiej zaprezentowano wyniki prac terenowych i różnorodnych badań laboratoryjnych próbek zebranych m. in. na obszarze Westerwaldu, Odenwaldu, Gór Rhön, Łużyc i Śląska. Przedstawiono też nową hipotezę (*Gastheorie*) powstawania zgorzeli słonecznej (Pukall, 1940).

W roku 1940 pojawiła się jeszcze jedna publikacja o dużym znaczeniu dla badań tego zjawiska. Ernst i Drescher-Kaden (1940), bazując na wykonanych analizach mikroskopowych i rentgenostrukturalnych oraz na oznaczeniach różnic zawartości wody w obrębie skał zgorzelowych przedstawili kolejną hipotezę powstawania zgorzeli.

Wydaje się, że po II wojnie światowej zainteresowanie badaniami tego procesu znacznie spadło. Prawdopodobnie wyniki przedstawione w cytowanych publikacjach Pukalla oraz Ernsta i Drescher-Kadena uznano za wystarczające. Dopiero w roku 1960. opublikowane zostały prace Ernsta dotyczące genezy oraz pewnych możliwości wykorzystania skał zgorzelowych (1960 a, b), po czym nastąpiła prawdopodobnie około 25-letnia przerwa w badaniach zjawiska zgorzelowego w Europie Zachodniej.

Na obszarze Polski wzmianki na temat zgorzeli słonecznej pojawiają się zarówno w pracach publikowanych, jak i w licznych opracowaniach dokumentacyjnych złóż bazaltów. Podawane w nich informacje odnoszą się głównie do genezy tego zjawiska, prób określenia definicji lub ukazują jego wpływ na jakość kopaliny. Jednak do momentu rozpoczęcia badań, których wyniki prezentuje niniejsze opracowanie, zjawisko to tylko kilkakrotnie zostało szerzej omówione lub stało się tematem publikacji (por. Zagożdżon, 1998 a). Wojciechowska i Śliwa (1970) przedstawili szczegółowe opracowanie bazaltów zgorzelowych występujących w kamieniołomie Gronowskie Wzgórze. Znajdujemy tam opisy makro- i mikroskopowe trzech odmian takich skał, a także porównanie składu chemicznego oraz mineralogicznego bazaltu zgorzelowego i zdrowego. Najdokładniej problemem zgorzeli słonecznej zajmował się Śliwa. Podał on definicję zjawiska oraz wprowadził, często do dziś stosowany, jego podział na trzy stadia (Śliwa, 1975). Dodatkowo przedstawiono opis makroskopowy i mikroskopowy skał zgorzelowych z trzech kamieniołomów z rejonu Lubania i Zgorzelca, oraz poruszono kwestię zależności właściwości fizyko-mechanicznych od stopnia rozwoju zgorzeli. Autor przedstawił też regułę dotyczącą położenia stref zgorzelowych w obrębie ciał bazaltowych. Wcześniej (Śliwa, 1967 a) informował on o wartościach wytrzymałości na ściskanie skał zgorzelowych z kamieniołomu w Rębiszowie. Stypułkowski i in. (1993) oraz Stypułkowski i Majerowicz (1994) przedstawili wyniki porównawczych analiz właściwości fizyko-mechanicznych skał zgorzelowych i bezzgorzelowych z kamieniołomu Rutki-Ligota.

Różnorodne dane na temat zgorzeli bazaltowej pojawiają się w licznych dokumentacjach geologicznych, kartach rejestracyjnych, projektach prac geologicznych i innych podobnych opracowaniach złóż bazaltu. Podawane są w nich charakterystyki makro- i mikroskopowe, opisy położenia stref zgorzelowych, oraz wyniki badań właściwości fizyko-mechanicznych tych skał. Nielicznie pojawiają się analizy składu chemicznego skał określonych jako zgorzelowe (Krzyśków, 1985; Gruszecki, 1996), a nawet wyniki badań rentgenostrukturalnych (Borek & Kwapiński, 1974 b). Niestety analiza danych zawartych w dokumentacjach geologicznych pozwala domniemywać o ograniczonej, w kwestii zgorzeli bazaltowej, wiarygodności niektórych z tych opracowań. Powszechnie są w nich stosowane nieprecyzyjne

terminy, a mianem zgorzeli bywają określane zjawiska zjawiska nie związane z nią (por. rozdz. 6.1).

Wartym podkreślenia jest fakt bardzo ograniczonego uwzględnienia zjawiska zgorzelowego w objaśnieniach do map geologicznych 1:25000. Informacje o jego obecności znalazły się jedynie w opracowaniach autorstwa Gierwielanica (1971), Wójcika (1973) oraz Kurala i Jerzmańskiego (1974).

Powrót zainteresowania problemem zgorzeli bazaltowej datuje się, w Europie Zachodniej, prawdopodobnie na połowę lat 80-tych XX-go wieku (Laan, 1985 oraz Cuper & Rijnsburger, 1990 vide Kühnel i in., 1994), zaś nasilenie prac badawczych nastąpiło zapewne w latach 90-tych. Schreiber (1991) przedstawił nowy pogląd na genezę zgorzeli. Skrótowe opisy tego zjawiska, wraz z oszacowaniami tempa rozpadu pojawiały się w ramach szerszych opracowań dotyczących różnych rodzajów dezintegracji bazaltów (Kühnel i in., 1994; Kühnel & Tshibangu Katshi, 1997). Problem zgorzeli bazaltowej pojawia się też na marginesie prac dotyczących nietypowych sposobów mieszania magm i generowania magm wysoko alkalicznych (Schreiber i in., 1999; www..., 1999).

Temat zgorzeli bazaltowej pojawia się również w literaturze czeskiej, nie wydaje się jednak, by zjawisko to było tam szerzej badane. Hejtman (1957) przytoczył, podaną przez Hibscha (1920), definicję zgorzeli, zaś Cajz (1991) przedstawił krótki zarys problematyki i nawiązał do poglądów Schreibera (1991).

W ostatnich latach zaprezentowano, w związku z realizacją kolejnych etapów badań prowadzonych w ramach pracy doktorskiej, szereg opracowań na temat zgorzeli słonecznej. Przedstawiono w nich wyniki badań terenowych (Zagożdżon, 1997, 1998 a), opisy makro- i mikroskopowe skał zgorzelowych (Zagożdżon, 1998 a), poruszano problemy zróżnicowania składu chemicznego (Zagożdżon, 1999), metod generowania zmian zgorzelowych (Zagożdżon, 1998 b), a także właściwości fizyko-mechanicznych oraz potencjalnych sposobów wykorzystania produktów rozpadu (Zagożdżon, 1997, 2000). Najnowsze prace koncentrowały się na zagadnieniu genezy tego zjawiska (Zagożdżon, 2001; Zagożdżon & Wojciechowska, 2001).

5. Opis punktów badawczych

Wyniki obserwacji prowadzonych w poszczególnych stanowiskach badawczych ujęto w postaci tabelarycznej. Położenie odkrywek ukazano na ryc. 2.1 – 2.3, a szczegółową lokalizację podano odwołując się do map geologicznych Sudetów w skali 1:25000. Podano skrótowe opisy tych stanowisk, a dodatkowo przedstawiono wybrane ogólne informacje geologiczne zaczerpnięte z literatury, które będą pomocne przy analizie różnych aspektów zgorzeli bazaltowej. Pełny opis przejawów zgorzeli obejmuje oszacowanie ilości skał wykazujących jej obecność, określenie formy stref zgorzelowych i ich stosunku do struktur dysjunktywnych w bazalcie (słupów, płyt), opis makroskopowy oraz przedstawienie zjawisk nietypowych, takich jak zgorzel pojawiająca się w blokach nadziarna rozstrzeliwanych rozszczepkowo, oddziaływanie flory, czy szereg zjawisk mylonych ze zgorzelą słoneczną. Należy zaznaczyć, że w wielu przypadkach dało się opisać tylko nieliczne spośród tych zagadnień. Charakterystyki wystąpień bazaltoidowych, w których nie zanotowano obecności zgorzeli słonecznej mogą zawierać w ostatnim wierszu informacje na temat występowania zjawisk zbliżonych do zgorzeli lub mylonych z tym zjawiskiem.

Przy zestawianiu tabel zastosowano, dla scharakteryzowania skał zgorzelowych, opis uproszczony i tak np. zapis: „1-2,5/1-3 [50%]” oznacza występowanie skały o „plamkach” średnicy 1-2,5 mm, ziarnach skały zdrowej o średnicy 1-3 mm i przybliżonym udziale substancji zgorzelowej w masie skały wynoszącym 50%.

Nazwa wystąpienia	1. BARAN (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Szczyt wzniesienia 331,1 m n.p.m. o nazwie Baran (Berezowska & Berezowski, 1962 b) (Czapla na mapach turystycznych); 1800 m W od Zalipia Dln.	
Opis wystąpienia	Stary kamieniołom o średnicy około 50 m założony w szczytowej partii wzniesienia. Skarpy pokryte osypiskami i zarośnięte. Na spągu wyrobiska – bloki bazaltowe o średnicy 0,5-1,0 m.	
Charakterystyka geologiczna	Wyrobisko rozcinało najwyższą część wystąpienia o długości 350 m (NNW–SSE) i szer. do 160 m (Berezowska & Berezowski, 1962 b). Prawdopodobnie komin wulkaniczny.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	2. BAZALTOWA GÓRA – SZCZYT WZNIESIENIA)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 900 m NW od najwyżej położonych zabudowań Paszowice; szczyt Bazaltowej Góry (367,3 m n.p.m.) (Jerzmański & Kural, 1956); centralna część złoża „Paszowice” wg Rutnika (1974).	
Opis wystąpienia	Łagodny szczyt wzniesienia porośnięty wysokopiennym lasem. Powszechnie występują bloki bazaltowe o rozmiarach 0,6-1,0 m.	
Charakterystyka geologiczna	- Centrum wystąpienia bazaltowego o owalnym zarysie i wymiarach ok. 570×240 m. Zdaniem Kurala i Jerzmańskiego (1974) jest to czop wulkaniczny. Rutnik (1974) uznał je za wylew bazaltowy, z wąską strefą kominową położoną w rejonie południowego wyrobiska. - Skala określana przeważnie jako trachybazanit (Wojno i in. 1951 vide Birkenmajer i in., 1970; Birkenmajer, 1967; Kural & Jerzmański, 1974; Rutnik, 1974). Na podstawie badań mikroskopowych sklasyfikowano ją jako bazalt plagioklazowy ze szkliwem (Kural & Jerzmański, 1974). Zdaniem Birkenmajera i in. (1977) jest to melabazanit, zaś według Kozłowskiej-Koch (1987) – tefryt.	
Opis zjawisk zbliżonych do zgorzeli	Na powierzchniach bloków bazaltowych występują „zabliżnione” spękania o nieregularnym przebiegu.	

Nazwa wystąpienia	3. BAZALTOWA GÓRA – WYROBISKO POŁUDNIOWE (stary kamieniołom)	
Lokalizacja	Wyrobisko położone ok. 200 m SE od szczytu Bazaltowej Góry (367,3 m n.p.m.); ok. 1,5 km W od wsi Paszowice (Jerzmański & Kural, 1956).	
Opis wystąpienia	Silnie zarośnięte drzewami i krzewami stare jednopoziomowe wyrobisko. Ściany w większości zakryte osypiskami, skała odsłania się tylko w dwóch miejscach.	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom założony w pokrywie lawowej w sąsiedztwie strefy kominowej (Rutnik, 1974). - Charakterystyka petrograficzna – jak dla stanowiska 2.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Na spągu wyrobiska natrafiono na zespół bloków skalnych o śr. 0,2-1,0 m, których część była zgorzelowa. Proces dotknął jedynie ich wnętrza otoczone korą bezzgorzelową o grubości ok. 2 cm. Na powierzchniach bloków zaznaczają się charakterystyczne nieregularne spękania zasiedlone przez mchy. Jednak większość z nich jest „zabliżniona” a tylko nieliczne, najdrobniejsze mają ostre krawędzie sugerujące niedawne powstanie (fot. 12). - Zgorzel o charakterystyce 1-2/0,5-3 [50–60 %]. „Płamki” posiadają wyjątkowo nieregularne zarysy; często tworzą grupy o średnicach ok. 5 mm.	

Nazwa wystąpienia	4. BRZOZY (stary kamieniołom)	
Lokalizacja	Ok. 700 m SE od Grabiszyc; wyrobisko położone na północnym stoku górującego nad okolicą wzniesienia; złożo „Brzozy” wg Kochanowskiej (1995), północna część kamieniołomu V wg Hermana (1971) albo kamieniołomu II wg Hermana (1973 b).	
Opis wystąpienia	Niewielkie wyrobisko łączące się z kamieniołomem Leśna-Brzozy (por. stanowisko 40). Ściany niemal w całości przykryte osypiskami i zarośnięte. Liczne blokowiska (fragmenty skalne o rozmiarach 0,2–1,6 m).	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom udostępniający fragment wylewu zawierający znaczną ilość przewarstwień tufowych (Herman, 1971; por. zał. 1 a). - Opis petrograficzny jak dla stanowiska 40.	

Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• W obrębie wyrobiska natrafiono na liczne bloki skalne z bardzo różnorodnie wykształconymi zjawiskami zgorzelowymi. Prawdopodobnie pochodzą one z terenu odkrywek Brzozy oraz Leśna-Brzozy, a w obecnym miejscu zostały zgromadzone jako odpad. • Dominuje zgorzel 3-5/1,5-6 [35 %], rzadziej spotykane były bloki drobnozgorzelowe 1-2/2-5 [15 %], a nawet skały o stosunkowo nielicznie i niejednorodnie występujących „plamkach” średnicy nie przekraczającej 1 mm. Odbarwienia te mają w większości odcienie szare, rzadziej rude. • Zgorzel obejmuje przeważnie większe partie bloków skalnych. W nielicznych przypadkach obserwowano natomiast wąską (do 1,5 cm) korę zgorzelową w blokach zdrowych (fot. 28).
------------------------------------	---

Nazwa wystąpienia	5. BUKOWA GÓRA (kamieniołom)
Lokalizacja	Okolo 5 km SW od Lubania, na obszarze Lubańskiego Wielkiego Lasu (Stachowiak, 1981).
Opis wystąpienia	Rozległy kamieniołom stokowo-wgłębny. Spenetrowano poziom II i III obecnie eksploatowanego wyrobiska wschodniego (por. zał. 1 b).
Charakterystyka geologiczna	• Wyrobisko udostępnia fragment pokrywy lawowej (Birkenmajer, 1967; Śliwa, 1971). • Skała występująca w kamieniołomie określana jest jako nefelinit (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970). Stachowiak (1981), obok bazaltów nefelinowych (nefelinitów) informuje o obecności bazaltów piroksenowych (ankaratrytów), bazanitów (bazaltów plagioklazowo-nefelinowych) i bazaltów zeszkłonych (limburgitów). Kozłowska-Koch (1987) określiła występującą tu skałę jako tefryt.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Na całym badanym obszarze kamieniołomu występuje skała drobnogruźlowata z licznymi szarymi lub szaro-niebieskawymi nalotami mineralnymi. Również zgorzel słoneczna występuje często na całym tym terenie (zał. 1 b). • W większości przypadków zgorzelowe bloki skalne posiadały korę bezzgorzelową o grubości ok. 5 cm, choć obserwowano także fragmenty słupów bazaltowych w całości zgorzelowych. Rozmiary bloków skał zgorzelowych wahały się 0,4 do 1,5 m. Na ich powierzchniach występowały charakterystyczne nieregularne spękania i szczeliny. • W większość przypadków zauważano zgorzel o słabym stopniu rozwinięcia; skały te posiadają nierówne, „gruźlowate” powierzchnie, a „plamki” są słabo widoczne. • Za dominującą należy uznać zgorzel 1-2,5/1-3 [50 %]. W nielicznych przypadkach natrafiano na skały z wyraźną dominacją substancji zgorzelowej stanowiącej do ok. 60% objętości skały. Relikty skały zdrowej posiadają czasem wyjątkowo izometryczne (niemal kuliste) kształty. • Niewielkie bloki ulegające zgorzeli w sposób naturalny zachowują swoją formę lub ulegają jednocześnie wietrzeniu kulistemu (fot. 21). • Bloki skalne o rozmiarach rzędu 1–1,5 m są rozstrzeliwane rozszczepkowo metodą nakładkową. W pobliżu miejsc eksplozji (w odległości do 10 cm) pojawiają się lub nasilają zjawiska zgorzelowe (fot. 42). Zmiany te zauważano nawet w blokach wysadzanych tylko 2–3 dni przed penetracją wyrobiska. • Niektóre z bloków skalnych wydają się wskazywać, że rozpad skał w tym stanowisku może być wynikiem nałożenia się gruźlowatej struktury, zgorzeli słonecznej oraz zjawisk wietrzeniowych takich jak eksfoliacja i wietrzenie kuliste (por. fot. 21). • W szczelinach bloków zgorzelowych obserwowano wegetację mchu.

Nazwa wystąpienia	6. CZARNE URWISKO (stare wyrobisko)
Lokalizacja	Ok. 1,1 km SW od Lutyni k. Łącka Zdroju, po północnej stronie szosy prowadzącej do wsi (Gierwielaniec, 1968).
Opis wystąpienia	Stare wyrobisko ścianowe (ok. 25 m wys.) udostępniające południową część naturalnej wychodni skalnej.
Charakterystyka geologiczna	• Wystąpienie opisane przez Birkenmajera (1967) jako pokrywa lawowa, zaś zdaniem Śliwy (1967 b) jest to przewód wulkaniczny wypełniony lawą. • Skałę określono jako bazanit (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in. 1970) lub nefelinit (Gierwielaniec, 1971).

Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- W ścianie skalnej stwierdzono istnienie lokalnych wystąpień skały o gruzłowatych powierzchniach oddzielności, ze słabo widocznymi „plamkami” o średnicach ok. 1 mm. - W blokowiskach przy drodze leśnej dochodzącej do stanowiska obserwacyjnego od strony E występują ponadto niewielkie fragmenty skały średniozgorzelowej 3-5/4-7 [30 %].
------------------------------------	---

Nazwa wystąpienia	7. CZARTOWSKA SKAŁA (naturalna wychodnia i stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 2 km NNE od Muchowa i 700 m S od Pomocnego; szczytowa część Czartowskiej Skały (467,6 m n.p.m.) (Jerzmański, 1955 a).	
Opis wystąpienia	Skała wieńcząca wzniesienie rozcięta niewielkim wyrobiskiem.	
Charakterystyka geologiczna	- Izolowane wystąpienie bazaltowe o średnicy ok. 150 m określane jako wulkaniczny czop (Birkenmajer, 1967; Śliwa, 1967 b) lub komin (Jerzmański, 1969). - Skała opisana została jako nefelinit, czyli bazalt nefelinowy ze szkliwem (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970). Jako nefelinit określili ją także Birkenmajer (1967) oraz Grocholski i Jerzmański (1975). Jerzmański (1969) nazwał ją bazaltem nefelinowym. Zdaniem Kozłowskiej-Koch (1987) jest to tefryt.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	8. CZERWONY KAMIEN (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 0,5 km E od wsi Krzeniów k. Złotoryi, szczytowa część wzg. Czerwony Kamień (325 m n.p.m.) (Jerzmański, 1955 b).	
Opis wystąpienia	Stary, porośnięty lasem kamieniołom silnie wydłużony w kier. N–E.	
Charakterystyka geologiczna	- Izolowane wystąpienie bazaltu o długości ok. 200 m (E–W), wg Birkenmajera (1967) jest to płytka partia pnia wulkanicznego. - Bazalt plagioklazowy (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970; Birkenmajer, 1967) lub trachyandezyt (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	9. DĘBOWIEC (stary kamieniołom)	
Lokalizacja	Ok. 500 m N od ostatnich w kierunku zachodnim zabudowań Gilowa k. Niemczy; wzgórze Dębowiec o wys. ok. 345 m n.p.m. (Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1983).	
Opis wystąpienia	Nieczynny, prawdopodobnie jednopoziomowy kamieniołom wgłębny. Obecnie wysypisko komunalne dla miasta Niemcza, w związku z tym większość ścian skalnych jest niedostępna. Spenetrowano jedynie E i NE część wyrobiska.	
Charakterystyka geologiczna	- Centralna część wystąpienia bazaltowego o długości ok. 400 m (NE–SW) określonego jako komin wulkaniczny (Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1986). - Wojno i in. (1952 vide Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1986) oraz Birkenmajer, (1967) opisują występującą tu skałę jako bazalt plagioklazowy, zaś zdaniem Grocholskiego i Jerzmańskiego (1975) jest to bazalt.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Natrafiono na kilka fragmentów skał zgorzelowych o rozmiarach do 0,5 m. W niektórych przypadkach zachowane były fragmenty kory bezzgorzelowej o grubości do 3 cm. - Zgorzel o charakterystyce: 1-2/2-5 [5 %], „plamki” są słabo widoczne.	

Nazwa wystąpienia	10. GILÓW (stary kamieniołom)	
Lokalizacja	Wzgórze o wys. ok. 327 m n.p.m. położone ok. 1250 m N od Gilowa k. Niemczy i ok. 300 m E od wzg. Kolec (Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1983).	
Opis wystąpienia	Stary kamieniołom ścinający szczyt wzniesienia, silnie zarośnięty lasem. Spąg wyrobiska bardzo nierówny.	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom założono w centralnej części owalnego wystąpienia bazaltowego o dłuższej osi 250 m (NE–SW) będącego zdaniem Birkenmajera (1967) i Śliwy (1967 b) pozostałością komina wulkanicznego. - Bazalt plagioklazowy (Wojno i in., 1952 vide Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1986; Birkenmajer, 1967).	

Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Na terenie wyrobiska natrafiono (w obrębie fragmentów skalnych tworzących blokowiska) na wystąpienia różnych odmian zgorzeli słonecznej. Obserwowano obecność skał zgorzelowych ze słabo wykształconą korą zdrową, jak też bloków zdrowych z niewyraźną zgorzelą występującą w stosunkowo wąskiej (ok. 5-centymetrowej grubości) strefie peryferycznej. • Zgorzel występującą w zewnętrznej części dużego bloku w centrum odkrywki można określić jako: 1,5-3/3-5 [25 %]. Na hałdzie, położonej na E od odkrywki, stwierdzono natomiast zgorzel 1-2/1-3 (40 %). • Dezintegracja jednego z bloków zgorzelowych była wspomagana wegetacją mchu.
------------------------------------	---

Nazwa wystąpienia	11. GOLA (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 1 km. NNE od wsi Gola k. Niemczy; szczytowa partia wzgórza o wys. ok. 275 m n.p.m. (Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1983).
Opis wystąpienia	Stary, silnie zdegradowany kamieniołom zlokalizowany w szczytowej partii wzniesienia. Ściany skalne zarośnięte, tylko w jednym miejscu zachowała się niewielka skała o wys. ok. 3 m i dł. 7 m.
Charakterystyka geologiczna	• Wystąpienie ma prawdopodobnie formę kominową (Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1986). • Skała określona jako bazalt plagioklazowy (Wojno i in., 1952 vide Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1986).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Na obszarze wyrobiska nie zauważono śladów zgorzeli, natomiast bloki skalne znajdujące przy drodze dochodzącej od SE są dotknięte tymi zmianami. • Fragmenty zgorzelowych słupów bazaltowych miały średnice 20-40 cm i posiadały bezzgorzelową korę o miąższości do 1,5 cm. • Skała zgorzelowa posiada charakterystykę: 1-3/2-5 [30 %]; „plamki” mają nieregularne kształty i centkowane wnętrza.

Nazwa wystąpienia	12. GOZDANIN (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 150 m N od najdalej ku zachodowi wysuniętych zabudowań Gozdanina (7 km SEE od Zgorzelca); kamieniołom południowy (Berezowska & Berezowski, 1958 b).
Opis wystąpienia	Jednopoziomowe wyrobisko stokowe o średnicy ok. 30 m i wysokości ścian wynoszącej ok. 12–15 m. Ściany skalne zakryte częściowo osypiskami. Kamieniołom porośnięty lasem.
Charakterystyka geologiczna	• Stanowisko zlokalizowane jest w południowej części wydłużonego południkowo ciała bazaltowego o wymiarach ok. 800×300 m. Zdaniem Berezowskich (1968) jest to pozostałość komina wulkanicznego i płyty lawowej. • Skała opisana jako bazalty nefelinowe (Berezowski & Berezowska, 1968).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Na spągu wyrobiska stwierdzono obecność nielicznych bloków bazaltu zgorzelowego o średnicach do 70 cm. • Skały zgorzelowe posiadają dość stałą charakterystykę 1,5-3/2-4 [60 %]. Miejscami udział substancji zgorzelowej wzrasta, a skała zdrowa występuje w postaci owaloidalnych relików.

Nazwa wystąpienia	13. GÓRZEC (naturalna wychodnia)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 2,5 km SW od Męcinki, 3 km NWW od Chełmca, szczyt góry Górzec (445 m. n.p.m.) (Jerzmański, 1955 a).	
Opis wystąpienia	Naturalne wychodnie skalne na szczycie wzniesienia oraz liczne blokowiska wokół wierzchołka częściowo uformowane w wały kultowe.	
Charakterystyka geologiczna	• Stanowisko obserwacyjne położone w zachodniej części wystąpienia bazaltowego o długości ok. 600 m, będącego pozostałością komina wulkanicznego (Jerzmański, 1969). • Bazalt plagioklazowy (Jerzmański, 1969).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	14. GRABISZYCE GÓRNE E (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 1200 m SE od starego PGR-u w Grabiszycach Grn., ok. 550 m od granicy państwa (Berezowska & Berezowski, 1962 b).	
Opis wystąpienia	Stare wyrobisko w postaci izolowanej ściany skalnej eksponowanej ku E.	
Charakterystyka geologiczna	Udostępniono północną część wystąpienia bazaltowego o średnicy ok. 200 m (Berezowska & Berezowski, 1962 b). Na podstawie jego kształtu na mapie można wnosić, że jest to pozostałość komina wulkanicznego.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	
Nazwa wystąpienia	15. GRABISZYCE GÓRNE W (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 1250 m SWW od starego PGR-u w Grabiszycach Grn., ok. 350 m od granicy państwa (Berezowska & Berezowski, 1962 b).	
Opis wystąpienia	Stare wyrobisko o dł. ok. 40 m (NW–SE), wypełnione wodą. Skarpy silnie zdegradowane i całkowicie porośnięte drzewostanem. W bezpośrednim sąsiedztwie widoczne bardzo nieliczne bloki bazaltowe o średnicy ok. 30 cm.	
Charakterystyka geologiczna	Wyrobisko udostępniało wschodnią część małego wystąpienia bazaltowego o długości ok. 100 m (Berezowska & Berezowski, 1962 b) - prawdopodobnie niewielkiego komina wulkanicznego lub żyły.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	
Nazwa wystąpienia	16. GRACZE (czynny kamieniołom)	
Lokalizacja	Okolo 1 km SE od miejscowości Gracze koło Niemodlina.	
Opis wystąpienia	Czynny siedmiopoziomowy (obecnie prace prowadzone są na trzech najniższych poziomach) kamieniołom wgłębny o dł. ok. 1200 m, szerokości do 250 m i głębokości ok. 70 m. Wyrobisko wydłużone na kierunku NE–SW (zał. 2 a).	
Charakterystyka geologiczna	- Wystąpienie uważane jest za dolną część stożka wulkanicznego (Birkenmajer, 1967) albo fragment pokrywy lawowej (Skurzewski, 1973). - Występujące w kamieniołomie skały określa się jako bazanit lub melabazanit (Birkenmajer, 1974; Birkenmajer i in., 1970, 1977) z lokalnymi przejściami do ankaratrytu (Birkenmajer, 1974), albo tefrytu z przejściami do bazanitu (Kozłowska-Koch, 1987).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Przejawy zgorzeli bazaltowej występują sporadycznie. Natrafiono na nie w odosobnionych punktach położonych w części zachodniej i centralnej, ale częściej na wschodzie (zał. 2 a). Stwierdzono kilkucentymetrowej wielkości fragment skały zgorzelowej znajdujący się dokładnie na kontakcie ze spieczonymi i strzaskanymi marglami podłoża (fot. 31). „Plamki” występowały w niemal całej objętości bloków skalnych, obserwowano co najwyżej 3 cm grubości korę zdrową. - Wystąpienie w zachodniej części odkrywki obejmowało skały o bardzo niskim stopniu rozwinięcia zgorzeli. Słabo widoczne plamki są rozmieszczone rzadko (2-3/5-12 [2 %]), a ich obecność nie wpływa na zwięzłość skały. Większość skał zgorzelowych posiada odmienną charakterystykę: 1-2,5/1-3 [40 %]. „Plamki” mają nieregularne zarysy i tworzą miejscami sieć zawierającą relikty skały zdrowej. - Obserwowane skały zgorzelowe są często dodatkowo dotknięte wietrzeniem przejawiającym się przede wszystkim poprzez iddyngsytyzację oliwinów. - We wschodniej części wyrobiska natrafiono na skałę o teksturze miarolitycznej, z pustkami wypełnionymi niezidentyfikowaną białą substancją mineralną. Skałę tą można zakwalifikować do grupy zjawisk wizualnie zbliżonych do zgorzeli (mylących).	
Nazwa wystąpienia	17. GRACZE II (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Okolo 1,3 km S od wsi Gracze k. Niemodlina; kamieniołom Gracze-Ameryka wg Birkenmajera (1974).	
Opis wystąpienia	Jednopoziomowe wyrobisko o długości ok. 200 m wypełnione wodą. Obiekt prywatny. Przebadano bloki skalne o rozmiarach ok. 60–120 cm rozrzucone wokół.	
Charakterystyka geologiczna	- Spągowa część stożka bazaltowego (Birkenmajer, 1967) lub fragment pokrywy lawowej (Majkowska, 1991 b). - Bazalt plagioklazowy (Birkenmajer, 1967) albo melabazanit (Birkenmajer, 1974).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	18. GRACZE III (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Okolo 1,7 km SW od wsi Gracze k. Niemodlina. Wystąpienie „Radoszowice” wg Birkenmajera (1967) i Kozłowskiej-Koch (1987)	
Opis wystąpienia	Stare 2-poziomowe wyrobisko o długości ok. 250 m (E–W), skarpy silnie zdenudowane, porośnięte drzewostanem. Skała widoczna na niewielkim odcinku w S części odkrywki.	
Charakterystyka geologiczna	- Spągowa część stożka bazaltowego (Birkenmajer, 1967) lub fragment płyty bazaltowej (Skurzewski, 1973). - Skała określona jako nefelinit (Birkenmajer, 1970 i in.), melabazanit (Birkenmajer, 1974) albo bazanit (Kozłowska-Koch, 1987).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	19. GRONOWSKIE WZGÓRZE (nieczynny kamieniołom)	
Lokalizacja	Ok. 1,9 km SW od Gronowa k. Zgorzelca, NW kraniec Gronowskich Wzgórz (Frydrychowicz & Frydrychowicz, 1957).	
Opis wystąpienia	Wyrobisko o długości ok. 400 m (E–W) i wysokości ścian do 12 m.	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom jest założony na NW skraju wylewu bazaltowego, obejmującego całe pasmo Gronowskich Wzgórz (Gancarz, 1982). - Zdaniem Berezowskiej (1968) występujące tu skały to bazanity i bazanitoidy, zaś Gancarz (1982) stwierdził, że jest to bazalt limburgitowy.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Zgorzel słoneczną obserwowano na całym obszarze kamieniołomu. Prawdopodobnie jest to zjawisko występujące tam powszechnie. - Zgorzel obejmuje niemal całe bloki skalne, obserwowano jedynie wąskie (do 2 cm) kory bezzgorzelowe. Bloki pocięte są charakterystycznymi nieregularnymi spękaniem (fot. 7-9). W nielicznych przypadkach we wnętrzu boków zgorzelowych obserwowano niekiedy obecność ciał zdrowych położonych centralnie lub lekko ekscentrycznie (por. fot. 26). - W kamieniołomie dominuje zgorzel 1-1,5/0,5-1 (60-70 %). W głębszych częściach bloków posiadających zdrowe centra posiada ona charakterystykę 0,5-1/1-2 (15 %). Podrzednie staje się ekstremalnie drobna: 0,2-0,5/0,1-2 (80 %), „plamki” tworzą skupienia, a skała zdrowa ma formę reliktów o owaloidalnych zarysach. - W nielicznych pozostałościach głazów rozstrzeliwanych rozszczepkami obserwowano nasilenie zjawisk zgorzelowych w pobliżu miejsca wybuchu. - W szczelinach bloków zgorzelowych powszechnie obserwowano wegetację flory. Stwierdzono obecność mchów, traw, a także roślin zielnych (m. in. bylicy pospolitej <i>Artemisia vulgaris</i>, wiązkówki bulwkowatej <i>Filipendula hexapetala</i> i nie sklasyfikowanej precyzyjnie rośliny z rodz. <i>Rosaceae</i>) oraz brzozy gruczołkowatej (<i>Betula pendula</i>) (fot. 7, 8).	

Nazwa wystąpienia	20. HARCERSKA GÓRA (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 400 m E od Uniegoszcy (część Lubania Śl.), 130 m SE od szczytu Harcerskiej Góry (ok. 263 m n.p.m.) (Berezowski, 1956).	
Opis wystąpienia	Niewielkie wyrobisko zboczowe o ścianach w większości przykrytych osypiskami, całkowicie porośnięte drzewostanem.	
Charakterystyka geologiczna	SE skraj wystąpienia bazaltu o długości ok. 250 m (Berezowski, 1956). Biorąc pod uwagę jego formę może to być pozostałość komina z przylegającym potokiem lawowym.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	21. JAŁOWIEC (stary kamieniołom)	
Lokalizacja	Okolo 3,7 km SE od Lubania, w pobliżu wiaduktu nad linią kolejową Lubań–Gryfów Śl. (Berezowski, 1956).	
Opis wystąpienia	Dwupoziomowe wyrobisko, którego dolna część jest obecnie wypełniona wodą. Dostępne do obserwacji są ściany NW i SW.	
Charakterystyka geologiczna	- Eliptyczny czop wulkaniczny (Birkenmajer, 1967) albo komin wulkaniczny z przylegającym od północy fragmentem pokrywy lawowej (Krzyśków, 1984) - Skała opisana jako bazalt nefelinowy (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970), nefelinit (Birkenmajer, 1967, Birkenmajer i in., 1970), ankaratryt (na podstawie badań mikroskopowych) albo nefelinit tefrytowy (na podstawie przeliczenia składu chemicznego na minerały normatywne) (Krzyśków, 1984).	

Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Bloki skał zgorzelowych o średnicy do 50 cm występują jedynie w SW części wyrobiska. Na ich powierzchniach występują charakterystyczne nieregularne spękania. • Bloki skalne są zgorzelowe w całości lub występuje cienka (do 1 cm) kora bezzgorzelowa. • Skały zgorzelowe mają charakterystykę: 1-2/1-3 [50 %] lub 1/1-1,5 [60 %].
------------------------------------	---

Nazwa wystąpienia	22. JANOWICZKI (kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 250 m E od wsi Kowalskie k. Niemczy (Wójcik, 1968).	
Opis wystąpienia	Czynny dwupoziomowy kamieniołom bazaltu.	
Charakterystyka geologiczna	• Pokrywa lawowa (Wójcik, 1973; Dziedzic, 1974). • Nefelinit (Dziedzic, 1974) lub bazalt nefelinowy (Wójcik, 1973; Majkowska & Farbisz, 1984; Głapa & Kominowski, 1997).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	23. JANOWICZKI II (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 250 m SW od miejscowości Janowiczki (Wójcik, 1968)	
Opis wystąpienia	Stary kamieniołom o wymiarach ok. 30×40 m i głębokości ok. 10 m. Silnie zdegradowany i porośnięty lasem. Brak wychodni skalnych. Liczne blokowiska składające się z fragmentów skalnych o średnicy 5–20 cm.	
Charakterystyka geologiczna	Wystąpienie określone jako fragment pokrywy lawowej zbudowanej z bazaltu nefelinowego (Wójcik, 1973).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	24. JAWOR–MĘCINKA (kamieniołom)	
Lokalizacja	Ok. 1 km NE od wsi Męcinka k. Jawora (Borek, 1977).	
Opis wystąpienia	Czynny kamieniołom; spenetrowano północną część wyrobiska, która obecnie objęta jest eksploatacją (zał. 2 b).	
Charakterystyka geologiczna	• Wystąpienie o charakterze pokrywy (m.in.: Jerzmański, 1955 a; Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970). Zdaniem Borka (1977) to rozległe wystąpienie bazaltu w przewadze ma istotnie charakter pokrywy lawowej, jednakże w rejonie na wschód od szczytu góry Widomej (263,79 m n.p.m.) opisano strefę kominową o średnicy ok. 600 m. Również Dyjor i in. (1995) informują o obecności w tym rejonie strefy wylewów linearnych. • Wystąpienie zbudowane z trachyandezytu (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970) lub melabazanu (Birkenmajer i in., 1977), a zdaniem Borka (1977) z bazaltów, bazanitów i bazaltów piroksenowych (ankaratrytów).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Obecność skał zgorzelowych stwierdzono w centralnej części czynnego wyrobiska. Są one prawdopodobnie skoncentrowane w wąskiej (ok. 30–50 m) strefie o długości co najmniej 150 m i południkowym przebiegu (zał. 2 b). Strefa ta przebiega równolegle do zespołu wystąpień tufów i bazaltów o teksturach porowatych z silną mineralizacją zeolitową, jednak nie kontaktuje z nią bezpośrednio. Odległość pomiędzy strefą tufową i zgorzelową wynosi około kilkunastu metrów. Wystąpienie skał zgorzelowych na dolnym poziomie wyrobiska ma charakter ostrogi skalnej (zał. 2 b), którą ominięto w trakcie eksploatacji. • Zgorzel obejmuje całe bloki skalne, nie obserwowano kory bezzgorzelowej. • Stwierdzona na górnym poziomie zgorzel o niskim stopniu zaawansowania posiada charakterystykę 7-15/28-35 [7 %]. Silnie rozwiniętą zgorzel występującą w obrębie skalnej ostrogi na poziomie dolnym można określić jako: 7-15/15-30 [40 %].	

Nazwa wystąpienia	25. JERZMANKI (wieś)	
Lokalizacja	Ok. 500 m E od skrzyżowania w północnej części wsi (pkt. wys. 199,5 m n.p.m.), przy drodze biegnącej jej NE skrajem (Berezowski & Berezowska, 1958 b).	
Opis wystąpienia	Mur okalający zabytkowy park (posiadłość nieistniejącego już zamku).	
Charakterystyka geologiczna	Mur kamienny (bloki bazaltowe o rozmiarach od kilkunastu do 40 cm) wysokości ok. 2 m uzupełniany cegłą i betonem.	

Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- W murze stwierdzono obecność dość licznych (ok. 15–20 %) bloków bazaltu zgorzelowego (fot. 44). - Dominuje bazalt zgorzelowy o plamkach barwy szarej, tylko w jednym przypadku stwierdzono istnienie bazaltu zgorzelowego o plamkach barwy rudej. - Skąły zgorzelowe o „plamkach” barwy szarej mają średnicę 3–5 mm, choć w wielu przypadkach (na skutek nakładania się zjawiska zgorzeli na gruzlowatą strukturę skały) określenie tych parametrów napotyka na trudności. „Plamki” barwy szarej wykazywały stałe rozmiary ok. 3 mm. - Bloki bazaltu zgorzelowego, mimo istnienia dobrze rozwiniętych znamion tego procesu i łatwego rozpadania się przy uderzeniu, przez bardzo długi czas zachowują zwięzłość w warunkach naprężeń statycznych, gdyż mur powstał prawdopodobnie na początku XX wieku (na fasadzie budynku nr 25 przy bramie wjazdowej na teren parku widnieje data: 1908).
------------------------------------	---

Nazwa wystąpienia	26. JERZMANKI (szczyt wzgórza oraz stare kamieniołomy)
Lokalizacja	Szczyt wzgórza położonego ok. 1,5 km NE od wsi (Berezowska & Berezowski, 1958 b) oraz kamieniołomy 2 i 3 wg Drozdowskiego (1972), znajdujące się na NE od Jerzmanek.
Opis wystąpienia	- Szczytowa partia wzgórza, porośnięta lasem i pokryta blokami bazaltu o średn. do 40 cm. Powierzchnia terenu bardzo nierówna, świadcząca być może o lokalnej wybitce kamienia. - Kamieniołomy o silnie zniszczonych skarpach pokrytych w większości osypiskami. Porośnięte lasem.
Charakterystyka geologiczna	- Punkty obserwacyjne zlokalizowane na obszarze rozciętej erozyjnie pokrywy lawowej o niewielkiej (nie przekraczającej 15 m) miąższości (Drozdowski, 1972). - Bazalty nefelinowe (Berezowska & Berezowski, 1968).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Obecność nielicznych znamion zgorzeli stwierdzono jedynie na szczycie wzniesienia na NE od Jerzmanek. Skały są jednocześnie silnie zwiertzałe a ich powierzchnie pokryte wyraźnymi nalotami tlenków żelaza utrudniającymi obserwacje. Zgorzel można prawdopodobnie określić jako: 3-5/6 [30 %].

Nazwa wystąpienia	27. JEZIORNA (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Rejon szczytu wzniesienia (293 m n.p.m.) położonego ok. 800 m NW od wsi Krzeniów, pomiędzy Złotoryją a Nowym Kościołem (Milewicz & Jerzmański, 1957).	
Opis wystąpienia	Nieczynny dwupoziomowy kamieniołom stokowo-wgłębny, dolny poziom zalany wodą. Obiekt silnie porośnięty drzewostanem.	
Charakterystyka geologiczna	Czop wulkaniczny (Birkenmajer, 1967) zbudowany z bazaltu plagioklazowego ze szkliwem (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970; Birkenmajer, 1967).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	28. JÓZEF (kamieniołom)
Lokalizacja	Obszar miejscowości Zareba; ok. 3 km SW od centrum Lubania Śląskiego (Berezowski, 1956).
Opis wystąpienia	Czynny dwupoziomowy kamieniołom o zarysie zbliżonym do owalnego i długości ok. 400 m (NE-SW). U podnóża ścian skalnych liczne osypiska.
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom położony w SW części pokrywy bazaltowej rozciągającej się ku NE do Lubania (Filon, 1986). - Przez analogię do okolicznych wystąpień bazaltoidowych (znajdujących się w obrębie tej samej płyty) występującą tu skałę można określić jako nefelinit (por. opis stanowisk 29 i 37).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Na obszarze kamieniołomu dość często spotyka się fragmenty skalne dotknięte zmianami zgorzelowymi. Ich koncentracje stwierdzono w E i S części wyrobiska. - W większości przypadków zgorzel tworzy bardzo wąskie (około 0,5 centymetrowe) strefy w przypowierzchniowej części bloków skalnych, choć często skrajna zewnętrzna część skały ma charakter kory wietrzeniowej, nie noszącej znamion zgorzeli. Mniej licznie obserwowano bloki o zgorzelowych wnętrzach i ok. 2 cm grubości korze bezzgorzelowej. - Zgorzel o stałych parametrach: 1-2/1-2 [50-60 %] - Zmiany zgorzelowe występują we wnętrzach bloków nadziarna strzelanych rozszczepkowo, choć nie we wszystkich przypadkach.

	W wyrobisku często występują zjawiska mylące mające charakter okrągłych odbarwień pseudozgorzelowych albo nalotów mineralnych na powierzchniach skał. Niejednokrotnie nakładają się one na zmiany zgorzelowe.
--	---

Nazwa wystąpienia	29. KAMIENNA GÓRA (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Lubań Śląski, Park na Kamiennej Górze (Berezowski, 1956).	
Opis wystąpienia	Jednopoziomowy kamieniołom zboczowy o długości ok. 200 m. W części SW – zbiornik wodny.	
Charakterystyka geologiczna	- Wyrobisko położone w obrębie pokrywy lawowej (Śliwa, 1971; Grocholski & Jerzmański, 1975) prawdopodobnie w pobliżu strefy kominowej (Berezowski, 1956). - Nefelinit (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970; Grocholski & Jerzmański, 1975).	
Opis zjawisk zbliżonych do zgorzeli	Skała niemal w całości ma budowę gruzłową. Na jej powierzchniach często występują odbarwienia mylone ze zgorzelą słoneczną.	

Nazwa wystąpienia	30. KOLEC (stary kamieniołom)	
Lokalizacja	Ok. 1250 m N od Gilowa k. Niemczy; szczyt wzgórza Kolec (ok. 340 m n.p.m.) (Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1983).	
Opis wystąpienia	Stare wyrobisko ścinające szczyt wzniesienia. Całkowicie porośnięte lasem. Spąg bardzo nierówny – uformowany w równoległe garby o względnej wysokości ok. 4 m.	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom udostępniał większą część wystąpienia o długości ok. 300 m (NE–SW) – prawdopodobnie wychodni komina wulkanicznego (Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1986). - Bazalt plagioklazowy (Wojno i in., 1952 vide Cwojdzński & Walczak-Augustyniak, 1986).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Na obszarze wystąpienia zauważa się znaczną ilość bloczków (o średnicy do 0,5 m) skał zgorzelowych. Są to skały gruzłowe ze słabo wykształconymi „plamkami” o średnicy 4-6 mm. - Lepiej wykształcone przejawy zgorzeli zauważono w ok. 1,5-metrowej średnicy głazie zalegającym w centralnej części wyrobiska. Ich występowanie ograniczone jest do wąskiej, około 8-10 centymetrowej, strefy znajdującej się w zewnętrznej części głazu (fot. 27). Zgorzel ma charakterystykę: 2-3/5-8 [35 %]. - Nieliczne bloki skalne ulegały rozpadowi na gruz, nie wykazując jednak obecności „plamek” zgorzelowych.	

Nazwa wystąpienia	31. KOSISKA–JANOWICE (nieczynne kamieniołomy)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 700 m NW od Kosisk i 500 m S od Janowic k. Tyńca Legnickiego (Berezowska & Berezowski, 1980); obszar złoża Kosiska-Janowice wg Gruszeckiego (1996).	
Opis wystąpienia	Dwa jednopoziomowe kamieniołomy wgłębne o wysokości ścian nie przekraczającej 8 m. Wschodni całkowicie zarośnięty i zalany, zachodni dobrze dostępny, zalany w części południowej i zachodniej.	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołomy położone w obrębie pokrywy lawowej o miąższości ok. 10-20 m (Berezowska & Berezowski, 1981). Została ona rozcłonkowana erozyjnie, a w rejonie ok. 100 m na południe od wyrobisk natrafiono na ślad przewodu kominowego (Gruszecki, 1996). - Skały określone jako ankaratryty zarówno przez Kurałową (1979 vide Berezowska & Berezowski, 1981), jak i Gruszeckiego (1996), na podstawie badań mikroskopowych. Według analiz składu chemicznego, przeprowadzonych przez tego samego autora, są to foidyty, na granicy z polem bazanitów.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	32. KOSTRZA GÓRA (naturalna wychodnia)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 1,7 km SE od centrum Złotoryi, szczyt g. Kostrzej (Jerzmański, 1955 b).	
Opis wystąpienia	Nieliczne małe skałki na szczycie wzniesienia.	
Charakterystyka geologiczna	- Izolowane wystąpienie o średnicy ok. 200 m, prawdopodobnie pozostałość komina wulkanicznego. - W literaturze nie napotkano informacji na temat petrografii występujących tu skał. W bezpośredniej bliskości znajdują się wystąpienia bazanitu na Wilczej Górze (por. stanowisko 76) i ankaratrytu na Koziej Górze (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	33. KOZÓW (stary kamieniołom)	
Lokalizacja	Ok. 200 m na W od zabudowań wsi Kozów, przy szosie Złotoryja – Jawor (Jerzmański, 1955 b).	
Opis wystąpienia	Stary kamieniołom. Skarpy porośnięte trawą i krzewami (brak odsłoneń bazaltu). Na spągu kamieniołomu nieliczne bloki bazaltowe o średnicy ok. 0,5 m.	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom założono w obrębie pozostałości po niewielkim potoku lawowym (Birkenmajer 1967; Birkenmajer i in., 1977), którego miąższość oszacować można na 2-3 m. - Bazalt nefelinowy ze szkliwem (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970), nefelinit (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970) lub melanefelinit (Birkenmajer i in., 1977).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Większość bloków bazaltowych nie wykazuje obecności zgorzeli. Tylko w jednym z nich natrafiono na słabo wykształcone przejawy tego zjawiska o charakterystyce: 4-6/8-15 [20 %]. Skała zachowuje zwięźłość, widoczne są nieliczne szczeliny włosowate.	

Nazwa wystąpienia	34. KOŻLICE (dwa stare kamieniołomy)	
Lokalizacja	Ok. 200 m E od wsi Koźlice k. Zgorzelca, na stokach wzniesienia o wys. ok. 233 m n.p.m. (Berezowska & Berezowski, 1958 b).	
Opis wystąpienia	Dwa stare wyrobiska. Południowe całkowicie porośnięte drzewostanem, z zabagnionym spągiem. Wyrobisko północne częściowo wypełnione wodą. W obu przypadkach ściany skalne zachowane fragmentarycznie, dostępne tylko na niewielkich odcinkach.	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołomy założono w SW części izolowanego wystąpienia bazaltowego o dł. ok. 1200 m. Prawdopodobnie ma ono charakter pokrywy lawowej. - Bazalty nefelinowe (Berezowska & Berezowski, 1968).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Na niewielkie wystąpienie bazaltu zgorzelowego natrafiono jedynie w kamieniołomie północnym, przy zachodnim wejściu na teren odkrywki. Skały dotknięte zgorzelą tworzą prawdopodobnie wąską, wertykalnie zorientowaną strefę o przybliżonej miąższości rzędu 1-3 m (dokładniejszy opis jest niemożliwy ze względu na silne zwietrzenie skały oraz występowanie osypisk i szaty roślinnej). - Przybliżona charakterystyka skały zgorzelowej to: 1,5-3/3-4 [30-50 %].	

Nazwa wystąpienia	35. KROTOSZYCE (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 1 km. S od Krotoszyc, 1 km NW od Krajowa, w widłach Kaczawy i Nysy Szalonej (Jerzmański & Walczak-Augustyniak, 1993).	
Opis wystąpienia	Stare wyrobisko o długości ok. 100 m (N–S) położone w lesie. Skarpy w większości przykryte osypiskami i zarośnięte, gdzieś widoczne ściany skalne o wys. do 2 m.	
Charakterystyka geologiczna	- Pozostałość peryferycznej części pokrywy lawowej sięgającej aż po rejon Słupa (Jerzmański & Walczak-Augustyniak, 1994). Jej miąższość jest w tym miejscu stała i wynosi od ok. 1,4 m (Jerzmański & Walczak-Augustyniak, 1993) do 2 m (w kamieniołomie). - Przez analogię do wystąpienia bazaltoidowego w Sichowie (por. stanowisko 63) można przypuszczać, że występuje tu bazanit lub tefryt.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	36. KRZENIÓW (kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 2 km S od Wilkowa Złotoryjskiego; obszar g. Łysanka (Frąckiewicz, 1955).
Opis wystąpienia	Rozległy, czynny 5-poziomowy kamieniołom stokowy (zał. 3).
Charakterystyka geologiczna	• Czop wulkaniczny (Birkenmajer, 1967) albo partia kominowa i przylegająca doń pokrywa lawowa (Krzyśków, 1986). • Zdaniem Birkenmajera (1967) oraz Birkenmajera i in. (1977) występują tu nefelinity. Krzyśków (1986) podał, że są to bazalty i bazanity, a według Białowskiej (1993) bazanity z przejściami do bazaltów.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Ślady zgorzeli stwierdzono w kilku punktach, występują one na ograniczonych i stosunkowo niewielkich obszarach (zał. 3). • Według inż. E. Szurleja skały zgorzelowe tworzą wystąpienia izometryczne w planie, o formach kielichowatych, rozszerzających się ku górze. Opinię tą potwierdzają wykonane pomiary orientacji stref kontaktu skał zgorzelowych i zdrowych. • Występowanie zgorzeli jest skorelowane z formą słupów bazaltowych, jednak w różnych słupach rozpadowi ulegają odmienne ich partie. Część słupów wykazuje obecność zgorzeli w wąskiej strefie przylegającej do krawędzi słupów, inne mają zgorzelowe wnętrza i zdrową korę o grubości ok. 5 cm (fot. 25), choć niekiedy w centralnych partiach słupów występują owaloidalne ciała zdrowe. W nielicznych przypadkach „plamki” zgorzelowe występują na całych powierzchniach przekroju słupów, jednak ich centralna część zachowuje znaczną wytrzymałość mechaniczną. • Zgorzel występującą na terenie kamieniołomu określić można jako średnią, gdyż wielkość „plamek” mieści się w granicach 1-4 mm. Skały zgorzelowe wykazują jednak wyraźną zmienność średnicy ziaren zdrowych i ilości substancji zgorzelowej. Ich charakterystyka zmienia się od 1-2/1,5-4 [40 %] do 2-4/4-10 [30 %] i 2-4/2-4 [50 %]. • Na najwyższym poziomie wyrobiska stwierdzono obecność odosobnionego fragmentu skały zgorzelowej, której przeważająca część ma charakterystykę 2-4,5/4,5-9 [30 %]. Jest ona przecięta szliropodobną strefą zgorzeli drobnej 0,5-1/1-2 [50 %]. Na granicy występuje wąski pas zgorzeli o parametrach pośrednich.

Nazwa wystąpienia	37. KSIEGINKI (kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 2,5 km S od centrum Lubania Śl. (Majkowska, 1982 a).
Opis wystąpienia	Zachodnia (zał. 4 a), aktualnie eksploatowana, część rozległego trzypoziomowego kamieniołomu Księginki położona tuż przy szosie Lubań-Przylasek.
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołom założony w obrębie rozległego wystąpienia bazaltu rozciągającego się od Księginek w kierunku SW. Obecnie eksploatacja prowadzona jest w pobliżu strefy kominowej, pozostała część wystąpienia ma charakter pokrywy lawowej (Woliński & Orzechowski, 1969; Śliwa, 1971). Jej część znajduje się pod przykryciem skał czwartorzędowych (Berezowski, 1956). • Skały występujące w kamieniołomie zostały opisane jako bazalty nefelinowo-oliwinowe i piroksenowo-plagioklazowe (Majkowska, 1982 a), nefelinity (Kozłowski & Parachoniak, 1960; Birkenmajer, 1967, Birkenmajer i in., 1970; Białowska, 1980) albo bazanity (a w mniejszej ilości tefryty) (Kozłowska-Koch, 1987).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Wydaje się, że strefy zgorzelowe zlokalizowane są na najniższym poziomie eksploatacyjnym a ich rozmiary wynoszą kilkadziesiąt metrów (por. zał. 4 a). Ogólnikowość opisu wynika z faktu, iż strefy te zaznaczają się na spagu wyrobiska jedynie w postaci wyraźnych koncentracji bloków zgorzelowych, które jednak prawdopodobnie uległy pewnym przemieszczeniom podczas pozyskiwania urobku. Strefy występowania zmian tego rodzaju mogą być silniej rozwinięte poniżej obecnego dna kamieniołomu, gdyż najlepiej wykształconą zgorzel zaobserwowano w materiale pochodzącym z koryta doprowadzającego odcieki do rzepia, będącego aktualnie najgłębszym punktem kamieniołomu. • Regułą jest występowanie kory bezzgorzelowej o grubości ok. 5 cm (w przypadku zgorzeli średniej) lub 3-7 cm (w słupach zawierających zgorzel grubą). • W kamieniołomie zanotowano obecność skał zawierających zgorzel dwójakiego rodzaju: średnią (1-3/1,5-4 [50-60 %]) oraz grubą (5-10/7-15 [40 %]). • Zgorzel jest doskonale rozwinięta w wewnętrznych częściach głazów rozstrzeliwanych rozszczepkowo (fot. 39-41). Zjawisko to obserwowano również w blokach rozstrzelonych zaledwie 7 dni przed penetracją wyrobiska.

	• W wielu miejscach natrafiono na zjawiska mylone ze zgorzelą. Mają one postać nalotów mineralnych barwy białej oraz różnorodnych jasnych odbarwień. • W południowej części wyrobiska natrafiono na bloki skały ulegające rozpadowi na gruz, nie wykazujące jednak znamion zgorzeli.
Nazwa wystąpienia	38. ŁĄDEK ZDRÓJ (nieczynny kamieniołom)
Lokalizacja	Około 500 m NW od Łądka Zdroju; wzgórze o nazwie Szary Kamień znajdujące się ponad szosą do Złotego Stoku (Cwojdzinski, 1977).
Opis wystąpienia	Nieczynny, znacznie wydłużony w kierunku E–W, kamieniołom położony w szczytowej partii wzgórza. W wyrobisku znajduje się strzelnica Ligi Obrony Kraju.
Charakterystyka geologiczna	• Potok lawowy (Birkenmajer i in., 1970) albo komin wulkaniczny z resztką pokrywy lawowej (Grocholski & Jerzmański, 1975). • Birkenmajer (1967) oraz Birkenmajer i in. (1970) opisali występującą tu skałę jako bazanit. Określano ją też jako skałę przejściową od bazanitu do limburgitu (Grocholski & Jerzmański, 1975), bazalt nefelinowy (Cwojdzinski, 1979) lub ankaratryt (Białowska, 1980).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Obecność bloków skały zgorzelowej o rozmiarach ok. 30–40 cm stwierdzono we wschodniej części wyrobiska. Położenie stref zgorzelowych jest niezależne od formy słupów bazaltowych. Zgorzel ma charakterystykę 1-1,5/1-2 [40 %].
Nazwa wystąpienia	39. LEŚNA (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 750 m SE od Grabiszyc; dwa wyrobiska położone w najwyższej części wzniesienia. Złoże „Leśna” wg Kochanowskiej (1995), kamieniołomy III i IV wg Hermana (1971), kamieniołomy IV i V wg Hermana (1973 b).
Opis wystąpienia	Kamieniołom północny porośnięty trawą i krzewami, skarpy w większości pokryte ospiskami. Skała widoczna jedynie przy wejściu do wyrobiska i w jego NE części (por. zał. 1 a). Kamieniołom południowy wypełniony wodą. Skała widoczna fragmentarycznie jedynie w NE i S części. Dostępność ścian bardzo utrudniona.
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołomy udostępniają strefę kominową wystąpienia bazaltowego oraz przylegające pokrywy wraz z dużą ilością przewarstwień tufowych (Herman, 1971; por. ryc. 6.12). • Charakterystyka petrograficzna jak dla stanowiska 40.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Na ślady zgorzeli słonecznej natrafiono jedynie przy wejściu na wyrobisko północne (por. zał. 1 a). Nieliczne, drobne fragmenty zwietrzałej i pokrytej rudymi nalotami skały wykazują obecność zgorzeli 1-3/1,5-3 [40 %].
Nazwa wystąpienia	40. LEŚNA–BRZOZY (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 700 m SE od Grabiszyc; wyrobisko położone na północnym stoku górującego nad okolicą wzniesienia. Złoże „Leśna-Brzozy” wg Kochanowskiej (1995), południowa część kamieniołomu V wg Hermana (1971) albo kamieniołomu II wg Hermana (1973b).
Opis wystąpienia	Kamieniołom dwupoziomowy. Poziom dolny zalany wodą, poziom górny zachowany resztkowo w E części wyrobiska. Ściany skalne widoczne bardzo dobrze.
Charakterystyka geologiczna	• Pokrywa lawowa (Birkenmajer, 1967; Śliwa, 1971; Herman, 1971), której komin zasilający znajdować się ma na SW od kamieniołomu (Kochanowska, 1995). • Skała określana jako bazalt plagioklazowy (Berezowski, 1965), bazalt plagioklazowy albo trachybazalt (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970). Nowsze badania (Kochanowska, 1995) wykazały dominację bazanitów i ankaratrytów oraz śladową ilość bazaltu.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Obecność bloków skał zgorzelowych stwierdzono w skrajnej wschodniej części kamieniołomu (zał. 1 a). Charakterystyka zjawiska jest zbliżona do opisanej z kamieniołomu „Brzozy” (stanowisko 4).
Nazwa wystąpienia	41. LUBIEŃ (nieczynny kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 600 m NW od wsi Lubień k. Legnickiego Pola – wyrobisko zach. (Gawroński, 1966).
Opis wystąpienia	Duży jednopoziomowy kamieniołom wypełniony wodą.
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołom udostępnia zachodnią część pokrywy lawowej (Birkenmajer, 1967; Majkowska, 1983). • Odkrywkę buduje doleryt plagioklazowy (Wojno, i in., 1955 vide Gawroński, 1968), bazalt plagioklazowy (Birkenmajer, 1967), bazalt plagioklazowy lub trachybazalt (Birkenmajer i in., 1970) albo bazalt oliwinowy (Majkowska, 1983).

Opis przejawów zgorzeli słonecznej	W wyniku pobieżnej penetracji wyrobiska stwierdzono obecność bloków skały zgorzelowej. Posiadają one wąską (ok. 1–1,5 cm) korę bezzgorzelową, a wewnątrz wypełnia zgorzel o charakterystyce: 7-10/8-15 [20 %]. Na powierzchniach zdrowych ziaren skały obserwuje się centkowane naloty mineralne barwy niebieskawo-szarej i brązowej.
------------------------------------	---

Nazwa wystąpienia	42. LUTYNIA (kamieniołom)
Lokalizacja	NW i szczytowa część wzniesienia Szwedzkie Szańce (728,7 m n.p.m.) (Majkowska, 1989 a), 700 m SE od wsi Lutynia k. Ładka Zdroju (Gierwielaniec, 1968).
Opis wystąpienia	Czynny dwupoziomowy kamieniołom stokowy (zał. 4 b). Górny, silnie rozwinięty poziom posiada ściany o wysokości przekraczającej miejscami 50 m. Jego lewa odnoga jest obecnie nieczynna.
Charakterystyka geologiczna	• Zdaniem Śliwy (1967 b) wystąpienie to jest pozostałością komina wulkanicznego jednorazowo wypełnionego lawą. Materiały przedstawione przez Majkowską (1989 a) ukazują stosunkowo wąską (o średnicy ok. 100 m) strefę kominową położoną w rejonie szczytu wzniesienia, oraz przylegającą resztkę pokrywy o dużej miąższości. Na niektórych profilach otworów wiertniczych można dostrzec również ślad wcześniejszego, niewielkiego wylewu. • Skała występująca w kamieniołomie Lutynia określana jest jako bazalt piroksenowy ze szkliwem (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970), bazalt nefelinowy (Gierwielaniec, 1971), ankaratryt (Białowska, 1980) albo melanefelinit oliwinowy (Majkowska, 1989 a).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Kamieniołom w Lutyni należy uznać za jedno z nielicznych stanowisk z wyjątkowo dużą ilością zgorzeli. • Wyniki prac terenowych sugerują, że granica strefy zgorzelowej znajduje się na wysokości 5-7 metrów ponad spągim górnego poziomu kamieniołomu (wolna od zgorzeli jest niższa część górotworu). W bocznej odnodze granica ta wznosi się (por. zał. 4 b). Strefa zgorzelowa ma miąższość co najmniej 15 m, gdyż na E ścianie kamieniołomu obecność przejawów tego procesu obserwowano nawet 20 m ponad spągim wyrobiska (fot. 35). • Występowanie zgorzeli jest penetratywne w stosunku do słupów bazaltowych – granica skał zgorzelowych i zdrowych przecina te struktury dysjunktywne. Przejście od skały zdrowej do silnie zgorzelowej następuje stopniowo. • W większości przypadków zgorzelą objęte są całe słupy bazaltowe, kiedy indziej można jednak obserwować bezzgorzelową korę o grubości 1,5-2 cm (fot. 23), a także bezzgorzelowe jądra. Zazwyczaj brak jest zróżnicowania zgorzeli w zależności od położenia w obrębie słupów bazaltowych, rzadziej wnętrza słupów wypełnione są zgorzelą bardzo słabo widoczną (lub „utajoną”), zaś peryferie ulegają dalej posuniętemu rozpadowi. • Za dominującą uznać należy zgorzel 3-5/5-15 [10-20 %]. Znacznie rzadziej występuje zgorzel drobna 1-2/1-3 [25 %].

Nazwa wystąpienia	43. ŁĘKOCIN
Lokalizacja	9 km NEE od Zgorzelca, 800 m N od kamieniołomu Gronowskie Wzgórze budynek gospodarczy po S stronie szosy.
Opis wystąpienia	Zabudowania przy drodze – mur z bloków zgorzelowych
Charakterystyka geologiczna	–
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Około 75 % kamienia użytego do budowy ściany budynku wykazuje objawy zgorzeli słonecznej o charakterystyce identycznej jak w kamieniołomie Gronowskie Wzgórze (stanowisko 19), czyli 1-1,5/0,5-1 (60-70 %) (fot. 45).

Nazwa wystąpienia	44. ŁOMY (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Góra Łomy, ok. 3 km S od Siekierzyna i 3,5 km NE od Zalipia Dln., tzw. Wyrobisko Stare na terenie Wielkiego Lasu Łubańskiego (Berezowska & Berezowski, 1962 b).	
Opis wystąpienia	Stary rozległy kamieniołom o długości ok. 300 m (E–W). Obecnie zalany. Skarpy w większości zalesione, cios słupowy (słupy o średnicy ok. 1 m) widoczny na krótkich odcinkach N i W części wyrobiska.	

Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołom udostępniał wystąpienie bazaltowe o średnicy ok. 400-450 m (Berezowska & Berezowski, 1962 b). Przypuszczalnie komin wulkaniczny. • Prawdopodobnie bazalt nefelinowy (Berezowski, 1965).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–

Nazwa wystąpienia	45. ŁOMNA (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Pod szczytem Góry Łomnej (356,7 m n.p.m.), ok. 3 km E od Zalipia Dln., tzw. Wyróbisko Nowe na terenie Wielkiego Lasu Lubańskiego (Berezowska & Berezowski, 1962 b).
Opis wystąpienia	Stary rozległy, dwupoziomowy kamieniołom o długości ok. 500 m (NE–SW). Obecnie dolny poziom wypełniony wodą (zbiornik wody pitnej dla Zakładu Karnego w Zarębie). Do obserwacji dostępne nieliczne odcinki ściany górnego poziomu eksploatacyjnego.
Charakterystyka geologiczna	• Wystąpienie bazaltowe o rozmiarach ok. 900×450 m (NNE–SSW) (Berezowska & Berezowski, 1962 b) określone jako pokrywa lawowa z wąską strefą kominową (Birkenmajer, 1967). • Skała opisana jako bazalt nefelinowy (Berezowski, 1965), nefelinit (Birkenmajer, 1967) lub nefelinit oliwinowy (Kozłowski & Parachoniak, 1960).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Natrafiono na nieliczne wystąpienia skały zgorzelowej w północnej części górnego poziomu wyrobiska. W bloczkach o rozmiarach około 10 cm obserwowano zgorzel 1,5-2,5/2,5-4 [35 %] oraz 1-1,5/1-2 [30 %]. Zgorzel grubsza obejmuje prawdopodobnie całe bloki skalne, drobniejsza – jedynie ich zewnętrzne części (o miąższości do 2,5 cm).

Nazwa wystąpienia	46. MARKOCICE (nieczynny kamieniołom)
Lokalizacja	Wschodni kraniec Markocic (część Bogatyni), ok. 100 m od granicy państwa (Berezowski, 1971).
Opis wystąpienia	Nieczynny kamieniołom „Wojtek”. Jednopoziomowe wyróbisko zboczowe o wysokości ścian do ok. 30 m. Ściany skalne zachowane w dobrym stanie, jedynie ich dolne partie są fragmentarycznie zakryte osypiskami.
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołom udostępnia centralną część rozległej pokrywy lawowej przechodzącej częściowo również na teren Czech (Berezowski, 1971, 1973; Majkowska, 1982 b). • Skała opisana jako trachyandezyt (Smulikowski, 1960 vide Birkenmajer i in., 1970; Birkenmajer, 1967) lub bazalt limburgitowy i skaleniowo-limburchitowy (Woliński & Semga, 1963 vide Majkowska, 1982), czy też bazanit (Berezowski, 1973).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• W kamieniołomie dominuje skała bezzgorzelowa, znamiona tego procesu zauważono jedynie w nielicznych blokach skalnych zalegających na spągu wyrobiska. • Występowanie zgorzeli wydaje się być powiązane z formą słupów bazaltowych. Ich zewnętrzne części są zgorzelowe i łatwo rozsypliwe, wewnątrz tworzy bazalt gruzłowaty – bardziej zwięzły. Rzadko zauważa się cienką korę bezzgorzelową. • Zgorzel o charakterystyce: 1-2,5/1,5-3,5 [35 %].

Nazwa wystąpienia	47. MIŁOSZÓW (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 580 m na W od Miłoszowa, na NE zboczu wzniesienia o nazwie Piaszczysta (396 m n.p.m.). Kamieniołomy VI i VII (złoża „Miłoszów”) wg Hermana (1971, 1973).
Opis wystąpienia	Stare dwupoziomowe wyróbisko (poziom dolny odpowiada „kamieniołomowi VI” a górny – „kamieniołomowi VII” wg Hermana, 1971, 1973 b). Spąg poziomu dolnego całkowicie pokryty zaroślami krzewiastymi i drzewostanem, ściany skalne widoczne jedynie w części zachodniej, reszta zakryta osypiskami. Poziom górny w lepszym stanie, ściany skalne zachowane niemal w całości.
Charakterystyka geologiczna	Kamieniołom w Miłoszowie udostępnia przypuszczalnie strefę kominową (Herman, 1971), a występującą tam skałę można prawdopodobnie określić jako bazalt plagioklazowy (por. opis wystąpień nr 39, 40, 68).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	W blokowisku u podnóża północnej ściany górnego poziomu wyrobiska natrafiono na nieliczne fragmenty skał zgorzelowych. Prawdopodobnie proces dotyczy głównie zewnętrznych ich części, podczas gdy jądra pozostają zdrowe. Zgorzel posiada stałą charakterystykę 1-2,5/1-3 [60 %].

Nazwa wystąpienia	48. MSZANA-OBŁOGA (naturalna wychodnia)
Lokalizacja	Ok. 1 km E od Muchowa, w rejonie grani wzgórza Mszana, ok. 100 m S oraz 200 m E od starej wieży widokowej (Jerzmański, 1955 a).
Opis wystąpienia	Błokowiska pod granią wzgórza oraz grupa skał o wysokości ok. 3 m eksponowana ku S.
Charakterystyka geologiczna	• Zachodnia część rozległego wystąpienia bazaltowego Mszana-Obłoga. Wcześniej uważano je za komin z resztką pokrywy lawowej (Jerzmański, 1969), późniejsze badania wykazały, że jest to pokrywa o bardzo zmiennej miąższości. Zasilający ją komin wulkaniczny mógł być zlokalizowany w północnej części złoza lub ok. 750 m w kierunku północnym, na obszarze wystąpienia bazaltu Owczarek (por. stanowisko obserwacyjne nr 53) (Stachowiak, 1977). • Dla wystąpienia Mszana-Obłoga podawane są różnorodne charakterystyki petrograficzne. Najczęściej skały te określane są jako trachybazanity (Jerzmański, 1956; Birkenmajer, 1967; Grocholski & Jerzmański, 1975). Taką nazwę stosuje też, bazując na wynikach analiz chemicznych, Jerzmański (1969). Na podstawie wykonanych przez tego autora badań mikroskopowych skała została sklasyfikowana jako bazalt plagioklazowy oraz bazalt plagioklazowy ze szkliwem. Stachowiak (1977) określa skały tego wystąpienia jako bazanity, zaś Kozłowska-Koch (1987) jako bazalt nefelin-normatywny.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Na zbadanym odcinku grani wzgórza zgorzel napotkano jedynie w niewielkiej grupie słupów bazaltowych w odl. ok. 200 m na S od wieży widokowej. Wystąpienie to ma w planie rozmiary ok. 10 m. • Na powierzchniach słupów występują charakterystyczne spękania, a ich wnętrza tworzy skała gruzłowata ze słabo widocznymi „plamkami” zgorzelowymi (2-3/3-6 [30 %]). • Skała zachowuje swoją formę, mimo silnego rozwoju zmian zgorzelowych. Dopiero po uderzeniu młotkiem rozpada się na gruz. • Na powierzchniach bloków skalnych znajdujących się ok. 100 m na S od wieży widokowej stwierdzono obecność nieregularnych spękań. Jednak dysjunkcje te wydają się być zabliźnione, zaś wnętrza bloków skalnych nie wykazują śladów zgorzeli.

Nazwa wystąpienia	49. NIEDÓW (zbocza wzgórza; mur okalający kościół)
Lokalizacja	Południowy stok Góry Borowej, tuż nad doliną Wilki oraz mur okalający teren kościoła (Berezowska & Berezowski, 1962 a).
Opis wystąpienia	Błokowiska zalegające na stokach. Bloki skalne w obrębie muru.
Charakterystyka geologiczna	• Obserwacje przeprowadzono w skrajnej części rozległego wystąpienia, mającego charakter wylewu bazaltowego. • Skałę określono jako bazalt nefelinowy (Berezowska & Berezowski, 1965 a).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Słabo widoczne ślady zgorzeli (3-5/7 [30 %]) występują w niektórych blokach skał gruzłowatych. Obecność skał wyraźnie zgorzelowych stwierdzono jedynie w obrębie muru okalającego kościół w Niedowie. Szare „plamki” zgorzelowe (2-3/5) tworzą strefy szliropodobne.

Nazwa wystąpienia	50. OPOLNO ZDRÓJ (stare kamieniołomy)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 1 km SEE od Opolna Zdroju; 400 m SE od nieczynnego zakładu produkcyjnego przy szosie Bogatynia-Opolno Zdr. (Berezowski, 1971).	
Opis wystąpienia	Dwa stare jednopoziomowe wyrobiska porośnięte lasem. Skarpy silnie zdegradowane, o wysokości nie przekraczającej 3 m.	
Charakterystyka geologiczna	• Według Birkenmajera (1967) zespół wystąpień tych skał tworzy wspólnie pozostałość czopu wulkanicznego. Zdaniem Berezowskiego (1973) w większości są to pozostałości pokrywy lawowej z centralnie umiejscowionym kominem. • Trachyfonolit (Smulikowski, 1960; Birkenmajer, 1967), fonolit (Berezowski, 1973), fonolit trachitowy (Kozłowski & Skiba-Wyderko, 1966 vide Berezowski, 1973) albo trachit z normatywnym nefelinem (Kozłowska-Koch, 1987).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	51. OSTRZYCA (naturalna wychodnia)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 2,3 km SW od wsi Proboszczów, szczyt g. Ostrzyca (499 m n.p.m.) (Milewicz & Kozdrój, 1991).	
Opis wystąpienia	Skała budująca szczyt wzniesienia oraz blokowiska zalegające na E stoku.	
Charakterystyka geologiczna	- Wystąpienie bazaltowe o niemal kolistym zarysie i średnicę ok. 300, opisywane jako resztki stożka wulkanicznego (Birkenmajer, 1967) lub czop (Milewicz & Kozdrój, 1994). - Wystąpienie budujące bazanity (Birkenmajer, 1967, Grocholski & Jerzmański, 1975) lub bazalty plagioklazowo-nefelinowe (Milewicz & Kozdrój, 1994).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	52. OŚCIEN (góra)
Lokalizacja	Szczyt (412 m n.p.m.) położony 2,5 km na S od Kondratowa i 2,5 km E od Rzeszówka k. Świerzawy (Frąckiewicz, 1955).
Opis wystąpienia	Ostry szczyt porośnięty wysokopiennym lasem mieszanym. Grań o orientacji N–S tworzy wychodnia bazaltu. U jej południowego krańca – niewielkie stare wyrobisko.
Charakterystyka geologiczna	Niewielki komin wulkaniczny o rozmiarach ok. 150×200m (Majkowska, 1989 b).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Obecność zgorzeli stwierdzono w kilku blokach skalnych na NW od szczytu. - Na powierzchniach bloków występują charakterystyczne nieregularne spękania przecinające bezzgorzelową korę o grubości ok. 3–4 cm. Wnętrza są wypełnione skałą zgorzelową 2-4/2-5 [50 %].

Nazwa wystąpienia	53. OWCZAREK (stare kamieniołomy)
Lokalizacja	1,7-2 km NE od Muchowa, ok. 2,5 km W od Myślinowa (Jerzmański, 1955 a); stoki wzg. Owczarek (447,6 m n.p.m.) (Herman, 1973).
Opis wystąpienia	Trzy niewielkie stare wyrobiska zlokalizowane na NW, E i SW zboczach wzgórza. Dość dobrze zachowane ściany nie przekraczają 8 m wysokości. Kamieniołomy w większości zalesione.
Charakterystyka geologiczna	- Komin bazaltowy (Herman, 1973 a; Jerzmański, 1969) o nieregularnym zarysie i wymiarach ok. 250×250 m. - Skały budujące wystąpienie wzgórza Owczarek klasyfikowano jako bazalty plagioklazowe (Jerzmański, 1969) lub trachybazanity (Herman, 1973 a).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Przejawy zgorzeli stwierdzono w kamieniołomach E i NW. - W NE ścianie pierwszego z nich natrafiono na słup bazaltowy o średnicy ok. 70 cm, wykazujący obecność zgorzeli. Występuje ona w jego wnętrzu, peryferie to 2-4 cm kora zdrowa. Zgorzel można określić jako grubą (5-6/10-12 [20 %]). „Plamki” posiadają bardzo nieregularne zarysy i szarą barwę. - W kamieniołomie NW, wśród bazaltu o wykształceniu płytkowym, występują nieliczne słupy o średnicy ok. 1 m. Na powierzchniach wykazują one charakterystyczne nieregularne spękania, ich wnętrza tworzy zgorzel bazaltowa o charakterystyce: 1,5-3/5-8 [25 %]. Skała jest silnie spękana i łatwo rozpada się na gruz. Powierzchnie zdrowych fragmentów skalnych pokryte są delikatnymi, jasnoniebieskimi nalotami mineralnymi.

Nazwa wystąpienia	54. PASIECZNIK (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Wzgórze położone ok. 800 m W od wsi Pasiecznik, 50 m N od szosy Gryfów Śl. – Jelenia Góra (Szałamacha, 1970).
Opis wystąpienia	Stary, silnie zdegradowany i zarośnięty kamieniołom. Skarpy o wysokości 2-3 m. Nieliczne odsłonięcia silnie zwietrzałej skały.
Charakterystyka geologiczna	- Izolowane wystąpienie będące prawdopodobnie pozostałością wydłużonego czopu wulkanicznego lub żyły. - Skała opisana jako bazalt nefelinowy (Szałamacha & Szałamacha, 1973).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Stwierdzono wystąpienie skały zgorzelowej o wielkości ok. 1 m. - Zgorzel o charakterystyce 1-2/1,5-3 [40 %]. - Mimo znacznego zaawansowania procesu zgorzelowego skała zachowuje formę nadaną przez sieć spękań ciosowych.

Nazwa wystąpienia	55. PIELGRZYMKA (nieczynny kamieniołom)
Lokalizacja	1,7 km na SE od stacji kolejowej we wsi Pielgrzymka (Milewicz & Jerzmański, 1957).
Opis wystąpienia	Nieczynny dwupoziomowy kamieniołom stanowiący obecnie komunalne wysypisko śmieci. Południowa ściana wyrobiska niewidoczna (przykryta osypiskiem, a częściowo porośnięta krzewami), ściany W, N i E w większości dobrze widoczne, osiągają wysokość do ok. 25–30 m. Ściany poziomu dolnego (o wys. ok. 4 m) widoczne bardzo słabo – poziom ten jest stopniowo wypełniany odpadkami.
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom zajmuje centralną część wystąpienia bazaltowego o długości ok. 800 m (NE–SW). Pod wschodnią częścią wyrobiska zlokalizowana jest prawdopodobnie strefa kominowa, część SW to pokrywa lawowa (Baławejder, 1985 b). - Jerzmański (1956) opisał występującą tu skałę jako trachybazanit. Zdaniem innych autorów jest to bazalt plagioklazowy (Birkenmajer, 1967), bazalt plagioklazowy albo trachybazalt (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970), bazalt (Smulikowski, 1960; Birkenmajer i in., 1977) albo bazalt nefelin-normatywny i bazanit (Kozłowska-Koch, 1987).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- W skałe <i>in situ</i> zaobserwowano nieznaczne ilości zgorzeli, natomiast w blokach skalnych zalegających w SE części wyrobiska występuje ona znacznie częściej. - Na północnej ścianie kamieniołomu stwierdzono obecność bloków (czasem słupów) bazaltu zgorzelowego występujących w obrębie skały zdrowej. Niektóre z nich miały formy zaokrąglone (fot. 22) a przez to wyraźnie odróżniały się od skały niezmienionej, inne zaś nie różniły się zewnętrznie od słupów zdrowych. W bezpośredniej bliskości zauważono obecność bazaltu drobnopłytkowego oraz tufu. - W odsłonięciu na ścianie N zgorzel w obrębie niewielkich słupów lub owalnych bloków występowała w ich wnętrzach lub nieregularnie, tj. w wydłużonych strefach położonych w całym przekroju słupów. Duże bloki w SE części odkrywki wykazywały zgorzel we wnętrzach, części zewnętrzne stanowiła kora bezzgorzelowa. - Zgorzel występującą w północnej części kamieniołomu można określić jako: 0,3-1/0,3-1 [10 %], zaś w SE części wyrobiska: 2-3/2-5 [40-50 %], lecz tu niekiedy „plamki” stykają się ze sobą. - Bloki zgorzelowe zachowują swój kształt choć skała uderzona młotkiem łatwo rozpada się na drobny gruz lub frakcję piaszczystą. - W SE części kamieniołomu zaobserwowano zasiedlanie szczelin w ulegających stopniowemu rozpadowi blokach przez mchy takie jak zębóróg purpurowy (<i>Ceratodon purpureus</i>), <i>Brachythecium salebrosum</i> i <i>Polytrichum piliferum</i> oraz porost Chrobotek kieliszkowaty (<i>Cladonia chlorophaea</i>) (fot. 14).

Nazwa wystąpienia	56. PILCHOWICE (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 1200 m SE od Pilchowic, 300 m NE od zapory spiętrzającej wody Jeziora Pilchowickiego (Szałamacha, 1974).
Opis wystąpienia	Stary dwupoziomowy kamieniołom. Skarpy dolnego poziomu całkowicie pokryte osypiskami i roślinnością. Na poziomie górnym – resztki ścian skalnych w częściach południowej i zachodniej.
Charakterystyka geologiczna	- Zdaniem Birkenmajera (1967) wystąpienie to ma charakter czopu wulkanicznego. - Występuje tu nefelinit (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970; Białowolska, 1980) lub bazanit (Kozłowska-Koch, 1987).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Obecność zmian zgorzelowych wykazują nieliczne bloki skalne o rozmiarach 10-20 cm. - Substancja zgorzelowa dominuje objętościowo nad relikdami bazaltu zdrowego, stanowiąc ok. 70 % objętościowych skały. Fragmenty te mają rozmiary 3-5 mm i znajdują się w średniej odległości 4 mm od siebie.

Nazwa wystąpienia	57. PRUSICE (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Szczyt góry Kopczyny (257 m n.p.m.) położonej ok. 300 m SW od Prusic k. Złotoryi (Jerzmański, 1955 b).	
Opis wystąpienia	Niewielki (o średnicy ok. 30 m) kamieniołom. Ściany całkowicie zakryte osypiskami i roślinnością trawiastą. Na spagu wyrobiska nieliczne bloczki skalne o średnicy do 10 cm.	
Charakterystyka geologiczna	Wyrobisko założone w centralnej części niewielkiego wystąpienia bazaltu o średnicy ok. 150 m (Jerzmański, 1955 b), stanowiącego prawdopodobnie pozostałość komina wulkanicznego.	

Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–
------------------------------------	---

Nazwa wystąpienia	58. RADOMIERZYCE
Lokalizacja	Ok. 1,4 km SEE od wsi Radomierzyce k. Zgorzelca; otoczenie wzgórza 229,4 m n.p.m (Berezowska & Berezowski, 1962 a).
Opis wystąpienia	Resztki silnie zarośniętych drzewostanem wyrobisk o wysokościach skarp nie przekraczających 3 m. Skała odsłania się tylko na jednym 10-metrowym odcinku.
Charakterystyka geologiczna	• Ze względu na znaczne rozmiary wystąpienia uznano, że ma ono charakter pokrywy. • Skała opisana jako bazalt oliwinowo-nefelinowy (Berezowska & Berezowski, 1965 a).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Nieliczne, zalegające wokół starych wyrobisk, bloki skały gruzłowej wykazują obecność zgorzeli (2-3/1-3 [50 %]). Zmiany te obserwować można w ich peryferycznych częściach.

Nazwa wystąpienia	59. RATAJ (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 800 m SE od Myśliborza, 3 km E od Paszowic; szczyt g. Rataj, tzw. Małe Organy Myśliborskie (Jerzmański i Kural, 1956).	
Opis wystąpienia	Stary kamieniołom rozcinający od NE podszczytową partię wzniesienia oraz blokowiska zalegające na NW zboczach.	
Charakterystyka geologiczna	• Niewielki czop wulkaniczny o średnicy ok. 250 m (Jerzmański, 1956; Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970). • Bazalt plagioklazowy (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970; Pentlakowa i in., 1952 vide Kural & Jerzmański, 1974; Birkenmajer, 1967) lub bazalt (Grocholski & Jerzmański, 1975).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	60. RĘBISZÓW (kamieniołom)
Lokalizacja	1,5 km E od Przecznicy, szczytowa partia wzniesienia 562 m n.p.m. (Maciejewski, 1957) o nazwie Łysa Góra (Nadybski, 1956) albo Urwista (na mapach turystycznych).
Opis wystąpienia	Trzypoziomowy czynny kamieniołom o długości około 450 m (E–W) (zał. 5 a).
Charakterystyka geologiczna	• Według Nadybskiego (1956) wystąpienie ma charakter rozszerzającego się ku górze czopu wulkanicznego. Borek i Kwapiński (1974 a) określili je jako wylew, Stachowiak (1983) uznała je natomiast za powstałą w dwóch etapach pokrywę wraz z kominem. • Skała określana jako bazalt nefelinowy (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970), bazalt oliwinowo-nefelinowy (Nadybski, 1956) lub nefelinit (Smulikowski, 1960; Birkenmajer i in., 1970).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Skały zgorzelowe występują w kilku punktach na terenie odkrywki. Zdaniem pracowników autochtoniczna strefa zgorzelowa jest zlokalizowana we wschodniej części kamieniołomu (por. zał. 5 a) na poziomie 520 i zanika na poziomie 510. Zgorzel słoneczna w pozostałych częściach wyrobiska była notowana jedynie w blokach skalnych przemieszczonych z miejsca naturalnego zalegania. • Na krawędzi poziomu 520 gromadzone są, pozyskiwane w trakcie eksploatacji bloki nadziarna o średnicach ok. 2 m. Według opinii pracowników skały te są początkowo zdrowe, później rozpadają się wzdłuż linii o nieregularnym przebiegu. We wnętrzu większości z nich stwierdzono obecność zgorzeli. W północnej części wyrobiska (zał. 5 a) występują bloki o rozmiarach ok. 30–40 cm, o silnie zwietrzałych powierzchniach. Na powierzchniach niektórych z nich występują spękania o nieregularnym przebiegu i ostrych krawędziach. Wnętrza tych bloków są zgorzelowe, na zewnątrz występuje kora bezzgorzelowa o grubości do 10 cm. • Charakterystyka skały zgorzelowej to: 1/1,5-2,5 [40 %]. • Szybkość rozpadu wielkich bloków (zdaniem pracowników kamieniołomu) określić można na 6 – 12 miesięcy.

Nazwa wystąpienia	61. RĘBISZÓW – STARY ŁOM (kamieniołom nieczynny)
Lokalizacja	Ok. 1200 m NE od Przecznicy (Maciejewski, 1957), tzw. Odarte Skały (na mapach turystycznych).
Opis wystąpienia	Stare jednopoziomowe wyrobisko w większości wypełnione zbiornikiem wodnym, do którego zrzucana jest woda z ciągu technologicznego kamieniołomu „Rębiszów”. Ściany skalne w większości zadrzewione, spąg pokryty roślinnością trawiastą i krzewiastą. U ich podnóży występują nieliczne bloki skalne.
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom położony jest we wschodniej części owalnego wystąpienia bazaltu o długości ok. 400 m (E–W), będącego prawdopodobnie pozostałością komina wulkanicznego (Borek & Kwapiński, 1974 a). - Skała określana jako bazalt nefelinowy (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970) lub nefelinit (Birkenmajer i in., 1970).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Nieliczne bloki skalne wykazują obecność zgorzeli słonecznej.

Nazwa wystąpienia	62. RUTKI (kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 1,5 km SE od Tułowic k. Niemodlina.
Opis wystąpienia	Dwupoziomowy kamieniołom wgłębnny.
Charakterystyka geologiczna	- Wystąpienie określane jako pokrywa lawowa (Birkenmajer, 1967; Stachowiak, 1987). Maćków (1984) podała, że może ono stanowić rozległą, rozciętą erozyjnie, pokrywę lub mieć charakter trzech osobnych centrów zasilających. - Podawane są zmienne charakterystyki petrograficzne skał. Wojno i in. (1951 vide Birkenmajer i in., 1970) opisali je jako bazalt plagioklazowo-nefelinowy oraz bazalt nefelinowy ze szkliwem. Zdaniem Birkenmajera (1967) wyrobisko zachodnie założono w nefelinicie a wschodnie w bazanicie (bazalcie plagioklazowo-nefelinowym), podobne odmiany wyróżniają też Birkenmajer i in. (1970). Birkenmajer i in. (1977) wyróżnia melabazanit Stachowiak (1987) bazalty, bazanity i nefelinity, zaś Stypułkowski i Majerowicz (1994) bazanity, bazanity melanokratyczne i nefelinity.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Stwierdzono obecność dwóch skupień bloków zgorzelowych o rozmiarach ok. 80 cm. Są one zlokalizowane w SW części wyrobiska na górnym i dolnym poziomie. Rozmiary tych stref oszacować można na 20 m. - Zmiany zgorzelowe występują w obrębie całych bloków skalnych. Tylko w jednym przypadku stwierdzono istnienie wąskiej (2–3 m) kory zgorzelowej otaczającej bezzgorzelowe wnętrze słupa bazaltowego. Również w jednym przypadku stwierdzono bardzo nietypowe położenie strefy zgorzelowej. Niewielka koncentracja „plamek” znajdowała się w sąsiedztwie ściany słupa bazaltowego, ale od powierzchni skały oddzielała ją 1,5 cm strefa bezzgorzelowa. „Plamki” zgorzelowe są z reguły słabo widoczne, łączą je nieliczne szczeliny włosowate. Jedynie w przypadku wspomnianej kory zgorzelowej mamy do czynienia ze zjawiskiem w pełni rozwiniętym. - Skały zgorzelowe posiadają stałą charakterystykę: 3-5/2-8 [30 %]. - W kamieniołomie (zwłaszcza w jego E części) powszechnie występują zjawiska mylone ze zgorzelą. Są to niebieskawo-szare naloty mineralne na nierównej, gruzłowej powierzchni skał.

Nazwa wystąpienia	63. SICHÓW (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 600 m S od Sichowa k. Złotoryi; zachodni stok Krzyżowej Góry (260 m n.p.m.) (Jerzmański & Walczak-Augustyniak, 1993); pole „A” wg Borka i Kwapińskiego (1974 b).	
Opis wystąpienia	Niewielki kamieniołom o dobrze zachowanych ścianach skalnych.	
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom udostępnia prawdopodobnie wychodnię żyły bazaltowej, która wykorzystwała dyslokacje sudeckiego uskoku brzeżnego. Ku wschodowi wystąpienie nabiera cech pokrywy lawowej (Borek & Kwapiński, 1974 b; Jerzmański & Walczak-Augustyniak, 1994). - Bazanit, czyli bazalt plagioklazowo-nefelinowy ze szkliwem (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970; Birkenmajer, 1967; Borek & Kwapiński, 1974 b), melabazanit (Birkenmajer i in., 1977) albo tefryt (Kozłowska-Koch, 1987).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	64. SKOKI (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	G. Skoki (342 m n.p.m.), ok. 1,9 km NW od Leśnej; kamieniołom nr II wg Hermana (1971, 1973 b).	
Opis wystąpienia	Stary dwupoziomowy kamieniołom o długości ok. 350 m (NE–SW). Wyższy, rozległy poziom pokryty jest na spągu roślinnością trawiastą oraz drzewiastą na skarpach. Poziom dolny – wypełniony wodą.	
Charakterystyka geologiczna	• Wystąpienie uważane za partię kominową dawnego wulkanu (Herman, 1971). • Prawdopodobnie bazalt plagioklazowy (por. 39, 40, 73).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	65. ŚLUP (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 150 m E od kościoła we wsi Słup (Jerzmański & Walczak-Augustyniak, 1993).	
Opis wystąpienia	Jednopoziomowy silnie zarośnięty kamieniołom. Ściany słabo dostępne, w większości zakryte osypiskami i odpadkami.	
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołom założony na NW skraju rozległej pokrywy bazaltowej Jawor-Męcinka (Birkenmajer, 1967) • Skała opisana jako trachyandezyt (bazalt plagioklazowy) (Birkenmajer, 1967).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	66. SMOLNIK (stary kamieniołom)	
Lokalizacja	Ok. 150 m W od zabudowań wsi Smolnik k. Leśnej; kamieniołom nr I wg Hermana (1971, 1973 b).	
Opis wystąpienia	Jednopoziomowe, głębokie (ok. 20 m) zalane wodą wyrobisko. Skarpy pokryte roślinnością, skała widoczna jest tylko na nielicznych odcinkach.	
Charakterystyka geologiczna	Partia kominowa (Herman, 1971) zbudowana z nefelinitu (Smulikowski, 1960).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Nieliczne bloczki wykazują obecność zgorzeli słabo widocznej na skutek zwiertzenia skał. • Zjawisko obejmuje wnętrza fragmentów skalnych o rozmiarach ok. 5–8 cm. Ich zewnętrzne partie to kora bezzgorzelowa o grubości ok. 0,7–1,5 cm. • Słabo widoczne „plamki” zgorzelowe mają rozmiary ok. 1 mm, a substancja zgorzelowa prawdopodobnie znacznie przeważa nad ziarnami skały zdrowej.	

Nazwa wystąpienia	67. SREBRNIK (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Południowy stok wzniesienia 335,0 m o nazwie Srebrnik (Berezowska & Berezowski, 1962 b), tuż pod zrównaniem szczytowym; 1250 m NE od Zalipia Dln.	
Opis wystąpienia	Niewielki kamieniołom zboczowy eksponowany ku S; ściana o wysokości ok. 4 m; nieliczne blokowiska na spągu.	
Charakterystyka geologiczna	Nieregularne wystąpienie bazaltowe o rozmiarach ok. 550 m (Berezowska & Berezowski, 1962 b). Prawdopodobnie komin wulkaniczny z resztką pokrywy lawowej.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	68. STOŻEK PERKUNA (wzgórze)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 1,4 km SE od Grabiszyc Grn. i 2,3 km SW od Leśnej. Szczyt wzniesienia o wys. 402,9 m n.p.m. (Berezowska & Berezowski, 1962 b), określanego na mapach turystycznych jako Kopka. Forma skalna nosząca nazwę Stożek Perkuna (Herman, 1971, 1973 b).	
Opis wystąpienia	Naturalna wychodnia w szczytowej partii wzgórza rozcięta na W starym kamieniołomem.	
Charakterystyka geologiczna	• Wydłużony czop z dwiema generacjami lawy (Birkenmajer, 1967) lub komin wulkaniczny (Birkenmajer, 1967; Śliwa, 1971). • Bazalt plagioklazowy lub trachybazalt (Wojno i in., 1951 vide Birkenmajer i in., 1970), bazalt plagioklazowy (Birkenmajer, 1967), bazalt (Grocholski & Jerzmański, 1975) lub nefelinit (Kozłowska-Koch, 1987).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	69. SULIKÓW (kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 500 m NE od centrum Sulikowa k. Zgorzelca (Berezowska & Berezowski, 1962 c).
Opis wystąpienia	Czynny, trzypoziomowy kamieniołom o wymiarach ok. 300×600 m (zał. 5 b).
Charakterystyka geologiczna	- Wystąpienie bazaltoidowe określane jako pokrywa lawowa (Berezowska & Berezowski, 1965b), wylew (Borek & Kwapiński, 1974 c) lub pokrywa przebita czopem wulkanicznym (Birkenmajer, 1967). Jakubowska i in. (1987) podali, że ma ono charakter pokrywy, ale w jej północnej części (poza obszarem kamieniołomu) zlokalizowana jest zapewne strefa kominowa. - Wojno i in. (1951 vide Birkenmajer i in., 1970) wyróżnili na obszarze wystąpienia w Sulikowie bazalt nefelinowy (ze szkliwem i bez szkliwa) oraz bazalt plagioklazowy ze szkliwem. Według Berezowskich (1965) występuje tu bazalt oliwinowo-nefelinowy, a zdaniem Birkenmajera (1967) – nefelinitowa pokrywa lawowa przebita czopem wulkanicznym o złożonej budowie petrograficznej (jego peryferie tworzy nefelinit a wewnątrz bazanitoid). Zdaniem Borka i Kwapińskiego (1974 c) oraz Kozłowskiej-Koch (1987) występują tu nefelinity.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Dominuje skała o drobnogruzłowatych powierzchniach przełamu (zał. 5 b). Wielkość gruzłów jest porównywalna z wielkością „plamek” i ziaren zdrowych w skałach zgorzelowych. Na powierzchniach tych skał często obserwuje się niebieskawe naloty mineralne. - Wzdłuż ok. 40 % ścian dolnego poziomu stwierdzono występowanie koncentracji skał zgorzelowych (co nie musi oznaczać, że całe te odcinki buduje skała zgorzelowa). Poziom górny jest dotknięty zgorzelą w niewielkim stopniu (por. zał. 5 b). - Ze względu na trudności z odróżnianiem skał zdrowych od gruzłowatych i zgorzelowych (zgorzel często wypełnia wnętrza słupów bazaltowych) nie udało się określić kształtu stref zgorzelowych. - W przewodzie zgorzel wypełnia wnętrza słupów, zaś 3-4 cm kora pozostaje zdrowa. W niektórych przypadkach większe części słupów pozostają zdrowe, a zgorzel tworzy jedynie stosunkowo niewielkie owaloidalne gniazda. Wydaje się, że strefy zgorzelowe mogą też przebiegać skośnie do powierzchni słupów bazaltowych. - W skali całego kamieniołomu zmiany zgorzelowe można opisać jako 1-4/1-4 [50-60 %]. Tylko w nielicznych skałach o „plamkach” skrajnie dużych ilość substancji zgorzelowej spada do około 35 %. W poszczególnych częściach wyrobiska parametry skał zgorzelowych wykazują jeszcze mniejszy rozrzut. Barwa „plamek” jest szara. - W kamieniołomie można obserwować zgorzel rozwiniętą w różnym stopniu. Niekiedy „plamki” są ledwo zauważalne zaś szczeliny włosowate nie występują, zazwyczaj jednak przejawy zgorzeli są wykształcone bardzo dobrze, a skały ulegają łatwemu rozpadowi po uderzeniu młotkiem. - Obserwowano występowanie zgorzeli w centralnych partiach rozszczepek. - Bloki skał zgorzelowych znajdowano zarówno w sąsiedztwie stref występowania tufów, jak i w znacznym oddaleniu od nich (zał. 5 b).
Nazwa wystąpienia	70. TARGOWICA (nieczynny kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 300 m NE od wsi Targowica (Wójcik, 1968).
Opis wystąpienia	Nieczynny dwupoziomowy kamieniołom o skomplikowanym przebiegu wyrobisk (por. zał. 6 a)
Charakterystyka geologiczna	- Pokrywa lawowa (Birkenmajer, 1967; Majkowska & Farbisz, 1984). Zasilający ją komin wulkaniczny znajdował się w NE części wystąpienia, daleko poza granicami kamieniołomu (Majkowska, 1992). - Według Wojno i in. (1951 vide Birkenmajer i in., 1970) występuje tu bazalt plagioklazowy albo trachybazalt. Bazalt plagioklazowy wymieniają też Birkenmajer (1967), Wójcik (1973) oraz Majkowska i Farbisz (1984). Kozłowska-Koch (1987) określa te skały jako bazalty nefelin-normatywne, Majkowska (1992) jako bazalty właściwe i bazanity, zaś August i in. (1995) wymienia bazalt oliwinowy.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	W kilku punktach na terenie kamieniołomu natrafiono na skały zgorzelowe. W większości przypadków zmiany te były zauważalne w blokach skalnych zalegających u podnóża ścian wyrobiska. Jednakże w SE części kamieniołomu (zał. 6 a) stwierdzono występowanie skał zgorzelowych <i>in situ</i>. Strefa zgorzelowa ma prawdopodobnie formę poлого zalegającej soczewy (fot. 36). Zachowana część tego ciała ma długość ok. 9 m i maksymalną miąższość rzędu 2–3 m.

	• Bloki skalne w opisanej powyżej strefie uległy zgorzeli w całości. W zachodniej części kamieniołomu natrafiono natomiast na fragmenty słupów bazaltowych, w których zjawisko to występowało w sposób bardzo nieregularny. Strefy zgorzelowe obejmowały częściowo ich wnętrza, a częściowo peryferie (fot. 29). • Na obszarze kamieniołomu występują skały zgorzelowe o bardzo zmiennych charakterystykach. „Plamki” z reguły mają barwę szarą, we wschodniej części wyrobiska natrafiono jednak na odosobniony blok skały zgorzelowej o odbarwieniach barwy rudej i lekko porowatej teksturze. Obserwować można przede wszystkim zgorzel średnią (2-3/5-6 o „plamkach” rudych oraz 1,5-2/3-5 i 2-3/4-10, z „plamkami” szarymi). Zgorzel gruba (4-6/5-9) tworzy opisaną powyżej soczewę we wschodniej części wyrobiska, a zgorzel drobną (0,2-0,5/0-0,5) stwierdzono w zachodniej części kamieniołomu (por. zał. 6 a). W większości przypadków skała zdrowa przeważa ilościowo nad „plamkami” zgorzelowymi stanowiącymi ok. 35 % objętości skały, jedynie w przypadku zgorzeli drobnej sytuacja jest odwrotna. Owalooidalne ciała bezzgorzelowe otoczone są zwartą masą „plamek” zgorzelowych. • Granica zgorzeli grubej ma charakter przejściowy – „plamki” występują coraz rzadziej. • W NW części kamieniołomu obserwowano nieliczne przypadki występowania zgorzeli w centralnych częściach starych bloków skalnych rozstrzeliwanych rozszczepkowo.
--	---

Nazwa wystąpienia	71. TRUPIEŃ (góra)
Lokalizacja	Ok. 1,8 km SE od Wilkowa Złotoryjskiego; SE część g. Trupień (Frąckiewicz, 1955).
Opis wystąpienia	Dwupoziomowe wyrobisko o owalnym zarysie i dłuższej osi długości ok. 300 m (NE–SW) (zał. 6 b).
Charakterystyka geologiczna	• Wystąpienie określone jako pionowa żyła rozszerzająca się przy powierzchni ziemi (Kochanowska & Żygadło, 1984). • Bazanity (Białowska, 1980; Kochanowska & Żygadło, 1984; Kozłowska-Koch, 1987) albo bazanity i bazalty (Białowska, 1993).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Na zgorzel natrafiono w trzech miejscach: w 1–2 metrowej średnicy blokach zgromadzonych na krawędzi górnego poziomu eksploatacyjnego, w osypisku położonym w północnej części wyrobiska oraz w blokowiskach ciągnących się wzdłuż NW ściany wyrobiska (zał. 6 b). • Sposób wykształcenia zgorzeli jest bardzo zmienny. W blokach nadziarna występuje typowa zgorzel „gruba” (8-11/12-15; [18 %]). Plamki zgorzelowe są rozmieszczone nierównomiernie tworząc skupienia w strefach nie nawiązujących do formy słupów bazaltowych (fot. 30). Na powierzchni bloków występują charakterystyczne nieregularne spękania (fot. 10, 11). Niektóre bloki ulegają rozpadowi na gruz (fot. 20). W nielicznych przypadkach występuje zgorzel „uśpiona” – pomimo występowania dobrze wykształconych „plamek” zgorzelowych skała zachowuje zwięzłość. Osypisko w północnej części kamieniołomu tworzą bloczki skały zgorzelowej o wielkości do 0,5 m. Są one w całości zgorzelowe, a na powierzchni występują charakterystyczne spękania. Zgorzel jest drobna (1-3/1-2; [45 %]). Bloczki podobnej skały spotyka się w znacznej ilości wzdłuż NW ściany wyrobiska. Zmiany zauważa się w całej ich objętości albo występuje kora bezzgorzelowa o grubości ok. 6 cm (fot. 24). • Pomiędzy wspomnianym osypiskiem a strefą występowania zgorzeli w blokowiskach znajduje się wkładka tufu (zał. 6 b).

Nazwa wystąpienia	72. UNIEGOSZCZ (nieczynny kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 2,5 km SE od centrum Lubania Śląskiego, szczytowa partia wzgórza Ostrózek 282,2 m n.p.m. (Berezowski, 1956; Krzyśków, 1985).
Opis wystąpienia	Nieczynny dwupoziomowy kamieniołom poddany rekultywacji. Ściany skalne dobrze zachowane, miejscami przykryte osypiskami.
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołom założono w obrębie wystąpienia bazaltowego o rozmiarach ok. 600 m. Birkenmajer (1967) wydzielił tu dwie generacje skał: starszą pokrywę lawową oraz czop wulkaniczny. Krzyśków (1985) wystąpienie to opisał jako pokrywę lawową wraz z centralnie umiejscowionym kominem wulkanicznym. • Bazalt nefelinowy ze szkliwem (Wojno i in. 1951 vide Birkenmajer i in., 1970), bazanit i bazalt nefelinowy (Drozdowski & Miszewski, 1969 b), nefelinit (Birkenmajer, 1967, Birkenmajer i in., 1970) lub bazanit (Krzyśków, 1985).

Opis przejawów zgorzeli słonecznej	• Na skały zgorzelowe natrafiono w kilku punktach na terenie całego wyrobiska. Ich obecności nie stwierdzono w pobliżu tufów. • Skały zgorzelowe o charakterystyce 2,5-3/1-5 [25 %] występowały w wewnętrznych częściach słupów bazaltowych, ich kora pozostawała zdrowa. • Dość licznie zauważa się pseudozgorzelowe plamki występujące wyłącznie na powierzchniach fragmentów skalnych (fot. 6).
------------------------------------	--

Nazwa wystąpienia	73. UNIEGOSZCZ I (złoże udostępnione dwoma starymi kamieniołomami)
Lokalizacja	Wzgórze o wys. ok. 262 m n.p.m. położone pomiędzy Uniegoszczem i Nowym Uniegoszczem (Berezowski, 1956). Złoże „Uniegoszcz I” wg Kochanowskiej (1998).
Opis wystąpienia	Dwa stare wyrobiska o silnie zniszczonych ścianach (pokrytych w większości osypiskami). Całkowicie porośnięte drzewostanem.
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołomy znajdują się na obszarze niewielkiego wystąpienia o długości ok. 300 m (NE–SW). Według Wojno i in. (1951 vide Birkenmajer i in., 1970) istnieje tu czop oraz pozostałość wylewu. Birkenmajer (1967) uznaje starszą generację skał wylewnych za pokrywę, a młodszą za komin. Zdaniem Kochanowskiej (1998) jest to pozostałość strefy kominowej. • Wojno i in. (1951 vide Birkenmajer i in., 1970) wyróżnili czop nefelinitowy oraz wylew nefelinitu ze szkliwem, zaś zdaniem Birkenmajera (1967) występują tu dwie generacje nefelinitu (starsza zawiera szkliwo). Kochanowska (1998) określa skałę ze złoża Uniegoszcz I jako bazalt nefelinitowy.
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Jeden z blozków o średnicy ok. 20 cm wykazał obecność zgorzeli. Jego peryferyczna część to 2-centymetrowej grubości kora zdrowa, wewnątrz wypełnia zgorzel o charakterystyce 0,8/0,5 [75 %], jednakże w centralnej części bloku występują owaloidalne fragmenty bazaltu zdrowego o wielkości 4–15 mm.

Nazwa wystąpienia	74. WESOŁÓWKA (stary kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Pomiędzy wsiami Wesołówka i Pisarzów k. Siekierzyna. Pod szczytem bezimiennego wzniesienia o wys. ok. 282 m n.p.m. (Berezowska & Berezowski, 1958 b).	
Opis wystąpienia	Niewielki jednopoziomowy kamieniołom o średnicy ok. 40 m. Większość skarp porośnięta drzewami, ściany skalne dostępne jedynie w południowej i północnej części.	
Charakterystyka geologiczna	Wyrobisko założone w obrębie niewielkiego izolowanego wystąpienia bazaltu dł. ok. 200 m (Berezowska & Berezowski, 1958 b), będącego prawdopodobnie pozostałością komina wulkanicznego.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	75. WIEŻA (stary kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 1200 m NW od wsi Wieża, ok. 2300 m SW od centrum Gryfowa Śląskiego (Mazur, 1956).
Opis wystąpienia	Rozległe dwupoziomowe wyrobisko o długości ok. 400 m (E–W). Dolny poziom wypełniony wodą. Ściany skalne zachowane w dobrym stanie jedynie ponad zbiornikiem wodnym. Na spagu górnego poziomu występują miejscami nagromadzenia bloków skalnych o wielkości do 0,5 m.
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołom obejmuje niemal całą powierzchnię izolowanego wystąpienia bazaltowego (Mazur, 1956). Birkenmajer (1967) podaje, że jest to zespół sillów tnących osady węgliste i klastyczne. W centralnej części kamieniołomu istniały wąskie kominy tufowe. Stachowiak i Mżyk (1987) podają informacje o istnieniu dwóch wyraźnych poziomów bazaltu o odmiennej orientacji słupów. • Skała opisywana jako bazanit (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970; Grocholski & Jerzmański, 1975; Kozłowska-Koch, 1987).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	We wschodniej części odkrywki natrafiono na bloki skały zgorzelowej o stałej charakterystyce 0,2-1/0,2-0,5 [80 %].

Nazwa wystąpienia	76. WILCZA GÓRA (kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 2 km S od Złotori, szczyt wzg. Wilkołak (373 m n.p.m.) (Jerzmański, 1955 b).
Opis wystąpienia	Czynny 3-poziomowy kamieniołom wgłębny.
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołom udostępnia komin wulkaniczny o stromo nachylonych ścianach (Fiłon, 1981; Dziedzic, 1988). - Zdaniem Wojno i in. (1951 vide Birkenmajer, 1970) występuje tu bazalt plagioklazowo-nefelinowy albo bazanit nefelinowy. Większość autorów zgadza się, że skała ta to bazanit (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970; Grocholski & Jerzmański, 1975; Birkenmajer i in., 1977; Kozłowska-Koch, 1987) lub melabazanit (Białowolska, 1980).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Obecność zgorzeli słonecznej stwierdzono w blokach skalnych zlokalizowanych w środkowej części kamieniołomu, zarówno po wschodniej, jak i zachodniej jego stronie. Wydaje się, że w przypadku pierwszego z wymienionych punktów mamy do czynienia z niemal autochtoniczną pozycją fragmentów skalnych (prawdopodobnie odpadły one od znajdującej się powyżej skały znajdującej się w sąsiedztwie dużej ilości tufów). - Zgorzel występowała we wnętrzach bloków skalnych o rozmiarach ok. 0,5 m. Ich zewnętrzne części stanowiła kora bezzgorzelowa o miąższości do 3 cm. - Charakterystyka zgorzeli jest następująca: 2-3/1,5-3 [30 %].
Nazwa wystąpienia	77. WILEMOWICE (stare kamieniołomy)
Lokalizacja	Ok. 5 km E od Ziębic i 4,5 km W od Szklar.
Opis wystąpienia	Zespół kilku starych, silnie zdegradowanych kamieniołomów położonych w lesie. Skarpy kamieniołomu południowego są w części pokryte osypiskami i roślinnością. Dolny poziom – wypełniony wodą. Kamieniołom wschodni oraz północny posiadają dobrze zachowane ściany wyrobisk, skarpy kamieniołomu zachodniego są silnie zniszczone.
Charakterystyka geologiczna	- Kamieniołomy zostały założone w zespole izolowanych wystąpień bazaltów, będących wypełnieniem szczelin doprowadzających magmę oraz pozostałościami przylegających wylewów i pokładów piroklastycznych (Stachowiak, 1987; Wroński, 1970, 1973, 1975). - Występują tu bazalty właściwe (Wroński, 1970, 1975) albo bazalty, bazanity i nefelinity z towarzyszącymi im piroklastykami (Stachowiak, 1987).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Obecność skał zgorzelowych stwierdzono na obszarze kamieniołomów południowego i północnego. Słabe odsłonięcie ścian wyrobiska uniemożliwiło jednak określenie parametrów stref zgorzelowych. - Zgorzel występowała zarówno w masywnych bazaltach o barwie szarej, jak i w skałach o wysokiej porowatości, przechodzących w tufy. - Zmiany zgorzelowe w skałach masywnych obserwowano w kamieniołomie południowym, w blokach skalnych o niewielkich rozmiarach (do 30 cm). W niektórych przypadkach „plamki” występowały w całej ich objętości, kiedy indziej jedynie w strefach peryferycznych. Zgorzel wykazywała dużą zmienność, od: 1-2/1 [70 %] do 5-7/5-12 [30 %]. Również stopień jej rozwinięcia był zmienny – od słabego, nie wpływającego na zwięzłość skały do silnego. - Zgorzel występującą w skałach porowatych i tufowatych wykryto w wyrobisku południowym i północnym. Posiada one zmienne charakterystyki od 0,5-1/1-3 [20 %] do 2-3/2-6 [15 %]. - W kamieniołomach powszechnie występują zjawiska utrudniające rozpoznawanie zgorzeli mające postać żółtawych i rudych nalotów mineralnych na gruzłowatych powierzchniach skał.
Nazwa wystąpienia	78. WINNA GÓRA (kamieniołom)
Lokalizacja	Ok. 1 km W od Piotrowic k. Jawora; obszar wzg. Winnica (Jerzmański, 1955 a).
Opis wystąpienia	Czynny dwupoziomowy kamieniołom o długości ok. 400 m (zał. 7)
Charakterystyka geologiczna	- Komin wulkaniczny (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970; Majkowska, 1991 a). - Skała opisana jako trachyandezyt (Birkenmajer, 1967; Birkenmajer i in., 1970) lub trachybazalt sodowy (hawaii) (Kozłowska-Koch, 1987).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Na terenie kamieniołomu, zarówno w blokowiskach, jak i na ścianach skalnych obserwuje się znaczne ilości zgorzeli słonecznej. Podczas prac kartograficznych w roku 1997 stwierdzono, że na około 25 % długości ścian północnej części dolnego poziomu występują tego typu zmiany (zał. 7). Penetracja wyrobiska przeprowadzona

	jesienią roku 2000 wykazała, iż (w wyniku postępu robót górniczych) udział zgorzeli znacznie wzrósł. • Strefy zgorzelowe występują w NE części kamieniołomu, a więc dokładnie ponad strefą kominową wystąpienia bazaltowego (zał. 7). • Strefy występowania skał zgorzelowych wykazują bardzo zróżnicowane rozmiary i formy. Najmniejsze z nich mają rozmiary rzędu 1–2 m i soczewowate formy (ryc. 6.15), większa (o wielkości około 15 m) okazała się bardzo nieregularna, choć obserwowany przebieg jej granic był częściowo wynikiem intersekcji z nierówną powierzchnią skały (fot. 34). Forma największych obserwowanych stref zgorzelowych była niemożliwa do określenia na skutek niedostępności ścian skalnych. Można jedynie stwierdzić, że ich długość liczona wzdłuż ściany wyrobiska waha się pomiędzy 15 a 80 metrami, zaś miąższość w co najmniej jednym przypadku przekracza 13 m (czyli wysokość poziomu eksploatacyjnego). • Skały zgorzelowe występują w całej objętości słupów i płyt bazaltowych. Nie obserwowano kory zdrowej. • W blokowiskach przy wschodniej ścianie dolnego poziomu kamieniołomu powszechnie występują różnorodne struktury zaznaczające się poprzez nagłe zmiany parametrów „plamek”. Przyjmują one postać wąskich planarnych (szliropodobnych) stref wypełnionych zgorzelą drobną przecinających obszary bazaltu grubozgorzelowego (fot. 32). Miejscami przechodzą one w gniazdopodobne ciała o rozmiarach rzędu 1 metra i skomplikowanej budowie wewnętrznej (fot. 33, ryc. 6.9). W ich obrębie obserwuje się niewielkie ciała o owaloidalnych lub nieregularnych ale zaokrąglonych kształtach mające rozmiary od 1 do 5 cm. Ich charakterystyczną cechą jest brak „plamek” lub obecność nielicznych „plamek” o stałych rozmiarach i niemal idealnie okrągłych kształtach (fot. 15). • Zgorzel gruba posiada charakterystykę 4-14/8-15 [20 %]; „plamki” w obrębie stref drobnozgorzelowych osiągają przeważnie rozmiary od 0,25 do 1 mm, a udział substancji zgorzelowej stanowi około 80 % powierzchni skały. W niektórych obszarach „plamki” stają się jeszcze drobniejsze, rośnie też ich udział w masie skały. Na granicach drobnozgorzelowych struktur planarnych występują wąskie strefy zgorzeli o parametrach przejściowych (fot. 32, 33). Zgorzel w owaloidalnych i nieregularnych ciałach ma charakterystykę: 1-1,5/2-5 [20 %]. • Wydaje się, że w tym stanowisku obserwacyjnym występowanie zgorzeli może być przestrzennie powiązane ze strefami tufowymi (por. zał. 7). • Na obszarze kamieniołomu często występują zjawiska pseudozgorzelowe na powierzchniach skał, a także wprowadzające w błąd naloty i wykwyty mineralne (fot. 2–4).
--	--

Nazwa wystąpienia	79. WOJCIECHÓW (kamieniołom)	
Lokalizacja	Ok. 500 m E od Wojciechowa k. Lubomierza (Szałamacha, 1970). Szczytowa partia dominującego nad okolicą wzniesienia o wys. 442,8 m n.p.m. (Domański, 1970).	
Opis wystąpienia	Czynny dwupoziomowy kamieniołom o średnicy ok. 100 m. Ściany poziomu górnego częściowo zakryte osypiskami i zarośnięte.	
Charakterystyka geologiczna	• Kamieniołom udostępnia kominową strefę niewielkiego wystąpienia bazaltowego (Domański, 1970; Szałamacha & Szałamacha, 1973). • Według Wojno i in. (1951 vide Szałamacha & Szałamacha, 1973) występują tu bazalty plagioklazowo-nefelinowe. Domański (1970) stwierdził obecność bazaltów plagioklazowo-nefelinowych (bazanitów) z przejściami do bazaltów plagioklazowych (bazaltów).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Właściciel nie wyraził zgody na zbadanie kamieniołomu. Zdaniem pracowników w obrębie odkrywki występują niewielkie ilości zgorzeli bazaltowej.	
Nazwa wystąpienia	80. ZŁOTORYJA – ZŁOTA (nieczynny kamieniołom)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 2 km NW od centrum Złotoryi (Jerzmański, 1955 b).	
Opis wystąpienia	Prawdopodobnie jednopoziomowy kamieniołom wgłębny o wymiarach ok. 200×150 m. W dolnej części wypełniony wodą.	
Charakterystyka geologiczna	Wyrobisko zajmuje większość powierzchni izolowanego wystąpienia bazaltowego, będącego prawdopodobnie pozostałością komina wulkanicznego.	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	81. ŻELAZOWA (naturalna wychodnia)
Lokalizacja	Pomiędzy wsiami Żelazowa i Żółkiewka k. Strzegomia; szczyt wzgórza o wys. 301,4 m n.p.m. (Drozdowski & Miszewski, 1969 a; Kural, 1980).
Opis wystąpienia	Skalna grań o dł. ok. 50 m położona na szczycie porośniętego lasem wzniesienia. Wokół – liczne bloki skalne o rozmiarach do 0,4 m.
Charakterystyka geologiczna	Wystąpienie to jest prawdopodobnie pozostałością niewielkiego komina wulkanicznego (Drozdowski & Miszewski, 1969 a; Kural, 1982) wypełnionego bazaltem oliwinowym (Drozdowski & Miszewski, 1969 a).
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	- Przejawy zgorzeli słonecznej zaobserwowano w nielicznych fragmentach słupów bazaltowych wokół grani szczytowej. Zmiany obejmowały całe fragmenty skalne – nie zauważono występowania kory bezzgorzelowej. - Skala zgorzelowa ma charakterystykę: 1-1,5/0,5-1 [85 %].

Nazwa wystąpienia	82. ŻERKOWICE (stare kamieniołomy)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Obszar wsi Żerkowice k. Lwówka Śląskiego.	
Opis wystąpienia	Dwa (spośród czterech zaznaczonych przez Milewicz, 1956) kamieniołomy położone przy szosie Lwówek Śląski-Bolesławiec.	
Charakterystyka geologiczna	- Wystąpienie to określone zostało jako resztki tufowo-bazaltowego stożka wulkanicznego (Milewicz, 1964). - Skalę opisano jako bazalt plagioklazowy i trachybazalt (Milewicz & Grocholski, 1960; Milewicz, 1964) lub bazalt kwarc-normatywny (Kozłowska-Koch, 1987).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	–	

Nazwa wystąpienia	83. ŻÓŁKIEWKA (dwa stare kamieniołomy)	brak zgorzeli
Lokalizacja	Ok. 1 km NW od centrum Strzegomia (Kural, 1980); pola „I” i „II” złoża „Żółkiewka” wg Balawejdera (1983, 1985 a).	
Opis wystąpienia	Wyrobiska udostępniające dwa wystąpienia bazaltu. Eksploatację w kamieniołomie południowym zakończono w roku 1982 po wyczerpaniu zasobów (Balawejder, 1983). Obecnie jest ono zalane wodą. Ściany zachowane dobrze, liczne piarżyska i bloki. Kamieniołom północny silnie zarośnięty drzewostanem o wieku co najmniej 30–40 lat. Ściana skalna dobrze zachowana, u podnóża – liczne blokowiska.	
Charakterystyka geologiczna	- Południowe wystąpienie bazaltu uważane jest za fragment pokrywy lawowej, zaś północne może być pozostałością komina wulkanicznego (Kural, 1982; Balawejder, 1985 a). - Bazalt plagioklazowy albo trachybazalt (Wojno i in. 1951 vide Birkenmajer i in., 1970), bazalt plagioklazowy (Birkenmajer, 1967), bazalt (Grocholski & Jerzmański, 1975) lub bazalt nefelin-normatywny (Kozłowska-Koch, 1987).	
Opis przejawów zgorzeli słonecznej	Brak jakichkolwiek oznak zgorzeli, również w obrębie zachowanych pozostałości po rozstrzeliwaniu rozszczepek.	

6. Charakterystyka skał zgorzelowych

6.1. Opis makroskopowy

Odróżnianie skał zdrowych od zgorzelowych

Ważnym problemem związanym z makroskopową charakterystyką skał zgorzelowych lub narażonych na rozwój zgorzeli jest ich odróżnianie (zwłaszcza w warunkach polowych) od skał zdrowych. Według Wojciechowskiej i Śliwy (1970) oraz Białowolskiej (1980) skały zgorzelowe cechuje wyższa kruchość. Natomiast Hibschi (1920) oraz Hoppe (1936) podają, że świeżo urobione bazalty zgorzelowe nie odróżniają się od zdrowych. Jedynie w niektórych przypadkach diagnostyczny może być wygląd powierzchni skał, gdyż bazalty zgorzelowe wykazują przełam nierówny lub zadziorowaty, w odróżnieniu od gładkiego, muszlowego przełamu skał zdrowych. Podobnie Śliwa (1975) informuje, że co prawda skały zgorzelowe wykazują najczęściej przełam zadziorowaty i nierówny, zaś skały zdrowe najczęściej gładki i muszlowy, to reguła ta nie jest całkowicie miarodajna ze względu na znaczną ilość skał bezzgorzelowych o zadziorowatych powierzchniach oddzielności.

Kłopoty ze stwierdzaniem obecności skał zgorzelowych łączą się też z występowaniem kory bezzgorzelowej na słupach bazaltowych dotkniętych tym zjawiskiem (Śliwa, 1975; por. też rozdz. 6.2). Obserwacja samych „plamek” zgorzelowych narażających natomiast trudności ze względu na to, że stają się one widoczne dopiero na suchych powierzchniach skał (m. in. Śliwa, 1975).

Wyniki badań własnych pozwalają stwierdzić, że skały zdrowe (bezzgorzelowe) wykazują zarówno przełam równy, gładki czy muszlowy, jak też zadziorowaty lub gruzłowy (określany niekiedy mianem struktury kokkolitowej – por. rozdz. 2). W związku z tym, na podstawie obserwacji makroskopowych, skały zgorzelowe przed ujawnieniem się „plamek” są najczęściej nieodróżnialne od bazaltu bezzgorzelowego. Pomocne okazuje się jedynie opisane poniżej występowanie w niektórych stanowiskach badawczych nieregularnych spękań na powierzchniach bloków zgorzelowych.

Opis skał zgorzelowych

Ogólne opisy skał zgorzelowych informują przede wszystkim o ich wyjaśnieniu (Wojciechowska & Śliwa, 1970; Majkowska, 1991 a; Dyjor & Kościółko, 1995). Bardzo zróżnicowane są informacje o kolorach skał dotkniętych zgorzelą. W przeważającej liczbie publikacji znajdujemy informacje o przyjmowaniu przez nie odcieni szarych (Wojciechowska & Śliwa, 1970; Krzyśków, 1986; Białowolska, 1980; Borek & Kwapiński, 1974 c), niebieskawych (Dyjor & Kościółko, 1995; Krzyśków, 1986; Majkowska, 1991 a, 1992), bądź popielatych (Wojciechowska & Śliwa, 1970; Krzyśków, 1986; Majkowska, 1982 b). Dość często natrafić można na opisy takich skał o odcieniach rdzawych, rudych i brązowych (Majkowska, 1982 b, 1989 a, 1991 a; Krzyśków, 1986), a także żółtawych (Majkowska, 1982 b). Rzadziej pojawiają się wzmianki o bazaltach zgorzelowych barwy ciemnopopielatej z odcieniem granatowym (Rutnik, 1974), czy o zgorzeli „barwy pleśni” (Nadybski, 1956; Skurzewski, 1973).

Jak wspomniano za cechę charakterystyczną skał zgorzelowych uznaje się ich nierówne powierzchnie przełamu (m. in. Leppla, 1901; Hoppe, 1936). W różnych źródłach cecha ta określana jest jako struktura (Kochanowska & Żygadło, 1984) czy tekstura (Wojciechowska & Śliwa, 1970; Krzyśków, 1986; Borek & Kwapiński, 1974 c) gruzłowa albo gruzelkowa. Kiedy indziej mówi się po prostu o gruzłowej lub gruzłowatej budowie tych skał (Białowolska, 1980; Bolewski & Parachoniak, 1982; Majkowska, 1991 a; Dyjor & Kościółko, 1995). Smulikowski (1960), Rutnik (1974) oraz Krzyśków (1986) wspominają

też o zadziorowatym (lub nierównym) przełamie skał zgorzelowych. W nielicznych przypadkach podawane są informacje o silnie porowatej (gąbczastej) teksturze skał zgorzelowych (Nadybski, 1956; Wójcik, 1973).

Opisy skał zgorzelowych, zwłaszcza zamieszczane w dokumentacjach geologicznych złóż bazaltów, obfitują w stwierdzenia o występowaniu zgorzeli w postaci różnobarwnych nalotów (Skurzewski, 1973; Białowska, 1980; Majkowska, 1982 b, 1991) na powierzchniach skał (Nadybski, 1956; Borek & Kwapiński, 1974 b; Krzyśków, 1986) lub występujących wzdłuż nieregularnych spękań (Majkowska, 1992). Również Maślankiewicz (1961) stwierdził, iż zgorzel jest zjawiskiem „powierzchniowym”.

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że skały zgorzelowe, traktowane jako całość, wykazują oczywiście jaśniejsze zabarwienie niż skały nie ulegające temu procesowi. Niemniej ich zdrowe fragmenty ciągle posiadają barwy ciemnoszare do czarnych, dlatego podawanie informacji o wyjaśnieniu skał zgorzelowych jest zbytnim uproszczeniem i może być dezinformujące. Jedynie w przypadku bazaltoidów bardzo drobnoszgorzelowych, o skrajnie wysokim udziale substancji zgorzelowej może być to uzasadnione.

Nierówne powierzchnie przełamu skał zgorzelowych nie mogą być uznane za przesądzające o zgorzelowości skały, gdyż nader często ich obecność notuje się w przypadku bazaltoidów określanych jako „gruzłowate” (Zagożdżon, 1997, 1998 a), a nawet w skałach całkowicie zdrowych. Obserwacje te w pełni potwierdzają przytoczone na wstępie rozdziału opinie Hibscha (1920), Hoppego (1936) i Śliwy (1975).

Obserwowane w terenie skały zgorzelowe w ogromnej większości wykazują obecność tekstur masywnych. Jedynie niektóre z nich, o „plamkach” barwy rudej lub brązowej, mają tekstury porowate. Niemniej stosowanie w odniesieniu do nich terminu „tekstura gąbczasta” nie znajduje podstaw.

Opisywanie w literaturze „nalotów zgorzeli” lub informacje o jej występowaniu na powierzchni skał wynika z mylenia symptomów tego procesu z różnorodnymi zjawiskami wietrzeniowymi i przejawami mineralizacji. W trakcie prac terenowych stwierdzono, że są to nieregularne naloty (fot. 1, 2, 4) lub wykwyty mineralne (fot. 2, 3), a rzadziej wspomniane w rozdz. 3.3 plamki „pseudozgorzelowe” (fot. 5, 6).

Istotną cechą, pozwalającą z niemal całkowitą pewnością wyrokować o rozwoju zgorzeli wewnątrz słupów bazaltowych, jest występowanie na ich powierzchni nieregularnych spękań i szczelin o bardzo ostrych krawędziach. Fotografie ukazującą to zjawisko znajdujemy w pracy Kühnela i Tshibangu Katshi (1997). Było ono także obserwowane wielokrotnie w terenie. W dziesięciu stanowiskach (m. in.: Bukowa Góra, Gronowskie Wzgórze, Rębiszów, Trupień) było ono wykształcone w typowy sposób, tzn. na powierzchni bloków zgorzelowych występowały spękania i szczeliny o ostrych krawędziach (fot. 7-11). Cechy tych dysjunkcji wydają się dowodzić ich powstania w wyniku pęcznienia wnętrza bloków skalnych. W kamieniołomie na SE stoku Bazaltowej Góry (stanowisko obserwacyjne nr 3) na powierzchni skał zgorzelowych zauważono obecność spękań o podobnym przebiegu, były one jednak „zabliźnione”, a ich krawędzie uległy zaokrągleniu (fot. 12). Na szczycie tego wzniesienia (stanowisko nr 2) oraz pod granią wzgórza Mszana-Obłoga (stanowisko nr 48) podobne „zabliźnione” spękania występowały na skałach nie dotkniętych zgorzelą. Omawiane dysjunkcje są niekiedy zasiedlane przez florę porostów i mchów oraz rośliny zielne, a nawet drzewa (fot. 7, 8, 13, 14; por. rozdz. 5, stanowiska 3, 5, 10, 19, 55, 70).

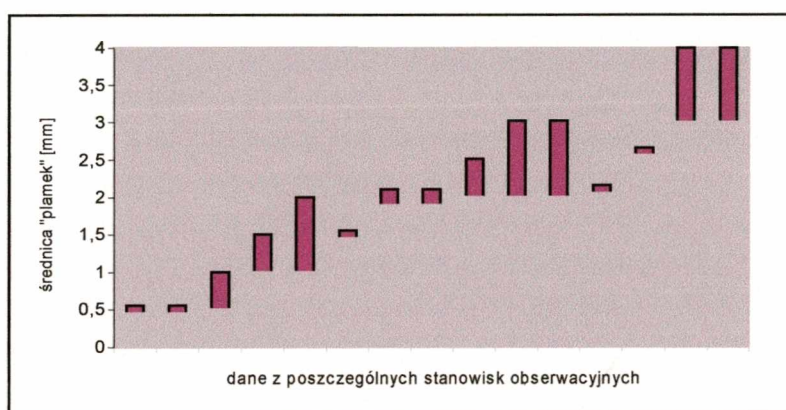
Symptomy zgorzeli bazaltowej

Zjawiskiem najbardziej charakterystycznym, diagnostycznym dla zgorzeli słonecznej, jest powstawanie w obrębie skały jaśniejszych odbarwień nazywanych w literaturze „plamkami”. Najmniejsze takie struktury, o wielkościach ułamków milimetra, opisano z kamieniołomu

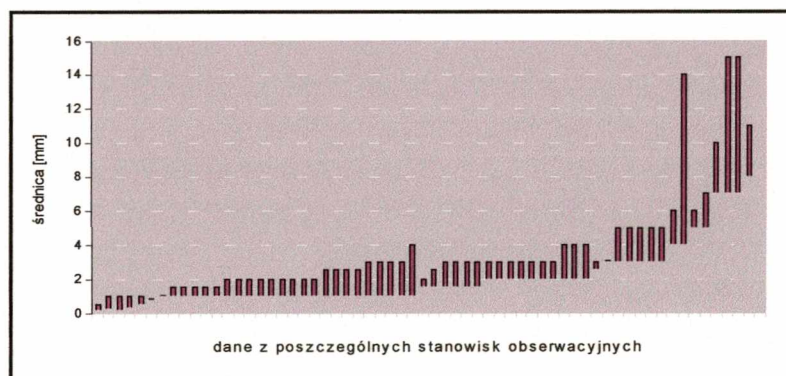
Winna Góra (Zagożdżon, 1998 a). O „plamkach” wielkości 1 mm informowali Leppla (1901), Klemm (1902), Hibsch (1920) i Śliwa (1975). Górną granicę ich wielkości Hoppe (1936) określa na 5 mm, Leppla (1901) na 6 mm, a Śliwa (1975) na 8 mm. W innych przypadkach obserwowano „plamki” o rozmiarach 10 (Klemm, 1902), 14 (Zagożdżon, 1998 a), a nawet ponad 20 mm (Hibsch, 1920). Za „plamki” należy też uznać koncentracje jasnych minerałów w skałach z kamieniołomu Gronowskie Wzgórze, opisane przez Wojciechowską i Śliwę (1970). Rozmiary tych stref wahały się pomiędzy 0,5 a 2 mm (tylko sporadycznie dochodziły do 3 mm).

Systematyczne badania przeprowadzone przez Ernsta i Drescher-Kadena (1940) wykazały, że zakres wielkości „plamek” w badanych przez nich skałach z 14 stanowisk badawczych mieści się pomiędzy 0,5 a 4 mm (ryc. 6.1), zaś ich średnie wielkości wahały się pomiędzy 1,21 a 3,5 mm.

Ryc. 6.1. Wielkość „plamek” w skałach badanych przez Ernsta i Drescher-Kadena (1940)



Ryc. 6.2. Średnice „plamek” w poszczególnych stanowiskach obserwacyjnych



Sulików) ich parametry pozostawały stałe na obszarze całych, nawet posiadających znaczne rozmiary, wystąpień.

Barwa „plamek” bywa ogólnie określana jako jaśniejsza (Leppla, 1901; Hibsches, 1920). W większości przypadków dowiadujemy się o szarym, jasnoszarym lub szaro-białym ich zabarwieniu (Leppla, 1901; Klemm, 1902; Hibsches, 1920; Holler, 1930; Hoppe, 1936; Śliwa, 1975; Zagożdżon, 1998 a). Znacznie mniejsza ilość „plamek” zgorzelowych wykazuje odcienie rude do czerwonych (Voigt, 1794 oraz v. Leonhard 1832 vide Pukall 1939; Klemm, 1902; Krzyśków, 1986; Majkowska, 1991 a; Zagożdżon, 1998). O istnieniu „plamek” żółtawych lub żółtych informowali Voigt (1794 vide Pukall, 1939) oraz v. Leonhard (1832 vide Pukall, 1939). Drugi z wymienionych autorów uznał przy tym, że zarówno barwy rude, jak i żółte są wynikiem wietrzenia.

Zdaniem Leppli (1901) wyrazistość „plamek” jest odwrotnie proporcjonalna do ich wielkości. Hibsches (1920) podaje natomiast, że struktury te mają raczej ostre granice. W kamieniołomie Winna Góra „plamki” miały w większości granice nieostre, za wyjątkiem niektórych odbarwień w kolorze rudym (Zagożdżon, 1998 a). Dalsze badania potwierdziły to spostrzeżenie. Granice „plamek” można więc generalnie określić jako wyraźne, choć nieostre.

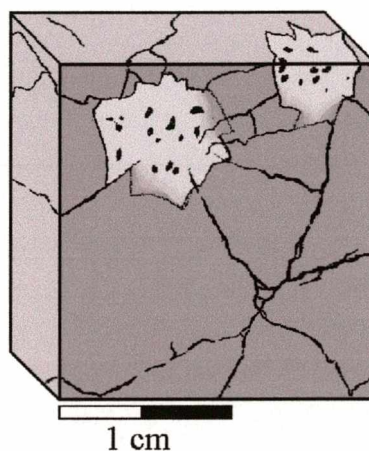
Forma odbarwień zgorzelowych jest przestrzenna. Stwierdził to wyraźnie Holler (1930), określając je jako twory trójwymiarowe, kulcowate (*dreidimensionale, kugelähnliche*). Zagożdżon (1998 a) zaproponował wobec tego stosowanie określenia „plamka” w cudzysłowie. Obserwowane kształty intersekcji „plamek” z powierzchniami skał są dość zróżnicowane. Hibsches (1920) oraz Hoppe (1936) podają, że mają one formy kanciaste lub gwiazdowate. Hibsches wspomina także, że ich forma może być okrągła. Kształt opisanych przez Wojciechowską i Śliwę (1970) stref koncentracji minerałów jasnych (które, jak się wydaje, można utożsamić z „plamkami” zgorzelowymi) była nieregularna albo gwiazdzista. Śliwa (1975) potwierdza możliwość występowania „plamek” o kształtach kulistych i gwiazdkowych, dodaje też, że niektóre z nich mają formy zygzakowate. Badania skał zgorzelowych z kamieniołomu Winna Góra (Zagożdżon, 1998 a) wykazały, że odbarwienia o barwie szarej mają zarysy bardziej nieregularne, zaś rude są okrągłe lub zaokrąglone. Na podstawie całości badań przeprowadzonych na obszarze Dolnego Śląska i Opolszczyzny można stwierdzić, że kształt „plamek” jest zazwyczaj nieregularny, choć izometryczny. W nielicznych przypadkach ich forma jest niemal idealnie okrągła (fot. 15), kiedy indziej staje się bardziej nieregularna, z licznymi zatokami czy wypustkami (fot. 16). Niekiedy „plamki” są jeszcze bardziej nieregularne, a ich zarysy stają się gwiazdowate (fot. 17). Sporadycznie niektóre stykające się ze sobą „plamki” tworzą lekko wydłużone zespoły (fot. 18).

Wnętrza „plamek” mają zróżnicowany charakter (Zagożdżon, 1998 a). Niektóre z nich (mniejsze) są jednorodne, zaś większe często zawierają drobne ciemne centki o wielkości do 1 mm (ryc. 6.3).

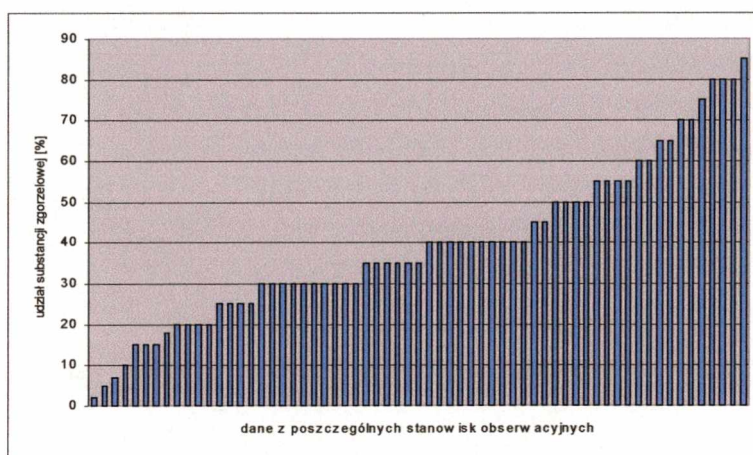
Na temat udziału substancji zgorzelowej w ogólnej masie skały wypowiadali się Ernst i Drescher-Kaden (1940). Wśród przytoczonych analiz skał z 14 stanowisk jej zawartość zmieniała się od 6,2 % do 31,1 %. Badania własne wykazały znaczną zmienność tego parametru. Rekordowo niskie udziały substancji zgorzelowej odnotowano w wyrobiskach Jawor-Męcinka, Dębowiec i Gracze, gdzie nie przekraczały one kilku procent. Na stanowisku badawczym Żelazowa stwierdzono natomiast jej maksymalną ilość wynoszącą aż 85%. Zestawienie widoczne na ryc. 6.4. ukazuje, że najczęściej (w około 50 % przypadków) mamy do czynienia z 25-50 %-ową zawartością substancji zgorzelowej. Można też mówić o pewnej jej korelacji ze średnicą „plamek”. Wysokie (ponad 50 %-owe) zawartości substancji zgorzelowej notuje się wyłącznie wśród skał zgorzelowych o „plamkach” małych (poniżej 3

mm), zaś niższe jej udziały występują w skałach o różnych wielkościach tych odbarwień (ryc. 6.5).

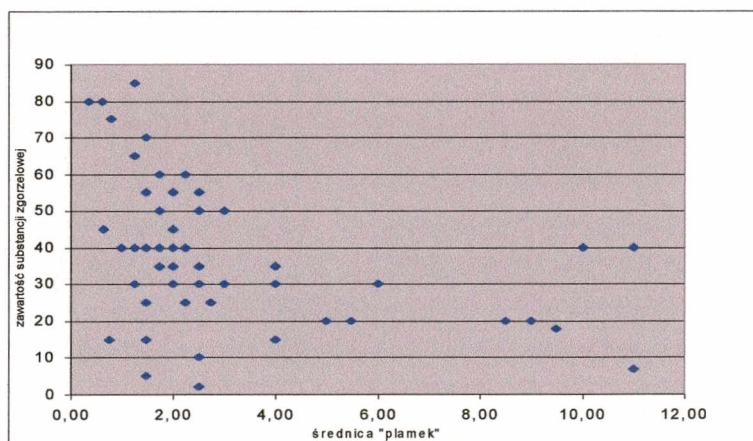
6.3. Schemat budowy bazaltu grubozgorzelowego; niejednorodne wnętrza „plamek” oraz sieć szczelin włosowatych (Zagożdżon, 1998 a)



Ryc. 6.4. Zawartość substancji zgorzelowej w skałach badanych stanowisk obserwacyjnych



Ryc. 6.5. Zależność pomiędzy średnią średnicą „plamek” a zawartością substancji zgorzelowej



W niektórych przypadkach substancja zgorzelowa może przeważać i stać się tłem dla reliktyw skały zdrowej. V. Leonhard (1832 vide Pukall, 1939) i Senft (1882 vide Pukall, 1939) podawali, że „plamki” stają się niekiedy tak duże i liczne, że ich masa przeważa w skale. Również Leppla (1901) informował o istnieniu tego rodzaju skał zgorzelowych. Autor ten stwierdził, że w takich przypadkach można mówić o ciemnych plamkach występujących w jasnym tle. Bazalty tego rodzaju opisywał także Hibschi (1920), zaznaczając, że są one wynikiem stykania się „plamek” o kształtach gwiazdowatych. Ernst i Drescher-Kaden (1940) scharakteryzowali skały, których przeważająca część zawiera koncentracje analcymu, a jedynie odosobnione „wyspy” nie zawierają tego minerału. Wydaje się, że zjawisko takie opisywali też Wojciechowska i Śliwa (1970). Stwierdzili oni, że „pola jasnych minerałów (...) stanowią (...) jak gdyby spoiwo, zlepiające poszczególne pola zbudowane z minerałów ciemnych”. W kamieniołomie Winna Góra stwierdzono obecność skał z przewagą substancji zgorzelowej o barwie rudej (Zagożdżon, 1998 a). W trakcie późniejszych badań na bazaltoidy, w których substancja zgorzelowa stała się tłem dla reliktyw skały zdrowej natrafiono w nieczynnych wyrobiskach Gozdanin (gdzie jej udział wynosił 60 %), Gronowskie Wzgórze (80 %) i Pilchowice (70 %) (fot. 19). Ich udział w ogólnej masie skał zgorzelowych był zawsze stosunkowo nieznaczny.

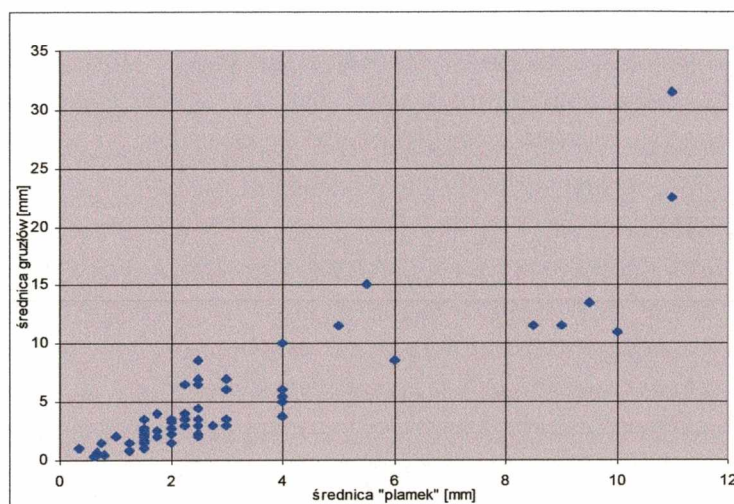
„Plamki” znajdują się w bardzo zmiennych odległościach od siebie. Leppla (1901) podał, że dystans pomiędzy nimi waha się pomiędzy 1 a 15 mm. Zdaniem Hibscha (1920) „plamki” mogą być gęsto stłoczone, albo występują w większych odległościach. W opisanych przez tego autora skałach wynosiły one niekiedy od 10 do 20 mm, w innych przypadkach – zaledwie 1 mm. Hoppe (1936) stwierdził, iż dystans pomiędzy „plamkami” wynosi od centymetrów do kilku decymetrów. Szczegółowe pomiary odległości pomiędzy nimi przeprowadzili Ernst i Drescher-Kaden (1940). Wśród skał pochodzących z 14 stanowisk stwierdzili oni zmienność tego parametru w granicach od 1,44 mm do 4,9 mm. Dla skały z Meißner (Schwalbenthal) podali oni średnią odległość 4,7 mm, liczoną pomiędzy granicami „plamek” oraz 8,2 mm, liczoną pomiędzy ich środkami. Wojciechowska i Śliwa (1970) wyróżnili w opisywanych bazaltach zgorzelowych z kamieniołomu Gronowskie Wzgórze, „pola skupień minerałów ciemnych”, które można utożsamiać ze zdrowymi fragmentami skał, a ich średnice z odległościami pomiędzy „plamkami”. W skałach słabiej zgorzelowych ich przekroje wynoszą 5 mm, są jednak dodatkowo popękane na fragmenty o wielkościach 0,5-2 mm. W skałach, w których proces zgorzelowy zaznaczył się silniej miały one rozmiary 0,5-1,5 mm.

Wyniki badań własnych pozwalają potwierdzić duży rozrzut średnic zdrowych fragmentów bazaltów zgorzelowych. W skałach skrajnie drobnozgorzelowych oraz z przewagą substancji zgorzelowej ich rozmiary stają się skrajnie małe. W niektórych przypadkach stają się one wręcz nierozpoznawalne gołym okiem. Przeciętną sytuacją jest występowanie obszarów skały zdrowej o rozmiarach sięgających nawet 35 mm (kamieniołom Jawor-Męcinka). Wydaje się też, że istnieje prosta korelacja pomiędzy średnicami „plamek” a wielkością zdrowych fragmentów skał zgorzelowych (ryc. 6.6).

Stwierdzić można ponadto, że zarówno wielkość „plamek”, jak i zróżnicowanie wszystkich innych (opisanych powyżej) ich parametrów nie jest uzależniona od formy ciał bazaltoidowych, czy typu petrograficznego skał zgorzelowych.

Stosunkowo rzadko charakteryzowano powstające w trakcie procesu zgorzelowego dysjunkcje zwane spękaniami lub szczelinami włosowatymi. Hibschi (1920) wspominał, iż mogą one odchodzić od „plamek”, w innych przypadkach przechodzą obok tych ciał. Hoppe (1936) podał, że szczelinki włosowate odchodzą od wypustek „plamek” o kształtach

Ryc. 6.6. Korelacja średnich średnic „plamek” i zdrowych fragmentów skał zgorzelowych



gwiazdowatych, a zdaniem Śliwy (1975) – od naroży „plamek” lub ich skupień. Obaj ci autorzy stwierdzają, że dysjunkcje tego rodzaju tworzą w skałach nieregularną sieć.

Szczegółowe badania szlifowanych powierzchni skał zgorzelowych z kamieniołomu Winna Góra (Zagożdżon, 1998 a) wykazały powszechność występowania tych dysjunkcji. W wielu przypadkach są one jedynie maskowane nierównymi powierzchniami przełamu skał. Tak więc wydzielanie bazaltów zgorzelowych bez szczelinek (pierwsze stadium zgorzeli wg Śliwy, 1975) może znajdować uzasadnienie jedynie w pracach polowych.

Badania własne potwierdziły wcześniejsze opinie. Szczelinki włosowate tworzą nieregularną sieć zbiegając się w kierunku „plamek”. Jednak w obrębie tych odbarwień zanikają i nigdy się tam nie przecinają (ryc. 6.3, fot. 46, 48–50). W stosunkowo nielicznych przypadkach dysjunkcje te krzyżują się, w punktach tych nie występują jednak „plamki”.

Produkty rozpadu

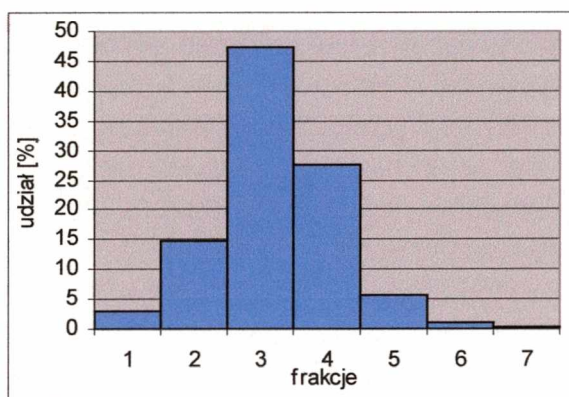
Ostatecznym rezultatem procesu zgorzelowego jest rozpad skały. W literaturze znajdujemy zróżnicowane charakterystyki powstających w ten sposób fragmentów. Ich rozmiary porównywano do grochu lub orzechów laskowych (Leppla, 1901; Hibschi, 1920; Hoppe, 1936). Hibschi (1920) podał, że tworzą się również ziarna o wielkości kaszy. Kształty tych okruchów określano jako nieforemne i wieloboczne (Leppla, 1901) lub nieregularne i kanciaste (Hibschi, 1920). Śliwa (1975) podał, że ostatecznie skała rozpada się na ziarna o wielkości 1–10 mm oraz frakcję pylastą. W literaturze znajdują się też jednak wzmianki o dezintegracji skał zgorzelowych z utworzeniem fragmentów skorupowatych. Hibschi (1920) stwierdził, że ma to miejsce zwłaszcza w przypadku bazaltów melilitowych i skał zawierających melilit (polzenity). O tego rodzaju fragmentach wspomina też Rinne (1928).

Próbki końcowych produktów rozpadu zgorzelowego pobrano w kamieniołomach Winna Góra i Lutynia. Wyniki analizy granulometrycznej wykazały dominację ziaren z zakresu 2–16 mm, zaś okruchy o większych rozmiarach, a także frakcja piaszczysta i pylasta występują podrzędnie (tab. 6.1, ryc. 6.7, 6.8). Najbardziej nieregularne kształty stwierdzono w przypadku okruchów z górnego przedziału frakcji, wraz ze zmniejszaniem się średnicy ziaren stają się one coraz bardziej izometryczne. Obecność produktów samoczynnego rozpadu skały zgorzelowej stwierdzono także w kamieniołomie Trupień. Wśród ziaren mineralnych zauważono dominację frakcji 5–40 mm, nieliczne okruchy osiągały rozmiary do 80 mm, zauważono też nieznaczną zawartość frakcji drobniejszej (por. fot. 20).

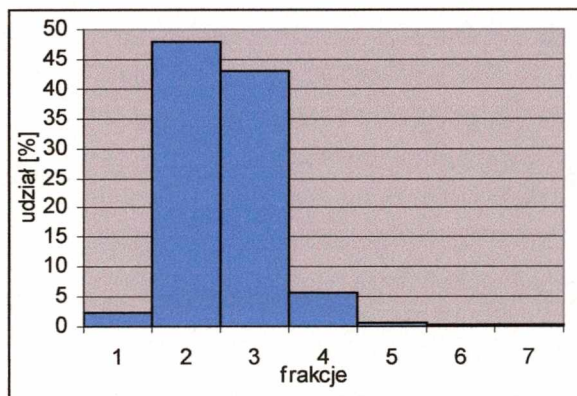
Tab. 6.1. Zestawienie mas produktów rozpadu zgorzelowego z kamieniołomów Winna Góra (WG) i Lutynia (Lu).

Fracja [mm]	Udział frakcji [%]	
	WG	Lu
< 0,5	0,39	0,21
0,5–1	0,95	0,18
1–2	5,65	0,78
2–4	27,64	5,69
4–8	47,34	42,96
8–16	14,88	47,89
> 16	3,15	2,29
Suma	100,00	100,00

Ryc. 6.7. Skład ziarnowy produktów rozpadu zgorzelowego z kamieniołomu Winna Góra (frakcje: 1: >16 mm, 2: 8–16 mm, 3: 4–8 mm, 4: 2–4 mm, 5: 1–2 mm, 6: 0,5–1 mm, 7: <0,5 mm)



Ryc. 6.8. Skład ziarnowy produktów rozpadu zgorzelowego z kamieniołomu Lutynia (frakcje – jak na ryc. 6.7)



Na podstawie badań własnych stwierdzono, że końcowe produkty zgorzeli bazaltowej obserwować można bardzo rzadko. Fakt ten może być wynikiem szybkiego ich rozpadu. Nie wykluczone jednak, że samoczynna dezintegracja skał zgorzelowych jest zjawiskiem występującym sporadycznie. Potwierdzały by to obserwacje fragmentów skał zgorzelowych wykorzystanych do budowy (por. rozdz. 5, stanowiska nr 25, 43, 49), które zachowały swą formę przez okres niemal 100 lat.

Odspajające się od skał zgorzelowych fragmenty skorupowe obserwowano w kamieniołomie Bukowa Góra (fot. 21). Wydaje się, że ich powstanie jest jednak wynikiem nałożenia się eksfoliacji na zmiany zgorzelowe (ich współwystępowania), a nie rezultatem rozpadu zgorzelowego, jak chcieli Hibschi (1920) i Rinne (1928). Stachowiak (1983) informowała, że efektem tego procesu jest zaokrąglenie krawędzi słupów bazaltowych (niekiedy ich przekroje poprzeczne stały się owalne). W trakcie prac terenowych również natrafiono na bloki zgorzelowe o zaokrąglonych kształtach (fot. 22). Trudno jednak uznać, że jest to wynik procesu zgorzelowego, gdyż znajdujące się tuż obok fragmenty skalne, wykazujące identyczne zmiany, posiadały formy wielościennie.

6.2. Mezostruktury

Pojęciem „mezostruktur” w skałach zgorzelowych objęto charakterystyczne formy w jakich występują koncentracje „plamek” zgorzelowych. Mogą one zajmować wnętrza słupów bazaltowych, natomiast w innych przypadkach skupiają się jedynie w peryferycznych częściach tych struktur. Niekiedy „plamki” zgorzelowe tworzą nieregularne i bardzo zróżnicowane strefy nie nawiązujące do orientacji ciosu.

Najczęściej opisywanym zjawiskiem tego typu jest występowanie zgorzeli słonecznej w centralnych partiach słupów bazaltowych oraz wolnej od zgorzeli kory. Zdaniem Pukalla struktury takie były wielokrotnie opisywane m. in. przez Lorda (1894 vide Pukall, 1939). O obecności zgorzeli wewnątrz słupów bazaltowych i kilkucentymetrowej grubości korze zdrowej informował też Hoppe (1936). Leppla (1901) podał, że w obserwowanych przez niego skałach kora taka miała grubość 2-10 cm. Śliwa (1975) opisał z kamieniołomu Sulików występowanie słupów bazaltowych ze zgorzelowymi wnętrzami i nawet 10-centymetrowej grubości korą bezzgorzelową. Pukall (1939) informował zarówno o obecności zgorzeli we wnętrzach bloków bazaltowych, jak i wyłącznie na ich peryferiach.

O bardziej skomplikowanym rozmieszczeniu stref zgorzelowych informował Ernst (1960 a). Poza opisaną wyżej bezzgorzelową korą i zgorzelowym wnętrzem stwierdził on też obecność zdrowych jąder słupów bazaltowych.

Wszystkie te zjawiska często obserwowano w trakcie prac terenowych. Grubość kory bezzgorzelowej może być bardzo niewielka. Jej najmniejszą miąższość (0,7–1,5 cm) zanotowano w starym wyrobisku w pobliżu wsi Smolnik koło Leśnej (stanowisko obs. 66). W nieczynnych kamieniołomach Jałowiec, Lubień, Brzozy i Gilów wynosiła ona 1,5 cm, w czynnym kamieniołomie Lutynia oraz w starych wyrobiskach Bazaltowa Góra i Uniegoszcz dochodziła do 2 cm, zaś w starych wyrobiskach Owczarek, Dębowiec i Oścień oraz czynnych odkrywkach Gracze, Wilcza Góra i Sulików nie przekraczała 4 cm. Największe jej wartości stwierdzono w czynnych kamieniołomach Bukowa Góra, Księginki i Trupień (gdzie wynosiła 5-7 cm), zaś w Rębiszowie osiągała nawet 10 cm. Ponadto obecność kory bezzgorzelowej obserwowano też w Krzeniowie, Pielgrzymce i Uniegoszczy. (fot. 23–25)

Znacznie rzadziej w centralnych częściach słupów bazaltowych posiadających zgorzelowe wnętrza występują dodatkowo zdrowe jądra. Ich obecność zanotowano jedynie w kamieniołomie Krzeniów oraz starych wyrobiskach Gronowskie Wzgórze (fot. 26) i Uniegoszcz I. W pierwszym z wymienionych stanowisk średnica tych ciał dochodziła do 30 cm, w drugim wynosiła około 15 cm, zaś w ostatnim miały one rozmiary jedynie 4–15 mm.

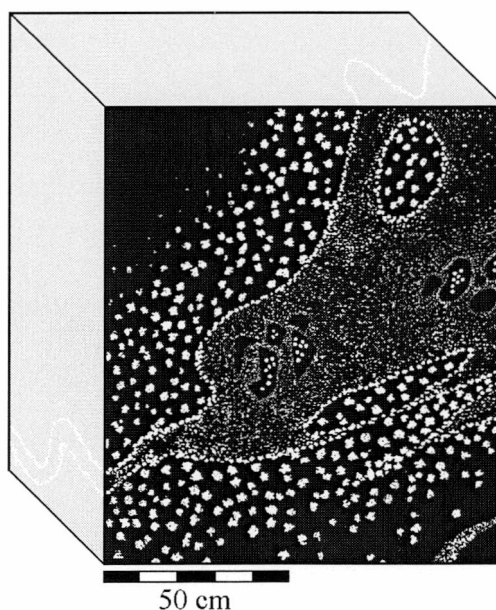
Zmiany zgorzelowe wyłącznie w peryferycznych częściach słupów bazaltowych występują stosunkowo rzadko. W kamieniołomach Rutki i Łomna szerokość takich stref zgorzelowych wynosiła około 2-3 cm. W Gilowie miały one miąższość 5 cm, a w wyrobisku na wzgórzu Kolec aż 8–10 cm (fot. 27). Ich obecność stwierdzono także w Krzeniowie, Radomierzycach,

Wilemowicach i w kamieniołomie Brzozy (fot. 28). W kamieniołomie Józef strefa zgorzelowa występowała co prawda na peryferiach słupów bazaltowych, ale od zewnętrznych ścian tych struktur dysjunktywnych oddzielała je około 2-centymetrowej szerokości strefa skały zwietrzalej lecz bezzgorzelowej.

Zaznaczyć należy, że w kamieniołomie Krzeniów, obserwowane w blokowisku na poziomie +335 fragmenty skalne o zgorzelowych wnętrzach oraz posiadające zgorzelową korę występowały w bezpośrednim sąsiedztwie (fot. 25), co sugeruje również ich współwystępowanie *in situ*. Podobną sytuacją obserwowano także w kamieniołomie Sulików.

„Plamki” zgorzelowe występować też mogą w bardziej nieregularnych skupieniach określonych przez Hibscha (1920) i Pukalla (1939) jako gromady, szliry lub szeregi. Podobne zjawiska odnotowano w siedmiu stanowiskach badawczych. W kamieniołomie Targowica odbarwienia zgorzelowe koncentrowały się w nieregularnych strefach rozmieszczonych nierównomiernie w obrębie słupa bazaltowego (fot. 29). Również w wyrobisku na górze Trupień obserwowano takie koncentracje. Miały one formę izolowanych skupień rozłożonych niejednorodnie we wnętrzu bloku skalnego (fot. 30). W kamieniołomie Sulików strefy zgorzelowe miały niekiedy przebieg prawdopodobnie skośny do ścian słupów bazaltowych. W wyrobisku Krzeniów zaobserwowano niewielki fragment skalny wykazujący cechy zgorzeli średniej (2-4,5/4,5-9 [30 %]) przecięty szliropodobnym wystąpieniem zgorzeli drobnej (0,5-1/1-2 [50 %]). Obecność szliropodobnych stref występowania „plamek” zgorzelowych odnotowano również w nielicznych blokach wykorzystanych do budowy muru otaczającego kościół we wsi Niedów koło Zawidowa. Nietypową koncentrację takich odbarwień stwierdzono w kamieniołomie Rutki. Drobne „plamki” tworzyły niewielkie skupienie w peryferycznej części bloku skalnego, było ono jednak oddzielone wyraźną strefą bezzgorzelową od jego krawędzi. Zagęszczenie odbarwień stopniowo spadało ku wnętrzu skały oraz w kierunkach równoległych do jej powierzchni. W kamieniołomie Gracze niewielki fragment zgorzelowy znajdował się dokładnie na kontakcie bazaltu z marglami podłoża (fot. 31). Wydaje się jednak, że w tym przypadku mamy do czynienia z porwakiem włączonym w obręb brekcji lawowej.

6.9. Drobnozgorzelowa strefa o charakterze gniazda z kamieniołomu Winna Góra
(Zagożdżon, 1998 a)



W sposób najsilniej rozwinięty i zróżnicowany zjawiska takie występują w kamieniołomie Winna Góra koło Jawora. Zostały one szczegółowo omówione przez Zagożdżona (1998 a). Stwierdzono tam obecność szliropodobnych stref zawierających „plamki” drobne (o średnicy do 3 mm) występujących w obrębie skały zgorzelowej o „plamkach” większych niż 7 mm (fot. 32). Na ich granicach z reguły występuje pas odbarwień o pośredniej wielkości. Strefy takie mają formy generalnie planarne, choć ich granice są lekko zafalowane. Miejscami nabrzmiewają nabierając charakteru gniazdowego (rys. 6.9). Wnętrza stref drobnozgorzelowych są silnie zróżnicowane. Zmienna jest średnica „plamek”, natrafić można na izolowane wystąpienia grubozgorzelowe lub obszary silnie zubożone albo pozbawione tych odbarwień (fot. 33, ryc. 6.9) (Zagożdżon, 1998 a).

W kamieniołomie Winna Góra opisano dwa rodzaje granic bazaltów zgorzelowych ze skałami zdrowymi (Zagożdżon, 1998). „Plamki” zgorzelowe stopniowo tracą wyrazistość lub spada ich zagęszczenie. Obecność granicy drugiego z tych rodzajów stwierdzono również w kamieniołomie Targowica.

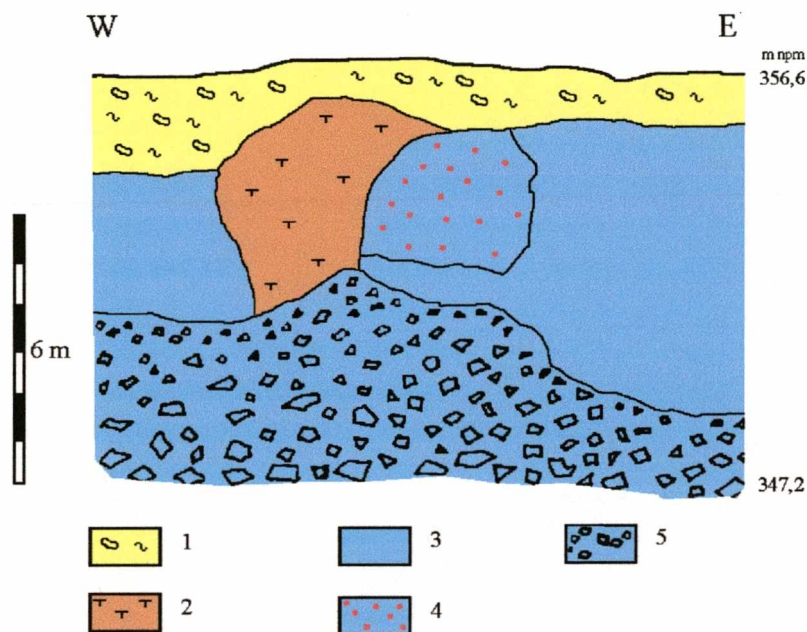
6.3. Forma ciał zgorzelowych

Informacje na temat kształtu i wielkości ciał zgorzelowych pojawiają się w literaturze dość rzadko. Wśród publikacji przedwojennych na jednoznaczną, choć ogólną wzmiankę natrafiamy w pracy Hoppego (1936), który stwierdził, iż strefy zgorzelowe mają formę soczew i gniazd różnych rozmiarów, albo stanowią „rozległe partie” w obrębie ciał bazaltoidowych. O orientacyjnej wielkości strefy zgorzelowej dowiadujemy się od Hibscha (1920), który podał, że miała ona powierzchnię 100 m².

Problem kształtu i wielkości stref zgorzelowych bywa poruszany w opracowaniach dokumentacyjnych złóż bazaltu. Można w nich natrafić na informacje, iż mają one postać gniazd o formach nieregularnych (Herman, 1970) lub bardziej izometrycznych (Borek & Kwapiński, 1974 c; Skurzewski, 1981). Wielkość ciał zgorzelowych tego rodzaju ma się zmieniać od kilkunastu centymetrów do kilku metrów (Borek & Kwapiński, 1974 c; Skurzewski, 1981). Król i Dziedzic (1984) podali informację o istnieniu przerostów zgorzeli na ścianie wyrobiska. Nadybski (1956) wydzielił w złożu Rębiszów strefę „bazaltu zanieczyszczonego zgorzelą”, w której nieliczne słupy bazaltowe wykazywały obecność tego zjawiska natomiast inne pozostawały zdrowe. Rysunki przedstawiające wygląd ciał zgorzelowych znajdujemy w pracach Skurzewskiego (1981) (ryc. 6.10) oraz Balawejdera (1983) (ryc. 6.11). Skały zgorzelowe ukazano też na całej wysokości (8,5 m) jednego z profili ścian wyrobiska zamieszczonych w pracy Balawejdera (1985 a). Niejednokrotnie podawane są informacje o poziomach, w których ze skałami zgorzelowymi współwystępują tufy, bazalty zwietrzałe lub brekcie lawowe (Herman, 1971) (ryc. 6.12) lub o przerostach skał zgorzelowych między pokładami bazaltu (Antos & Nowak, 1973; Majkowska, 1982 a) (ryc. 6.13 a, b). Rozmiary i przybliżony kształt stref zgorzelowych widzimy też na mapie zamieszczonej przez Balawejdera (1983) (ryc. 6.14). Majkowska (1983) podała, że wielkość rozpoznanych wierceniami ciał (przerostów) zgorzelowych wahała się pomiędzy 2 a 11 metrami.

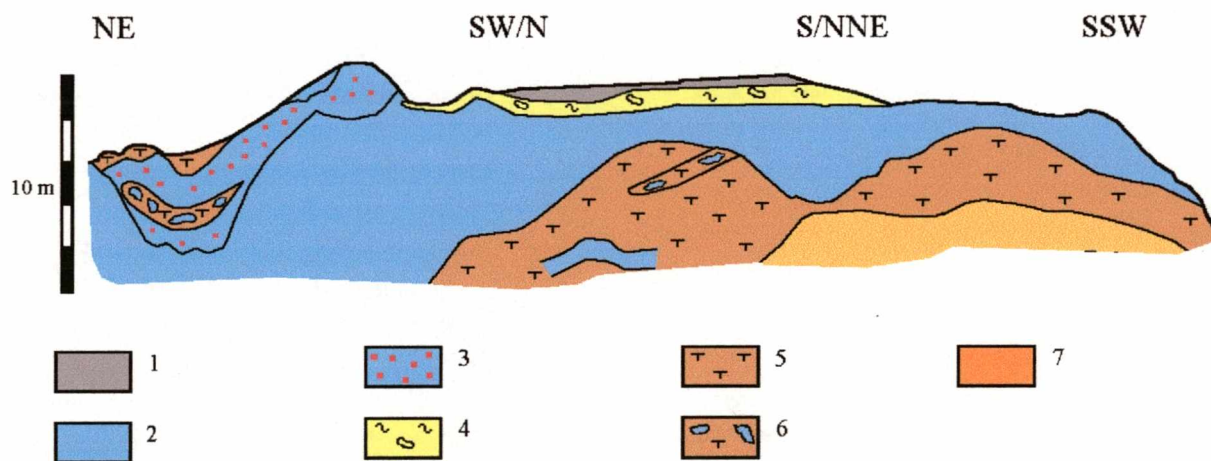
Badania własne, prowadzone w kamieniołomie Winna Góra, wykazały duże zróżnicowanie zarówno wielkości, jak i formy stref zgorzelowych (Zagożdżon, 1997, 1998 a). Na zachodniej ścianie wyrobiska opisano nieregularną strefę o wielkości około 10 m (fot. 34). W sąsiedztwie występowały dwa mniejsze, soczewowate ciała (rys. 6.15). Nie udało się natomiast określić formy ciał zgorzelowych występujących na północnej i wschodniej ścianie kamieniołomu. Można jedynie stwierdzić, że ich długość (mierzona na spągu wyrobiska)

Ryc. 6.10. Ciało zgorzelowe na kontakcie z tufem w kamieniołomie Kozia Góra (Skurzewski, 1981)



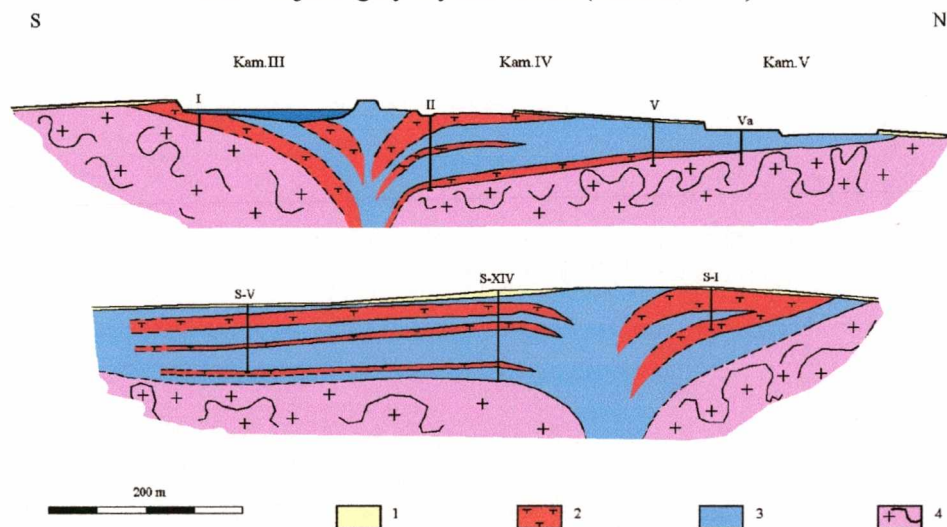
1 – rumosz bazaltu z gliną zwietrzelinową, 2 – tufy bazaltowe, 3 – bazalt lity, 4 – bazalt z oznakami zgorzeli, 5 – rumosz bazaltu

Ryc. 6.11. Ciało bazaltu ze zgorzelą wykartowane w kamieniołomie Żółkiewka (Balawejder, 1983)



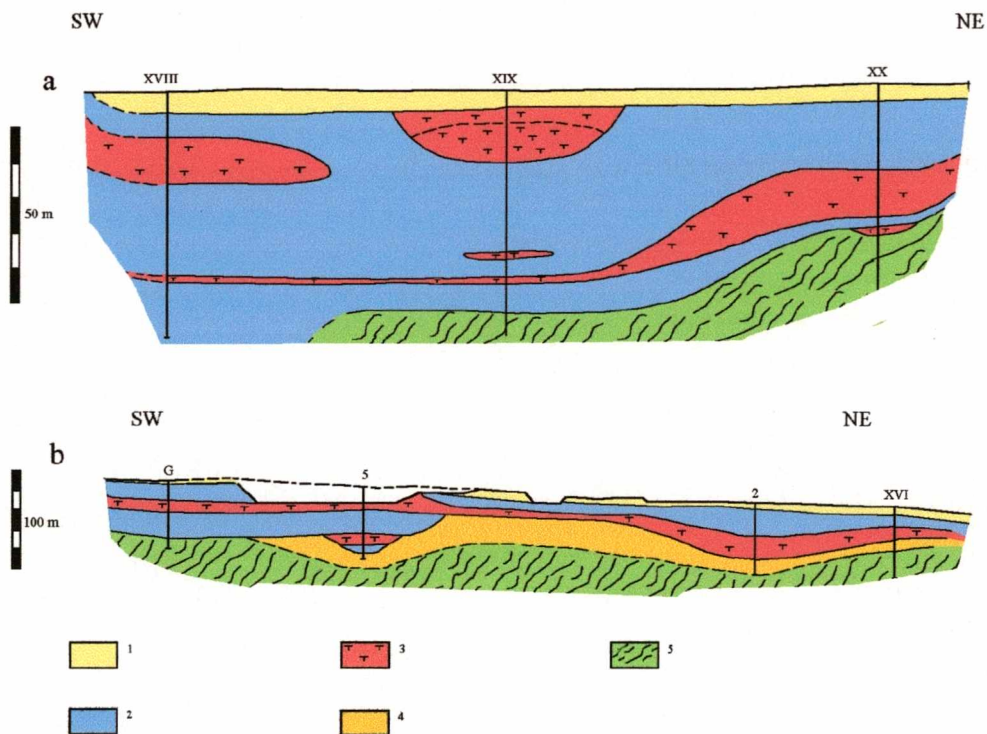
1 – gleba, 2 – bazalt lity, 3 – bazalt ze zgorzelą, 4 – rumosz bazaltu zagliniony, 5 – tuf, 6 – tuf i bazalt, 7 – rumosz bazaltu i tufu

Ryc. 6.12. Poziomy ze zgorzelą na obszarze złóż Brzozy, Leśna-Brzozy i Leśna oraz w rejonie góry Wysoka Stróża (Herman, 1971)



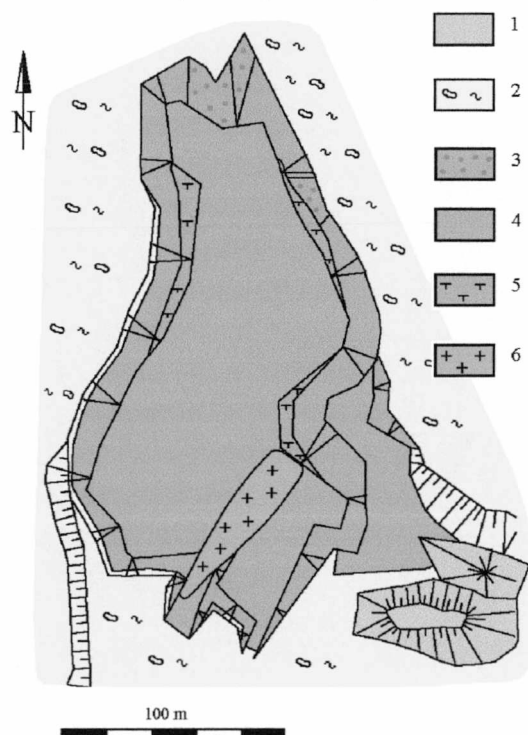
1 - pokrywa czwartorzędowa, 2 - tufy wulkaniczne, brekcje wulkaniczne, zgorzel bazaltowa, 3 - bazalt lity, 4 - granitognejsy izerskie

Ryc. 6.13. Strefy zawierające zgorzel w złożu Księginki (a – wg Antos i Nowak, 1973; b – wg Majkowskiej, 1982 a)



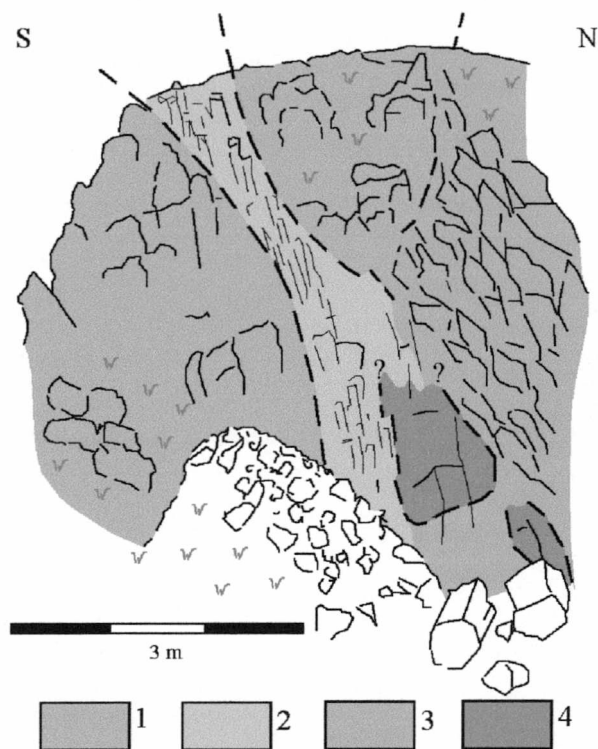
1 – gleba, glina, rumosz bazaltu, 2 – bazalt, 3 – tufobrekcje, bazalt zwietrzały, zgorzel, 4 – łupki miocénskie, 5 – łupki metamorficzne paleozoiku

Ryc. 6.14. Położenie wystąpień bazaltu ze zgorzelą w kamieniołomie Żółkiewka (Balawejder, 1983)



1 – hałdy, 2 – glina i glina z rumoszem bazaltowym, 3 – bazalt ze zgorzelą, 4 – bazalt, 5 – tuf, 6 – granit

Ryc. 6.15. Ciała zgorzelowe o kształtach soczew w kamieniołomie Winna Góra (Zagożdżon, 1997)



1 – tuf, 2 – brekcja lawowa, 3 – bazalt gruzłowaty zwięzły, 4 – bazalt zgorzelowy rudy

wynosi od 20 do 80 m, zaś wysokość jest nie mniejsza niż 13 m (wysokość ściany). Wystąpienia skał zgorzelowych w kamieniołomie Krzeniów mają, zdaniem E. Szurleja (informacja ustna), formę rozszerzających się ku górze kominów (Zagożdżon, 1997). Opinię tą zdają się potwierdzać wyniki wykonanych pomiarów orientacji powierzchni kontaktu skał zgorzelowych i zdrowych. Średnice tych stref wynoszą około 40–80 m. Skały zgorzelowe w kamieniołomie Lutynia tworzą prawdopodobnie subhoryzontalną strefę, której dolna granica przebiega około 5–7 m nad spągiem wyrobiska, a miąższość jest nie mniejsza niż 15 m (zał. 4b, fot. 35). W bocznej (nieczynnej) odnodze kamieniołomu granica ta ulega stopniowo zadarciu ku górze. W wyrobisku Targowica opisano strefę zgorzelową mającą postać połogo zalegającej soczewy (fot. 36), której zachowana część ma długość ok. 9 m i maksymalną miąższość rzędu 2–3 m. Wystąpienie skał zgorzelowych na obszarze kamieniołomu Jawor-Męcinka ma prawdopodobnie charakter wertykalnej wydłużonej południkowo strefy o szerokości ok. 20 m i długości co najmniej 150 m (zał. 2 b). Również w starym wyrobisku w Koźlicach koło Zgorzelca skały zgorzelowe tworzą prawdopodobnie podobną formę, jej miąższość wynosi jednak nie więcej niż 3 m. O rozmiarach wystąpień skał zgorzelowych można też wnosić na podstawie wyników badań z kamieniołomów Sulików i Księginki. W pierwszym z nich osiągają one prawdopodobnie rozmiary 30–70 m., zaś w drugim – około 60 m.

Określanie granic i rozmiarów stref zgorzelowych jest znacznie utrudnione. Majkowska (1983) podaje, że przejścia pomiędzy skałami zgorzelowymi i zdrowymi są nieostre. Zjawisko to może też się objawiać tylko w niektórych słupach bazaltowych (Nadybski, 1956). Dodatkowe trudności sprawia powszechność występowania bezzgorzelowej kory. Niemniej, na podstawie analizy literatury i wyników prac własnych, można pokusić się o podanie kilku ogólnych wniosków na temat formy ciał zgorzelowych. Informacje podawane w dokumentacjach geologicznych uznano za trudne do zweryfikowania, w związku z częstym myleniem zgorzeli słonecznej z innymi zjawiskami. Zwłaszcza wyróżnianie bardzo rozległych pokładów czy poziomów zgorzelowych, łącznie z tufami czy bazaltem zwietrzałym wydaje się nieuzasadnione. Podawane przez Borka i Kwapińskiego (1974 c) informacje o zaledwie kilkunastocentymetrowej średnicy wystąpieniach zgorzelowych mogą odnosić się do zgorzelowych wnętrz słupów bazaltowych omówionych w poprzednim podrozdziale.

Prowadzone podczas prac terenowych próby określenia formy stref zgorzelowych tylko w nielicznych przypadkach zakończyły się powodzeniem. Zazwyczaj dostępność ścian wyrobisk była bardzo słaba, a o obecności ciał zgorzelowych wnoszono jedynie na podstawie znacznego udziału fragmentów zgorzelowych w blokowiskach. Niemniej stwierdzono, że są one wykształcone bardzo różnorodnie. Mogą przyjmować postać kominową, w innych przypadkach mają formę nieregularnych gniazd, wydłużonych wertykalnych stref, a nawet soczew lub pseudopokładów. Wielkość tych wystąpień zmienia się od pojedynczych metrów do około 200 m.

6.4. Położenie ciał zgorzelowych w obrębie wystąpień bazaltoidowych

Znacznie zróżnicowane są opinie na temat położenia stref zgorzelowych w obrębie wystąpień bazaltoidowych. W przedwojennej literaturze niemieckojęzycznej występowanie zgorzeli słonecznej łącono raczej ze strefami kominowymi. Hoppe (1930) stwierdził istnienie skał zgorzelowych w jednym z kominów wulkanicznych występujących w górach Rhön, podczas gdy genetycznie związany z nim potok lawowy nie wykazywał obecności tego zjawiska. Na tej podstawie, oraz dzięki późniejszym badaniom autor ten stwierdził, że kominy wulkaniczne są silniej dotknięte zgorzelą (Hoppe, 1936). Identyčzną opinię

znajdujemy również w pracy Hengleina (1939). W peryferycznej części komina wulkanicznego znajdowało się także ciało zgorzelowe opisywane przez Hibscha (1920).

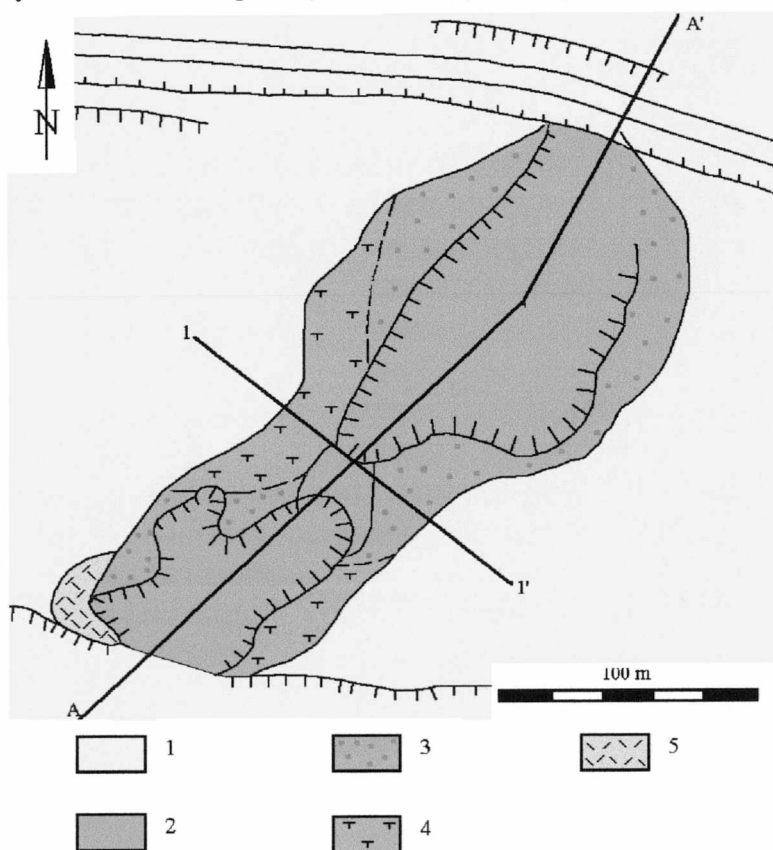
O obecności stref zgorzelowych dowiadujemy się z niektórych dokumentacji geologicznych złóż znajdujących się w obrębie wystąpień bazaltowych określanych jako kominy wulkaniczne lub żyły o znacznej miąższości. Według Kochanowskiej i Żygadło (1984) zjawisko to występowało w wielu miejscach w obrębie złoża Trupień. Obecność zgorzeli stwierdzono w NE części kamieniołomu Rębiszów (Nadybski, 1956; Stachowiak, 1983), poszczególni autorzy różnili się jedynie w kwestii jej zasięgu. Strefę zgorzeli słonecznej opisywano też w złożu Uniegoszcz I (Kochanowska, 1998), gdzie miała ona zajmować pozycję peryferyczną (ryc. 6.16, 6.17). Dyjor i in. (1995) obecność stref zgorzelowych uznali za jedną z przesłanek sugerujących istnienie na obszarze kamieniołomu Krzeniów kilku miejsc erupcji, a więc prawdopodobnie również oni uznali związek tego zjawiska z kominowymi partiami wystąpień bazaltowych. Istotna może być wzmianka zamieszczona przez Majkowską (1991 a), zdaniem której w miarę postępowania frontu eksploatacyjnego (co łączyło się ze zbliżaniem się do strefy kominowej) rosła ilość stref piroklastycznych i zgorzelowych. Również wykartowane przez Skurzewskiego (1981 – ryc. 6.10) ciało zgorzelowe znalazło się dokładnie ponad strefą kominową.

W wielu publikacjach polskich strefy zgorzelowe bywają łączone wyłącznie z wylewowymi wystąpieniami bazaltów. Dobrym tego przykładem jest opinia Balawejdera (1983), iż duży udział bazaltów zgorzelowych wyklucza w danym miejscu możliwość istnienia strefy kominowej. Obecność zgorzeli jest ponadto uważana za świadectwo bliskości granic wylewu (Herman, 1970; Balawejder, 1985a, b). W innych przypadkach dowiadujemy się o występowaniu zgorzeli w różnych częściach potoków lub pokryw lawowych, bez wyraźnego związku z ich częściami peryferycznymi (Borek & Kwapiński, 1974 b; Borek, 1977; Majkowska, 1982 b; Krzyśków, 1985). Borek (1977) oraz Krzyśków (1985) wspominają dodatkowo o braku związku występowania zgorzeli ze strefami kominowymi. Borek i Kwapiński (1974 c) podają, że na obszarze złoża Sulików nie udało się uchwycić prawidłowości ani w pionowym, ani poziomym rozkładzie stref zgorzelowych.

Kilka opracowań dokumentacyjnych podaje informacje o występowaniu skał zgorzelowych w postaci pokładów. Dane takie są wynikiem interpretacji materiałów uzyskanych z otworów wiertniczych. W przypadku złoża Księginki uznano, że skały tego rodzaju występują pomiędzy środkowym i górnym pokładem bazaltu (Antos & Nowak, 1973; Majkowska, 1982 a) (ryc. 6.13). Wydzielenie określone jako zgorzel bazaltowa występować ma w zmiennej miąższości pokładach również w obrębie złoża Targowica (Majkowska & Farbisz, 1984; Majkowska, 1992) (ryc. 6.18). Herman (1971) wyróżnił w pokrywie bazaltowej rejonu Leśnej 2 do 3 poziomów zawierających zgorzel bazaltową (ryc. 6.12), natomiast Majkowska (1990) stwierdziła, że zgorzel występuje tam w stropowej części dolnego wylewu. Wyniki te mogą budzić poważne zastrzeżenia przede wszystkim z uwagi na wydzielanie skał zgorzelowych wspólnie z bazaltami zwietrzałymi, utworami tufogenicznymi czy brekcjami wulkanicznymi. Podobnie Dyjor i Kościówko (1986) skały objęte zgorzelą bazaltową przyrównują do autobrekcji potoków lawowych i utworów piroklastycznych.

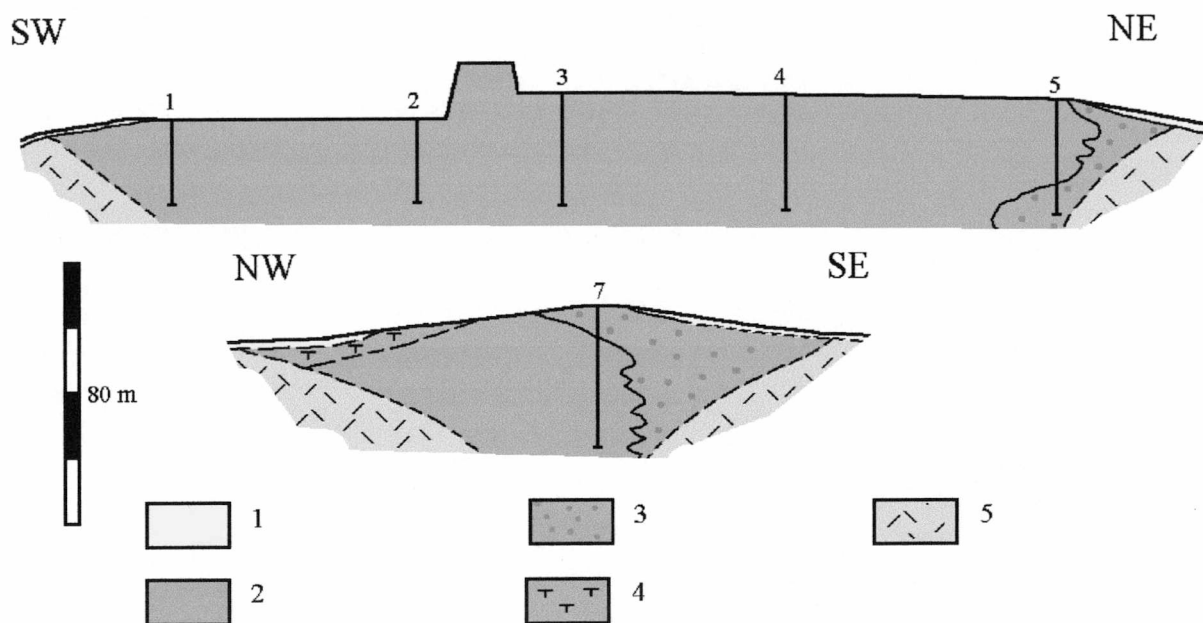
Nieliczni autorzy informowali o obecności zgorzeli w różnych typach wystąpień bazaltowych. Janik i Szapliński (1973) podali, że choć zgorzel słoneczna występuje powszechnie w pokrywowych częściach badanego złoża, to nie można wykluczyć, że typowo zgorzelowe gniazda występują również w obrębie stref kominowych. Na załączonych przekrojach geologicznych strefy zgorzelowe zlokalizowane są zazwyczaj na peryferiach wystąpienia, w towarzystwie tufów i bazaltów silnie zwietrzałych (por. ryc. 19). Zmienność

Ryc. 6.16. Bazalt ze zgorzelą w złożu Uniegoszcz I (Kochanowska, 1998)



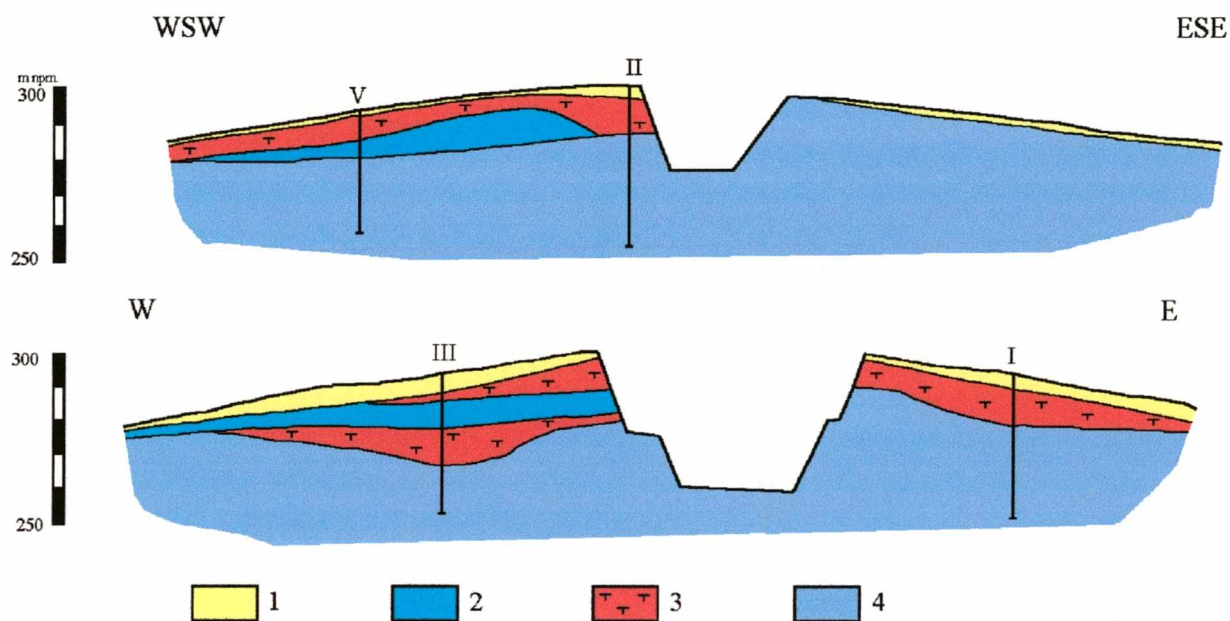
1 – glina, 2 – bazalt, 3 – bazalt ze zgorzelą, 4 – tufy bazaltowe, 5 – fyllity; zaznaczono linie przekrojów ukazanych na ryc. 6.17

Ryc. 6.17. Bazalt ze zgorzelą na przekrojach przez złożo Uniegoszcz I (Kochanowska, 1998)



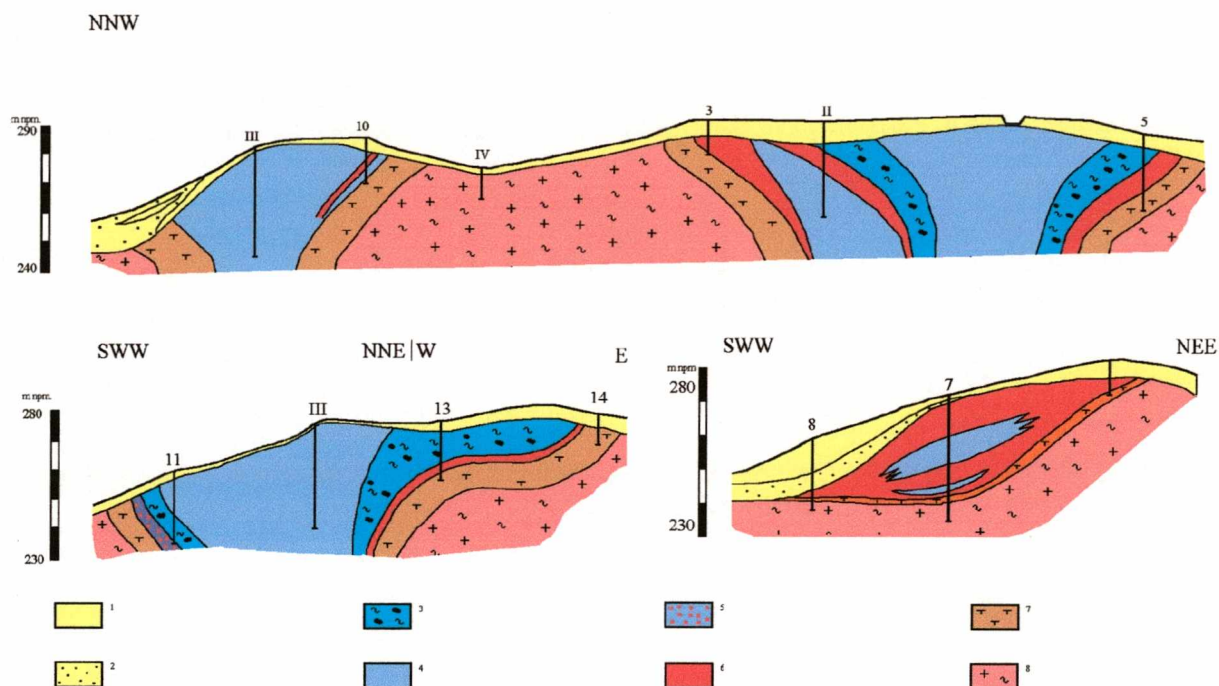
1 – glina, 2 – bazalt, 3 – bazalt ze zgorzelą, 4 – tufy bazaltowe, 5 – fyllity

Ryc. 6.18. Pokłady tufu ze zgorzelą w złożu Targowica (wg Majkowskiej i Farbisza, 1984)



1 – gleba, glina, 2 – bazalt zwietrzały, 3 – tuf, zgorzel bazaltowa lub tufobrekcja, 4 – bazalt świeży

Ryc. 6.19. Położenie ciał zgorzelowych w złożu Radzimów (Janik & Szapliński, 1973)



1 – gliny, gliny z blozkami bazaltu, 2 – utwory piaszczysto-żwirowe, 3 – zwietrzelina bazaltu, bazalt silnie zwietrzały, 4 – bazalt, 5 – bazalt zgorzelowy, 6 – zgorzel, 7 – tufy, 8 – zwietrzelina granodiorytu

występowania wszystkich wyróżnionych odmian skalnych (bazalt zdrowy, trzy odmiany bazaltu zgorzelowego i zwietrzelina bazaltu) określona została jako „bardzo duża tak w profilu pionowym, jak i poziomym”. Zgorzel słoneczna notowana była też na terenie całego kamieniołomu Pielgrzymka (Nasz & Marcinkowska, 1977), udostępniającego zarówno stosunkowo wąską strefę kominową w części NE, jak i otaczające ją pokrywy lawowe.

Wyniki najszerzych badań tego zagadnienia przedstawił Śliwa (1975), który stwierdził, że skały zgorzelowe występują zarówno w kominach wulkanicznych, jak i w pokrywach lawowych. Na podstawie analizy rozprzestrzenienia zgorzeli w trzech kamieniołomach udostępniających wylewy bazaltowe (Sulików, Bukowa Góra, Księginki) doszedł on do wniosku, że jej ilość zmniejsza się wraz z oddalaniem się od centrum erupcji. Za bardziej skomplikowany uznał Śliwa rozkład ciał zgorzelowych w strefach kominowych. Jego zdaniem w każdym cyklu efyzywnym lokalizacja stref zgorzelowych jest inna. Najczęściej występują one na peryferiach kominów, szczególnie zaś w partiach pokrywowych przylegających do czopu bazaltowego.

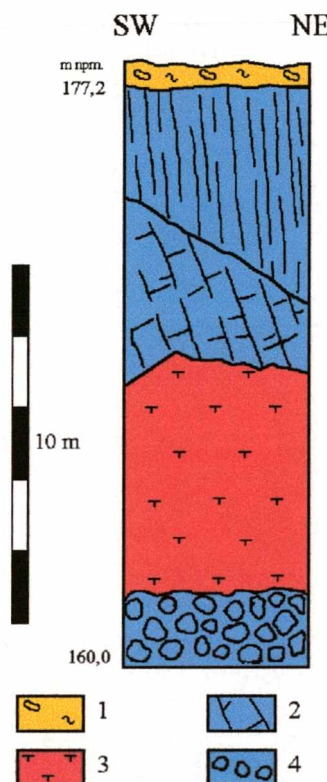
Rozbieżności dotyczą także głębokości na jakich występować ma zgorzel słoneczna. Zdaniem Fiłona (1978) bazalt „przechodzi w zgorzel” jedynie w strefie przypowierzchniowej. W obrębie wystąpienia bazaltowego Jawor-Męcinka skały zgorzelowe notowano na głębokościach 0,3–52 m (Borek, 1977), zaś w złożu Bukowa Góra – od 0,8 do 85,3 m (Stachowiak, 1981). Zjawiska określone jako „zgorzelina” opisywano w złożu Uniegoszcz na głębokościach do 11,2 m (Krzyśków, 1985). O bardzo zróżnicowanym głębokościowo występowaniu skał zgorzelowych w wystąpieniu bazaltowym Krzeniów informuje Krzyśków (1986). Zjawisko to notowano zarówno w obrębie dokumentowanego złoża, jak też w jego nadkładzie i poniżej spągu. We wszystkich czterech otworach nawierczających bazalt złoża Lutynia stwierdzono obecność dwumetrowych przelotów przez skały określone jako zawierające „drobne zgorzele” (Majkowska, 1989 a). Były one zlokalizowane na głębokościach od 0 do 28 m od powierzchni gruntu, co uwzględniając deniwelacje daje 55 metrów zasięgu pionowego. Chruszcz (1972) opisała ze złoża Kłopotno wystąpienia bazaltu z „plamami zgorzeli” położone na głębokościach od 0 do 24 m. Zgorzel bazaltowa jest też opisana z otworu nr 23 odwierconego na złożu Paszowice (Rutnik, 1974). Była ona tam zlokalizowana na głębokości 7,3–7,4 m. O bardzo zmiennych głębokościach występowania stref zgorzelowych w kamieniołomie Lubień informuje też Majkowska (1983).

W niektórych opracowaniach dokumentacyjnych zgorzel bazaltowa jest opisywana wspólnie ze strefami tufowymi (Herman, 1970; Król & Dziedzic, 1984; Krzyśków, 1986). Uważa się, że skały te występują obok siebie lub tworzą przerosty. Jak to przedstawiono wyżej bazalty zgorzelowe są też często wydzielane wspólnie z tufami na przekrojach geologicznych (Herman, 1971; Antos & Nowak, 1973; Majkowska, 1982 a; Majkowska & Farbisz, 1984) (por. ryc. 6.12, 13 a i b, 6.18) oraz na profilu ściany kamieniołomu zamieszczonym przez Króla i Dziedzica (1984) (ryc. 6.20). Skurzewski (1973) i Majkowska (1984) stwierdzili, że bazalty zgorzelowe koncentrują się w pobliżu stref tufowych. Na przekrojach zamieszczonych w pracy Janika i Szaplińskiego (1973) bazalty zgorzelowe są zlokalizowane na kontakcie ze strefami tufowymi (ryc. 19). Również profil ściany wyrobiska Kozia Góra ukazuje podobną sytuację (Skurzewski, 1981) (ryc. 6.10), zaś Balawejder (1983) przedstawił strefę „bazaltu ze zgorzelą” w towarzystwie tufu oraz tufu z bazaltem (ryc. 6.11).

Istnienie przestrzennego związku stref zgorzelowych i przerostów tufowych zasugerowano również na podstawie szczegółowych badań w kamieniołomie Winna Góra (Zagożdżon, 1998 a). Dalsze prace wykazały jednak, że opinia taka nie zawsze jest uzasadniona. W niektórych wyrobiskach rzeczywiście wydaje się istnieć taki związek, jednak nawet wtedy skały zgorzelowe nie kontaktują z tufami lecz są od nich oddzielone strefą bazaltu zdrowego o

zmiennej miąższości. W kamieniołomie Pielgrzymka jest to około 1–2 m, w Targowicy prawdopodobnie 15 m, zaś w wyrobisku Jawor–Męcinka około 20 m (zał. 2 b). Na stanowiskach Trupień i Wilcza Góra sytuacja wygląda zapewne podobnie, choć nie udało się określić tej odległości. Dodać też należy, że w dwóch przypadkach (Wilemowice, Winna Góra) odnotowano obecność „plamek” zgorzelowych w skałach o charakterystyce zbliżonej do tufu (fot. 37).

Ryc. 6.20. Tuf ze zgorzelą w kamieniołomie Winna Góra
(Król & Dziedzic, 1984)



1 – glina zwietrzelinowa z bloczkami bazaltu, 2 – bazalt ciemnoszary, silnie spękany, 3 – tuf szaro-wiśniowy, słabo zwięzły, gąbczasty, z bloczkami bazaltu i przerostami zgorzeli bazaltowej, 4 – usypiska skał wyżejległych

W innych przypadkach nie daje się zaobserwować korelacji pomiędzy położeniem stref zgorzelowych a występowaniem tufów. W kamieniołomie Sulików strefy takie znajdowały się zarówno w pobliżu, jak i w znacznym oddaleniu od przerostów piroklastycznych. Natomiast w wyrobisku Lutynia zgorzel bazaltowa wydaje się zajmować centralną część ciała bazaltowego, a więc znajduje się w znacznym oddaleniu od występujących na jego obrzeżeniach tufów.

Analiza zebranych danych terenowych wykazuje, że zgorzel słoneczna atakuje zarówno centra erupcyjne, jak i pokrywy lawowe, niejednokrotnie znacznie od nich oddalone. Spośród 33 zawierających skały zgorzelowe stanowisk badawczych, o dość wiarygodnie określonych formach występowania 12 to kominy wulkaniczne (m. in.: Rębiszów, Wilcza Góra, Winna Góra i Krzeniów), a dwa określone są jako żyły (Trupień, Wieża). Wyrobiska Lutynia, Pielgrzymka i Uniegoszcz obejmują strefy kominowe wraz z przylegającymi pokrywami lawowymi, do tej grupy zaliczyć też można wystąpienia w Wilemowicach będące wypełnieniem szczelin doprowadzających lawę wraz z przylegającymi pokrywami. Dalsze cztery kamieniołomy (Bazaltowa Góra, Gracze, Księginki, Rutki) założono w obrębie pokryw

lawowych przylegających do stref kominowych. Natomiast jedenaście wyrobisk (m. in. Bukowa Góra, Gronowskie Wzgórze, Józef, Sulików) udostępnia potoki lub pokrywy lawowe zlokalizowane w znacznej odległości od kanałów doprowadzających lawę.

Porównanie tych danych z proporcjami w jakich poszczególne formy ciał bazaltowych występowały wśród wszystkich badanych stanowisk (tab. 6.2) nie pozwala zauważyć częstszego występowania zgorzeli słonecznej w którymkolwiek typie tych form.

Tab. 6.2. Porównanie udziału stanowisk ze zgorzelą oraz wszystkich stanowisk badawczych wśród wystąpień bazaltowych o różnym charakterze

Formy wystąpień bazaltowych	Ilość stanowisk badawczych			
	Dla wszystkich stanowisk		Dla stanowisk ze zgorzelą	
	Ilość	Udział	Ilość	Udział
Komin lub żyła*	23	43 %	14	42 %
Komin wraz z pokrywą	12	23 %	8	24 %
Potok lub pokrywa	18	34 %	11	33 %
Suma	53	100 %	33	100 %

* uwzględniono dwa wystąpienia żyłowe o dużych rozmiarach

W trakcie badań terenowych istnienie zgorzeli stwierdzano na bardzo różnych głębokościach względem pierwotnej powierzchni terenu. W niektórych stanowiskach udostępniających pokładowe złoża bazaltów występowała ona bardzo płytko. W przypadku starego wyrobiska w miejscowości Kozów (stanowisko nr 33) wartość ta wyniosła ok. 2–3 m, a w innych kamieniołomach (np. Sulików czy Gronowskie Wzgórze) nie przekroczyła 10 m. Na obszarze innych wyrobisk, udostępniających znacznie głębsze poziomy ciała bazaltowych, również notowano opisywane zjawisko. Odnosi się to zarówno do kamieniołomów założonych w potokach lawowych (Gracze), jak i strefach kominowych (Lutynia, Wilcza Góra). W pierwszym z tych stanowisk zgorzel odnotowano na głębokości około 60–70 m, w drugim na około 40 m, a w trzecim około 70 m.

6.5. Udział skał zgorzelowych w wystąpieniach bazaltoidowych

Literatura podaje bardzo zmienne dane na temat udziału stref zgorzelowych w ciałach bazaltowych. Informacje o niewielkiej ich ilości pojawiają się w publikacjach Hibscha (1920) i Gruszeckiego (1996). W innych opracowaniach znajdujemy wzmianki o znacznych udziałach tego rodzaju skał. Klemm (1902) podał, że wszystkie bazalty badanych przez niego rejonów (okolice Laubach, Górna Hesja) wykazują zgorzel. Również w kilku opracowaniach dokumentacyjnych polskich złóż spotykamy stwierdzenia o dużej ilości występującej tam zgorzeli. Balawejder (1983, 1985 a) stwierdza, iż jej udział na złożu Żółkiewka jest bardzo znaczny, Majkowska (1982 b) podała, że zjawisko to obejmuje cały obszar kamieniołomu Wojtek w Markocicach, występuje też w bardzo dużej ilości w otworach wiertniczych zlokalizowanych na przedpolu. Zdaniem Stachowiak (1981) „struktura gruzełkowa” (utożsamiana przez nią ze zgorzelą) występuje powszechnie na obszarze złoża Bukowa Góra.

Dość rzadko natrafiamy na ilościowe dane na temat udziału skał zgorzelowych w obrębie ciał bazaltowych. Hibscha (1920) stwierdził, że w kamieniołomie o powierzchni 20000 m² założonym w obrębie ciała bazaltowego w Radebeule k. Leitmeritz, zgorzel słoneczna występuje jedynie na powierzchni 100 m². Według Stachowiak (1981) zmiany tego rodzaju wystąpiły w 17 spośród 20 otworów wiertniczych obejmując od 24 % do 100 % ich długości

(por. tab. 6.3). Zagożdżon (1998 a) opracował pod tym kątem wyniki wierceń podane przez Majkowską (1991 a), stwierdzając, iż udział skał zgorzelowych rośnie generalnie ku NE od 16 % do 55 %.

Tab. 6.3. Zestawienie udziału bazaltów z widocznymi makroskopowo zmianami zgorzelowymi w otworach wiertniczych (wg Stachowiak, 1981)

Numer otworu wiertniczego	Długość przelotów ze stwierdzoną zgorzelą [m]	Udział przelotów zgorzelowych [%]
1	28,4	nie obliczono
2	19,9	61
3	28,7	nie obliczono
4	24,8	nie obliczono
5	–	–
6	56,1	71
7/A	14,6	30
8	53,1	73
9	43,1	62
10	18,8	44
11	6,5	nie obliczono
11/A	–	–
11/B	53,1	97
12/A	11,8	24
13	74,1	91
14/A	62,2	100
15	43,5	69
17	30,0	58
19	23,8	36
20	–	–

Podczas prac terenowych próbowano określać przybliżoną procentową zawartość skał zgorzelowych w obrębie ciał bazaltoidowych. Niestety w większości przypadków było to trudne lub wręcz niemożliwe, ze względu na znaczny stopień degradacji penetrowanych stanowisk. Skały, które uległy zgorzeli, wykazując mniejszą odporność na czynniki atmosferyczne, są szybciej niszczone. Bardziej wiarygodne obserwacje pochodzą z kamieniołomów czynnych oraz nielicznych wyrobisk górniczych, w których prace przerwano stosunkowo niedawno. Wydaje się, że tylko sporadycznie nie występują tam żadne przejawy zgorzeli, tak jak ma to miejsce w kamieniołomie Janowiczki. Ślady tego zjawiska (w pojedynczych blokach skalnych) stwierdzono w Graczach i Wilczej Górze. Stosunkowo niewielkie ilości skał zgorzelowych (nieliczne strefy o rozmiarach rzędu kilkunastu do kilkudziesięciu metrów) znajdowano w wyrobiskach Jawor-Męcinka, Krzeniów, Księginki, Rębiszów, Rutki, Trupień oraz w nieczynnych odkrywkach Targowica i Pielgrzymka. Prawdopodobnie do tej grupy zaliczyć też trzeba czynny kamieniołom w Wojciechowie, którego nie spenetrowano ze względu na brak zgody właściciela. Wydaje się, że ilość (objętość) skał zgorzelowych występujących w tych złożach można oszacować na nie więcej niż 1 % ogólnej objętości kopaliny. Zmiany zgorzelowe stosunkowo często występowały w kamieniołomach Józef, Sulików i Bukowa Góra. Największe ilości skał zgorzelowych (osiągające prawdopodobnie co najmniej kilkanaście, a może nawet około 30 % ogólnej objętości skał tych wystąpień bazaltoidowych) zanotowano w Lutyni i Winnej Górze oraz w nieczynnym kamieniołomie Gronowskie Wzgórze.

Potwierdzeniem możliwości częstszego występowania zgorzeli niż to wynika z całości danych zebranych w terenie może być porównanie procentowego udziału stanowisk ze zgorzelą wśród wszystkich wystąpień oraz tylko w czynnych kamieniołomach (tab. 6.4).

Tab. 6.4. Udział stanowisk ze zgorzelą w zależności od stanu dostępności wystąpień bazaltoidowych

Analizowane wystąpienia bazaltu	Wystąpienia bez zgorzeli	Wystąpienia ze zgorzelą
Wszystkie stanowiska (82)	30 (37%)	52 (63%)
Kamieniołomy czynne (14)	1 (7%)	13 (93%)

6.6. Występowanie zgorzeli w poszczególnych odmianach petrograficznych

Jako pierwszy próbę systematyzacji skał dotkniętych zgorzelą podjął Leppla (1901). Stwierdził on, że nieliczne odmiany petrograficzne są wolne od tego zjawiska. Za raczej bezzgorzelowe uznał bazalty skalenioawe oraz niektóre bazanity nefelinowe. W innych bazanitach nefelinowych, a przede wszystkim w bazaltach nefelinowych obecność tego zjawiska jest jego zdaniem regułą.

Zagadnienie to zostało dość szczegółowo omówione przez Hibscha (1920). Jego zdaniem zgorzel jest notowana najczęściej w bazaltach, gdyż głównie one stają się przedmiotem eksploatacji. Ma ona też jednak występować w bazanitach, tefrytach, fonolitach, monchikitach, a także w bazaltach melilitowych i skałach zawierających melilit (polzenity). Hibscha podaje też wyniki badań zgorzelowych bazaltów skalenioawych i sjenitu sodalitowego. Nawiązując do współczesnej mu dyskusji na temat genezy tego zjawiska, Hibscha stwierdził, że zgorzel występuje również w skałach całkowicie pozbawionych szkliwa i zeolitów, zaś bezzgorzelowe bywają skały nie posiadające szkliwa i wysoko zasadowe (Hibscha, 1938).

Hoppe (1936) podał, że zgorzel występuje w zasadowych (*basischen*) bazaltach zawierających szkliwo, podczas gdy w obojętnych (*mittelsaure*) występuje rzadko, a w kwaśnych (*saure*) wcale. Rinne (1928) za narażone na zgorzel uznał bazalty, fonolity oraz skały im pokrewne. Diehl (1928) streszcz. w Neues Jahrb. ..., 1929) stwierdził ogólnie, że występowanie zgorzeli związane jest przede wszystkim ze skałami zasadowymi, zaś Hoppe i Kellermann (1928) badali zgorzel w limburgicie.

W literaturze polskiej na ten temat wypowiedział się Smulikowski (1960), stwierdzając że zgorzeli ulegają skały „różnych typów petrograficznych”. Próby określenia ogólnych reguł występowania tego zjawiska w różnych odmianach petrograficznych podejmowali też autorzy niektórych opracowań dokumentacyjnych. Zdaniem Rutnika (1974) występuje ono w skałach bogatych w oliwin i nefelin. Majkowska i Farbisz (1984) stwierdzili, że wśród wulkanitów okolic Targowicy bardziej podatne na pojawianie się zgorzeli są bazalty nefelinowe niż plagioklazowe. Badania skał występujących w złożu Sulików (Borek & Kwapiński, 1974 c) wykazały, że zgorzelą były tam objęte ankaratryty i nefelinity, określone jako odmiany skalne bardziej odporne na wietrzenie chemiczne. Natomiast limburgity, oraz nieliczne bazalty właściwe i bazanity były wolne od zgorzeli. Majkowska (1983) stwierdziła, że skały zgorzelowe i zdrowe ze złoża Lubień mają stały skład mineralny, zauważalne jest jedynie pewne różnicowanie strukturalne. Zgorzeli często ulegały odmiany porfirowe i drobnoporfirowe, w odróżnieniu od skał drobnokrystalicznych.

W celu określenia częstości występowania zgorzeli słonecznej w poszczególnych odmianach petrograficznych zestawiono dane ze zbadanych stanowisk obserwacyjnych (tab 6.5). Uwzględniając niemal dwuipółkrotnie większą ilość stanowisk, w których odnotowano zgorzel, można stwierdzić, że zjawisko to występuje częściej w skałach określanych jako bazanity (zarówno we wcześniejszych klasyfikacjach, jak i w klasyfikacji TAS), także w bazaltach i ankaratrytach, a ponadto w bazaltach nefelinowych oraz nefelinitach. Bazalty oliwinowe oraz trachybazanity to odmiany skalne, które w badanej populacji próbek zawsze wykazywały obecność zgorzeli.

Tab. 6.5. Udział poszczególnych odmian petrograficznych skał zgorzelowych i zdrowych występujących w badanych stanowiskach (według danych zawartych w rozdz. 5)

Odmiany petrograficzne	Skały zdrowe	Skały zgorzelowe
Bazalt	1	5
Bazalt nen	1	2
Bazalt Qn	1	-
Bazanit	1	5
Melabazanit	1	1
Tefryt	2	3
Fonolit lub trachit nen	1	-
Bazalt limburgitowy	-	1
Bazalt nefelinowy	3	13
Bazalt oliwinowy	-	3
Bazalt plagioklazowy	10	14
Bazalt oliwinowo-nefelinowy	-	1
Bazalt plagioklazowo-nefelinowy	1	-
Trachybazalt	1	1
Bazanit	2	13
Trachybazanit	-	3
Nefelinit	5	16
Melanefelinit	-	1
Trachyandezyt	1	3
Ankaratryt	1	5
SUMA	20	48

Drukiem wytłuszczonym podano skały o przynależności systematycznej określonej wg TAS, pozostałe nazwy pochodzą z wcześniejszych klasyfikacji petrograficznych.

7. Badania laboratoryjne skał zgorzelowych

W rozdziale przedstawiono przegląd prezentowanych w literaturze oraz przeprowadzonych w ramach prac własnych wyników laboratoryjnych badań skał zgorzelowych. Przybliżone zostały rezultaty analiz mineralogicznych (mikroskopowych i rentgenostrukturalnych), chemicznych (składu tlenkowego skał, zawartości pierwiastków śladowych oraz badań chemicznych w mikroobszarze), wyniki generowania zmian zgorzelowych w warunkach laboratoryjnych, rezultaty badań właściwości fizyko-mechanicznych zarówno kawałkowych próbek skalnych, jak i kruszyw uzyskanych z takich skał, a także wyniki próbnego topienia bazaltoidów zgorzelowych.

7.1 Badania mikroskopowe

Porównanie składu mineralnego skał zgorzelowych i zdrowych

W ramach mineralogicznych badań skał zgorzelowych analizowano stosunek ich składu do pobliskich skał zdrowych. Przytoczyć tu można opinię Tannhäusera (1910 vide Pukall, 1939), który stwierdził, że tego rodzaju badania mikroskopowe są całkowicie nieprzydatne. Zagadnienie to można jednak rozpatrywać szerzej na podstawie danych zamieszczonych w niektórych pracach krajowych. W większości przypadków autorzy ograniczają się do lakonicznych stwierdzeń, iż skały zgorzelowe nie wykazują różnic mineralnych w stosunku do bazaltów zdrowych (Śliwa, 1967 a; Skurzewski, 1973; Kochanowska & Żygadło, 1984; Krzyśków, 1986) lub zróżnicowanie takie jest nieistotne (Nadybski, 1956). Również Wójcik (1973) informuje o podobieństwie składu mineralnego skał określonych jako zgorzel bazaltowa i współwystępujących zdrowych bazaltów o strukturze afanitowej. Należy jednak zaznaczyć, że wspomniane skały zgorzelowe zostały przez tego autora scharakteryzowane jako „bazalty o teksturze gąbczastej”, być może w tym przypadku nie mamy więc do czynienia z rzeczywistymi zmianami zgorzelowymi (por. rozdz. 2).

Nieliczne prace (Rutnik, 1974; Krzyśków, 1986) prezentują wyniki analiz planimetrycznych, pozwalające na porównanie składu mineralnego skał zdrowych i uznanych za zgorzelowe. Badania przeprowadzone przez Rutnika (1974) wykazały, że pod względem jakościowym skład mineralny bazaltów zgorzelowych i zdrowych ze złoża Paszowice jest niemal identyczny (tab. 7.1). Jediną różnicą jest tam występowanie śladowych ilości nefelinu jedynie w skale zdrowej. Także zróżnicowanie ilościowe jest nieistotne.

W tab. 7.2 porównano, przedstawione przez Krzyśków (1986) wyniki badań planimetrycznych skał zdrowych i zgorzelowych ze złoża Krzeniów. Zróżnicowanie jakościowe przejawia się w postaci występowania nieznacznych ilości biotyту, bowlingitu i chlorytu jedynie w skałach zdrowych. W obu wyróżnionych typach skał występują zbliżone zawartości piroksenów, nefelinu i tlenków żelaza. W skałach zgorzelowych notuje się nieznacznie niższe ilości oliwinu i iddyngsyту na korzyść podwyższonej zawartości plagioklazów. W związku ze znaczną zmiennością tych skał przeanalizowano skład mineralny próbek skalnych pobranych z otworu wiertniczego nr 23 (tab. 7.3). Również w tak wyselekcjonowanym zestawie obserwacji zauważyć można większą koncentrację plagioklazów w skałach zgorzelowych. Zawartość piroksenów i oliwinu (liczonego wspólnie z iddyngsytem i bowlingitem) jest stała, zaznacza się jednak wyraźne zwiększenie ilości iddyngsyту. Przedstawionych wyników nie można jednak uznać za całkowicie pewne, gdyż makroskopowe charakterystyki skał określonych przez Krzyśków (1986) jako zgorzelowe nie przesądzają, czy faktycznie mamy tu do czynienia z tym zjawiskiem.

Tab. 7.1. Skład mineralny próbek bazaltów zdrowych i zgorzelowych ze złoża Paszowice (na podst.: Rutnik, 1974)

Rodzaj skały	Procentowa zawartość poszczególnych składników							Suma
	oliwiny	pirokseny	amfibole	plagioklasy	nefelin	magnetyt	ciasto skalne	
Bazalt zdrowy	7,8	8,2	3,7	5,4	0,1	4,5	70,3	100,0
Zgorzel bazaltowa	7,6	11,6	4,3	6,4	–	5,6	64,5	100,0

Tab. 7.2. Maksymalne, średnie i minimalne zawartości poszczególnych składników mineralnych bazaltu zdrowego i zgorzelowego ze złoża Krzeniów, (na podst.: Krzyśków, 1986; indeksy podają liczbę analiz uwzględnionych w obliczeniach)

Rodzaj skały	Wartości	Procentowa zawartość poszczególnych minerałów									
		prokseny	oliwiny	plagioklasy	nefelin	iddingsyt	biotyt	bowlingit	chloryt	tlenki żelaza	ciasto skalne
Bazalt	maks.	49,3 ²⁴	5,5 ²³	42,0 ²²	20,1 ¹⁸	21,3 ¹³	2,4 ⁴	5,4 ³	2,9 ¹	15,5 ²³	68,4 ⁸
	średnie	30,9	7,7	23,1	3,4	13,0	1,7	2,9		9,6	58,2
	min.	6,2	0,9	3,3	0,4	2,3	0,4	0,5		7,5	53,9
Bazalt zgorzelowaty	maks.	37,1 ⁴	3,8 ⁴	45,7 ³	3,5 ³	18,8 ⁴	–	–	–	13,1 ⁴	66,3 ¹
	średnie	30,7	3,2	35,2	2,1	11,5	–	–	–	10,0	
	min.	16,3	2,0	27,9	1,4	4,6	–	–	–	7,6	

Tab. 7.3. Skład mineralny próbek skalnych ze złoża Krzeniów pobranych w otw. 23 (na podst.: Krzyśków, 1986)

Rodzaj skały	Głębokość [m]	Procentowa zawartość poszczególnych minerałów									Suma
		pirokseny	oliwiny	plagioklasy	nefelin	iddingsyt	biotyt	bowlingit	chloryt	tlenki żelaza	
Zwietrzały bazalt	13-13,1	37,6	–	47,6	–	13,2	–	–	–	1,6	100,0
Bazalt	51,9-52	35,9	19,5	36,4	–	–	–	0,5	–	7,7	100,0
Bazalt zgorzelowaty	55,8-56	36,2	2,0	45,7	–	8,5	–	–	–	7,6	100,0
Bazalt	82-82,1	38,5	8,0	17,2	20,1	2,3	2,4	–	2,9	8,6	100,0

Opracowanie petrograficzne dokumentacji geologicznej złoża bazaltu Winna Góra (Majkowska, 1991 a) zawiera dwa (analizy nr 3 i 17) opisy mikroskopowe skał wykazujących prawdopodobnie obecność zgorzeli. Zarówno ich struktury, jak i skład mineralny oraz stopień rozwinięcia zjawisk wietrzeniowych (iddingsytyzacja) nie odbiegają od skał zdrowych.

W opracowaniu petrograficznym złoża Sichów (Borek & Kwapiński, 1974 b) natknięto się na opisy mikroskopowe skał pokrytych zgorzelą na powierzchniach. W tym przypadku nie ma pewności co do faktycznego wystąpienia zgorzeli słonecznej, wyniki te nie zostały więc uwzględnione w dalszych rozważaniach.

W ramach prac własnych dokonano porównania skał zgorzelowych i zdrowych z kamieniołomów Winna Góra, Krzeniów i Lutynia. Nie stwierdzono pomiędzy nimi istotnego zróżnicowania mikrostrukturalnego, mikroteksturalnego czy mineralogicznego.

Rzadziej natrafiamy na informacje o istnieniu pewnych różnic składu mineralnego pomiędzy bazaltami zdrowymi a zgorzelowymi. Hibsche (1920), na podstawie porównania skał zgorzelowych i zdrowych występujących w obrębie ciała bazaltowego z Radebeule, stwierdził, że pierwsze z nich są wyraźnie wzbogacone w augit. Poza tym ich skład mineralny był zbliżony.

Szczegółowe badania mikroskopowe skał zdrowych i zgorzelowych zostały wykonane na materiale pochodzącym z kamieniołomu Gronowskie Wzgórze koło Zgorzelca (Wojciechowska & Śliwa, 1970). Stwierdzono, że zarówno w preparatach wykonanych ze skał zdrowych, jak i zgorzelowych obserwować można naprzemiennie występujące skupienia minerałów ciemnych (piroksenów) oraz jasnych (nefelinu, analcymu). Jednak wraz ze wzrostem zaangażowania procesu zgorzelowego granice tych stref stają się coraz bardziej wyraźne, ponadto w bazalcie najsilniej zgorzelowym zauważono obecność „drobnych, włoskowych skupień nefelinu i analcymu”. Analiza planimetryczna wykazała jedynie niewielkie różnice w składzie mineralnym pomiędzy skałami zdrowymi a zgorzelowymi (tab. 7.4). W pierwszych zauważa się nieznacznie więcej analcymu i nefelinu oraz, występującego w podrzędnych ilościach, biotytu. Wahania zawartości pozostałych składników mineralnych wydają się być chaotyczne.

Tab. 7.4. Skład mineralny bazaltu zdrowego i bazaltów w różnym stopniu dotkniętych zgorzelą słoneczną (wg Wojciechowskiej i Śliwy, 1970)

Rodzaj skały	Procentowa zawartość poszczególnych minerałów				
	oliwiny	pirokseny	biotyt	nefelin + analcym	magnetyt
Bazalt zdrowy	18,91	57,46	0,30	11,54	11,79
Bazalt zgorzelowy 1°	13,55	57,65	0,60	19,09	9,11
Bazalt zgorzelowy 2°	17,80	60,49	0,69	12,23	8,79
Bazalt zgorzelowy 3°	16,74	52,20	0,80	18,54	11,72

Odosobniona próbka bazaltu określonego jako „dotknięty zgorzelą bazaltową” została przeanalizowana przez Hubicką-Ptaszyńską (1974) w ramach badań nad tlenkami żelaza i tytanu występującymi w bazaltoidach Dolnego Śląska. Analiza w świetle odbitym wykazała obecność trzech generacji minerałów tlenkowych, w odróżnieniu od pozostałych próbek (bazaltu zdrowego), w których występowała tylko jedna ich generacja. Fakt ten nie może być jednak uważany za cechę charakterystyczną skał zgorzelowych.

Wydaje się, że zróżnicowanie mineralne pomiędzy skałami zgorzelowymi i zdrowymi, nawet występującymi w bezpośredniej bliskości, nie jest wynikiem działania procesu

zgorzelowego, a jedynie odzwierciedleniem zwykłej (niejednokrotnie bardzo znacznej) zmienności składu ciał bazaltowych. O jej obecności dowiadujemy się z wyników analiz planimetrycznych zamieszczanych w dokumentacjach geologicznych złóż bazaltów (m. in. Borek & Kwapiński, 1974 c; Krzyśków, 1986), gdzie wahania zawartości minerałów skałotwórczych sięgają kilkudziesięciu procent. Na temat silnej zmienności bazaltów zaznaczającej się nawet na przestrzeni pojedynczych metrów wspominają też Kühnel i in. (1994). Podobnie odczytywać można znaczne rozbieżności przy określaniu petrografii poszczególnych ciał bazaltoidowych (por. m.in. opisy wystąpień nr 2, 5, 24, 36, 69, 70 w rozdz. 5.).

Faktem wartym podkreślenia jest podawanie przez różnych autorów informacji na temat braku różnic w zwiętrzeniu składników mineralnych pomiędzy skałami zdrowymi i zgorzelowymi. Nadybski (1956) stwierdził, iż stopień serpentynizacji oliwinu nie wykazuje zróżnicowania pomiędzy tymi odmianami skalnymi. Dane przedstawione przez Krzyśków (1986) ukazują, że bowlingit i chloryt występują jedynie w skałach bezzgorzelowych (tab. 7.2, 7.3). Choć w skali całego wystąpienia iddyngsyty wykazuje większą koncentrację w skałach zdrowych, to wyniki badań próbek z otworu nr 23 wykazały jego wyraźnie większą zawartość w skale zgorzelowej. Niemniej jest go tam znacznie mniej niż w próbce opisanej jako bazalt zwiętrzały. Majkowska (1991 a) informuje o wysokiej lub całkowitej iddyngsytyzacji w badanych przez nią skałach zgorzelowych, jednak w bazaltach zdrowych również stwierdzono bardzo znaczne zaawansowanie tego procesu.

Zmienność składu mineralnego skał zgorzelowych

Istotnym zagadnieniem dotyczącym mineralogicznej charakterystyki zjawiska zgorzelowego jest zróżnicowanie składu w obrębie tych skał, a więc pomiędzy „plamkami” a fragmentami zdrowymi.

Wielu autorów stwierdzało brak takiej zmienności. Vogelsang (1875 vide Pukall, 1939) jako pierwszy podał, że „plamki” są nierozpoznawalne w obrazie mikroskopowym. Leppla (1901) stwierdził zaś, że jedyną różnicą zaobserwowaną pod mikroskopem są wytarcia powstałe w obrębie „plamek” podczas mechanicznej obróbki preparatów. Opinie o braku możliwości mikroskopowego odróżnienia „plamek” od bezzgorzelowych części skały wyrażali też Nadybski (1956), Śliwa, (1967) i Skurzewski (1973).

Inni badacze donosili o zaobserwowaniu zróżnicowania mineralnego pomiędzy poszczególnymi częściami omawianych skał. Hibschi (1920) stwierdził istnienie „części femicznych” (wzbogaconych w augit, a zubożonych w nefelin) oraz „części sialicznych” (uboższych w augit i bogatszych w nefelin) (tab. 7.5).

Holler (1930) poinformował o wewnętrznej zmienności mineralogicznej i mikrostrukturalnej w obrębie badanych przez niego skał zgorzelowych. Jego zdaniem „plamki” zgorzelowe wykazywały większy udział jasnego ciasta skalnego (*Grundmasse*), które opisał jako szkliwo o współczynniku załamania światła niższym o 1,537–1,540 w stosunku do balsamu kanadyjskiego. W obrębie „plamek” występowała też mniejsza ilość prakryształów. Również Ernst i Drescher-Kaden (1940) wielokrotnie stwierdzali (wyłącznie w „plamkach”) obecność izotropowej masy (*Zwischenklemmungsmasse*) o współczynniku załamania światła mającym wartość około 1,491. Ernst (1960) podał, że analcym wykrywany za pomocą analizy rentgenostrukturalnej (por. rozdz. 7.2) można obserwować z użyciem metod optycznych, konieczne do tego jest jednak zastosowanie bardzo dużych powiększeń, a minerał często nie wykazuje typowych dla niego cech.

O wewnętrznym zróżnicowaniu mineralnym skał zgorzelowych dowiadujemy się też od Wojciechowskiej i Śliwy (1970). Dzięki badaniom mikroskopowym autorzy ci udokumentowali obecność naprzemiennych skupień minerałów ciemnych (piroksenów) i

jasnych (nefelin i analcym). Należy jednak zaznaczyć, że podobną zmienność obserwowano również w skałach zdrowych, jedynie wyrazistość poszczególnych stref była w nich znacznie niższa.

Tab. 7.5 Zawartość składników mineralnych w poszczególnych częściach ciała bazaltowego w Radebeule (treść i forma wg Hibscha, 1920)

	Pokład Richard dolny	Pokład Richard górny (N)	Pokład Richard górny (S)	Pokład Georg	Pokład Georg zgorzel słoneczna	
Magnetyt	5-8%	4-8%	10%	5-8%	części femiczne	części sialiczne
Oliwin	2-3%	5%	3%	4%		
Augit	70%	50%	60-70%	75-80%	90-95% augitu i magnetytu, zasobne w augit	uboższe w augit
Plagioklaz	15-18%	5%	5%	10%	5-10% skalania i nefelinu, uboższe w skałach	zasobniejsze w skałach
Renit	3-5% pseudomorfozy po hornblendzie i rozproszone kryształy	duże rozproszone kryształy, nie-liczne pseudo-morfozy po hornblendzie	–	duże rozproszone kryształy	duże rozproszone kryształy	duże rozproszone kryształy
Nefelin	5%	mało	mało	nierównomiernie rozmieszczony	uboższe w nefelin	zasobniejsze w nefelin
Analcym	mało	nieco więcej	10%	mało	obecny	obecny
Biotyt	–	–	3-5%	–	–	–
Szkliwo	–	30-35%	–	–	–	–

Zarówno wyniki badań skał z kamieniołomów Winna Góra i Krzeniów (Zagożdżon, 1997, 1998 a), jak i obserwacje skał z sześciu dalszych wystąpień bazaltoidowych wykazały, że granice „plamek” są zazwyczaj nierozpoznawalne. Brak jest zarówno zróżnicowania mineralogicznego, jak i mikrostrukturalnego czy mikroteksturalnego (fot. 46-50). Rzadziej twory te okazują się (w świetle zwykłym lub spolaryzowanym) nieco ciemniejsze od otaczającej skały zdrowej. W pewnym stopniu zjawisko to może być rezultatem występowania, wspomnianych przez Kühnela i in. (1994) submikroskopowych spękań powodujących zwiększone rozpraszanie światła (fot. 51). Obserwacje w świetle spolaryzowanym wykazują znacznie silniejsze ściemnienie. W tym przypadku jest ono jednak pozorne, gdyż wywołuje je obecność powszechnie występujących, sygnalizowanych już przez Lepplę (1901), wykruszeń w obrębie „plamek” (fot. 52). Należy zaznaczyć, że precyzyjna identyfikacja odbarwień zgorzelowych za pomocą metod mikroskopowych nie jest praktycznie możliwa gdyż granice obszarów o ciemniejszym zabarwieniu są wyjątkowo nieostre.

7.2 Analiza rentgenostrukturalna

Badania rentgenostrukturalne skał zgorzelowych były prowadzone sporadycznie. Jako pierwsi o zastosowaniu tej metody poinformowali Ernst i Drescher-Kaden (1940). Ich prace jednoznacznie wykazały zróżnicowanie mineralne skał zgorzelowych występujące konsekwentnie we wszystkich badanych przypadkach. Stwierdzono, że analcym pojawia się jedynie w obrębie „plamek”, zaś w zdrowych fragmentach skał zgorzelowych występuje nefelin.

Wyniki badań rentgenostrukturalnych znajdujemy też w dokumentacji geologicznej złoża bazaltu w Sulikowie (Borek & Kwapiński, 1974 c). Autorzy stwierdzili, że poszczególne skały nie wykazują zróżnicowania mineralnego (tab. 7.6).

Tab. 7.6. Wyniki analizy rentgenostrukturalnej próbek bazaltu zdrowego (pola cieniowane) i zgorzelowego (wg Borka & Kwapińskiego, 1974 c)

Numer próbki	Minerały uszeregowane wg intensywności pików					
1	Px	Amf	Sk	(Ol)	–	–
1a	Px	Sk	Z	Bio	Chl	Ol
1b	Px	Sk	Z	Amf	Chl	–
1/1	Px	Smf	Sk	Chl	–	–
1/2	Px	Bio	Chl	Sk	–	–
2	Px	Sk	Q	Bio	–	–
2a	Px	Amf	Chl	Sk	M ?	–
2b	Px	Amf	Sk	Chl	Bio	–
10/23	Px	Amf	Sk	Bio	Ol ?	Chl
10/33	Px	Sk	Amf	Ol	Chl	–
10/66	Px	Sk	Amf	Bio	M	Q
4	Px	Sk	Chl	Z	Q	Amf
4a	Px	Sk	M	Amf	Bio	Q
4b	Px	Amf	Sk	M	Bio	Q
5	Fe Amf	M	Px	Q	Sk	Z

Znaczenie skrótów (zaczepnięto z oryginału): Px – piroksen, Amf – amfibol, Sk – skaień, Q – kwarc, Chl – chloryt, Bio – biotyt, M – montmoryllonit, Z – zeolit

Własne badania rentgenostrukturalne przeprowadzono w dwóch etapach. Wstępne analizy ośmiu próbek zostały wykonane w Instytucie Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej. Przebadano skały pobrane w 5 stanowiskach. Z kamieniołomu Winna Góra pochodził fragment skały zdrowej oraz próbki wyseparowane z „plamek” i zdrowych ziaren skały zgorzelowej (zał. 8). Z kamieniołomu Krzeniów przeznaczono do badań również próbki wydzielone z odmiennych partii skały zgorzelowej (zał. 9). Ponadto przeanalizowano fragmenty „plamek” zgorzelowych ze stanowisk Pilchowice, Sulików i Targowica (zał. 10). Zidentyfikowano jedynie cztery minerały: anortyt o wzorze $\text{CaAl}_2(\text{SiO}_4)_2$, analcym $\text{NaAl}(\text{SiO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, diopsyd $\text{NaAl}(\text{SiO}_3)_2$ i augit $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$. Pomimo stosunkowo niskiej jakości otrzymanych wyników stwierdzono, iż skład mineralny badanych próbek jest zbliżony (Zagożdżon, 1998 b). Jedyną, ale bardzo wyraźną różnicą jest obecność w substancji zgorzelowej analcymu dającego piki o wartościach kąta 2-theta wynoszących około 15,8 i 26 (zał. 8–10).

Szczegółowe analizy wykonano w Pracowni Rentgenostrukturalnej Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. W ich ramach przeprowadzono badania pięciu zestawów (par) próbek z kamieniołomów Winna Góra (trzy zestawy), Krzeniów, Męcinka i Targowica (zał. 11–16). W skład każdego zestawu wchodziły próbki materiału pobranego z „plamek” zgorzelowych oraz ze zdrowych fragmentów skał.

Również w tym zespole próbek skład mineralny był zbliżony. Na większości dyfraktogramów dominują piki typowe dla augitu, tworzące przede wszystkim charakterystyczną triadę w zakresie kątów 2-theta od 34,7 do 36. W większości przypadków minerał ten określono jako augit glinowy o wzorze: $\text{Ca}(\text{Mg, Fe}^{+3}, \text{Al})(\text{Si, Al})_2\text{O}_6$, a tylko w skale pochodzącej z kamieniołomu Krzeniów bardziej wskazane było określenie go jako augit o wzorze: $\text{Ca}(\text{Mg, Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$. Kolejnymi, pod względem intensywności uzyskanych pików, minerałami są albit $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ i anortyt $(\text{Ca, Na})(\text{Al, Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Pierwszy z nich występował we wszystkich analizowanych próbkach, natomiast drugiego nie stwierdzono w materiale ze stanowisk Jawor-Męcinka i Targowica. Wyraźnie zaznacza się też obecność analcymu o formule $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (którego piki w jednym przypadku okazały się dominujące – por.

zał. 12) oraz nefelinu $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. Zmienna jest zawartość oliwinu magnezowego (forsterytu o wzorze $2(\text{Mg}_{0,90}\text{Fe}_{0,10})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$). W niektórych próbkach (zał. 11, 13, 14) daje on silne refleksy, zaś w innych są one słabo zaznaczone (zał. 15, 16) lub ich obecność jest problematyczna (zał. 12). Fajalit (Fe_2SiO_4) uwidacznia się słabo jedynie na dyfraktogramie próbki WG-11 oraz prawdopodobnie JM-4. Ponadto w preparacie JM-4 stwierdzono magnetyt o wzorze: $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Porównanie intensywności większości pików charakterystycznych dla wyżej wymienionych minerałów w obrębie poszczególnych zestawów próbek wykazuje, brak ich określonego zróżnicowania. Zmienność intensywności obserwować możemy w przypadku plagioklazów w próbce WG-100 (zał. 12) oraz forsterytu w próbce WG-11 (zał. 13). Zróżnicowanie to jest jednak incydentalne, nie można go więc uznać za charakterystyczne dla zgorzeli słonecznej.

Wyraźne, typowe dla skał zgorzelowych, zróżnicowanie mineralne dotyczy nefelinu i analcymu. Pierwszy z tych minerałów, w większości przypadków, zaznacza się silniej w dyfraktogramach zdrowych części analizowanych skał (przede wszystkim zał. 13, 14, 16, również zał. 11). Z kolei analcym występuje wyłącznie w obrębie „plamek” zgorzelowych. Niewątpliwie najbardziej ewidentnym przykładem tego zróżnicowania mineralnego jest dyfraktogram próbki WG-100 (zał. 12), w którym piki analcymowe cechują się najwyższą intensywnością. (Zagożdżon, 2001; Zagożdżon & Wojciechowska, 2001)

Analizom poddano również materiał uzyskany w wyniku topienia dwóch kawałkowych próbek skał zgorzelowych (zał. 17, 18). W przypadku skały pochodzącej z kamieniołomu Winna Góra (pr. WG-11 leizna) stwierdzono istnienie dominujących pików augitowych oraz mniej intensywnych refleksów albitu i magnetytu. Być może słabo zaznacza się również forsteryt. Obecność nefelinu jest problematyczna. W próbce z wyrobiska w Targowicy (Tg-5 leizna), obok silnych refleksów augitowych, zauważa się jedynie piki magnetytu i (słabo widoczne) forsterytu.

Podkreślić należy, że w analizowanych próbkach nie natrafiono na żadne ślady minerałów wtórnych (np. ilastych). Podniesienie linii dyfraktogramu zdrowych fragmentów próbki WG-11 (zał. 13) jest wynikiem elektronicznej obróbki wyników.

7.3. Charakterystyka chemiczna

7.3.1 Zawartość tlenków

Wyrazistość zmian zgorzelowych sugerowała, że powinny się one zaznaczyć w składzie chemicznym skał. Próby określenia ich charakteru za pomocą całościowych analiz składu chemicznego podjęto już w II poł. XIX wieku (m. in. Moesta, 1867 vide Pukall, 1939). Później badania tego rodzaju podejmowano wielokrotnie, zarówno przed (m. in. Blanck & Alten, 1926 vide Stützel, 1934; Steuer i in., 1929; Holler, 1930; Stützel, 1934) jak i po II wojnie światowej (Wojciechowska & Śliwa, 1970). Prace szły, podobnie jak w przypadku analiz mikroskopowych, dwiema drogami. Określano zróżnicowanie pomiędzy skałami zgorzelowymi i zdrowymi oraz chemiczną zmienność wewnątrz skał zgorzelowych. Niestety analizom poddawano co najwyżej po kilka próbek i z reguły analizowano zawartość tylko nielicznych tlenków. Przedstawiane wyniki okazały się ponadto bardzo niejednoznaczne, a często wręcz rozbieżne.

Zestawienie wyników badań składu chemicznego skał zgorzelowych i jednej próbki skały zdrowej znajdujemy w pracy Tannhäusera (1910 vide Pukall, 1939) (tab. 7.7). Obok bazaltu zdrowego i typowej skały zgorzelowej przedstawia on też skład chemiczny bliżej nie

określonego bazaltu zgorzelowego bez „plamek” (*Sonnenbrand ohne Flecken*). W związku z tym w dalszych rozważaniach wykorzystano porównanie składu próbek z pierwszej i trzeciej kolumny poniższej tabeli.

Tab. 7.7. Wyniki badań bazaltów przytoczone przez Tannhäusera (1910 vide Pukall, 1939).

Składniki	Bazalt zdrowy	Bazalt zgorzelowy bez „plamek” ¹	Bazalt zgorzelowy z licznymi „plamkami”
SiO ₂	43,37	42,17	41,81
TiO ₂	1,24	1,16	1,18
Al ₂ O ₃	11,55	10,81	10,90
FeO	6,52	6,52	6,34
Fe ₂ O ₃	9,27	9,20	9,97
MgO	11,01	11,85	11,67
CaO	12,99	13,55	13,45
Na ₂ O	2,57	3,66	3,28
K ₂ O	0,93	1,11	1,03
H ₂ O	0,12	0,35	0,32

¹ *Sonnenbrand ohne Flecken* wg Tannhäusera (1910 vide Pukall, 1939)

Podobne zestawienie składu skał zdrowych i zgorzelowych z rejonu Gedern (Hesja) przedstawili Blank i Alten (1926 vide Pukall, 1939). Uzyskane przez nich wyniki okazują się bardzo niejednoznaczne (tab. 7.8). Można jedynie stwierdzić, że skała zgorzelowa w tym przypadku jest zasobniejsza w tlenki Ti i Mg, a uboższa w tlenki Ca, K i być może Na.

Na temat różnic składu chemicznego pomiędzy skałami zdrowymi i zgorzelowymi wypowiadał się też Holler (1930). Niestety, obok zestawienia ukazującego skład chemiczny skały zgorzelowej (por. tab. 7.9), podał on jedynie ogólne informacje, że w stosunku do zdrowego bazaltu substancja ta wykazuje ubytek Fe₂O₃, MgO, TiO₂ i SiO₂ oraz wzrost zawartości alkaliów, glinki i wody.

Stützel (1934) prezentuje graficzne porównanie chemizmu skał zgorzelowych i zdrowych (ryc. 7.1). Wydaje się ono świadczyć o wzroście zawartości SiO₂, Na₂O i MgO oraz spadku ilości Al₂O₃ w skałach zgorzelowych. Wahanie zawartości CaO i K₂O są niejednoznaczne.

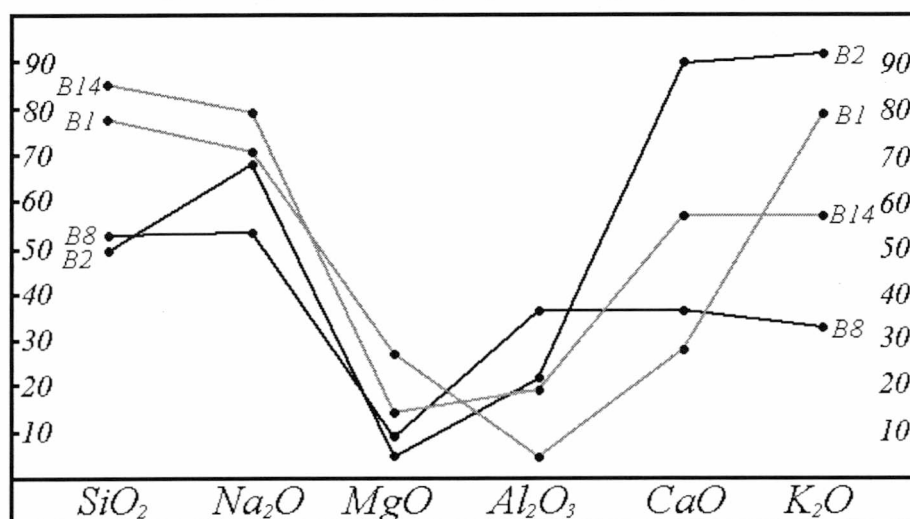
Tab. 7.8. Skład chemiczny bazaltów z rejonu Gedern (Hesja) wg Blanka i Altena (1926 vide Pukall, 1939)

Składniki	Bazalty zdrowe			Bazalt zgorzelowy
SiO ₂	45,98	43,91	44,52	44,59
TiO ₂	2,00	1,70	1,80	2,50
Al ₂ O ₃	11,12	13,39	12,53	12,10
Fe ₂ O ₃	6,40	6,05	4,50	5,55
FeO	5,09	7,37	7,05	6,69
CaO	10,73	11,53	10,25	10,18
MgO	13,82	12,15	13,68	14,83
K ₂ O	0,84	0,99	0,88	0,81
Na ₂ O	2,41	1,62	2,02	1,62
P ₂ O ₅	0,65	1,13	1,40	0,79
H ₂ O	1,11	0,59	0,82	1,00
Strata prażenia	1,32	1,22	1,14	1,03

Tab. 7.9. Zawartość poszczególnych tlenków w „materiale izolowanym z jednej ze skał zgorzelowych Westerwaldu” (wg Hollera, 1930)

Składnik	Zawartość procentowa
SiO ₂	42,37
Al ₂ O ₃	17,01
Fe ₂ O ₃	
CaO	8,85
MgO	6,62
K ₂ O	4,40
Na ₂ O	14,33
H ₂ O	5,83

Ryc. 7.1. Różnice procentowej zawartości składników chemicznych pomiędzy skałami zdrowymi (linie czarne) i zgorzelowymi (linie szare) z rejonu Büdingen (Stützel, 1934)



Pełne dane na temat zróżnicowania składu chemicznego skał zgorzelowych i zdrowych znajdujemy w pracy Wojciechowskiej i Śliwy (1970). Bazalty ze złoża Gronowskie Wzgórze okazały się pod tym względem dość jednorodne (tab. 7.10). Za znaczący uznać można jedynie wzrost zawartości tlenku sodu w skale zgorzelowej.

Tab. 7.10. Skład chemiczny bazaltu zdrowego i zgorzelowego z kamieniołomu Gronowskie Wzgórze (Wojciechowska & Śliwa, 1970)

Składnik	Zawartość procentowa	
	bazalt zdrowy („0”)	bazalt zgorzelowy („20”)
SiO ₂	39,72	39,60
Al ₂ O ₃	11,58	11,86
CaO	13,62	13,39
MgO	8,66	8,87
FeO	6,42	6,49
Fe ₂ O ₃	9,18	9,15
P ₂ O ₅	0,15	0,10
TiO ₂	4,15	4,16
MnO	0,16	0,15
Na ₂ O	3,60	4,10
K ₂ O	1,30	1,32
H ₂ O ⁺	0,53	0,27
H ₂ O ⁻	0,90	0,49

Według informacji zawartych w dokumentacjach geologicznych złóż Kosiska-Janowice (Gruszecki, 1996) oraz Uniegoszcz (Krzyśków, 1985) badaniom składu chemicznego poddane zostały pojedyncze próbki skał określonych jako zgorzelowe. Skrótość opisów nie pozwala stwierdzić, czy zjawisko to istotnie występowało, niemniej w obu przypadkach wyniki analiz nie odbiegały znacząco od składu skał zdrowych.

Inni autorzy badali zróżnicowanie składu chemicznego w obrębie bazaltoidów zgorzelowych (pomiędzy „plamkami” a zdrowymi fragmentami tych skał). Leppla (1901) przedstawił zmienność zawartości sumy alkaliów oraz prawdopodobnie tlenku sodu (*Natron*) (tab. 7.11). Ich zawartość w substancji zgorzelowej okazała się wyraźnie wyższa.

Tab. 7.11. Zawartość sumy alkaliów i Na₂O w poszczególnych częściach skały zgorzelowej (wg analizy Lindnera przytoczonej przez Lepplę, 1901)

Składniki	Zawartość procentowa	
	„ciemno zabarwiony bazalt”	„plamista część bazaltu”
suma alkaliów	3,18	3,98
Na ₂ O (<i>Natron</i>)	1,97	3,07

Tab. 7.12. Zawartość składników chemicznych w poszczególnych częściach skały zgorzelowej wg Waldecka (1905 vide Pukall, 1939)

Składniki	ciemny bazalt	jasny bazalt
SiO ₂	42,40	41,10
Al ₂ O ₃	13,10	18,45
Fe ₂ O ₃	17,50	14,20

Wyniki analiz zawartości krzemionki, glinki oraz tlenku żelaza znajdujemy również u Waldecka (1905 vide Pukall, 1939), który badał bazalt nefelinowy z Oberpfalz (por. tab. 7.12). Skała zgorzelowa określona została prawdopodobnie jako „bazalt jasny” (*heller*).

Rezultaty szerszych badań wewnętrznego zróżnicowania chemicznego skał zgorzelowych przedstawili Steuer i in. (1929). Można stwierdzić, że w tym przypadku „plamki” zgorzelowe są wyraźnie zasobniejsze w Fe₂O₃, wyższy jest też udział Al₂O₃, CaO, K₂O, P₂O₅ i wody (tab. 7.13). Zauważa się też spadek ilości tlenków Si, Mg, Na i Ti.

Tab. 7.13. Skład chemiczny poszczególnych części skały zgorzelowej (Steuer i in., 1929)

Składnik	Zawartość procentowa	
	bazalt	szara substancja „plamek”
SiO ₂	43,77	42,61
Al ₂ O ₃	11,05	13,07
FeO	7,42	–
Fe ₂ O ₃	2,86	6,65
MnO	2,92	2,94
CaO	10,66	11,67
MgO	11,84	9,74
K ₂ O	0,23	1,21
Na ₂ O	2,01	1,93
TiO ₂	4,09	3,49
P ₂ O ₅	0,74	0,94
H ₂ O	3,24	6,23

Porównanie przytoczonych powyżej wyników pozwala zauważyć rozbieżności w przypadku wszystkich analizowanych tlenków (tab. 7.14, 7.15). By rozstrzygnąć te wątpliwości wykorzystano szereg badań składu chemicznego skał zgorzelowych oraz występujących w ich pobliżu skał zdrowych. Przeanalizowano 35 próbek z sześciu stanowisk obserwacyjnych. W kamieniołomie Winna Góra pobrano 11 fragmentów skalnych (por. tab.

7.16). Dwa z nich pozyskano ze skał bezzgorzelowych (bazalt zdrowy i gruzłowaty), pięć stanowiło całościowe próbki różnorodnych skał zgorzelowych, a cztery ostatnie były wyseparowanymi fragmentami takich skał. Z wyrobiska Krzeniów pobrano do badań jeden fragment skały zdrowej oraz cztery całościowe i osiem separowanych próbek skał zgorzelowych (tab. 7.17). Spośród siedmiu próbek pobranych w kamieniołomie Lutynia trzy stanowiły fragmenty różnorodnych skał zdrowych, dwie były całościowymi fragmentami bazaltów zgorzelowych, a dwie ostatnie ich wyseparowanymi częściami (tab. 7.18). Pozostałe próbki pobrano w wyrobiskach nieczynnych. Cztery z nich (po jednym fragmencie skały zdrowej i zgorzelowej oraz dwie próbki separowane) pochodzą z wyrobiska Targowica (tab. 7.19). W odkrywkach Pilchowice i Markocice pobrano po jednej całościowej próbce bazaltu zdrowego i zgorzelowego (tab. 7.20). Analiza tak przygotowanego materiału miała w sposób jednoznaczny ukazać charakter zróżnicowania chemicznego skał zgorzelowych i zdrowych.

Tab. 7.14. Tendencje w zawartości tlenków w skałach zgorzelowych w stosunku do zdrowych, na podstawie danych zawartych w literaturze.

Składniki	Tendencje				
	Tannhäuser, 1910 ¹	Blanck & Alten, 1926 ¹	Holler, 1930	Stützel, 1934	Wojciechowska & Śliwa, 1970
SiO ₂	↑↑	–	↓↓	↑↑	↓↓
Al ₂ O ₃	↓↓	–	↑↑	↓↓	↑↑
TiO ₂	↓↓	↑↑	↓↓	–	↑↑
FeO	↓↓	–	–	–	↑↑
Fe ₂ O ₃	↑↑	–	↓↓	–	↓↓
MnO ₂	–	–	–	–	↓↓
CaO	↑↑	↓↓	–	↓↓	↓↓
MgO	↑↑	↑↑	↓↓	↑↑	↑↑
Na ₂ O	↑↑	↓↓ ?	↑↑	↑↑	↑↑
K ₂ O	↑↑	↓↓	↑↑	–	↑↑
P ₂ O ₅	–	–	–	–	↓↓

¹ vide Pukall, 1939; strzałki ukazują mniejszą (↓↓) lub większą (↑↑) zawartość poszczególnych składników w skałe zgorzelowej w stosunku do zdrowej

Tab. 7.15. Tendencje w zawartości tlenków w „plamkach” zgorzelowych w stosunku do zdrowych fragmentów skał zgorzelowych, na podstawie danych zawartych w literaturze.

Składniki	Tendencje		
	Leppla, 1901	Waldeck, 1905 ¹	Steuer et al., 1929
SiO ₂	–	↓↓	↓↓
Al ₂ O ₃	–	↑↑	↑↑
TiO ₂	–	–	↓↓
FeO	–	–	↓↓
Fe ₂ O ₃	–	↓↓	↑↑
MnO ₂	–	–	↑↑
CaO	–	–	↑↑
MgO	–	–	↓↓
Na ₂ O	↑↑	–	↓↓
K ₂ O	–	–	↑↑
P ₂ O ₅	–	–	↑↑

¹ vide Pukall, 1939; strzałki ukazują mniejszą (↓↓) lub większą (↑↑) zawartość poszczególnych składników w skałe zgorzelowej w stosunku do zdrowej

Tab. 7.16. Analizy chemiczne próbek z kamieniołomu Winna Góra.

Tlenek	Numery i opis próbek										
	WG-10	WG-16	WG-15	WG-11	WG-14	WG-13	WG-18.2	WG-18.1	WG-27.2	WG-27.3	WG-27.1
	baz. gruz- łowaty	baz. zdrowy	baz. słabo zgorzelowy	baz. zgorzelowy	baz. zgorzelowy	baz. zgorzelowy rudu	bazalt zgorzelowy		bazalt zgorzelowy		
							fragm. zdrowe	„plamki”	fragm. zdrowe	całość	„plamki”
SiO ₂	45,52	44,27	45,17	46,36	47,67	46,85	45,50	45,79	44,81	44,94	44,46
Al ₂ O ₃	16,03	13,87	14,78	14,53	15,38	16,69	15,99	15,65	15,19	15,03	14,82
TiO ₂	2,04	1,82	1,85	2,02	2,19	2,09	2,00	2,00	1,85	1,84	1,89
FeO	2,85	6,40	5,88	5,68	4,64	2,77	7,69	7,67	6,96	6,12	6,70
Fe ₂ O ₃	9,06	4,36	5,05	5,87	7,01	8,90	3,29	3,31	3,60	4,78	4,14
MnO	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16
CaO	10,18	10,26	10,30	10,21	9,07	9,00	9,61	9,70	10,83	10,19	10,45
MgO	7,57	11,62	10,88	8,83	6,57	5,78	9,78	9,60	10,90	11,05	11,21
Na ₂ O	3,65	2,91	3,12	3,93	4,51	3,98	3,50	3,71	3,32	3,45	3,60
K ₂ O	1,08	0,74	0,89	0,90	1,19	1,34	1,04	0,86	0,89	0,81	0,63
P ₂ O ₅	0,32	0,38	0,39	0,39	0,45	0,43	0,42	0,39	0,44	0,32	0,42
Str. praż.	1,23	2,80	1,31	0,56	0,71	1,75	0,70	0,66	0,70	0,86	1,25

Tab. 7.17. Analizy chemiczne próbek z kamieniołomu Krzeniów.

Tlenek	Numery i opis próbek													
	K-2 baz. zdrowy	K-57 baz. zdrowy	K-50 baz. słabo zgorzelowy	K-55 baz. słabo zgorzelowy	K-3 baz. zgorzelowy	K-58 baz. zgorzelowy	K-54 zdr.	K-54 Σ	K-54 pl.	K-10.1	K-10.3	K-10.4	K-10.2	K-10.5
							bazalt zgorzelowy			bazalt zgorzelowy (słup bazaltowy)				
							fragm. zdrowe	całość	„plamki”	kora	fragm. zdrowe	zgorzelowe wnętrze	„plamki”	bezzgorzel. centrum
SiO ₂	44,61	43,62	43,65	45,23	43,15	43,79	45,15	44,98	45,14	43,59	42,89	43,15	43,57	43,99
Al ₂ O ₃	13,63	13,93	13,86	13,87	13,42	13,67	13,98	13,86	13,77	14,00	13,74	13,58	13,50	13,76
TiO ₂	1,89	1,93	1,96	1,72	1,89	1,98	1,75	1,77	1,80	1,98	1,96	2,17	2,02	1,96
FeO	7,44	8,11	6,98	6,05	4,95	6,12	7,25	7,37	7,13	6,05	7,31	7,44	7,47	7,37
Fe ₂ O ₃	3,31	3,46	5,38	5,35	6,33	5,77	3,92	3,98	3,75	6,25	4,25	4,70	4,52	4,43
MnO	0,15	0,180	0,180	0,165	0,15	0,188	0,166	0,164	0,164	0,17	0,16	0,18	0,17	0,16
CaO	9,69	9,97	10,27	9,85	9,71	10,97	9,91	9,87	10,15	10,93	10,25	10,73	11,46	11,00
MgO	13,87	11,36	10,79	10,93	12,01	9,67	11,45	11,57	11,23	9,94	13,52	11,44	10,60	11,15
Na ₂ O	2,75	3,28	4,08	3,29	2,90	4,38	3,29	3,37	3,71	4,04	4,03	4,14	3,99	3,71
K ₂ O	0,95	1,39	1,39	1,08	0,86	1,23	1,05	0,96	0,65	1,08	1,16	1,10	0,96	1,16
P ₂ O ₅	0,45	0,79	0,72	0,48	0,34	0,76	0,55	0,55	0,64	0,78	0,79	0,79	0,71	0,76
Str. praż.	1,06	1,57	0,41	1,53	1,76	0,97	0,91	1,10	1,56	–	–	–	–	–
Składn. lotne	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,69	0,11	0,20	0,49	0,02

Tab. 7.18. Wyniki analiz chemicznych próbek z kamieniołomu Lutynia

Tlenek	Numery i opis próbek						
	Lu-10 baz. zdrowy	Lu-25 baz. zdrowy	Lu-24 baz. zdrowy z nalotami mineralnymi	Lu-23 baz. zgorzelowy	Lu-3.2	Lu-3.3	Lu-3.1
					bazalt zgorzelowy		
					fragm. zdrowe	całość	„plamki”
SiO ₂	43,46	42,36	43,86	43,42	43,60	43,39	43,80
Al ₂ O ₃	13,60	13,46	12,92	13,05	13,90	13,75	13,30
TiO ₂	1,98	1,75	1,72	1,70	1,93	1,97	1,89
FeO	7,62	7,09	7,30	7,47	6,39	6,30	6,05
Fe ₂ O ₃	4,36	5,09	4,86	4,97	5,74	5,83	5,86
MnO	0,18	0,190	0,192	0,195	0,19	0,19	0,17
CaO	10,25	10,08	10,25	10,73	9,96	10,03	10,44
MgO	11,57	11,23	10,74	10,79	11,11	11,31	10,71
Na ₂ O	4,03	3,84	4,33	4,58	4,13	4,09	4,21
K ₂ O	1,43	1,36	1,37	1,49	1,42	1,36	1,23
P ₂ O ₅	0,64	0,92	0,91	0,95	0,69	0,62	0,76
Str. praż.	0,51	2,03	0,95	0,27	0,57	0,77	1,07

Tab. 7.19. Wyniki analiz chemicznych próbek z kamieniołomu Targowica

Tlenek lub pierwiastek	Numery i opis próbek			
	Tg-6 baz. zdrowy	Tg-5.2	Tg-5.3	Tg-5.1
		bazalt zgorzelowy		
		fragm. zdr.	całość	„plamki”
SiO ₂	44,21	46,78	46,85	45,75
Al ₂ O ₃	14,19	14,17	14,22	14,43
TiO ₂	2,60	1,96	1,92	1,89
FeO	5,91	7,04	7,08	6,34
Fe ₂ O ₃	6,30	4,38	4,35	5,03
MnO	0,15	0,15	0,16	0,16
CaO	9,83	10,53	10,01	11,22
MgO	10,77	9,42	9,66	8,67
Na ₂ O	3,67	3,79	3,98	4,08
K ₂ O	1,12	0,81	0,78	0,60
P ₂ O ₅	0,64	0,55	0,58	0,57
Skł. lotne.	0,81	0,01	0,07	0,87

Tab. 7.20. Wyniki analiz chemicznych próbek z kamieniołomów
Pilchowice i Markocice

Tlenek lub pierwiastek	Numery i opis próbek			
	Pi-4 baz. zdrowy	Pi-2 baz. zgorzelowy	Ma-3 baz. zdrowy	Ma-2 baz. zgorzelowy
SiO ₂	40,87	41,45	42,96	42,94
Al ₂ O ₃	14,56	14,12	13,67	15,73
TiO ₂	2,32	2,30	1,88	1,90
FeO	6,18	6,69	5,31	5,42
Fe ₂ O ₃	5,60	5,10	5,57	4,95
MnO	0,156	0,165	0,198	0,200
CaO	11,22	11,37	11,00	10,93
MgO	11,23	11,20	9,27	8,62
Na ₂ O	3,12	3,18	2,90	3,69
K ₂ O	1,13	0,95	0,96	1,33
P ₂ O ₅	0,72	0,68	0,89	0,89

Uzyskane wyniki okazały się podobnie niejednoznaczne jak podawane w cytowanych powyżej publikacjach. Zmiany składu chemicznego skał zgorzelowych względem zdrowych, choć niejednokrotnie bardzo wyraźne, mają charakter nie poddający się uogólnieniu (Zagożdżon, 1999). Zawartość tych samych tlenków w różnych kamieniołomach rośnie, spada lub pozostaje stała (por. tab. 7.21). W kilku przypadkach przeciwne tendencje notowano w różnych zespołach próbek pobranych w obrębie tego samego odsłonięcia. Spośród wszystkich tlenków w skałach zgorzelowych konsekwentnie rośnie jedynie zawartość Na_2O .

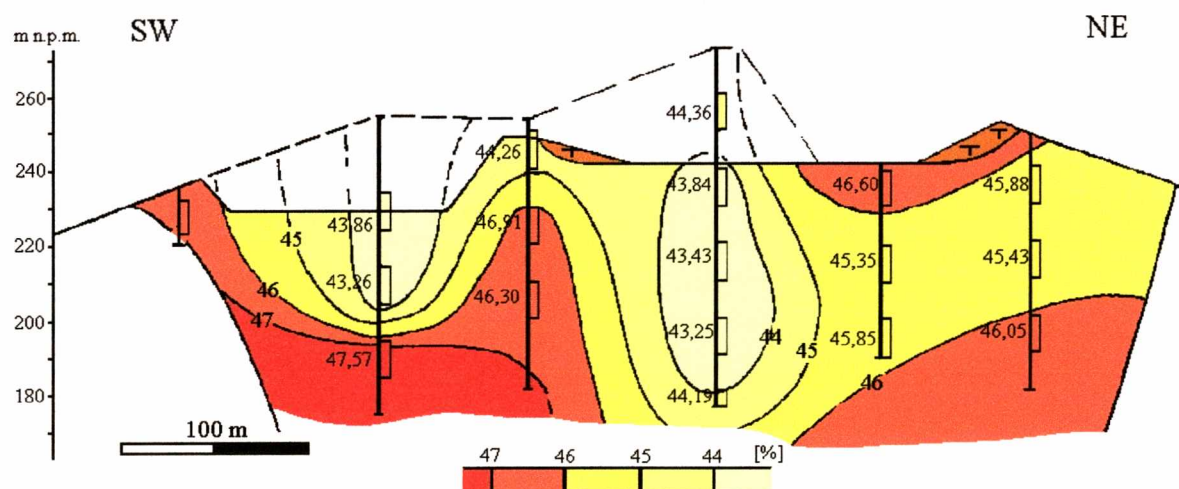
Tab. 7.21. Zróżnicowanie zawartości tlenków w skałach zgorzelowych w stosunku do zdrowych, na podstawie wyników badań własnych

Tlenek	Numery analiz wykorzystanych przy porównaniu									
	WG-16, WG-14	WG-16, WG-27.3	K-57, K-58	K-10.1, K-10.4	K-2, K-3	Lu-10, Lu-3.3	Lu-25, Lu-23	Tg-6, Tg-5.3	Pi-4, Pi-2	Ma-3, Ma-2
SiO_2	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓
Al_2O_3	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑
TiO_2	↑	↑	↑	↑	const ?	↓	↓	↓	↓	↑
FeO	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑
Fe_2O_3	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓
MnO	↓	const ?	↑	↑	const ?	↑	↑	↑	↑	↑
CaO	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓
MgO	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Na_2O	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
K_2O	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑
P_2O_5	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	const ?

strzałki ukazują mniejszą (↓) lub większą (↑) zawartość poszczególnych składników w skale zgorzelowej w stosunku do zdrowej

Wydaje się, że obserwowane zróżnicowanie składu chemicznego pomiędzy skałami zgorzelowymi i zdrowymi jest wynikiem wewnętrznej zmienności ciał bazaltoidowych, a może nawet pojedynczych potoków lawowych. Na przykładzie danych z kamieniołomu Winna Góra widzimy, że zawartość tlenków poszczególnych pierwiastków ulega wyraźnym zmianom (ryc. 7.2). Biorąc pod uwagę, że próbki pobierano w różnych częściach

Ryc. 7.2. Wahania składu chemicznego bazaltoidów ze złoża Winna Góra na przykładzie SiO_2 (wg danych Majkowskiej, 1991 a)



kamieniołomów (tam, gdzie zgorzel słoneczna była najlepiej wykształcona a skała zdrowa wydawała się najświeższa) zjawisko to mogło mieć istotny wpływ na wyniki. W tej sytuacji najbardziej wiarygodne były by rezultaty dwóch analiz skał z Lutyni (próbki skały zdrowej i zgorzelowej pobrano w odległości 1,5 m od siebie) i trzech z Krzeniowa (analizy różnych fragmentów tej samej bryły skalnej). W obu przypadkach w skałach zgorzelowych odnotowano wzrost zawartości FeO, MnO, Na₂O i P₂O₅ oraz spadek Al₂O₃ oraz MgO.

Analizie poddano również zróżnicowanie składu chemicznego w poszczególnych częściach skał zgorzelowych. Materiał wyseparowany z „plamek” w większości przypadków okazał się wzbogacony w Fe₂O₃, CaO i Na₂O a zubożony w Al₂O₃, FeO, MgO i K₂O (tab. 7.22).

Tab. 7.22. Zróżnicowanie zawartości tlenków w „plamkach” w stosunku do zdrowych fragmentów skał zgorzelowych, na podstawie wyników badań własnych

Tlenek	Numery analiz wykorzystanych przy porównaniu					
	WG-27.2, WG-27.1	WG-18.2, WG-18.1	K-54, K-57	K-10.3, K-10.2	Lu-3.2, Lu-3.1	Tg-5.2, Tg-5.1
SiO ₂	↓	↑	↓	↑	↑	↓
Al ₂ O ₃	↓	↓	↓	↓	↓	↑
TiO ₂	↑	const ?	↑	↑	↓	↓
FeO	↓	↓	↓	↑	↓	↓
Fe ₂ O ₃	↑	↑	↓	↑	↑	↑
MnO	const ?	↑	↓	↑	↓	↑
CaO	↓	↑	↑	↑	↑	↑
MgO	↑	↓	↓	↓	↓	↓
Na ₂ O	↑	↑	↑	↓	↑	↑
K ₂ O	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P ₂ O ₅	↓	↓	↑	↓	↑	↑

strzałki ukazują mniejszą (↓) lub większą (↑) zawartość poszczególnych składników w skale zgorzelowej w stosunku do zdrowej

Różne tendencje zauważane w tym przypadku mogą być konsekwencją badania różnych odmian petrograficznych skał określanych ogólnie jako bazaltoidy. Na podstawie pracy Birkenmajera i in. (1970) skały z opróbowanych wyrobisk zaklasyfikowano jako nefelinity (Krzeniów, Pilchowice), trachyandezyty (Winna Góra, Markocice) i bazalty (Lutynia, Targowica). W zestawieniu (tab. 7.23) zauważyć można istnienie przeciwnych tendencji w zawartości Al₂O₃ w nefelinitach i trachyandezytach, podobnie dla TiO₂ w trachyandezytach i bazaltach oraz dla CaO w nefelinitach, trachyandezytach i bazaltach.

Zawartość wody była analizowana przez wielu autorów w ramach badań składu tlenkowego skał zgorzelowych (Tannhäuser, 1910 vide Pukall, 1939; Blanck & Alten, 1926 vide Pukall, 1939; Steuer i in., 1929; Holler, 1930; Wojciechowska & Śliwa, 1970). Jej zawartość była też badana przez Ernsta i Drescher-Kadena (1940). Autorzy ci porównali ilość wody obecnej w poszczególnych częściach skały i stwierdzili jej większą zawartość w obrębie „plamek”. Porównanie zawartości tej substancji w bazaltach zdrowych i zgorzelowych wykazało natomiast jej większy udział w pierwszych ze wspomnianych skał (tab. 7.24). O zawartości wody można też pośrednio wnosić na podstawie przeprowadzonych w ramach prac własnych badań straty prażenia (tab. 7.16, 7.17, 7.18). Wyższe wartości tego parametru stwierdzono w przypadku bazaltów zdrowych niż zgorzelowych. W obrębie skał zgorzelowych strata prażenia jest wyraźnie wyższa dla „plamek”.

Tab. 7.23. Zróżnicowanie zawartości tlenków w „plamkach” w stosunku do zdrowych części skał zgorzelowych, w poszczególnych odmianach petrograficznych (petrografia wg Birkenmajera i in., 1970)

Tlenki	Petrografia oraz lokalizacja i numery porównywanych próbek							
	Nefelinity		Trachyandezyty		Bazalty			
	Krzeniów		Pilchowice	Winna Góra	Markocice	Lutynia		Targowica
	57,54,3	10.1, 10.4	3, 2	16, 14	3, 2	10, 3.3	25, 23	6, 5.3
SiO ₂	↑↑	↓↓	↑↑	↑↑	0	↓↓	↑↑	↑↑
Al ₂ O ₃	↓↓	↓↓	↓↓	↑↑	↑↑	↑↑	↓↓	↑↑
TiO ₂	?	↑↑	↓↓	↑↑	↑↑	↓↓	↓↓	↓↓
FeO	↓↓	↑↑	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↑↑
Fe ₂ O ₃	↑↑	?	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓	↓↓
MnO ₂	↓↓	↑↑	↑↑	↓↓	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑
CaO	↓↓	↓↓	↑↑	↓↓	↓↓	↓↓	↑↑	↑↑
MgO	↑↑	↑↑	↑↑	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓
Na ₂ O	?	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑
K ₂ O	↓↓	?	↓↓	↑↑	↑↑	↓↓	↑↑	↓↓
P ₂ O ₅	↓↓	↑↑	↓↓	↑↑	0	↓↓	↑↑	↓↓

strzałki ukazują mniejszą (↓↓) lub większą (↑↑) zawartość poszczególnych składników w skale zgorzelowej w stosunku do zdrowej

Tab. 7.24. Zawartość wody w skałach zgorzelowych (wg Ernsta & Drescher-Kadena, 1940)

Zawartość wody [%]	
Bezzgorzelowe części skały	„plamki”
2,42	2,43
1,72	2,81; 2,76
0,95	1,30
1,75	2,26
1,29	1,78
1,49	2,00
3,13; 3,14 ¹	2,88; 2,90 ²

indeksami oznaczono wyniki analiz całosciowych próbek:

¹ – bazaltu zdrowego; ² – bazaltu zgorzelowego

7.3.2. Pierwiastki śladowe

W literaturze nie natknięto się na badania skał zgorzelowych pod kątem zawartości pierwiastków śladowych. W ramach wykonanych prac zróżnicowanie ilościowe czterech spośród nich w skałach zgorzelowych i zdrowych prześledzono za pomocą metody absorpcji atomowej. Badania wykonano na części próbek opisanych w rozdziale 7.3.1 (por. tab. 7.25 a–d).

Porównując uzyskane wyniki stwierdzono, podobnie jak w przypadku badań zawartości tlenków, brak stałych tendencji (tab. 7.26). Również bezwzględne wartości zmian są bardzo różne, od zerowych (np. w kamieniołomie Lutynia – tab. 7.25 c) poprzez zmienność rzędu kilku lub kilkunastu procent do ponad 50-procentowych spadków zawartości Ni i Cr w kamieniołomie Winna Góra (tab. 7.25 a).

W większości przypadków substancja „plamek” zgorzelowych była nieco bogatsza w analizowane pierwiastki śladowe (tab. 7.27), różnice były jednak niewielkie i nigdy nie przekroczyły 20%. Znaczna część próbek nie wykazała żadnego zróżnicowania.

Tab. 7.25 a. Zawartość pierwiastków śladowych w skałach z kamieniołomu Winna Góra

Pierwiastek	Numery próbek										
	WG-10	WG-16	WG-15	WG-11	WG-14	WG-13	WG-18.2	WG-18.1	WG-27.2	WG-27.3	WG-27.1
Ni	115	165	130	105	85	85	95	100	125	120	120
Co	45	45	45	45	40	40	45	45	45	45	45
Cr	125	150	210	100	85	70	110	110	185	185	185
V	920	880	750	1000	820	850	780	800	800	900	920

Tab. 7.25 b. Zawartość pierwiastków śladowych w skałach z kamieniołomu Krzeniów

Pierwiastek	Numery próbek								
	K-57	K-2	K-50	K-55	K-3	K-58	K-54 zdr.	K-54 Σ	K-54 pl.
Ni	190	295	220	380	325	210	280	280	290
Co	—	55	—	—	60	—	—	—	—
Cr	300	140	340	570	175	380	350	420	420
V	400	760	410	360	960	440	320	320	360

Tab. 7.25 c. Zawartość pierwiastków śladowych w skałach z kamieniołomu Lutynia

Pierwiastek	Numery próbek						
	Lu-10	Lu-25	Lu-24	Lu-23	Lu-3.2	Lu-3.3	Lu-3.1
Ni	200	240	230	250	200	205	220
Co	45	–	–	–	45	45	50
Cr	180	300	320	330	180	180	180
V	850	350	380	340	920	850	820

Tab. 7.25 d. Zawartość pierwiastków śladowych w skałach z kamieniołomów Pilchowice i Markocice

Pierwiastek	Numery próbek			
	Pi-4	Pi-2	Ma-3	Ma-2
Ni	250	240	160	170
Cr	350	360	430	400
V	430	400	460	450

Tab. 7.26. Zróżnicowanie zawartości wybranych pierwiastków śladowych w skałach zgorzelowych w stosunku do zdrowych

Pierwiastek	Numery analizowanych próbek							
	WG-16, WG-14	WG-16, WG-27.3	K-57, K-58	K-2, K-3	Lu-10, Lu-3.3	Lu-25, Lu-23	Pi-4, Pi-2	Ma-3, Ma-2
Ni	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↑
Co	↓	↓	–	↑	const	–	–	–
Cr	↓	↑	↑	↑	const	↑	↑	↓
V	↓	↑	↑	↑	const	↓	↓	↓

Tab. 7.27. Zróznicowanie zawartości wybranych pierwiastków śladowych w obrębie skał zgorzelowych

Pierwiastek	Numery analiz wykorzystanych przy porównaniu			
	WG-27.2, WG-27.1	WG-18.2, WG-18.1	K-54 zdr., K-54 pl.	Lu-3.2, Lu-3.1
Ni	↓	↑	↑	↑
Co	const	const	–	↑
Cr	const	const	↑	const
V	↑	↑	↑	↓

7.3.3 Analiza chemiczna w mikroobszarze

Jedyną wzmiankę na temat wykorzystania metod mikrosondowych do badania skały zgorzelowej znaleziono w pracy Hubickiej–Ptaszyńskiej (1974). Autorka poddała analizie na mikroanalizatorze rentgenowskim dwie próbki, z których jedna przejawiała oznaki zgorzeli słonecznej. Stwierdziła ona, że skład chemiczny wszystkich trzech generacji minerałów rudnych wyróżnionych dzięki obserwacjom mikroskopowym jest stały. Wyniki te, ze względu na odmienny cel badań, nie są jednak przydatne przy rozpatrywaniu problemów związanych ze zgorzelą słoneczną.

W ramach prac własnych wykonano wstępne chemiczne badania skał zgorzelowych w mikroobszarze. Przeanalizowano sześć próbek pobranych w kamieniołomach Winna Góra i Krzeniów. Jednoznaczne wnioski można było wysnuć na podstawie badań trzech preparatów z Winnej Góry, gdyż w pozostałych stwierdzono silną iddyngsytyzację lub istniały znaczne kłopoty z wyborem do analiz odpowiednio wykształconych kryształów.

Założonym celem badań było określenie ewentualnej, związanej z procesem zgorzelowym, zmienności składu chemicznego minerałów. Do analiz wytypowano kryształy oliwinu (fenokryształy i minerały tła), skalenie tła, pirokseny (fenokryształy i minerały tła) oraz drobne osobniki minerałów nieprzezroczystych. Kryształów tych poszukiwano w centralnych partiach „plamek” zgorzelowych i na obszarach nie dotkniętych tym procesem. Uzyskane procentowe ilości tlenków przeliczono na zawartość poszczególnych pierwiastków. Następnie określono chemiczne wzory sumaryczne minerałów, a w wypadku oliwinu i skalenia – ich pozycję w szeregach izomorfijnych.

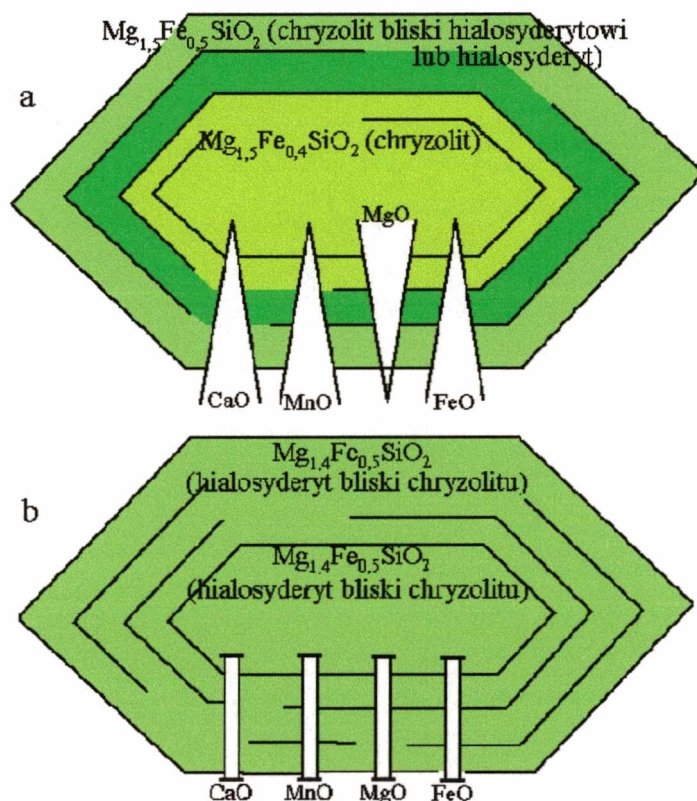
Pewne zmiany uwidaczniają się w obrębie niewielkich fenokryształów oliwinu. Każdy z nich analizowano w pobliżu środka i przy krawędzi (por. tab. 7.28). Już porównując formuły chemiczne stwierdzić można, że w fenokryształach oliwinu znajdujących się we fragmentach bazaltu zdrowego istnieje różnica składu pomiędzy obszarami centralnymi i peryferycznymi. Dla wewnętrznych partii tych minerałów podać można wzór $Mg_{1,5}Fe_{0,4}SiO_4$ (chryzolit) zaś dla obszarów skrajnych - $Mg_{1,4}Fe_{0,5}SiO_4$ (chryzolit zbliżony, na skutek niskiej zawartości Mg do hialosyderytu lub hialosyderyt). W kryształach występujących w obrębie „plamek” zgorzelowych ta różnica zanika. W dwóch przypadkach całe kryształy należy uznać za hialosyderyty o podwyższonej zawartości krzemionki, a w jednym mamy do czynienia z minerałem pośrednim pomiędzy chryzolitem a hialosyderytem (z wyraźną jednak dysproporcją składu pomiędzy wnętrzem a peryferiami kryształu) (ryc. 7.3). Omawiane różnice można prześledzić o wiele dokładniej na podstawie danych o zawartości tlenków, uzyskanych bezpośrednio z analizy mikrosondowej. Jak to ilustruje tab. 7.28 w fenokryształach oliwinowych skały zdrowej ma miejsce wyraźny spadek ilości MgO oraz

Tab. 7.28. Wyniki analiz mikrosondowych oliwinów skał zgorzelowych i zdrowych z kamieniołomu Winna Góra

Rodzaj skały		Bazalt zdrowy (pr. WG-16 A)		Bazalt zgorzelowy (pr. WG-15)				Bazalt zgorzelowy (pr. WG-27)					
				fragment zdrowy		„plamka”		fragment zdrowy		„plamka”			
Oznaczenie analizy		FOA	FOB	EOC	EOD	EOA	EOB	DOA	DOB	DOF	DOG	DOD	DOE
Zawartość tlenków	SiO ₂	39,91	39,25	39,18	39,64	38,18	38,91	38,87	38,41	38,09	38,38	38,62	38,90
	TiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
	Al ₂ O ₃	0,70	0,50	2,10	1,55	2,12	0,14	1,19	0,22	2,09	1,06	2,39	0,37
	FeO	17,52	21,68	18,73	22,39	23,17	24,40	20,24	23,92	22,80	23,38	19,71	22,09
	MnO	0,30	0,53	0,33	0,53	0,58	0,54	0,41	0,59	0,51	0,60	0,37	0,54
	MgO	41,31	37,30	39,37	35,40	35,58	35,54	39,04	36,47	36,06	36,18	36,56	37,72
	CaO	0,16	0,24	0,20	0,39	0,35	0,38	0,20	0,34	0,38	0,37	0,28	0,33
	Na ₂ O	0,09	0,08	0,08	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,08	0,03	0,00
	K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	99,99	100,00	99,99	99,99	100,01	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99	100,00	99,99
Zawartość pierwiastków	Si	1,0117	1,0200	0,9983	1,0265	0,9955	1,0212	0,9994	1,0075	0,9919	1,0024	1,0087	1,0103
	Ti	0,0000	0,0004	0,0000	0,0004	0,0000	0,0008	0,0004	0,0004	0,0004	0,0008	0,0008	0,0008
	Al	0,0209	0,0153	0,0631	0,0473	0,0651	0,0043	0,0361	0,0068	0,0641	0,0326	0,0736	0,0113
	Fe	0,3714	0,4711	0,3991	0,4848	0,5052	0,5355	0,4352	0,5247	0,4965	0,5106	0,4305	0,4797
	Mn	0,0064	0,0117	0,0071	0,0116	0,0128	0,0120	0,0089	0,0131	0,0112	0,0133	0,0082	0,0119
	Mg	1,5608	1,4447	1,4951	1,3663	1,3827	1,3902	1,4960	1,4259	1,3996	1,4084	1,4233	1,4601
	Ca	0,0043	0,0067	0,0055	0,0108	0,0098	0,0105	0,0055	0,0096	0,0106	0,0104	0,0078	0,0092
	Na	0,0044	0,0040	0,0040	0,0025	0,0015	0,0025	0,0015	0,0015	0,0025	0,0041	0,0015	0,0000
	K	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Total	2,9800	2,9740	2,9721	2,9510	2,9727	2,9771	2,9830	2,9895	2,9769	2,9825	2,9544	2,9833
Wzór chemiczny		Mg _{1,6} Fe _{0,4} SiO ₄	Mg _{1,4} Fe _{0,5} SiO ₄	Mg _{1,5} Fe _{0,4} SiO ₄	Mg _{1,4} Fe _{0,5} SiO ₄	Mg _{1,4} Fe _{0,5} SiO ₄	Mg _{1,4} Fe _{0,5} SiO ₄	Mg _{1,5} Fe _{0,4} SiO ₄	Mg _{1,4} Fe _{0,5} SiO ₄	Mg _{1,4} Fe _{0,5} SiO ₄	Mg _{1,4} Fe _{0,5} SiO ₄	Mg _{1,4} Fe _{0,4} SiO ₄	Mg _{1,5} Fe _{0,5} SiO ₄
Nazwa minerału		chryzolit	chryzolit (hialosyd.)	chryzolit	chryzolit (hialosyd.)	hialosyd. (chryz.)	hialosyd. (chryz.)	chryzolit	hialosyd.	hialosyd. (chryzol.)	hialosyd. (chryzol.)	chryzolit (chialosyd.)	hialosyd. (chryzol.)

wzrost zawartości CaO, MnO i FeO w kierunku od centrów ku krawędziom kryształów. Spadek ten osiąga wartości 7–11 % dla MgO, 50–90 % dla CaO, 44–77 % dla MnO i 18–24 % dla FeO. W oliwinach znajdujących się w obrębie plamek zgorzelowych wahania ilości wspomnianych tlenków stają się minimalne i mają wartości 0,2 % dla Mg, 3–7 % dla Ca, 7–18 % dla Mn i 2,5–5 % dla Fe. Jak widać dysproporcja pomiędzy sytuacją obserwowaną w bazalcie zdrowym i zgorzelowym jest wyraźna, sięga nawet jednego rzędu wielkości.

Ryc. 7.3. Schematyczne porównanie składu chemicznego i mineralnego fenokryształów oliwinu z kamieniołomu Winna Góra; a – fragmenty bezzgorzelowe, b – „plamki”



Poddane analizie skalenie mają skład plagioklazu. Najkwaśniejszym ogniwem szeregu izomorficznego są tu osobniki o składzie pośrednim pomiędzy oligoklazem i andezynem ($\text{Na}_{0,6}\text{Ca}_{0,3}\text{Al}_{1,3}\text{Si}_{2,7}\text{O}_8$), a być może albit ($\text{NaAl}_{1,7}\text{Si}_{2,3}\text{O}_8$). Człony bardziej zasadowe reprezentowane są przez labrador zbliżony do bytownitu ($\text{Na}_{0,3}\text{Ca}_{0,7}\text{Al}_{1,7}\text{Si}_{2,3}\text{O}_8$). Dwa kryształy wykazały obecność kilkuprocentowej domieszki potasu. Nie stwierdzono zależności składu tych minerałów od obecności zgorzeli, niewykluczone jednak, że w skałach dotkniętych tym procesem zwiększa się udział cząstki anortytowej.

Nieliczne przebadane pirokseny posiadają dość stały skład odpowiadający diopsydowi (wzbogaconemu o żelazo i glin): $\text{Ca}_{0,9}\text{Mg}_{0,7}\text{Fe}_{0,2}\text{Al}_{0,3}(\text{Si}_{1,8}\text{O}_8)$. Na podstawie skromnej liczby kryształów objętych analizą nie można wysnuć wiążących wniosków na temat ewentualnej zależności ich składu od zgorzeli słonecznej. Podobnie nie stwierdzono, wywołanych przemianami zgorzelowymi, różnic w składzie minerałów nieprzezroczystych. Analizy wykazały jedynie, że dominują wśród nich tytanomagnetyty o składzie zmieniającym się od $\text{Fe}_{2,5}\text{Ti}_{0,4}\text{Mg}_{0,25}\text{Al}_{0,2}\text{O}_4$ do $\text{Fe}_{1,7}\text{Ti}_{0,9}\text{Mg}_{0,25}\text{Al}_{0,1}\text{O}_4$. Sporadycznie napotkać można ilmenit o wzorze $\text{Fe}_{0,5}\text{Ti}_{0,95}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_3$.

7.4. Generowanie zmian zgorzelowych

W literaturze wielokrotnie pojawiają się informacje na temat sztucznego generowania zmian zgorzelowych. Stwierdzono, że w tym celu stosowano różnorodne metody, które można zaliczyć do kilku grup.

Na szeroką skalę podejmowane były próby wykorzystania substancji chemicznych o temperaturze pokojowej lub w stanie wrzenia. O zastosowaniu kwasu solnego donosili Hoppe i Kellermann (1928), Hibschi (1920), według którego po 10 min. gotowaniu należało próbki przenieść do 5% wrzącego roztworu węglanu sodowego oraz Tannhäuser (1910 vide Hoppe & Kellermann 1928) również podający, że wystarczające jest prowadzenie takich analiz jedynie przez 10 minut. Pukall, wśród informacji przytoczonych za Tannhäuserem (1910 vide Pukall, 1939) podał, iż zdaniem tego autora kwas solny jest najsilniejszym możliwym do takiego wykorzystania reagentem. Leppla (1901) poinformował o możliwości generowania zmian zgorzelowych za pomocą ciepłego kwasu octowego, jego zdaniem konieczne jednak było wielodniowe utrzymywanie próbek w odpowiednich warunkach. O celowości wykorzystania tego odczynnika pisali także Tannhäuser (1910 vide Pukall, 1939), Hoppe i Kellermann (1928) oraz Hoppe (1936). Kwas węglowy, obok kwaśnego węglanu wapniowego, został uznany przez Hoppego i Kellermann (1928) za najbardziej przydatny. Hoppe (1936) stwierdził jednak, że dla uzyskania pożądanego rezultatu niezbędne jest długotrwałe przebywanie próbek w takim roztworze. Wykorzystywano też wodne roztwory wodorotlenku potasowego (Hibschi, 1920) lub sodowego (Hibschi, 1920; Hoppe & Kellermann, 1928), roztwory węglanu amonu (Tannhäuser, 1910 vide Pukall, 1939; Hibschi, 1920; Hoppe & Kellermann, 1928) i sody (Tannhäuser, 1910 vide Pukall, 1939; Hibschi, 1920) oraz amoniaku (Hibschi, 1920) choć użyteczności tej ostatniej substancji przeczą Hoppe i Kellermann (1928). Leppla (1901) poinformował także o wykorzystywaniu ciepłego roztworu kwasowęglowego amoniaku (*Lösung von kohleensaurem Ammoniak*). W literaturze wyraźnie zaznaczano, że stosowanie stężonych kwasów jest niecelowe, ze względu na zbyt mocne nadtrawienie powierzchni skał zacierające obraz zmian zgorzelowych (m. in. Leppla, 1901).

Wielu autorów informowało o wykorzystywaniu prostej metody dającej jednocześnie bardzo wiarygodne wyniki. Polega ona na wielogodzinnym gotowaniu polerowanych płytek w wodzie destylowanej (Hoppe & Kellermann, 1928; Stützel, 1934). Od Steuera i Hollera (1931) dowiadujemy się, że standardowy czas takiego testu wynosił 48 godzin, zaś zdaniem Hoppego (1936) wystarczający jest okres 36–40 godzin.

Do trzeciej grupy metod badawczych zaliczyć można doświadczenia, o których informowali Berndt (por. Hoppe & Kellermann, 1928), Hirschwald (por. Hoppe & Kellermann, 1928), Tannhäuser (1910 vide Pukall, 1939) i Hibschi (1920). Pierwszy z wymienionych naukowców przeprowadził badania polegające na wielogodzinnym ogrzewaniu próbek bazaltu, a następnie schładzaniu strumieniem wody. Hirschwald informował o powstawaniu typowych dla procesów zgorzelowych szczelinek włosowatych w wyniku ogrzewania skały do 100–200°C, jednakże wg Hoppego i Kellermann metoda ta jest niepewna. Tannhäuser (1910 vide Pukall, 1939) podał, że próbki ulegają rozpadowi po wielokrotnym ogrzewaniu, zaś Hibschi (1920) stwierdził, iż w wyniku wielokrotnego ogrzewania i ochładzania, w obrębie badanych przez niego próbek pojawiły się rysy i spękania.

W literaturze krajowej sporadycznie pojawiają się informacje na temat metod sztucznego generowania zmian zgorzelowych. Maślankiewicz (1961) wspominał, że powstawanie „plamek” można stymulować działając kwaśnymi lub alkalicznymi odczynnikami. Opracowanie Nadybskiego (1956) zawiera „wyniki badania na zgorzel po 36 godzinach gotowania w H₂O”. W pracach Stypułkowskiego i in. (1993) oraz Stypułkowskiego i

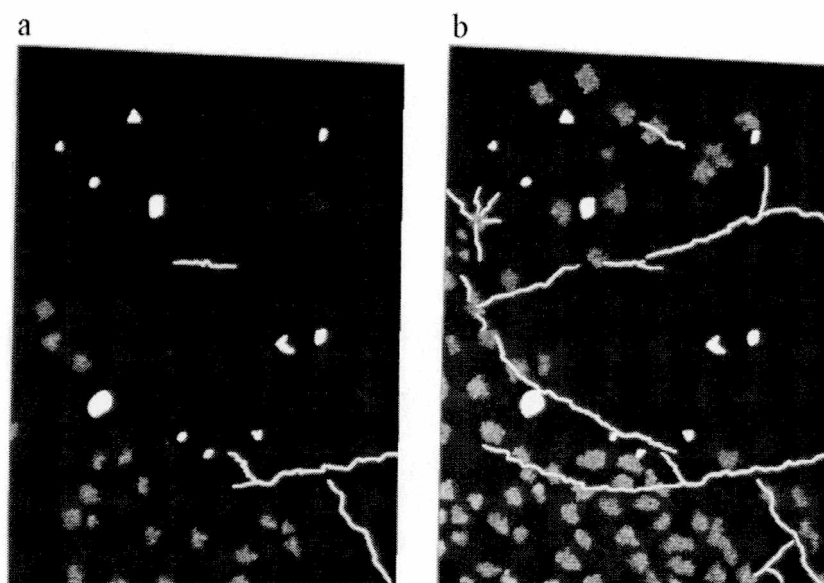
Majerowicza (1994) znajdujemy opisy badań (wykonanych zgodnie z wymaganiami polskiej normy – Kruszywa mineralne..., 1980) wpływu pary wodnej na rozpad i parametry kruszywa bazaltowego. Mimo stosowania zbliżonej metodyki nie można ich porównywać z charakteryzowanymi badaniami ze względu na odmienny cel tych analiz i inny rodzaj badanego materiału.

W ramach prac własnych wykonano szereg doświadczeń polegających na wielogodzinnym gotowaniu próbek bazaltów w wodzie destylowanej (Zagożdżon, 1998 b). Badaniom poddano zróżnicowane próbki skalne: od świeżych bazaltów nie wykazujących żadnych makroskopowych niejednorodności, poprzez skały, które na wyszlifowanych powierzchniach posiadały słabo widoczne jaśniejsze odbarwienia do fragmentów skalnych z typowymi zmianami zgorzelowymi o różnym stopniu wykształcenia. Poszczególne testy trwały od 4 do 168 godzin, w zależności od rodzaju badanych skał i celu doświadczenia.

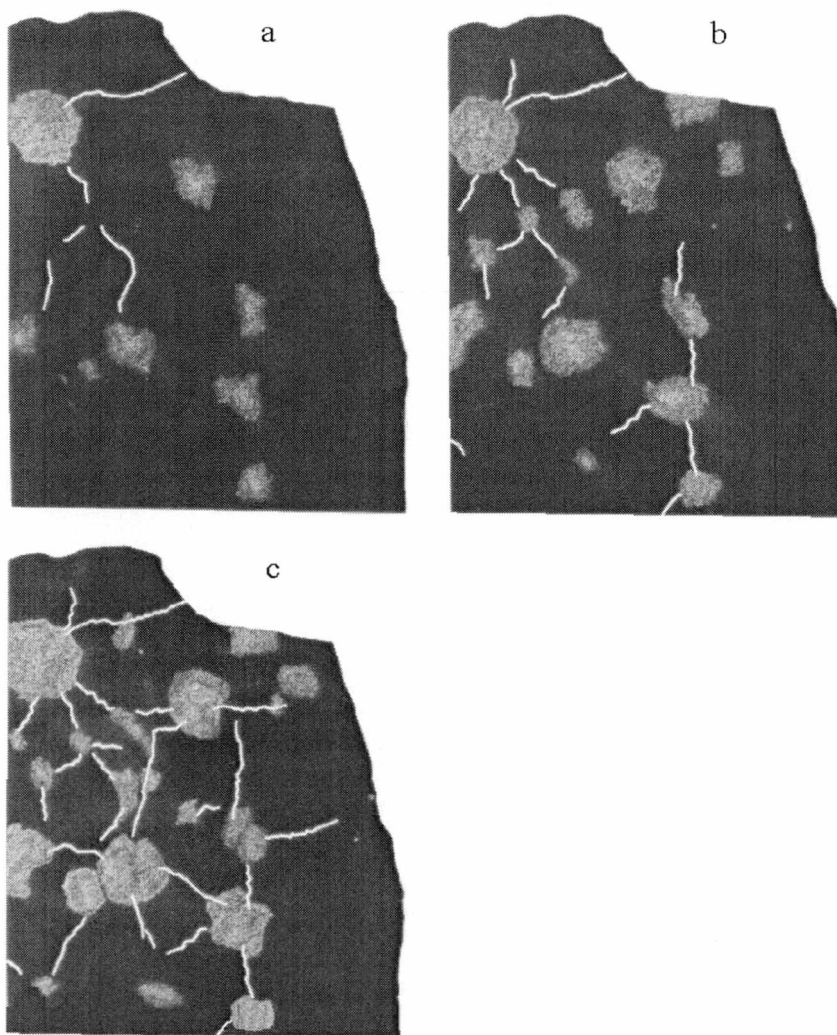
Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że liczne bazalty, które na podstawie badań polowych określono jako skały zdrowe, wykazują po wyszlifowaniu obecność jaśniejszych, bardzo słabo widocznych odbarwień (m in. próbki z kamieniołomów Winna Góra i Sulików). Ich część po gotowaniu przekształca się w typowe plamki zgorzelowe, nie jest to jednak regułą. (Zagożdżon, 1998 b)

Bazalty nie wykazujące przejawów zgorzeli reagują na długotrwałe gotowanie bardzo różnorodnie. Niektóre z nich ulegają temu procesowi, inne (materiał pochodzący z kamieniołomów Janowiczki i Krzeniów) pozostają niezmiennie nawet po 7-dobowym badaniu. Drugie ze wspomnianych skał uznano za całkowicie wolne od zagrożenia zgorzelą słoneczną. Podobnie zróżnicowane są reakcje skał słabo zgorzelowych – na części próbek znamiona zgorzeli rozwijają się, na innych nie dostrzega się żadnych zmian. W niektórych skałach słabo zgorzelowych powiększają się rozmiary istniejących „plamek”, pojawiają się nowe takie odbarwienia, stopniowo wykształca się też charakterystyczna nieregularna sieć spękań włosowatych (ryc. 7.4, 7.5 fot. 38). Niektóre z tych skał ulegają omawianemu procesowi prawdopodobnie już w ciągu pierwszych 2–3 godzin (ryc. 7.5).

Ryc. 7.4. Wyniki 48-godzinnego gotowania słabo zgorzelowego bazaltu z kamieniołomu Krzeniów; widoczny rozwój „plamek” oraz szczelinek włosowatych (białe plamy odpowiadają fenokryształom oliwinu)



Ryc. 7.5. Wygląd powierzchni płytki bazaltu słabo zgorzelowego przed doświadczeniem (a) oraz po 4 (b) i 70 (c) godzinach gotowania (próbka z kamieniołomu Winna Góra)



Badania nad stymulowaniem omawianego rozpadu w zdrowej korze zgorzelowych słupów bazaltowych wykazały, że ulega ona temu procesowi w nieznacznym stopniu. W materiale pochodzącym z kamieniołomów Rębiszów, Uniegoszcz i Dębowiec stwierdzono lekkie zmniejszenie miąższości kory bezzgorzelowej. Jedynie próbka pobrana w wyrobisku Krzeniów uległa zgorzeli, jednak i w tym przypadku nie doszło do powstania „plamek” zgorzelowych na całej jej szerokości.

Mimo długotrwałego gotowania próbek bazaltu zgorzelowego nie udało się doprowadzić do ich rozpadu. Prawdopodobnie naprężenia wytworzone w cienkich płytkach były zbyt małe, a rozpad może nastąpić dopiero przy badaniu bardziej izometrycznych fragmentów skalnych, w których dochodziło by do kumulowania się sił powstających w obrębie „plamek” zgorzelowych.

Zgorzel słoneczna jest też generowana podczas rozszczepkowego rozstrzeliwania nadgabarytowych bloków skalnych w kamieniołomach. Ernst (1960 a) podał, że łatwo zauważalne „plamki” pojawiają się tuż obok otworów strzałowych natychmiast po wybuchu.

Zjawiska takie odnotowano podczas badań terenowych w eksploatowanych kamieniołomach Bukowa Góra, Księginki, Józef i Sulików oraz w nieczynnych wyrobiskach Gronowskie Wzgórze i Targowica (fot. 39–42). Zgorzel powstaje w niektórych blokach skalnych zarówno w wyniku nakładkowego (Księginki i Bukowa Góra – fot. 40–42) jak i

otworowego (fot. 39) strzelania rozszczepek. Obserwowano ją zarówno w rozszczepekach powstałych przed wieloma laty (Księginki, Sulików, Gronowskie Wzgórze), a nawet dziesięcioleciami (Targowica), jak też zaledwie przed kilkoma dniami (7 dni w kamieniołomie Księginki i 2–3 dni w Bukowej Górze). We wszystkich przypadkach zgorzel jest dobrze rozwinięta, co sugeruje, że w momencie wybuchu zjawisko to uzyskuje swą końcową postać.

Wielkość powstających w takich warunkach stref zgorzelowych można określić dzięki obserwacjom przeprowadzonym w kamieniołomach Gronowskie Wzgórze, Księginki i Józef. W pierwszym z nich natrafiono na niewielki fragment rozszczepek. W odległości do 5–7 cm od punktu w którym nastąpiła eksplozja zmiany zgorzelowe są słabo zauważalne ze względu na pokrycie powierzchni spękań skalnych szarym, trudnym do mechanicznego usunięcia nalotem. Na przestrzeni kolejnych 15–20 cm „plamki”, początkowo dobrze widoczne, stają się stopniowo coraz mniej kontrastowe, aż do całkowitego zaniku. W rozszczepekach obserwowanych w kamieniołomie Księginki zasięg stref zgorzelowych wynosi około 5–12 cm (por. fot. 39–41), zaś w kamieniołomie Józef – 5 cm. Wielkość „plamek” zgorzelowych w poszczególnych wyrobiskach nie odbiega od stwierdzanych w skałach ulegających zgorzeli w sposób naturalny. Substancja zgorzelowa z reguły tworzy typowe „plamki”. W nielicznych przypadkach staje się dominująca, a nawet stanowi niemal 100% masy skały.

Powierzchnie spękań w strefach przylegających do punktów eksplozji są niekiedy pokryte różowymi lub jasnoszarymi nalotami. Pierwsze z nich są produktem niecałkowitego spalenia amonitu, zaś naloty szare mogą być spieczonym pyłem skalnym powstałym podczas wybuchu.

Uzyskane w kamieniołomach informacje o stosowanych materiałach wybuchowych zestawiono ze znanymi z literatury warunkami wytwarzającymi się w momencie ich wybuchu (Batko i in., 1993). Temperaturę w jakiej powstają omawiane zjawiska zgorzelowe można więc ogólnie oszacować na 2500–3800°C, a panujące przy tym ciśnienie na 1,6–4,8 Gpa (tab. 7.29).

Tab. 7.29. Zestawienie danych na temat materiałów wybuchowych stosowanych do rozstrzeliwania rozszczepek w wybranych kamieniołomach.

Kamieniołom	Stosowane materiały wybuchowe (wg informacji uzyskanych w kamieniołomach)	Rodzaje materiałów wybuchowych	Temperatura wybuchu	Ciśnienie wybuchu
		(wg Batko i in., 1993)		
Bukowa Góra	amonit 37 H	A. 37	2966-3878 °C	3,508-6,268 Gpa
Księginki	amonit 54 H	A. 54 H	3215-3264 °C	1,610-4,889 GPa
Sulików	amonit 54 i wyższe klasy	A. 54 H	3215-3264 °C	1,610-4,889 GPa
		A. 55 H	2771-2787 °C	1,606-3-681 GPa
		A. 56	2437-2445 °C	1,646-2,657 GPa

7.5 Badania właściwości fizyko-mechanicznych

7.5.1 Przegląd dotychczasowych badań

Wyniki analiz właściwości fizyko-mechanicznych pojawiają się w literaturze niemieckojęzycznej rzadko. Co więcej są one ograniczone niemal wyłącznie do porównań ciężaru właściwego (*spezifisches Gewicht*) substancji wyizolowanej z „plamek” i zdrowych fragmentów skał zgorzelowych, a niekiedy – skał zgorzelowych i zdrowych. Dane tego rodzaju znajdujemy u Waldecka (1905 vide Pukall, 1939), który stwierdził, że „ciemne części” bazaltu zgorzelowego mają gęstość wynoszącą 3,14 g/cm³, zaś jasne – 2,909 g/cm³.

Steuer i in. (1929) oraz Holler (1930) określili ciężar właściwy bazaltu nie zmienionego na $2,85 \text{ g/cm}^3$, zaś „plamek” zgorzelowych na $2,73 \text{ g/cm}^3$. Według Hibscha (1920) skały zdrowe z Radebeule wykazywały wartości tego parametru od $3,020$ do $3,059 \text{ g/cm}^3$ (średnio: $3,044 \text{ g/cm}^3$) zaś skała zgorzelowa – $3,040 \text{ g/cm}^3$. Z kolei Pukall (1940) określił ciężar właściwy „silnego” (*fester*) bazaltu na $3,0269 \text{ g/cm}^3$, zaś dla substancji „plamek” zgorzelowych wartość ta wyniosła $2,9553 \text{ g/cm}^3$.

Za istotne uznać należy wprowadzenie przez Ernsta i Drescher-Kadena (1940) ilościowej metody określania podatności skał zgorzelowych na rozpad. Współczynnik naprężeniowy (*Spannungszahl*) zdefiniowano jako stosunek średniej odległości „plamek” do ich średniej średnicy. Im wyższe osiąga ona wartości, tym bardziej odporna jest skała. Za typowe dla zgorzeli uznano wartości tego współczynnika zbliżone do 1, choć przytoczone przez autorów wyniki pokazują rozrzut od 0,59 do 3,15.

Ernst (1960 a, b) przedstawił wyniki badań wytrzymałości betonów wykonanych z dodatkiem kruszyw wykonanych ze skał zgorzelowych, które zostaną szczegółowo omówione w rozdziale 9.

W literaturze krajowej, zwłaszcza w opracowaniach dokumentacyjnych złóż, dość często natrafiamy na ogólne opinie na temat parametrów fizyko-mechanicznych skał zgorzelowych (por. rozdz. 9). Znacznie rzadziej pojawiają się wyniki takich badań lub przynajmniej ich szczegółowe omówienie (por. Zagożdżon, 2000).

Majkowska (1982 b) oraz Kochanowska i Żygadło (1984) informują o znaczącym obniżeniu mrozoodporności i nasiąkliwości skał zgorzelowych. Pierwsza ze wspomnianych autorek podaje też informację o wyraźnym spadku ich wytrzymałości na ściskanie. Precyzyjne dane znajdujemy w pracy Śliwy (1967 a), podającego iż w kamieniołomie Rębiszów zarówno skały zdrowe, jak i bezzgorzelowe wykazują wytrzymałość rzędu 2230 kG/cm^2 . Dopiero w bazaltach silnie zgorzelowych wartość tego parametru spada do około 1110 kG/cm^2 . Janik i Szapliński (1973) przedstawili rezultaty badań właściwości fizyko-mechanicznych skał zdrowych oraz słabo i silnie zgorzelowych ze złoża Radzimów. Wynika z nich, że skały wykazujące obecność zgorzeli cechują się znacznie niższymi parametrami (por. tab. 7.30), przy czym wartości nasiąkliwości i mrozoodporności nie odpowiadały normom. Stypułkowski i Majerowicz (1994) podają wyniki badań mrozoodporności i wytrzymałości kruszyw na rozpad pod wpływem działania pary wodnej (wg PN-63/B-06731 – Kruszywo budowlane..., 1963 vide Stypułkowski & Majerowicz, 1994). Stwierdzili oni, że niskie temperatury w niewielkim stopniu osłabiły wytrzymałość bazaltu 1-go stopnia zgorzelowego wg Śliwy (1975), wyraźnie widoczny jest natomiast negatywny wpływ temperatur wysokich. (por. Zagożdżon, 2000)

Mankamentem większości cytowanych powyżej prac jest brak opisów skał świadczących o obecności rzeczywistych zmian zgorzelowych. Z całą pewnością stwierdzić można jedynie, że Śliwa (1967 a) podaje wyniki analiz skał silnie zgorzelowych, Stypułkowski i Majerowicz (1994) słabo zgorzelowych, a tylko Janik i Szapliński (1973) badali skały o różnym stopniu zaawansowania zgorzeli. Przy analizowaniu wpływu zgorzeli na właściwości fizyko-mechaniczne skał można jednak wykorzystać również dane zawarte w zestawieniach tabelarycznych zawartych w opracowaniach dokumentacyjnych niektórych złóż bazaltu. Analiza tego materiału narażona często wielu trudności, głównie ze względu na brak pewności, które z badanych próbek faktycznie były zgorzelowe. W tej sytuacji pomocna jest opinia U. Majkowskiej (informacja ustna), wg której próbkę można uznać za zgorzelową o ile wynik badania odporności na zamrażanie w 7% solance po 25 cyklach jest wyższy niż 5 (Zagożdżon, 2000). Dane usystematyzowane na tej podstawie ukazują wyraźne obniżenie parametrów skał uznanych za zgorzelowe (tab. 7.31).

Badania własne objęły analizę parametrów fizyko-mechanicznych próbek kawałkowych skał zgorzelowych i zdrowych oraz kruszyw wytworzonych ze skał zgorzelowych.

Tab. 7.30. Parametry skał zdrowych i zgorzelowych z wystąpienia bazaltoidowego Radzimów (Zagożdżon, 2000 na podst.: Janik & Szapliński, 1973)

Badane parametry	Skały zdrowe lub „ze śladami zgorzeli”	„Bazalt zgorzelowy”	„Zgorzel bazaltu”
Ciężar obj. [g/cm^3]	2,92	2,65 – 2,79	2,44 – 2,70
Nasiąkliwość [%]	0,72	1,2 – 3,5	2,9 – 6,2
Mrozoodporność [%]	całkowita > dobra	dostateczna	nie badano
Wytrż. na ściskanie [kG/cm^2]	2378	brak surowca do wycięcia kostek	
Ścieralność w bębnie Devala [%]	1,6 – 9,2	6,0-11,2	7,2 – 9,4

Tab. 7.31. Wybrane średnie wartości właściwości fizyko-mechanicznych skał zdrowych i zgorzelowych z niektórych kamieniołomów Dolnego Śląska (Zagożdżon, 2000 na podst.: Rutnik, 1974; Stachowiak, 1977; Majkowska, 1982 b; Kochanowska & Żygadło, 1984; Gruszecki, 1996)

¹ - wg opisu z zestawień tabelarycznych, w przypadku dokumentacji złoża Markocice - wg opisów profili wiertniczych; ² - dla złoża Kosiska-Janowice - na podstawie badań odporności na zamrażanie w 2% solance (wg BN-84/6774.02 vide Gruszecki, 1996); ³ - dla Paszowice podano ciężar nasypowy; ⁴ - dane ze złoża Kosiska Janowice - w Mpa; w nawiasach podano ilość badanych próbek

Badane parametry	Pochodzenie próbek (nazwy złóż)	Skały zdrowe ¹	Skały zgorzelowe ¹	Skały o odp. na zamrażanie w 7% solance, po 25 cyklach <5 ²	Skały o odp. na zamrażanie w 7% solance, po 25 cyklach >5 ²
Ciężar objętościowy C_o [g/cm^3] ³	Trupień	2,99 (35)	2,92 (4)	3,06 (21)	2,90 (18)
	Kosiska-Janowice	2,97 (15)	2,90 (7)	3,085 (2)	2,95 (20)
	Markocice	2,85 (23)	2,58 (20)	2,89 (3)	2,78 (39)
	Mszana-Obłoga	2,98 (98)	2,98 (7)	–	–
	Paszowice	3,21 (45)	3,04 (4)	–	–
Nasiąkliwość wagowa N_w [%]	Trupień	0,63 (35)	0,525 (4)	0,29 (21)	0,99 (18)
	Kosiska-Janowice	0,31 (15)	0,73 (7)	0,10 (2)	0,49 (20)
	Markocice	1,7 (23)	3,37 (19)	0,93 (3)	2,57 (39)
	Mszana-Obłoga	0,64 (98)	0,63 (7)	–	–
	Paszowice	0,41 (45)	0,22 (4)	–	–
Mrozoodporność [% ubytku masy]	Trupień	1,60 (35)	1,90 (4)	0,83 (21)	2,55 (18)
	Kosiska-Janowice	5,05 (15)	9,67 (7)	0,20 (2)	7,165 (20)
	Markocice	6,095 (23)	14,5 (20)	1,6 (3)	11,07 (39)
	Mszana-Obłoga	2,585 (97)	1,56 (7)	–	–
	Paszowice	całkowita > dobra	całkowita	–	–
Wytrzymałość na ściskanie R_c [kG/cm^2] ⁴	Trupień	1913 (31)	2585 (2)	1967,5 (20)	1933 (13)
	Kosiska-Janowice	66,09 (13)	61,13 (6)	129,15 (2)	56,88 (17)
	Markocice	1201,7 (15)	1184,5 (11)	768,7 (3)	1250 (23)
	Mszana-Obłoga	1540 (85)	1436 (7)	–	–
	Paszowice	2965 (33)	2900 (2)	–	–

7.5.2 Badania właściwości próbek kawałkowych

Pierwsza część badań objęła określenie wybranych parametrów kawałkowych próbek skał zgorzelowych. W ich ramach przeanalizowano 5 próbek z kamieniołomu Winna Góra i 6 z Krzeniowa. Zostały one wytypowane w wyniku opróbowania tendencyjnego, którego podstawą była makroskopowa ocena stopnia rozwoju zgorzeli słonecznej. Próbkę poddano badaniom określającym gęstość objętościową (C_o) wg PN-66/B-04100 (Materiały kamienne..., 1966), nasiąkliwość wagową (n_w) wg PN-85/B-04101 (Materiały kamienne..., 1985) oraz wytrzymałość na ściskanie (R_c) wg PN-84/B-04110 (Materiały kamienne..., 1984). Badano głównie próbki słupkowe 1:1 o średnicy podstawy 5 cm, jedynie w przypadku dwóch najsilniej zgorzelowych skał z kamieniołomu Krzeniów wykorzystano próbki sześciennie o boku 5 cm. Podane wyniki są średnimi policzonymi z trzech analiz dla każdej skały. Ponadto zbadano mrozoodporność bezpośrednią wg PN-78/B-06714/19 (Kruszywa mineralne..., 1978) pięciu próbek z kamieniołomu Krzeniów. Wyniki ukazane w tab. 7.32 są średnimi z dwóch analiz dla każdej skały. (Zagożdżon, 2000)

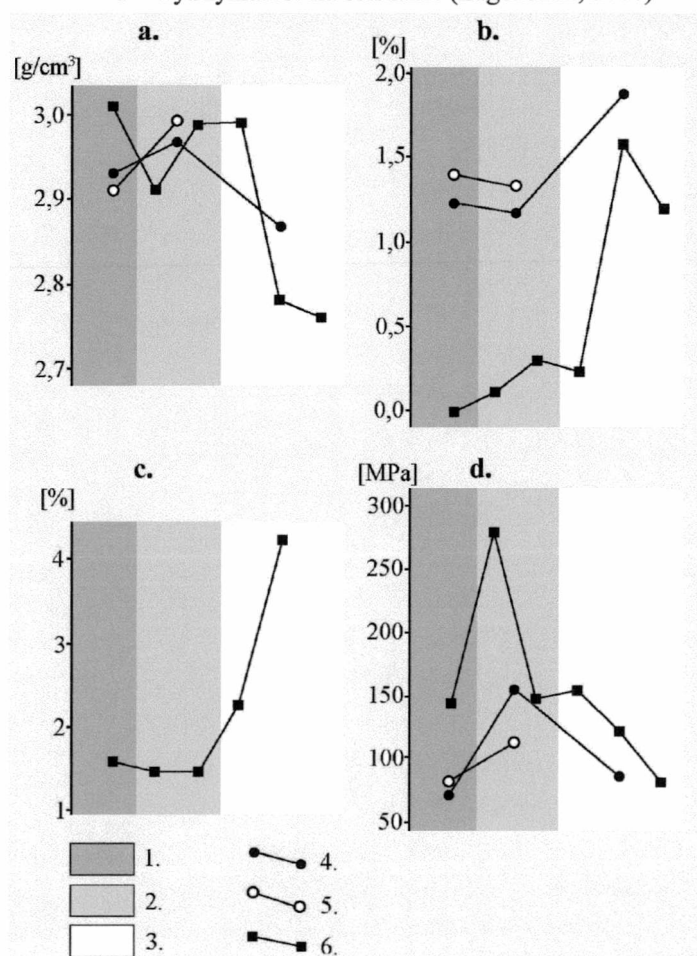
Tab. 7.32. Wybrane własności fizyko-mechaniczne skał z kamieniołomów Winna Góra i Krzeniów (Zagożdżon, 2000)

Badane parametry	Pochodzenie próbek	Skały zdrowe	Skały słabo zgorzelowe		Skały silnie zgorzelowe		
C_o [g/cm ³]	Winna Góra	2,93	2,97		2,87		
	Winna Góra ¹	2,91	2,99		–		
	Krzeniów	3,01	2,91	2,99	2,99	2,78	2,76
N_w [%]	Winna Góra	1,24	1,19		1,89		
	Winna Góra ¹	1,42	1,33		–		
	Krzeniów	0,0 (?)	0,12	0,31	0,23	1,59	1,21
M [%]	Krzeniów	0,55	0,45	0,45	1,2	–	3,2
R_c [Mpa]	Winna Góra	69,87	155,72		86,90		
	Winna Góra ¹	82,00	113,60		–		
	Krzeniów	144,27	280,02	148,20	153,88	123,17	80,88

¹ próbki bazaltu gruzłowatego

Uzyskane wyniki (tab. 7.32, ryc. 7.6) ukazują generalny spadek gęstości objętościowej (C_o) w skałach zgorzelowych. O ile jednak w przypadku materiału z kamieniołomu Krzeniów tendencja ta jest stała, to słabo zgorzelowe skały z Winnej Góry wykazały niespodziewanie wysokie wartości tego parametru. Również zmiany nasiąkliwości wagowej (n_w) skał słabo zgorzelowych okazują się niejednoznaczne. W obu grupach próbek pobranych w Winnej Górze widzimy co prawda nieznaczne jej obniżenie, jednak skały z Krzeniowa wykazują tendencję przeciwną. W skałach silnie zgorzelowych nasiąkliwość wagowa staje się wyraźnie wyższa. Zróżnicowanie tego parametru jest bardzo dobrze widoczne w przypadku zespołu próbek z Krzeniowa, gdzie skały bezzgorzelowe i słabo zgorzelowe zaliczyć można do bardzo mało nasiąkliwych, a silnie zgorzelowe – do mało nasiąkliwych. Mrozoodporność próbek skał zdrowych i słabo zgorzelowych z wyrobiska w Krzeniowie jest zbliżona. Dopiero silniejsze zaawansowanie omawianego procesu radykalnie pogarsza tę właściwość skały. Stałą cechą skał słabo zgorzelowych wydaje się być ich wyższa wytrzymałość na ściskanie (R_c) niż skał zdrowych. Również wyraźne obniżenie tego parametru w skałach silnie zgorzelowych można obserwować we wszystkich analizowanych zespołach próbek. Trudny do wyjaśnienia jest jedynie fakt bardzo niskiej (najniższej w zespole) wytrzymałości skały zdrowej z Winnej Góry. (Zagożdżon, 2000)

Ryc. 7.6. Wyniki analiz wybranych właściwości fizyko-mechanicznych skał z kamieniołomów Winna Góra i Krzeniów; a – gęstość objętościowa, b – nasiąkliwość objętościowa, c – mrozoodporność, d – wytrzymałość na ściskanie (Zagożdżon, 2000)



1 – skały zdrowe, 2 – skały słabo zgorzelowe, 3 – skały silnie zgorzelowe, 4 – wyniki analiz z kamieniołomu Winna Góra, 5 – wyniki analiz skał gruzłowatych z kamieniołomu Winna Góra, 6 – wyniki analiz skał z kamieniołomu Krzeniów

7.5.3 Badania właściwości kruszyw

Dla określenia potencjalnej przydatności kruszyw wytworzonych ze skał zgorzelowych wykonano badania na materiale pobranym w czterech stanowiskach. Próbkę z kamieniołomu Męcinka (JM-1), Winna Góra (WG-102) oraz Targowica (Tg-10) posiadały dość podobną charakterystykę. „Plamki” zgorzelowe osiągały rozmiary rzędu 7–10 mm a odległość pomiędzy nimi wynosiła ok. 6–15 mm. W związku z tym założono wykonanie kruszywa o frakcji 6,3–12 mm. Próbkę WG-103 (pobrana również w wyrobisku Winna Góra) to fragment skały drobnzgorzelowej, o „plamkach” wielkości rzędu 1–3 mm i silnej niejednorodności ich rozmieszczenia. Próbkę pochodzącą z kamieniołomu Bukowa Góra (BG-10) jest skałą, w której przeważa substancja zgorzelowa, zaś fragmenty zdrowe posiadają regularne (niemal kuliste) formy i rozmiary ok. 5–7 mm. Dwie ostatnie skały przewidziano do przetworzenia na kruszywa drobniejsze (o średnicach poniżej 6,3 mm).

Tab. 7.33. Zestawienie wyników kruszenia skał zgorzelowych

Oznaczenie próbek	Udział poszczególnych frakcji [%]								
	> 12 mm	6,3–12 mm	4–6,3 mm	2–4 mm	1–2 mm	0,5–1 mm	0,25–0,5 mm	0,125–0,25 mm	< 0,125 mm
WG–102	7,4	41,4	16,0	11,0	7,8	8,4	3,6	1,1	3,3
JM–2	11,3	39,5	13,3	11,2	8,0	7,4	3,8	1,4	4,1
Tg–10	11,9	31,3	20,6	12,8	7,7	7,2	3,8	1,1	3,6
WG–103	1,3	31,4	27,1	19,2	8,5	5,7	2,9	0,9	3,0
BG–10	0,1	7,2	28,1	24,2	13,2	10,7	5,8	2,5	8,2

Jak widać zgorzelowa struktura skał silnie wpływa na uzysk poszczególnych frakcji (tab. 7.33, ryc. 7.7, 7.8). Skały grubozgorzelowe (próbki: JM–2, WG–102, Tg–10) wykazują znaczne udziały frakcji >12 mm, zaś ilość ziarna z przedziału 6,3–12 mm jest najwyższa. W pozostałych dwóch próbkach wyraźnie większy jest udział frakcji 4–6,3 (dominującej w materiale z kamieniołomu Bukowa Góra) oraz 2–4 mm. Nie stwierdzono zależności udziału frakcji pylastej (< 0,125 mm) od wielkości „plamek” zgorzelowych. Jedynie w przypadku próbki BG–10 jest on znacznie wyższy, co wynika z dominacji substancji zgorzelowej w tej skale. Faktem wartym wyraźnego podkreślenia jest, otrzymywana już w trakcie wstępnego kruszenia, izometryczna forma ziaren skalnych.

Do badań mrozoodporności bezpośredniej i zmodyfikowanej wg PN-78/B-06714/19 (Kruszywa mineralne..., 1978) oraz ścieralności w bębnie Los Angeles określanej wg PN-79/B-06714/42 (Oznaczanie ścieralności..., 1979) wytypowano 4 próbki kruszyw o średnicy ziaren 6,3–12 mm oraz cztery próbki frakcji drobniejszych.

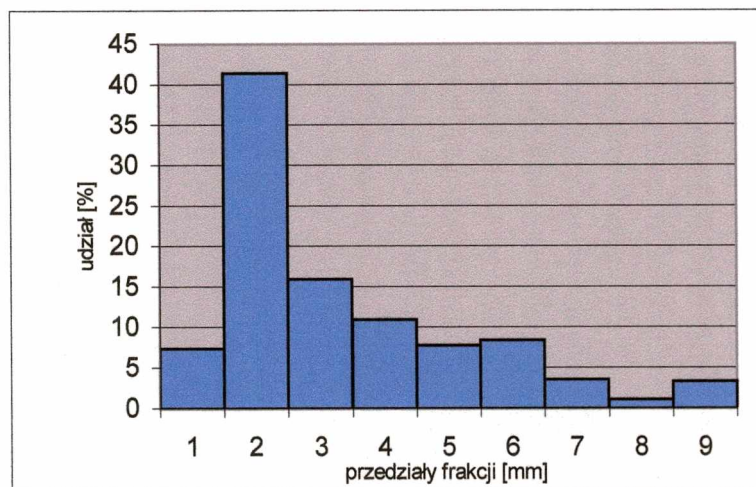
Tab. 7.34. Wyniki badań ścieralności i mrozoodporności kruszyw uzyskanych ze skał zgorzelowych

Numer i frakcja próbki	Ścieralność w bębnie Los Angeles [%]	Wskaźnik jednorodności ścierania [%]	Mrozoodporność bezpośrednia [%]	Mrozoodporność bezpośrednia zmodyfikowana [%]
JM-2 (6,3–12 mm)	9,4	21,3	0,3	15
WG-102 (2–4 mm)	–	–	1,0	10
WG-102 (4–6,3 mm)	–	–	1,1	11,7
WG-102 (6,3–12 mm)	9,0	22,2	0,4	2,0
WG-102 (>12 mm)	–	–	0,3	2,4
WG-103 (6,3–12 mm)	–	–	0,2	0,4
Tg-10 (6,3–12 mm)	8,0	22,5	0,4	2,4
BG-10 (4–6,3 mm)	21,7	37,3	1,2	21,6

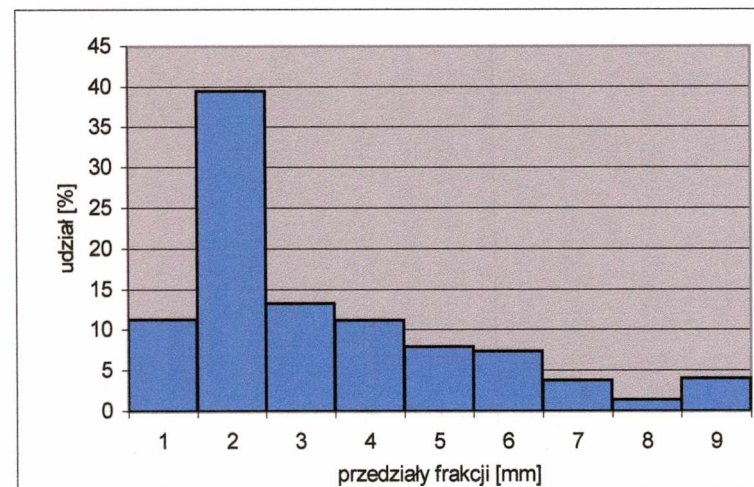
Stwierdzono, że parametry kruszyw o większych średnicach ziaren (> 12 mm i 6,3–12 mm) uzyskanych ze skał grubozgorzelowych są bardzo wysokie (tab. 7.34). Ścieralność nie przekraczająca 10% kwalifikuje je do pierwszej klasy kruszyw przeznaczonych dla drogownictwa (Surowce skalne..., 1996). Również mrozoodporność określana wg metody bezpośredniej okazuje się wystarczająca. Dopiero badania tego parametru metodą bezpośrednią zmodyfikowaną wykazały nieco gorsze parametry próbki ze złoża Jawor-Męcinka, nadal jednak kwalifikuje się ona do II klasy kruszyw (Surowce skalne..., 1996). Zaskakująco wysokie okazały się wyniki mrozoodporności kruszywa o frakcji 6,3–12 mm

Ryc. 7.7. Udział frakcji uzyskanych w wyniku kruszenia próbek skał grubozgorzelowych

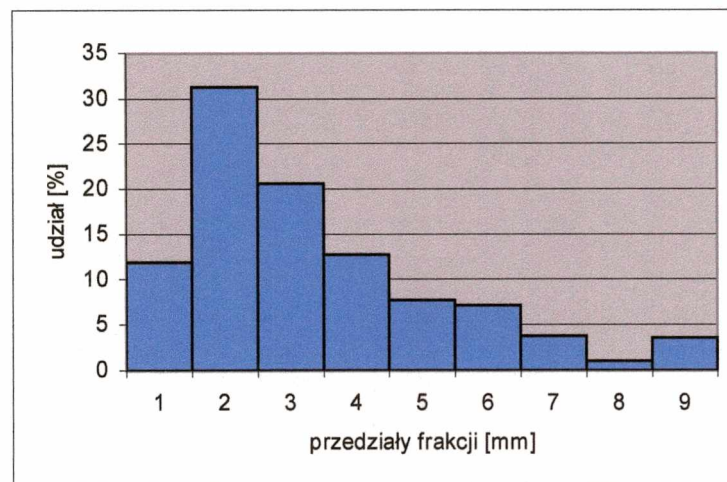
próbka WG-102 (Winna Góra)



próbka JM-2 (Jawor-Męcinka)



próbka Tg-10 (Targowica)

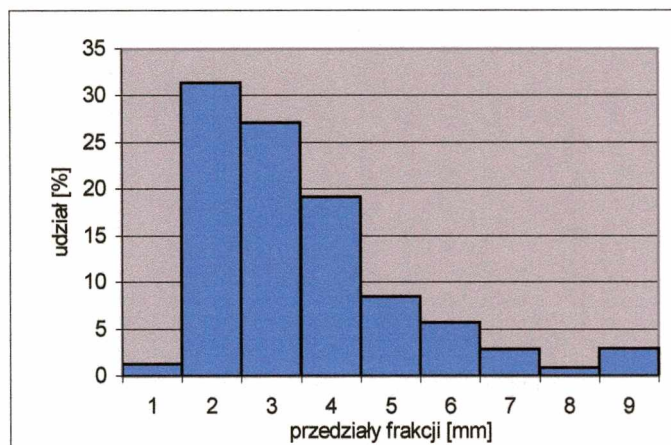


przedziały frakcji:

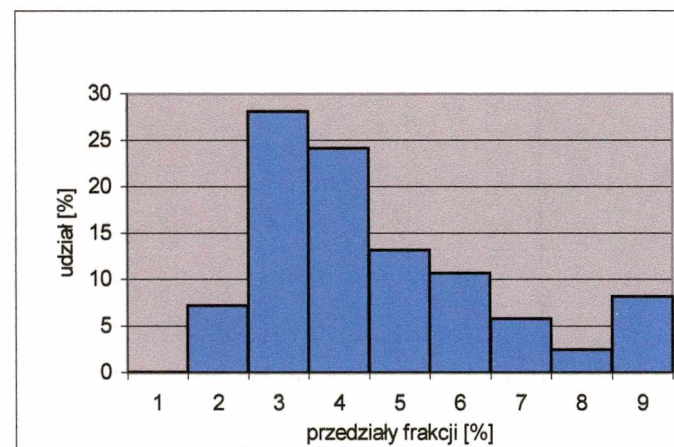
- 1: >12 mm
- 2: 6,3 – 12 mm
- 3: 4 – 6,3 mm
- 4: 2 – 4 mm
- 5: 1 – 2 mm
- 6: 0,5 – 1 mm
- 7: 0,25 – 0,5 mm
- 8: 0,125 – 0,25 mm
- 9: < 0,125 mm

Ryc. 7.8. Udział frakcji uzyskanych w wyniku kruszenia skał drobnozgorzelowych

próbka WG-103 (Winna Góra)



próbka BG-10 (Bazaltowa Góra)



przedziały frakcji:

- 1: >12 mm
- 2: 6,3 – 12 mm
- 3: 4 – 6,3 mm
- 4: 2 – 4 mm
- 5: 1 – 2 mm
- 6: 0,5 – 1 mm
- 7: 0,25 – 0,5 mm
- 8: 0,125 – 0,25 mm
- 9: < 0,125 mm

uzyskanego ze skały drobnozgorzelowej (próbka WG-103). Prawdopodobnie ziarna o tych rozmiarach powstają ze wspomnianych wyżej stref wolnych od „plamek” zgorzelowych. Wyniki badań kruszyw o mniejszych średnicach ziaren są znacznie niższe. Odnosi się to zarówno do drobniejszych frakcji uzyskanych ze skały grubozgorzelowej (WG-102) jak i do materiału powstałego z rozkruszenia skały drobnozgorzelowej z przewagą substancji zgorzelowej (BG-10).

7.6. Próbné topienie bazaltów zgorzelowych

W celu wytypowania próbek przeprowadzono analizę przedstawianych w literaturze wymagań wobec surowców do produkcji leizny bazaltowej. Odnoszą się one przede wszystkim do składu chemicznego skał (Stoch & Wyszomirski, 1969 a; 1976). Za najważniejszą uznaje się ilość krzemionki, której graniczne zawartości zostały określone na 43–47 % przez Pentlakową i Szarrasa (1968) oraz na 41,5–46,8 % przez Stocha z Wyszomirskim (1969 b) i Majkowską (1991 a). Majkowska (1991 a) podaje też dopuszczalną ilość glinki wynoszącą 12,0–19,5%.

Na podstawie wyników analiz składu chemicznego określa się szereg dalszych parametrów. Sakwa (1963) przytoczył tzw. wskaźnik Kitajgorodzkiego: Al_2O_3/MgO . Majkowska (1991 a) identycznie zdefiniowany parametr określiła jako zdolność krystalizacyjną (A), a jego dopuszczalną wartość określiła na 1,4–1,7. Stoch i Wyszomirski (1976) podważyli zasadność stosowania wskaźnika Kitajgorodzkiego w odniesieniu do skał pochodzących z różnych stanowisk, uznali jedynie, że może on być przydatny do kontroli jakości surowca w obrębie jednego złoża. Stoch i Wyszomirski (1969 b) przedstawili parametr będący odwrotnym stosunkiem tlenków magnezu i glinu oraz podali dopuszczalne jego wartości od 0,6 do 0,9. Sakwa (1963) przytoczył moduł kwasowości zdefiniowany jako $SiO_2/Al_2O_3+Fe_2O_3+CaO+MgO+alk.$ Podobny parametr określony jako $SiO_2+Al_2O_3/CaO+MgO+FeO+Fe_2O_3$ nazwany został współczynnikiem lejności przez Stocha i Wyszomirskiego (1969 b) lub współczynnikiem kwasowości (K) przez Majkowską (1991 a). Według pierwszych z wymienionych autorów dopuszczalne jego wartości mieszczą się pomiędzy 1,5 a 2,1, zaś wg Majkowskiej pomiędzy 1,8 a 2,1. Pentlakowa i Szarras (1968) do określania przydatności bazaltoidów dla potrzeb przemysłu skalicznego stosowali współczynniki Niggliego za najważniejszy uznając *si*. Stoch i Wyszomirski (1976) przedstawili natomiast parametry Ginzberga (A – suma tlenków kwaśnych: $SiO_2+Al_2O_3+TiO_2$, B – suma tlenków metali ziem alkalicznych i żelaza oraz C – suma alkaliów), stwierdzając że najsilniejszy wpływ na temperaturę topnienia ma parametr A.

Istotnymi parametrami są ponadto lejność i skurcz (Sakwa, 1963), temperatura topienia, zdolność krystalizacyjna stopu oraz jego lepkość w temp. 1250°C (Stoch i Wyszomirski, 1969 b). Stoch i Wyszomirski (1969 b) zwracają też uwagę na konieczną jednorodność surowca, tzn. brak domieszek bazaltu zwietrzałego oraz porwaków skał osłony.

Mimo tak wielu proponowanych w literaturze metod teoretycznego określania przydatności bazaltoidów do produkcji leizny w praktyce wykorzystuje się jedynie ogólne wyniki analiz chemicznych skały (Materiały..., 2000 a, b), a ostateczna kwalifikacja surowca oparta jest na wynikach próbnych topień (informacje ustne pracowników P.P.U. Delma Bazalt w Strzegomiu). Podstawowe znaczenie dla właściwego przebiegu procesu topienia ma ponadto odpowiednia frakcja wkładu. Według informacji uzyskanych od pracowników Przedsiębiorstwa Topienia Bazaltu w Starachowicach przez ten zakład przyjmowany jest surowiec o średnicy ziaren 80–250 mm.

Dla uzyskanych produktów określa się szereg parametrów fizyko-mechanicznych (m. in. gęstość, nasiąkliwość, rozszerzalność cieplną, przewodność cieplną, maksymalną temperaturę

stosowania, czy wytrzymałość na ściskanie). Duży nacisk kładziony jest też na odporność chemiczną leizny, określaną wg PN-68/B-06751 i PN-80/B-06751 (Wyroby kanalizacyjne..., 1980; Materiały..., 2000 a, b).

Wyboru materiału do badań nad możliwością wykorzystania bazaltów zgorzelowych jako surowca dla przemysłu skalicznego dokonano na podstawie składu chemicznego oraz parametrów A i K podanych przez Majkowską (1991 a). Odpowiednią zawartość krzemionki, glinki oraz wartości zdolności krystalizacyjnej i współczynnika kwasowości wykazały trzy próbki (tab. 7.35). Z każdej z nich wykonano po sześć porcji o objętościach około 70–75 cm³. Topienie wykonano w ceramicznych grubościennych tyglach (fot. 43) wykonanych specjalnie do tego celu.

Tab. 7.35. Skład chemiczny skał wytypowanych do topienia oraz wartości ich współczynników zdolności krystalizacyjnej i kwasowości.

Tlenki i parametry dodatkowe	Numer analizy		
	WG-11	WG-18.1	Tg-5.2
SiO ₂	46,36	45,79	46,78
Al ₂ O ₃	14,53	15,65	14,17
TiO ₂	2,02	2,00	1,96
FeO	5,68	7,67	7,04
Fe ₂ O ₃	5,87	3,31	4,38
MnO	0,16	0,17	0,15
CaO	10,21	9,70	10,53
MgO	8,83	9,60	9,42
Na ₂ O	3,93	3,71	3,79
K ₂ O	0,90	0,86	0,81
P ₂ O ₅	0,39	0,39	0,55
A ¹	1,6455	1,6302	1,5042
K ²	1,9905	2,0290	1,9429

¹ - współczynnik zdolności krystalizacyjnej; ² - współczynnik kwasowości (wg Majkowskiej, 1991)

Wszystkie próbki uległy przetopieniu dając w wyniku materiał o jednorodnej afanitowej strukturze i masywnej, bezkierunkowej teksturze. Jedynie w wąskich (1–1,5 mm) strefach przypowierzchniowych i przylegających do dna naczyń obserwuje się niekiedy obecność tekstury porowatej (fot. 43). Próbki wykazują obecność przełamu muszlowego, charakterystycznego dla skał o wysokiej wytrzymałości. Również w obrazie mikroskopowym otrzymany materiał cechuje bardzo jednorodna budowa. Wyraźnie zaznacza się jego równokrystaliczna struktura i bezładna tekstura (fot. 53, 54). Okrągłe pęcherzyki pogazowe, o rozmiarach 0,02–0,1 mm występują jedynie przy górnej powierzchni próbek, ale również pomiędzy nimi charakter skały nie ulega zmianie (fot. 55). W składzie mineralnym dominują hipautomorficzne mikrolity piroksenów wykształcone w postaci słupków o długości 20–80 μm i szerokości 6–15 μm (fot. 53, 54). Zarówno w ich obrębie, jak i pomiędzy nimi znajdują się liczne automorficzne ziarna magnetytu o rozmiarach ok. 2–6 μm. W interstycjach wielkości 5–30 μm zgromadziło się szkliwo.

7.7. Inne badania laboratoryjne

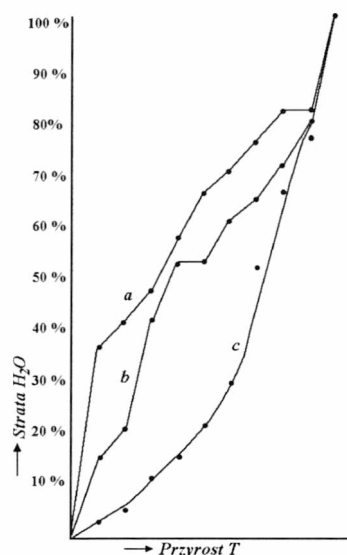
Dla ukazania kompletnego obrazu badań skał zgorzelowych wspomnieć też trzeba o spotykanych w literaturze informacjach na temat innych, rzadziej stosowanych metod laboratoryjnych.

Nieliczni autorzy prezentowali tzw. krzywe odwodnieniowe (*Entwässerungskurven*) skał zgorzelowych i zdrowych ukazujące ubytek wody w trakcie ogrzewania skał. Są to więc prawdopodobnie rezultaty wczesnych badań termograwimetrycznych. Holler (1930) zamieścił wykres zestawiający krzywe odwodnieniowe skał zdrowych i jednej próbki skały zgorzelowej (ryc. 7.9). Zdaniem Steuera i in. (1939) uzyskana przez nich ciągła krzywa świadczyć miała o wyraźnej zawartości zeolitów w skale. Ernst i Drescher-Kaden, (1940) porównali natomiast krzywe uzyskane z położonych blisko siebie próbek tej samej skały (ryc. 7.10). Ich zdaniem otrzymane wyniki dowodziły nierównomiernej dystrybucji wody w skale.

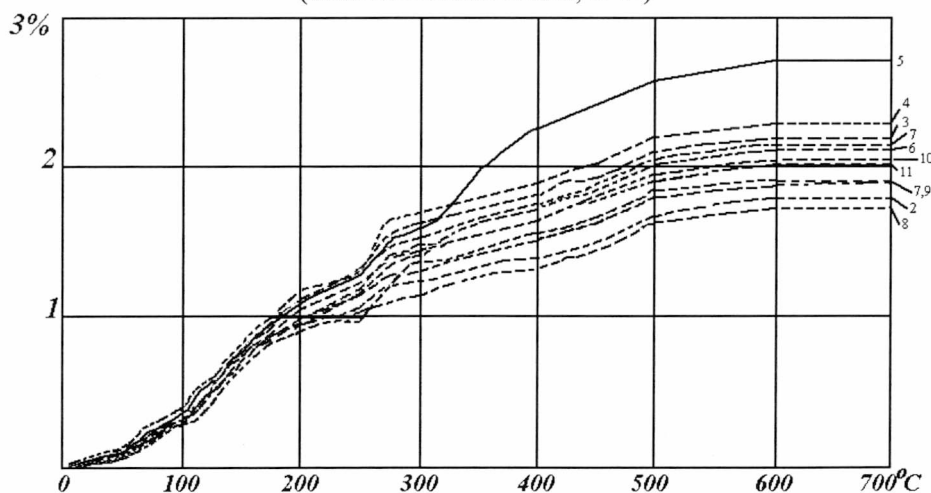
Natrafiono także na informację o przeprowadzeniu przez V. Leonharda (1832 vide Pukall, 1939) próbnego topienia substancji zgorzelowej i zdrowej w dmuchawce (*Lötrohrversuch*).

W ramach prac własnych nie nawiązywano do tych kierunków badań.

Ryc. 7.9. Porównanie krzywych odwodnieniowych skał zdrowych (a, b) i skały zgorzelowej (c) (Holler, 1930)



Ryc. 7.10. Krzywe odwodnieniowe różnych części skały zgorzelowej (Ernst & Drescher-Kaden, 1940)



8. Geneza zgorzeli bazaltowej

Geneza zgorzeli bazaltowej jest zagadnieniem badanym od ponad dwustu lat, a mimo to nie rozwiązany do dziś. Po raz pierwszy problem ten poruszył B. Faujas de St. Fond (1786 vide Pukall, 1939). Początkowo sądził on, że odkrył nową odmianę bazaltu (którą określił jako bazalt plamisty lub żwirowy – *gravelaux*), jednak ostatecznie skłonił się ku przypuszczeniu, że zgorzel jest raczej rodzajem rozpadu. Za jego przyczynę uznał kontrakcyjne kurczenie się skały, a następnie oddziaływanie wody. Wyjaśnienie to nie zyskało co prawda potwierdzenia, ale znamieny jest fakt, że już pierwszy badacz, wnikliwie zajmujący się problemem zgorzeli bazaltowej, zakładał jej złożoną genezę.

Również w późniejszych latach opowiadano się za kontrakcyjną genezą tego zjawiska (m. in. Stift, 1831 vide Pukall, 1939). Jednocześnie pojawiały się opinie łączące powstawanie zgorzeli z odmieszaniem pewnych składników magmy (von Leonhard, 1832 vide Pukall, 1939), wietrzeniem (m. in. Keferstein, 1820 vide Pukall, 1939) lub przekształcaniem bazaltowego szkliwa w zeolity (m. in. Möhl, 1874 vide Pukall, 1939). Wszystkie te poglądy natrafiały jednak na zasadnicze problemy i spotykały się z krytyką (por. Zagożdżon, 2001).

Zainteresowanie genezą zgorzeli słonecznej znacznie wzrosło z początkiem XX wieku. Szereg formułowanych podówczas hipotez Pukall (1939) podzielił na trzy grupy: zakładające dominację czynnika fizycznego (*die physikalischen Theorien*), zakładające współwystępowanie czynników fizycznych i chemicznych (*physikalisch-chemische Theorien*) oraz uznające procesy chemiczne za powód przemian zgorzelowych (*die chemischen Theorien*). W pierwszej z tych grup znalazła się hipoteza kontrakcyjna rozwijana wówczas m. in. przez Tannhäusera (1910 vide Pukall, 1939) oraz hipoteza zakładająca wręcz przeciwny kierunek działania naprężeń – rozsadzanie skały w wyniku powstania „plamek” zgorzelowych. Hipotezy fizyko-chemiczne łączyły naturę omawianego procesu z dyferencjacją lub odmieszaniem zachodzącym w magmie. Hibsche (1920) za przyczynę zgorzeli uznał szlirowatą budowę skał (*schlierigen Aufbau des Gesteins*) tworzącą się tuż przed zastygnięciem stopu. Miała być ona wyrażona obecnością odrębnych stref koncentracji jasnych i ciemnych składników skały (por. Zagożdżon, 2001). Również na etapie wietrzeniowym zachodzić miało zdaniem Hibscha współoddziaływanie powodujących rozpad skały czynników fizycznych (wahania wilgotności, temperatury, nasłonecznienia) i chemicznych (chemiczne oddziaływanie tlenu, pary wodnej i dwutlenku węgla). W początkach XX wieku najszerze zainteresowanie naukowców wzbudzały hipotezy chemiczne. Pukall (1939) wydzielił wśród nich trzy podgrupy. Chelius (1905 vide Pukall, 1939) stał się prekursorem opinii łączącej rozpad zgorzelowy z utratą naturalnej wilgoci przez skałę i wynikającym z tego rozpadem szkliwa. Leppla (1901) uważał z kolei, że proces dezintegracji skał zgorzelowych wywołany jest przemianami nefelinowego szkliwa w zeolity związanymi z przyjmowaniem wody przez skałę. Analogiczny przebieg procesu zakładali inni naukowcy, wiążąc go jednak z przemianami bliżej nie określonego szkliwa (Hoppe & Kellermann, 1928; Hoppe, 1936) lub tzw. nefelinoidu (Hoppe, 1936). Zdaniem Steuera i in. (1929) powstawanie zgorzeli słonecznej wynikać miało z wywołanych dewitryfikacją zmian objętości szklistej lub skrajnie drobnokrystalicznej masy zeolitowej. Łączenie zgorzeli bazaltowej z obecnością zeolitów było jednak krytykowane w związku z faktem, że często pojawia się ona w skałach nie wykazujących obecności tych minerałów. Trzecia podgrupa hipotez chemicznych zakładała, że omawiane zjawisko jest specyficznym rodzajem szybkiego wietrzenia chemicznego skał (Pukall, 1939).

Pukall (1940) uznał, że zgorzel słoneczna jest wynikiem nierównomiernego gromadzenia się gazów (m. in. pary wodnej) w magmie. Ich niewielkie ilości miały się koncentrować w obrębie sferoidalnych obszarów, które później, po utracie naturalnej wilgotności przez skałę,

przekształcały się w „plamki”. W trakcie ostygnięcia skały obecność gazów powodowała zdaniem Pukalla powstanie naprężeń niszczących spójność skały. (por. Zagożdżon, 2001)

Wyniki szczegółowych badań terenowych i laboratoryjnych (przede wszystkim analizy rentgenostrukturalne) skłoniły Ernsta i Drescher-Kadena (1940) do wysunięcia innej hipotezy powstawania zgorzeli słonecznej. Autorzy ci wykazali obecność wyraźnego zróżnicowania mineralnego występującego powszechnie w obrębie skał zgorzelowych (por. rozdz. 7.2). Ich zdaniem decydujący jest specyficzny sposób rozmieszczenia drobnych (submikroskopowych) kryształków analcymu. W schyłkowym etapie solidyfikacji bazaltoidów pozostawać miał stop reszkowy o składzie odpowiadającym krzemianowi Na-Al. Jego krystalizacja zachodziła w pobliżu punktu równowagi $\text{analcym} \leftrightarrow \text{albit} + \text{nefelin}$, w temperaturze rzędu 550°C (Ernst, 1960). Zdaniem Ernsta i Drescher-Kadena (1940) krystalizacja analcymu i nefelinu przebiegała synchronicznie, a o tworzeniu się w danym miejscu konkretnego minerału decydowały stosunkowo niewielkie wahania ciśnienia i temperatury związane z nierównomierną dystrybucją gazów w obrębie skały. Pierwsze kryształy analcymu były rozmieszczone w stopie chaotycznie ale stawały się one specyficznymi zarodkami krystalizacji dla kolejnych kryształów – tworzących się w sąsiedztwie, najczęściej w obrębie sferoidalnych przestrzeni (które później przekształcały się w „plamki” zgorzelowe). Współwystępowanie wymienionych minerałów, według Ernsta i Drescher-Kadena (1940), spowodowało również powstanie struktur dysjunktywnych związanych z procesem zgorzelowym. Punktem wyjścia dla dalszych rozważań była przytoczona przez nich opinia Ch.R. van Hissego o niemal 1,5% zwiększaniu objętości przy przejściu nefelinu w analcym. W wyższej temperaturze i przy wyższym ciśnieniu powstawał nefelin, natomiast obniżanie temperatury stopu, wraz z jednoczesnym spadkiem ciśnienia, sprzyjały tworzeniu się analcymu. Szybkie i nierównomierne (związane np. z niejednorodną dystrybucją wody w stopie) ochładzanie powodować mogło nierównomierny przebieg transformacji minerałów. To zaś w końcowym etapie krystalizacji doprowadziło do powstania wewnątrz skały naprężeń a następnie szczelin włosowatych będących powodem jej rozpadu. Ernst i Drescher-Kaden (1940) oraz Ernst (1960) podkreślają, że te drobne dysjunkcje nie mogą być skutkiem oddziaływania zewnętrznych sił na niejednorodną, pod względem mechanicznym, skałę. W przeciwnym razie podobne zjawiska powinny występować we wszystkich lawach o teksturach porowatych czy migdałowcowych. (por. Zagożdżon, 2001)

W literaturze krajowej opinie o genezie zgorzeli słonecznej pojawiają się dość rzadko. Wydaje się, że w przewadze zostały one zaczerpnięte z niektórych niemieckojęzycznych prac przedwojennych (Zagożdżon, 2001). Powstawanie zgorzeli związane jest z występującymi w skałach naprężeniami wywołanymi obecnością gazów (Maślankiewicz, 1961) lub kurczeniem się skał podczas zastygnięcia (Bolewski & Parachoniak, 1982; Ryka & Maliszewska, 1991). W innych przypadkach za czynnik dominujący uznaje się wietrzenie (Białowska, 1980; August i in., 1995). Stypułkowski i Majerowicz (1994) uznali, że rozpad zgorzelowy może być wynikiem obecności zauważanych pod mikroskopem żyłek niezidentyfikowanego minerału. Autorzy dwóch dokumentacji geologicznych (Skurzewski, 1973; Nadybski, 1956) przedstawili poglądy łączące powstawanie zgorzeli z teksturalnym zróżnicowaniem skał lub odmieszaniem zachodzącym tuż przed zastygnięciem magmy. W ostatnich latach (Zagożdżon, 1998 a) zasugerowano syngenetyczność tworzenia się zgorzeli z płynięciem lawy lub przemieszczaniem się magmy. (por. Zagożdżon, 2001)

Ernst (1960 a) przedstawił ponownie, z niewielkimi tylko modyfikacjami, założenia hipotezy opublikowanej dwadzieścia lat wcześniej (Ernst & Drescher-Kaden, 1940). W nowszych publikacjach ukazywane są odmienne mechanizmy generowania zgorzeli słonecznej. Według Kühnela i in. (1994) zjawisko to powodowane jest szybkim chłodzeniem skały oraz jej kurczeniem wywołującym powstanie wewnętrznych naprężeń. Pojawiające się w konsekwencji mikrospeknięcia umożliwiają penetrację skały przez roztwory wodne

wywołujące przemiany mniej stabilnych składników mineralnych skały, takich jak oliwiny, szkliwo czy skalenoidy. Związany z tym wzrost objętości generuje kolejne mikrospekkania przyspieszające opisany proces. Za najistotniejszą uznano rolę minerałów ilastych z grupy smektytów (Kühnel i in., 1994; Kühnel & Tshibangu Katshi, 1997), choć Kühnel (informacje uzyskane drogą korespondencyjną) zgadza się co do podobnej roli analcymu. Wrażliwość niektórych z tych minerałów na cykliczne zawilgacanie i wysychanie skały ma wytwarzać w jej wnętrzu dodatkowe naprężenia, przyspieszać zniszczenie jej spójności i ułatwiać migrację coraz większych ilości rozrtworów (Kühnel & Tshibangu Katshi 1997). „Plamki” zgorzelowe mają odpowiadać obszarom wyzwolenia wewnętrznych naprężeń, a strefy te uznano za podatne na łatwiejszy i szybszy rozkład mniej stabilnych minerałów.

Odmienne mechanizmy powstawania zgorzeli przedstawia Schreiber. Jedną z możliwości jest jego zdaniem asymilacja przez stop bazaltowy ziaren kwarcu ze skał osłony (Schreiber, 1991). W wyniku reakcji tych faz w obecności wody dochodzić ma do powstania obszarów wzbogaconych w pirokseny, analcym i szkliwo, które w wyniku późniejszego zwietrzenia stają się „plamkami” zgorzelowymi. Podczas solidyfikacji stopu ziarna kwarcu stają się dodatkowo ośrodkami naprężeń tensyjnych powodujących rozpad skały.

W późniejszym czasie zaprezentowano alternatywny model powstawania omawianego zjawiska. Ma ono być rezultatem specyficznego mieszania się magm udokumentowanego w trzeciorzędowych wulkanitach Westerwaldu (Schreiber i in., 1999). Stwierdzono, że lity stop uległ tam dyspersji w postaci kilkumilimetrowych kulistych ciał w obrębie dominującego stopu trachitowego. Dyfuzja jonowa spowodowała dodatkowe zróżnicowanie składu tych faz i temperatur ich krystalizacji. W związku z tym ich solidyfikacja rozpoczynała się w różnych momentach (gdy otaczający stop uległ już wykrystalizowaniu globuidy nadal pozostawały w fazie ciekłej). Zastyganie globuid prowadzić miało do znacznego zmniejszenia ich objętości i powstania napięć w zastygającej skale. Dodatkowe siły dezintegrujące skałę są generowane przez krystalizację analcymu i rekrytalizację szkliwa (www..., 2000). „Plamki” zgorzelowe są rezultatem zwietrzenia globuid w obecności wody meteorycznej (informacja uzyskana drogą korespondencyjną od J. Koppena).

Ostatnie opracowania dotyczące genezy zgorzeli bazaltowej znajdujemy w pracach Zagożdżona (2001) oraz Zagożdżona i Wojciechowskiej (2001), gdzie nawiązano do poglądów Ernsta i Drescher-Kadena (1940) oraz Ernsta (1960 a).

Pozostające do dziś rozbieżności w rozumieniu przyczyn zgorzeli słonecznej powodują konieczność krytycznego spojrzenia na prezentowane w literaturze hipotezy.

Marginalne znaczenie asymilacji ziaren kwarcu przy generacji zgorzeli (Schreiber, 1991) potwierdza sam autor tej koncepcji (informacja uzyskana drogą korespondencyjną). Wynika ono z rzadkiego kontaktowania bazaltoidów z piaskami lub słabo zwięzłymi piaskowcami kwarcowymi.

Poważne zarzuty można postawić hipotezie łączącej zgorzel słoneczną ze specyficznym mieszaniem magm. Utożsamianiu globuid (*sensu* Schreiber i in., 1999) z „plamkami” zgorzelowymi przeczą wyraźne różnice strukturalne i teksturalne. Globuidy wykazują struktury porfirowe do szklitych i tekstury bezładne lub słabo kierunkowe, podczas gdy otaczający je stop ma wyraźną strukturę trachitową (Schreiber i in., 1999). W skałach zgorzelowych z reguły nie obserwuje się żadnych różnic pomiędzy „plamkami” a strefami skały zdrowej (m. in. Vogelsang 1875 vide Pukall, 1939; Leppla, 1901; Nadybski, 1956; Śliwa, 1967; Skurzewski, 1973; Zagożdżon, 1998; por. też rozdz. 7.1). Hipotezy tej nie można całkowicie wykluczyć, gdyż „plamki” mogą ewentualnie powstawać z ekstremalnie zasymilowanych globuidów, dających się odróżnić od otaczającego stopu jedynie na podstawie wyższej koncentracji mikrolitów tlenków Fe i Ti (por. Schreiber i in., 1999). Niemniej wydaje się, że sugestia łączące powstawanie „plamek” z globuidami (www..., 2000)

rodziły się w dużej mierze w oparciu o podobieństwo ich rozmiarów i izometrycznych form, a nie na podstawie obserwacji rozwoju zjawisk zgorzelowych w skałach o teksturze globuidowej (Zagożdżon, 2001). Istotny argument wynika również z pewnych różnic kształtów globuid i „plamek”. Drugie z wymienionych struktur tylko sporadycznie są okrągłe lub zaokrąglone, a w większości przypadków mają zarysy wieloboczne, gwiazdowate lub nieregularne (por. rozdz. 6.1). Hipoteza ta nie tłumaczy również przemennego występowania zgorzeli słonecznej w obrębie słupów bazaltowych (por. rozdz. 6.2). Jeżeli strefy zgorzelowe uznać za porcje magmy zawierającej globule przemieszczone w obręb stopu izotropowego to granice takich stref powinny układać się prostopadłe do kierunku ciosu (zgodnie z kierunkiem przemieszczania się stopu) i być niezależne od granic słupów czy płyt bazaltowych. Przemieszczanie globuid w obrębie środowiska o tak wysokiej lepkości powinno też spowodować zmianę tych form z kulistych na wydłużone. „Plamki” mają tym czasem kształty izometryczne, bez względu na to czy ich granice są obłe czy nieregularne (por. Zagożdżon, 1998 a, 2001).

Nie znaleziono uzasadnienia również dla uznania minerałów ilastych za czynnik decydujący o powstawaniu zgorzeli słonecznej, tak jak chcą tego Kühnel i in. (1994) oraz Kühnel i Tshibangu Katshi (1997). Zdaniem wymienionych autorów wypełniają one drobne szczelinki kontrakcyjne, koniecznym wydaje się więc przede wszystkim wyjaśnienie dlaczego niektóre bazaltoidy krystalizują w zwyczajny sposób, podczas gdy w innych wytwarzają się tego rodzaju dysjunkcje. Minerały ilaste powstają w późniejszych etapach ewolucji skały (nie prędzej niż we wczesnym okresie postwulkanicznym – Kühnel i in., 1994), łączenie ich z genezą zgorzeli implikuje więc umiejscowienie tego procesu dopiero na etapie pomagmowym. Tymczasem zarówno kształt „plamek”, jak i formy stref zgorzelowych wydają się być wynikiem procesów zachodzących jeszcze w czasie gdy stop pozostawał przynajmniej w części płynny lub plastyczny (Zagożdżon, 1998 a, 2001). Problemem wydaje się też powszechne występowanie bazaltoidów zawierających znaczne ilości minerałów ilastych a nie wykazujących zmian zgorzelowych, jak też skał zgorzelowych nie zawierających śladów tych minerałów. Ich obecności nie stwierdzono w żadnej z próbek analizowanych metodą rentgenostrukturalną (Zagożdżon, 2001; Zagożdżon & Wojciechowska, 2001; por. też rozdz. 7.2). Minerały ilaste obniżają być może zwięźłość skały i ułatwiają jej dezintegrację, jednak przyczyna zgorzeli słonecznej pozostaje odmienna.

Najszerze potwierdzenie w wynikach badań bazaltoidów Polski południowo-zachodniej znajduje hipoteza Ernsta i Drescher-Kadena (1940). Analizy rentgenostrukturalne (Zagożdżon & Wojciechowska, 2001; por. rozdz. 7.2) jednoznacznie potwierdziły obecność analcymu wyłącznie w „plamkach” zgorzelowych oraz wykazały wyższą zawartość nefelinu w zdrowych fragmentach skał. Atutem tej hipotezy jest wyjaśnianie przynajmniej niektórych specyficznych sposobów występowania tego zjawiska, takich jak naprzemienne strefy zgorzelowe i zdrowe w słupach bazaltowych (por. rozdz. 6.2). Zewnętrzne partie słupów bazaltowych są zdaniem Ernsta (1960 a) łatwo odgazowywane i, ze względu na niedobór wody, brak tam analcymu. Tak więc nie są one narażone na rozwój zgorzeli. Postępowanie krystalizacji w głąb słupów powoduje stworzenie izolowanej przestrzeni, w której rośnie ciśnienie pary wodnej. Dzięki temu rozpoczyna się krystalizacja wspomnianego minerału, a w sprzyjających warunkach jego kryształki skupiają się w niewielkich, izometrycznych obszarach. Dalszy wzrost ciśnienia w centralnych partiach słupów bazaltowych wywołuje lawinową krystalizację analcymu, którego kryształki są rozmieszczone jednorodnie. Z tego powodu obszary te, mimo zawartości analcymu, nie ulegają zgorzeli. (por. Zagożdżon, 2001)

Analogicznie wyjaśniać można powstanie szliropodobnych stref drobnozgorzelowych występujących w obrębie skały zawierającej duże „plamki” zgorzelowe. Były by one rezultatem nierównomiernego odgazowywania skały i wynikających stąd różnic temperatury i ciśnienia w trakcie krystalizacji, a także fluktuacji tempa spadku wartości tych parametrów.

W strefach wolniejszego obniżania temperatury, gdzie lepkość stopu resztkowego była mniejsza, a ruchliwość duża jego różnicowanie i migracja poszczególnych składników ku pierwotnym zarodkom analcymu i strefom wzbogacanym w nefelin zachodzić mogła spokojniej. W wyniku powstawały by duże, rzadko rozmieszczone „plamki”. Szybsze obniżanie temperatury powodowało by natomiast nagłe tworzenie się wielu ośrodków krystalizacji i powstawanie zgorzeli drobnej. Z pomocą tej hipotezy trudno niestety wyjaśnić dlaczego, w niektórych sytuacjach, granice stref zgorzelowych są skośne lub prostopadłe do osi słupów bazaltowych. (Zagożdżon, 2001)

Przedstawione wyniki badań pozwalają stwierdzić, że powstawanie zgorzeli jest prawdopodobnie wynikiem nałożenia się procesów magmowych i wietrzeniowych, a niekiedy prawdopodobnie też pomagmowych (hydrotermalnych). Zjawisko to wiąże się przede wszystkim z obecnością analcymu występującego w izolowanych skupieniach. Przyczynę powstania zgorzeli bazaltowej należy więc umiejscowić w schyłkowym okresie etapu magmowego, choć przedział temperatur, w którym dochodzić może do krystalizacji analcymu jest prawdopodobnie większy niż podawany przez Ernsta (1960 a). W nowszych pracach (np. Gottardi & Galli, 1985) pole stabilności tego minerału mieści się bowiem w przedziale 400-600°C. Grupowanie się analcymu w sferoidalnych obszarach oraz transformacje analcymu i nefelinu prowadzą do powstania w skale naprężeń, te zaś powodują utworzenie się submikroskopowych spękań. Przyjmując powyższą interpretację tworzenia się skał zgorzelowych jasną barwę „plamek” uznać należy za rezultat koncentracji takich mikrospeknię, o obecności których informują Kühnel i in. (1994) oraz J. Koppen (informacje uzyskane drogą korespondencyjną).

Na etapie hydrotermalnym może dojść do wykryzalizowania minerałów ilastych (Kühnel i in., 1994; Kühnel & Tshibangu Katshi, 1997), których obecność w późniejszym czasie wzmaga dezintegrację skał. Przypuszczenia takiego nie można jednak udokumentować przeprowadzonymi pracami, prawdopodobnie w związku z wyselekcjonowaniem do badań próbek bazaltoidów nie wykazujących przejawów mineralizacji mogących zaciemniać obraz przebiegu procesu zgorzelowego.

Duże znaczenie wydają się mieć procesy egzogeniczne, takie jak wpływ czynników atmosferycznych, czy zmiany nasłonecznienia. Prawdopodobnie dopiero w ich rezultacie dochodzi do pełnego rozładowania wewnętrznych naprężeń skał zgorzelowych. Objawia się ono w pierwszym rzędzie przez ujawnienie sieci mikrospeknię w obrębie „plamek” zgorzelowych, dzięki czemu ciała te stają się widoczne lub znacznie zyskują na wyrazistości. Następnie tworzy się też sieć speknień włosowatych. Ich rozwój może być prawdopodobnie wspomagany naciskami tektonicznymi, odciążaniem skały w miarę erodowania nadkładu, czy odprężeniem następującym już po urobieniu kopaliny. Niewątpliwie w tym okresie tworzą się nieregularne spękania występujące niekiedy na powierzchniach słupów bazaltowych. Ich powstawanie wydaje się być wynikiem pęcznienia wnętrza bloków skalnych, a więc dopiero wtedy dochodzić musi do przemian pierwotnych składników skalnych w minerały o większych objętościach molekularnych.

Ostatnim czynnikiem niszczącym spójności skał zgorzelowych jest obecność flory mchów, porostów i traw, a nawet drzew zasiedlających wspomniane szczeliny występujące na powierzchniach bloków skalnych.

9. Przydatność produktów rozpadu zgorzelowego

Trzeciorzędowe bazaltoidy stanowią najważniejszą, pod względem ilości wydobycia, kopalinę dla budownictwa i drogownictwa w Polsce południowo-zachodniej. Niektóre z nich znajdują zastosowanie w hutnictwie skaliwnym do produkcji wełny mineralnej, a w

mniejszym zakresie – odlewów z leizny bazaltowej. Odpady powstałe w trakcie mechanicznej obróbki tych skał wykorzystywać można dla potrzeb rolnictwa jako mączki nawozowe. Z bazaltoidami są genetycznie związane szeroko rozprzestrzenione i znajdujące różnorodne zastosowanie zwietrzeliny ilaste.

Aktualnie bazaltoidy eksploatowane są w 16 kamieniołomach a wydobycie utrzymuje się na poziomie niemal 5,7 mln ton (Bilans gospodarki..., 2000; Bilans zasobów..., 2000). Jak stwierdzono (por. rozdz. 6) około 60 % analizowanych stanowisk badawczych wykazało obecność zgorzeli. Niekiedy notowano jedynie jej śladowe wystąpienia, w innych przypadkach udział skał zgorzelowych może się zwiększać do około 30 % zasobów stwarzając poważne problemy w trakcie prac górniczych. Na obszarze Polski skały zgorzelowe są powszechnie uważane za nieprzydatne do przemysłowego wykorzystania. W niektórych kamieniołomach przeznacza się je na odpad (np. Krzeniów), w innych omija podczas eksploatacji (np. Jawor-Męcinka, nieczynne wyrobisko Targowica – fot. 36). W świetle analizy literatury oraz informacji uzyskanych od zajmujących się problemami zgorzeli naukowców z Niemiec i Holandii zasadnym wydało się określenie kierunków potencjalnego wykorzystania surowca tego typu w krajowym przemyśle. Założono celowość badań nad produkcją ze skał zgorzelowych kruszyw drobnych frakcji i mączek bazaltowych, a także nad określeniem ich przydatności dla potrzeb przemysłu skalnego.

9.1 Kierunki wykorzystania bazaltów

9.1.1 Produkcja kruszyw

Trzeciorzędowe bazalty uważane są za najlepszy jakościowo surowiec wykorzystywany do produkcji kruszyw łamanych i granulowanych (m. in. Dziedzic, 1975; Bolewski & Parachoniak, 1982). Kruszywa bazaltowe znajdują zastosowanie głównie w drogownictwie i kolejnictwie, a o ich przydatności decydują przede wszystkim takie parametry jak wytrzymałość na ściskanie, ścieralność w bębnie Devala lub w bębnie Los Angeles, nasiąkliwość i współczynnik emulgacji (Dziedzic, 1975), a ponadto przyczepność do bituminu i mrozoodporność (Dziedzic, 1980). Kruszywa bazaltowe stosowane są także do wytwarzania betonów wysokich klas wykorzystywanych w budownictwie (Dziedzic, 1980).

9.1.2. Wytwarzanie mączek bazaltowych

W trakcie produkcji kruszyw, na poszczególnych etapach rozdrabniania i przesiewania, powstaje niejednokrotnie znaczna ilość frakcji drobno piaskowej i pyłowej. Niektóre zakłady produkcyjne wytwarzają z nich tzw. mączki bazaltowe, które posiadają zespół cech kwalifikujących je jako wysokiej jakości nawóz naturalny poprawiający zarówno granulometryczny, jak też mineralny i chemiczny skład gleb. Dodatkowo mączki działają stymulująco na rozwój flory bakteryjnej. Wyraźnie podkreślanymi zaletami takich nawozów są nietoksyczność oraz równomierne wzbogacanie gleb we wszystkie konieczne pierwiastki. Mączki mogą znajdować ponadto zastosowanie przy ochronie roślin oraz przetwarzaniu obornika i gnojowicy w gospodarstwach rolnych. (Mierzejewski, b.r.; Otylit..., b.r.). Produkty te od wielu lat są wykorzystywane w rolnictwie na terenie Europy Zachodniej (Aubert, 1972).

Wymagania wobec mączek koncentrują się przede wszystkim wokół ich składu chemicznego. Jednoznaczne określenie tych parametrów nie jest jednak łatwe w związku z brakiem precyzyjnych opracowań. Uważa się, że do tego celu nadają się wszystkie bazalty, można więc podać, za Dziedzicem (1993) i Mierzejewskim (b.r.) graniczne zawartości

poszczególnych tlenków i wybranych metali ciężkich (tab. 9.1, 9.2). Skład chemiczny mączki bazaltowej podany w materiałach reklamowych firmy Otylia (Otylit..., b.r.) (tab. 9.3) nie odbiega (z wyjątkiem CaO i Na₂O) od tych wartości.

Mierzejewski (b.r.) podał, że na terenie Francji stosuje się mączki bazaltowe o dwóch frakcjach: 1–80 µm oraz 80 µm–2 mm.

Mimo stosunkowo niewielkiego obecnie popytu wydaje się, że istnieją duże perspektywy wzrostu znaczenia tego produktu w kontekście zwiększonego zapotrzebowania na produkty tzw. „ekologicznego” rolnictwa i przyjazne środowisku metody pielęgnowania roślin.

Tab. 9.1. Graniczne zawartości poszczególnych tlenków w bazaltoidach Dolnego Śląska i Opolszczyzny.

Składniki	Zawartości graniczne wg różnych autorów [%]		
	wg Dziedzica, 1993	zestawione przez Mierzejewskiego, b.r. ¹	wg Mierzejewskiego, b.r. ²
SiO ₂	40,50–46,94	36,94–45,91	–
Al ₂ O ₃	11,02–14,61	10,55–14,88	–
TiO ₂	2,38–3,37	1,59–3,37	–
FeO	9,88–10,97	4,84–7,68	–
Fe ₂ O ₃	1,49–1,66	3,90–9,05	–
MnO	0,16–0,23	0,15–0,22	–
CaO	9,95–14,32	12,04–14,32	–
MgO	8,52–15,35	7,52–13,34	8,16–15,55
Na ₂ O	2,92–4,42	2,44–3,65	–
K ₂ O	0,37–1,16	0,53–1,08	–
P ₂ O ₅	0,49–1,31	0,76–1,18	–

¹ - pominięto analizy tufów, ² – pominięto analizy materiału odpadowego z hałd

Tab. 9.2. Zestawienie granicznych zawartości wybranych metali ciężkich w bazaltoidach Dolnego Śląska i Opolszczyzny.

Metale	Zawartości graniczne wg różnych autorów [ppm]	
	Dziedzic, 1993	Mierzejewski, b.r.
Ni	90–500	58–175
Co	40–65	41–46
Cr	100–500	–
V	170–340	–

Tab. 9.3. Skład chemiczny mączki bazaltowej oferowanej przez Przedsiębiorstwo Innowacyjne Otylia (Otylit, b.r.)

Tlenki	Zawartość [%]
SiO ₂	41,18
Al ₂ O ₃	13,87
TiO ₂	2,41
FeO	6,45
Fe ₂ O ₃	4,54
CaO	17,86
MgO	10,76
Na ₂ O	1,46
K ₂ O	0,66

9.1.3. Wykorzystanie bazaltów w hutnictwie skaliwnym

Bazalty pochodzące z niektórych wystąpień Dolnego Śląska znajdują zastosowanie w hutnictwie skaliwnym. Po stopieniu skały te wykorzystuje się dwukierunkowo. Jednym ze sposobów jest produkcja odlewów z leizny bazaltowej. Takie wykorzystanie przetopionych bazaltów wynika z ich bardzo wysokiej wytrzymałości mechanicznej, o której decyduje jednorodna drobno- i równokrystaliczna struktura (Stoch & Wyszomirski, 1969 a, 1976). Istotna jest również znacznie wyższa niż w skale wyjściowej wartość wytrzymałości na ściskanie oraz niska ścieralność (Stoch & Wyszomirski, 1969 b). Duże znaczenie ma także odporność na działanie substancji chemicznie aktywnych (alkalia, kwasy, ługi) (Kozłowski, 1986). Elementy wytwarzane z leizny bazaltowej znajdują zastosowanie przy transporcie piasków podsadzkowych w kopalniach podziemnych oraz w różnorodnych urządzeniach takich jak rynny zasypowe, pochylnie, czy młyny kulowe, gdzie wkładkami z leizny zastępuje się blachy stalowe. (Pentlakowa & Szarras, 1968)

Znaczne ilości bazaltów przetwarzane są za pomocą procesów termicznych na izolacyjną wełnę mineralną (Kozłowski, 1986). Wykorzystywana jest ona w stanie granulowanym (m. in. przy budowie przegród ognioodpornych, do izolacji pieców, do produkcji elementów dźwiękochłonnych lub jako podłoże upraw hydroponicznych) lub w postaci większych elementów (do ociepleń budynków mieszkalnych).

9.1.4. Zwiertzeliny bazaltowe

Duża ilość bazaltoidów Dolnego Śląska i Śląska Opolskiego uległa zwiertzeniu w wyniku czego powstały znacznych rozmiarów złoża zwiertzelin ilastych (Kozłowski & Parachoniak, 1960; Dyjor & Kościówko, 1986). Można je wykorzystywać jako surowce bentonitowe i haloizytowe. Po przeróbce chemicznej stanowią wysokiej jakości koagulanty, ziemie odbarwiające, adsorbenty, katalizatory czy sita molekularne (Dyjor & Kościówko, 1986). Na mniejszą skalę znajdują zastosowanie w odlewnictwie (Dyjor i in., 1991), przy izolacyjnym zabezpieczaniu wysypisk śmieci oraz w rekultywacji wysypisk i hałd (Dyjor & Kościówko, 1995).

Jak wykazano w rozdziałach 7 i 8 zgorzeli bazaltowej, mimo pojawiających się w literaturze sugestii, nie można uznać za wynik wietrzenia chemicznego. W związku z tym nie rozpatrywano możliwości jej wykorzystania analogicznych jak w przypadku zwiertzelin bazaltowych.

9.2. Perspektywy wykorzystania skał zgorzelowych

Wśród licznych przedwojennych prac niemieckojęzycznych rzadko natrafiamy na informacje dotyczące możliwości wykorzystania skał zgorzelowych. Niektórzy autorzy wspominali o obecności tego zjawiska w kostkach brukowych. W obserwowanym przez Nandelstäda (1910 vide Pukall, 1939) materiale przez trzy lata nie dało się zauważyć symptomów zgorzeli, po czym nagle się one pojawiły. Ernst i Drescher-Kaden (1940) stwierdzili, że w kostce brukowej wykonanej z zawierającego oliwin bazaltu skaleniowego dopiero po 70 latach od chwili zastosowania pojawiły się „plamki”, nie doszło jednak do rozpadu skały.

Rinne (1928) stwierdził, że bazalty zgorzelowe nie nadają się ani do wytwarzania kostek brukowych, ani do produkcji kruszyw. Natomiast Nandelstädt (1910 vide Pukall, 1939) polecał stosowanie materiału zgorzelowego w charakterze drobnych kruszyw. Również dzięki

Pukallowi (1939) dowiadujemy się, że w tamtym okresie skały zgorzelowe były z powodzeniem wykorzystywane jako kruszywa, szczególnie do budowy dróg smołowych (*Teerstraßen*).

Ernst (1960 a, b) przedstawił wyniki badań nad możliwościami wykorzystania do produkcji betonów drobnych kruszyw uzyskanych ze skał zgorzelowych. Autor ten wskazał na łatwość rozdrabniania skał zgorzelowych oraz korzystną, izometryczną formę uzyskiwanych ziaren. Badaniom poddano dwa zespoły próbek betonów wytworzonych z dodatkiem 55–62% materiału bazaltowego frakcji 5–8, 8–12 i 12–18 mm. Wykorzystano kruszywa uzyskane ze skał zgorzelowych i zdrowych. Wytrzymałość na ściskanie betonów wykonanych z użyciem kruszywa ze skał zgorzelowych była wyższa o 3,4 do 3,9 %, stwierdzono także, że kruszywo to wykazuje wyższą gęstość nasypową (Ernst, 1960 b).

W literaturze polskiej skały zgorzelowe są powszechnie uznawane za nie nadające się do wykorzystania przemysłowego, co szczegółowo przedstawił Zagożdżon (2000). Określa się je jako bezwartościowe z technologicznego punktu widzenia (Skurzewski, 1973; Rutnik, 1974; Majkowska, 1984; Krzyśków, 1986; Dziedzic & Przysług, 1997) lub podkreśla znaczące obniżenie parametrów (Maślankiewicz, 1961; Dziedzic, 1980; Majkowska, 1983). Sporadycznie pojawiają się informacje o uznaniu skał zgorzelowych za surowiec o wysokiej jakości (Chruszcz, 1972; Nasz & Marcinkowska, 1977). Bazaltoidy takie traktowane są jako nieprzydatne dla przemysłu skalnego w ogóle (m. in. Pentlakowa & Szarras, 1968), zaś Majkowska (1982 b) stwierdziła, że nie nadają się one do produkcji wełny mineralnej. Nie natrafiono jednak w literaturze na wyniki jakichkolwiek petrograficznych analiz skał tego typu. Nie można więc wykluczyć, iż powodem negatywnej ich oceny może być przecenienie roli cech strukturalnych i teksturalnych. Te jednak ulegają całkowitej przemianie w wyniku przetopienia i wtórnej krystalizacji skały.

Wydaje się jednak, że w krajach zachodnich sytuacja wygląda odmiennie. Od prof. U. Schreibera uzyskano informację, że niektóre skały zgorzelowe są obecnie na terenie Niemiec wykorzystywane do produkcji kruszyw. Zdaniem dr R. Kühnela skały zgorzelowe są też uznawane za nadające się do wykorzystania przez przemysł skalny (informacja uzyskana drogą korespondencyjną).

9.3. Wyniki badań

W pracach terenowych trzykrotnie natknięto się na budowle wykonane z użyciem bloków bazaltów zgorzelowych. Nieliczne takie fragmenty występowały w murze okalającym teren kościoła w Niedowie (rozdz. 5, stanowisko 49). Również mur okalający zabytkowy park w Jerzmankach zawierał bloki zgorzelowe (fot. 44), ich udział był tam jednak znacznie większy i sięgał 15–20 %. W tym przypadku można też oszacować trwałość konstrukcji, gdyż powstała ona zapewne około roku 1908 (patrz: stanowisko 25). Około 75 % kamienia wykazującego znamiona zgorzeli stwierdzono w ścianach budynku gospodarczego w Łękocinie koło Zgorzelca (stanowisko 43; fot. 45). Wydaje się, że ten obiekt jest nieco młodszy, niewątpliwie powstał jednak przed II wojną światową, a jego stan jest bardzo dobry.

Należy jednak wyraźnie stwierdzić, że skały zgorzelowe, mimo obserwowanego niekiedy w terenie długotrwałego zachowywania formy przez elementy kamienne oraz uzyskanych, wysokich parametrów fizyko-mechanicznych skał słabo zgorzelowych (por. rozdz. 7) nie mogą być materiałem zalecanym do wykorzystania w postaci bloków lub elementów formowanych. Na przeszkodzie staje tu szybki rozwój procesu rozpadu. Istnieją natomiast silne argumenty za innymi kierunkami wykorzystania skał zgorzelowych.

Obecnie w krajowych kamieniołomach skały zgorzelowe omija się w trakcie eksploatacji (np. Jawor-Męcinka, Winna Góra) albo zwałuje na hałdach jako odpad (Krzeniów). W kamieniołomie Józef wytwarzane są mieszanki ze skał uważanych przez pracowników za zgorzelowe. Obserwacje własne pozwalają jednak stwierdzić, że wykazują one przede wszystkim obecność zjawisk mylonowych ze zgorzelą. Skały zgorzelowe z Lutyni, w postaci nie sortowanej mieszanki, wykorzystywane były interwencyjnie podczas powodzi w 1997 roku. Posłużyły one m. in. do rekonstrukcji niektórych odcinków wału przeciwpowodziowego w Trzebieszowicach koło Łądką Zdroju. Do chwili obecnej nie stwierdzono by zastosowanie takiego budulca wpłynęło negatywnie na stan obiektu.

9.3.1. Kruszywa uzyskane ze skał zgorzelowych

Analiza wyników badań przedstawionych w rozdz. 7.5.3 pozwala uznać za celowe wykorzystanie jedynie skał grubozgorzelowych (o znacznych średnicach „plamek” oraz zdrowych gruzłów). Przedział frakcji wytwarzanych kruszyw mieścić się powinien w granicach około 6–20 mm, co gwarantuje uzyskanie produktu o wysokich parametrach (tab. 7.34) w ilości rzędu 50 % masy przetwarzanej kopaliny (tab. 7.33, ryc. 7.8, 7.9). Uwagę zwracają zarówno wysokie wartości jego odporności na ścieranie oraz mrozoodporności, jak też regularne, izometryczne kształty ziaren kruszywa. Biorąc pod uwagę opinie Ernsta (1960 b) będą one mogły być wykorzystywane jako wysokiej jakości kruszywa granulowane. Produkt cechować powinna niska cena, w związku z pozyskiwaniem go z kopaliny stanowiącej obecnie odpad oraz brakiem konieczności wykorzystania granulatorów.

Drobniejsze frakcje, zarówno w kruszywach uzyskanych ze skał grubo-, jak i drobnozgorzelowych, wykazują gorsze parametry (tab. 7.34). Ich przetwarzanie wydaje się bezcelowe ze względu na rosnący udział frakcji odpadowych. Część drobnego materiału pozyskiwanego ze skał grubozgorzelowych może znaleźć zastosowanie jako piaski łamane, lub służyć jako mączki bazaltowe.

9.3.2. Mączki bazaltowe

Biorąc pod uwagę informację podaną przez Mierzejewskiego (b.r.) jako mączki bazaltowe wykorzystywać można powstające podczas kruszenia skał zgorzelowych odpady o frakcji 0–2 mm. Ich procentowy udział oszacować można na około 24 % masy pozyskiwanych produktów (tab. 7.33). Nie wykluczone jednak, że ze względu na łatwiejszą rozkładalność substancji zgorzelowej omawianej utylizacji podlegać będzie również materiał nieco grubszy. Przy wykorzystaniu odpadu o frakcji 0–4 mm jego procentowy udział wzrośnie do około 35 % (tab. 7.33).

Za najistotniejszą w przypadku mączek bazaltowych uznać należy zawartość makro- (K, P) i mikroelementów (Ca, Mg) oraz ograniczony udział metali ciężkich, spośród których przeanalizowano Ni, Co, Cr i V. Porównanie granicznych zawartości tych składników przedstawiono w tabelach 9.4 i 9.5. Stwierdzono, że (przedstawiona w postaci tlenkowej) zawartości wymienionych pierwiastków biofilnych w skałach zgorzelowych nie odbiega znacząco od wyników analiz skał zdrowych (tab. 9.4). Nieco niższy udział niektórych z tych składników będzie kompensowany łatwiejszą ich przyswajalnością wywołaną znacznie niższą związłością substancji zgorzelowej oraz jej podatnością na rozkład w wyniku oddziaływania czynników atmosferycznych.

Zawartość większości metali ciężkich mieści się w granicach wyznaczonych dla skał zdrowych. Wyjątkiem jest jedynie wanad, którego koncentracja jest niekiedy nawet

trzykrotnie większa niż w przypadku wyników znanych z literatury. Podobnie wysokie zawartości tego pierwiastka stwierdzono jednak również w analizowanych skałach zdrowych. Tak więc są one raczej charakterystyczne dla badanych wystąpień bazaltoidowych, a nie wynikają z obecności zgorzeli słonecznej.

Tab. 9.4. Porównanie zawartości tlenków K, P, Ca i Mg w skałach zdrowych i zgorzelowych na podstawie literatury i wykonanych badań

Tlenki	Zawartość tlenków [%]		
	podawana w literaturze (tab. 9.1)	w skałach zdrowych (tab. 7.16–7.20)	w skałach silnie zgorzelowych ¹ (tab. 7.16–7.20)
K ₂ O	0,37 – 1,16	0,74 – 1,43	0,78 – 1,49
P ₂ O ₅	0,49 – 1,31	0,32 – 0,92	0,32 – 0,95
CaO	9,95 – 14,32	9,83 – 11,22	9,07 – 11,37
MgO	8,16 – 15,55	7,57 – 11,62	6,57 – 11,57

¹ – uwzględniono jedynie całościowe analizy skał zgorzelowych

Tab. 9.5. Porównanie zawartości wybranych metali w skałach zdrowych i zgorzelowych na podstawie literatury i wykonanych badań

Metale	Zawartość metali [ppm]		
	podawana w literaturze (tab. 9.2)	w skałach zdrowych (tab. 7.25 a-d)	w skałach silnie zgorzelowych ¹ (tab. 7.25 a-d)
Ni	58 – 500	115 – 250	85 – 280
Co	40 – 65	45	40 – 45
Cr	100 – 500	125 – 430	85 – 420
V	170 – 340	350 – 920	320 – 1000

¹ – uwzględniono jedynie całościowe analizy skał zgorzelowych

9.3.3. Przydatność skał zgorzelowych do produkcji leizny bazaltowej

Próbné topienie próbek bazaltów zgorzelowych przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych (por. rozdz. 7.6) wykazało, że tego rodzaju surowiec ulega pełnemu przetopieniu i izotropizacji obserwowanej zarówno makro-, jak i mikroskopowo (fot. 43, 53, 54). Materiał, z wyjątkiem wąskich stref przypowierzchniowych wykazuje teksturę masywną co sugeruje jego wysokie parametry fizyko-mechaniczne. Dla jednoznacznego określenia jego właściwości konieczne jest jednak przeprowadzenie szczegółowych badań.

Ten kierunek wykorzystania skał zgorzelowych uznać należy za najbardziej problematyczny przede wszystkim ze względu na procentowo niewielki udział skał zgorzelowych nadających się (na podstawie analizy składu chemicznego) do przetopienia. Ponadto, biorąc pod uwagę wielkość okruchów powstających podczas rozdrabniania skał silnie zgorzelowych i wymagania producentów co do średnic ziaren wkładu piecowego należy stwierdzić, że wykorzystywane mogły by być jedynie skały słabo zgorzelowe.

10. Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na przedstawienie wniosków dotyczących wykształcenia skał zgorzelowych, przydatności poszczególnych metod badawczych do ich identyfikacji oraz możliwości utylizacji produktów tego rozpadu.

W związku z licznymi rozbieżnościami dotyczącymi nazewnictwa zjawisk i procesów związanych ze zgorzelą bazaltową dokonano próby ich systematyzacji. Termin „zgorzel słoneczna (bazaltowa)” odniesiono do procesu powodującego powstanie w obrębie skał sferoidalnych jasnych odbarwień („plamek”), a następnie sieci nieregularnych spękań (spękań lub szczelin włośowatych) powodujących ostatecznie rozpad skał na luźny materiał różnych frakcji. Bazaltoidy ulegające takiemu rozpadowi określono jako zgorzelowe. Odrzucono ścisłe łączenie ze zgorzelą bazaltową terminów „bazalt kokkolitowy” i „rozpad kokkolitowy”. Bardziej uzasadnione wydaje się uznanie ich za określenia nie genetyczne i stosowanie w odniesieniu do wszystkich bazaltoidów rozpadających się na drobne ziarna. Uzasadnione może być stosowanie terminu „zgorzel uśpiona” dla określenia skał wykazujących obecność „plamek” ale nie ulegających dezintegracji. Za zjawiska „pseudozgorzelowe” uznano jasne odbarwienia występujące na powierzchniach niektórych bazaltoidów.

Za najbardziej prawdopodobną i zgodną z wynikami przeprowadzonych obserwacji uznano hipotezę powstawania zgorzeli słonecznej wysuniętą przez Ernsta i Drescher-Kadena (1940). Omawiane zjawisko jest prawdopodobnie rezultatem selektywnej krystalizacji analcytu i nefelinu ze stopu reszkowego pod koniec solidyfikacji bazaltu. Powstające już w tym czasie wewnętrzne naprężenia w skale powodują później (na etapie wietrzeniowym) pojawienie się „plamek” oraz wykształcenie sieci spękań włośowatych.

Zastosowane metody badawcze wykazały bardzo różną przydatność przy identyfikacji i charakterystyce skał zgorzelowych. Jednoznaczne wyniki uzyskano dzięki metodzie rentgenostrukturalnej. Uzasadnione jest też określanie podatności bazaltoidów na rozpad zgorzelowy za pomocą długotrwałego gotowania w wodzie destylowanej. Pozytywne wyniki otrzymano w wyniku analizy parametrów fizyko-mechanicznych kruszyw uzyskanych ze skał zgorzelowych. Obserwacje mikroskopowe oraz badania zmienności składu chemicznego nie przyniosły pożądanych rezultatów. Dużą ostrożność należy wykazywać przy próbach określania wpływu zgorzeli na skały na podstawie wyników badań właściwości fizyko-mechanicznych próbek kawałkowych.

W związku z odnotowaniem zgorzeli słonecznej w około 60% badanych stanowisk należy uznać ją za zjawisko występujące powszechnie. Bardzo zmienny jest udział skał zgorzelowych w poszczególnych stanowiskach. Niektóre z punktów badawczych wykazują obecność śladów tego procesu, w innych ilość skał zgorzelowych może sięgać 30% objętości kopaliny. Rozmiary stref zgorzelowych wahają się pomiędzy kilkoma a około 200 metrami. Ich formy wykazywały znaczną zmienność: od gniazdowych i kominowych do wydłużonych, soczewowych, a prawdopodobnie nawet pseudopokładowych.

Nie stwierdzono zależności występowania skał zgorzelowych od formy ciał bazaltowych. Obecności tego zjawiska nie można też wiązać wyłącznie ze strefami przypowierzchniowymi. Również przestrzenna korelacja ze strefami tufowymi nie okazała się regułą. Przy obecnym stanie rozpoznania problemu zagadnienie położenia stref zgorzelowych rozpatrywać więc należy niezależnie dla poszczególnych wystąpień bazaltoidowych czy kamieniołomów.

Przeprowadzone badania wskazują, że niektóre ze skał zgorzelowych mogą stanowić surowiec do produkcji kruszyw, maczek nawozowych, a być może również leizny bazaltowej.

Wysokie wyniki analiz właściwości fizyko-mechanicznych wspomnianych kruszyw pozwalają na zakwalifikowanie ich do pierwszej klasy kruszyw przeznaczonych dla drogownictwa. Już w trakcie wstępnej obróbki ziarna uzyskują izometryczny kształt typowy dla kruszyw granulowanych. Możliwe wydaje się więc wytwarzanie materiału tego rodzaju przy dużych oszczędnościach czasu i energii.

Znaczne ilości odpadów powstających podczas rozdrabniania skał zgorzelowych mogą znaleźć zastosowanie jako mączki nawozowe. Skład chemiczny tych bazaltów nie odbiega znacząco od składu skał zdrowych, a ich dodatkowym atutem jest wyższa podatność na oddziaływanie czynników atmosferycznych, a przez to szybsze uwalnianie zawartych w nich składników mineralnych.

Wykorzystanie skał zgorzelowych do produkcji leizny bazaltowej pozostaje problemem otwartym i wymaga dalszych badań właściwości fizyko-mechanicznych uzyskiwanego produktu.

11. Literatura

- Antos H., Nowak F., 1973 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Księginki”. Przeds. Rob. Przyg. i Bud.-Mont. Kam. Drog. Kraków.
- Aubert C., 1972 – L'agriculture biologique. Une agriculture pour la santé et l'épanouissement de l'homme. Le Courrier du Livre. Paris.
- August Cz., Awdankiewicz M. & Wojewoda J., 1995 – Trzeciorzędowe bazaltoidy, wulkanoklastyki i serie osadowe wschodniej części bloku przedsudeckiego. [W:] Geologia i ochrona środowiska bloku przedsudeckiego. Przewodnik LXVI Zjazdu PTG. Wrocław.
- Balawejder J., 1983 – Dodatek nr 1 do karty rejestracyjnej nr 2 złoża bazaltu „Żółkiewka”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Balawejder J., 1985a – Dodatek nr 1 do uproszczonej dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Żółkiewka”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Balawejder J., 1985b – Dodatek do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu Pielgrzymka w kat. B. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Batko P., Lewicki J., Morawa R., Ślęzak J., 1993 – Górnicze Materiały Wybuchowe (GMW). Centrum Podst. Probl. Gosp. Sur. Min. i En. PAN. Kraków.
- Berezowska B., 1968 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Pieńsk. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1958a – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Siekierczyn. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1958b – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Zgorzelec. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1962a – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Ręczyn. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1962b – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Zalipie. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1962c – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Zawidów. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1965a – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Ręczyn. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1965b – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Zawidów. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1968 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Zgorzelec. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1980 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Tyniec Legnicki. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowska B., Berezowski Z., 1981 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Tyniec Legnicki. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowski Z., 1956 - Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Lubań Śląski. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowski Z., 1965 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Zalipie. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowski Z., 1971 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Bogatynia. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Berezowski Z., 1973 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Bogatynia. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Białowolska A., 1980 – Geochemiczna charakterystyka niektórych bazaltoidów Dolnego Śląska i ich ultramafitowych enklaw. Arch. Miner. t. XXXVI, z. 2.
- Białowolska A., 1993 – Enklawy w bazaltoidach wzgórz Łysanka i Trupień (Dolny Śląsk). Arch. Miner. t. XLIX, z. 2.
- Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i Świata 1994–1998, pr. zbior. pod red. A. Bolewskiego, R. Neya i T. Smakowskiego. Pols. Akad. Nauk, Inst. Gosp. Sur. Min. i Energią. Kraków, 2000.
- Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31.XII.1999 r., pr. zbior. pod red. S. Przeniosło. Państw. Inst. Geol. Warszawa, 2000.
- Birkenmajer K., 1967 – Bazalty dolnośląskie jako zabytki przyrody nieożywionej. Ochrona Przyrody. Rocz. Ochr. Przyr., 32.
- Birkenmajer K., 1974 – Trzeciorzędowa formacja bazaltowa okolic Opola. [W:] Rutkowski J. (red.), Przewodnik XLVI Zjazdu PTG (Opole 12-14 września 1974), Wyd. Geol. Warszawa.

- Birkenmajer K., Jeleńska M., Kądziołko-Hofmokr M., Kruczyk J., 1977 – Age of deep-seated fracture zones in Lower Silesia (Poland), based on K-Ar and paleomagnetic dating of tertiary basalts. *Rocznik PTG* t. XLVII – 4.
- Birkenmajer K., Jerzmański J. & Nairn A.E.M., 1970 - Paleomagnetic Studies of Polish Rocks. IV Cenozoic Basalts of Lower Silesia. *Rocz. PTG*, 40, 1.
- Blanck E., Alten F., 1926 – Ein Beitrag zur Erscheinung des Sonnenbrenners im Basalt. *Chemie der Erde* 2 (vide Pukall, 1939 i Stützel, 1934).
- Bolewski A. (red.), 1994 – Encyklopedia Surowców Mineralnych Ś-Z. Wyd. CPPGSMiE, Kraków.
- Bolewski A. & Parachoniak W., 1982 – Petrografia. Wyd. Geol. Warszawa.
- Borek Z., 1977 - Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Jawor-Męcinka” w kat. B+C₂. *Komb.Geol.* „Zachód” we Wrocławiu.
- Borek Z., Kwapiński L., 1974a – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Kłopotno” w kat. C₁ z określeniem jakości kopaliny w kat. B. *Przeds. Geol. we Wrocławiu*.
- Borek Z., Kwapiński L., 1974b – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Sichów” w kat. C₂. *Przeds. Geol. we Wrocławiu*.
- Borek Z., Kwapiński L., 1974c - Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Sulików” w kat. B+C₁. *Przeds. Geol. we Wrocławiu*.
- Bořický E., 1873 – Petrographische Studien an der Basaltgesteine Böhmens. *Archiv. d. naturwiss. Landesdurchforschung Böhmens*, 11 (vide Pukall, 1939).
- Cajz V., 1991 – K problemu „sonnenbrandu”. *Zpr. geol. Výzk. v roce 1991*. Praha.
- Chelius, 1905 – Geologischer Führer durch den Vogelsberg. Gießen (vide Pukall, 1939).
- Chruszcz M., 1972 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Kłopotno” w kat. C₂. *Przeds. Geol. we Wrocławiu*.
- Cuper H.J., Rijnsburger H.A., 1990 – Untersuchung von Sonnenbrand bei Basalt. Report MAO-R-90008. Ministry of Transport, The Netherlands (vide Kühnel i in., 1994).
- Cwojdzński S., 1977 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Trzebieszowice. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Cwojdzński S., 1979 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Trzebieszowice. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Cwojdzński S., Walczak-Augustyniak M., 1983 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Niemcza. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Cwojdzński S., Walczak-Augustyniak M., 1986 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Niemcza. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Diehl O., 1928 – Über hessische Basalte. *Die Stein-Industrie* 23 (streszcz. w *neues Jahrb. für Min., Geol. und Paläont.*, Jahrg. 1929).
- Domański W., 1970 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Wojciechów” w kat. C₂ z określeniem jakości kopaliny w kat. B. *Przeds. Geol. we Wrocławiu*.
- Dressel S.J., 1866 – Die Basaltbildung. Haarlem (vide Pukall, 1939).
- Drozdowski S., 1972 – Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych za bazaltem w rejonie „Jerzmanki”. *Przeds. Geol. we Wrocławiu*.
- Drozdowski S., Miszewski K., 1969a – Orzeczenie geologiczne z badań geologiczno-poszukiwawczych bazaltu w rejonie Żelazowa. *Przeds. Geol. we Wrocławiu*.
- Drozdowski S., Miszewski K., 1969b – Uproszczona dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Uniegoszcz”. *Przeds. Geol. we Wrocławiu*.
- Dyjur S., Gonciarz A., Grodzicki A., Kościówko H., Sadowska A. & Szynkiewicz A., 1995 – Formacja trzeciorzędowa i związane z nią surowce mineralne zachodniej części bloku przedsudeckiego. [W:] *Geologia i ochrona środowiska bloku przedsudeckiego*. Przew. do LXVI Zjazdu Pol. Tow. Geol. Wrocław.
- Dyjur S., Kościówko H., 1986. Rozwój wulkanizmu i zwietrzelin bazaltowych Dolnego Śląska. *Arch. Miner.*, 41 (1).
- Dyjur S., Kościówko H., 1995. Dodatek Nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Jawor-Męcinka” obejmujący dokumentację zwietrzliny bentonitowej jako kopaliny towarzyszącej w kat. C₁+C₂ w Męcince. *Mat. Arch. PIG. Wrocław. CAG Warszawa, Wrocław*.
- Dyjur S., Kościówko S. & Sikora W.S., 1991. Zwietrzeliny bazaltowe Dolnego Śląska, sytuacja geologiczna i charakterystyka mineralogiczna. [W:] Żabiński, W. (red.) *Sorbenty mineralne Polski*, Wyd. AGH, Kraków.
- Dziedzic K., 1975 – Ocena konkurencji jakościowej kamienia na przykładzie wybranych złóż dolnośląskich wulkanitów. *Kwart. Geol.*, t. 19, nr 1.
- Dziedzic K. (red.), 1980 – Surowcowe i genetyczne aspekty wulkanitów dolnośląskich. [W:] *Gospodarka surowcami skał litych na Dolnym Śląsku*. Pols. Akad. Nauk oddz. we Wrocławiu, Komisja Nauk o Ziemi.
- Dziedzic K., 1993 – Genesis and differentiation of the neogene basaltoid magmas in the Sudetes, SW Poland. *N. Jb. Geol. Paläont. H.* 1, 1–15.

- Dziedzic M., 1974 - Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu w kat. C₁ „Janowiczki”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Dziedzic M., 1988 – Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Wilcza Góra” w kat. B+C₂. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Ernst Th., 1960a – Probleme des „Sonnenbrandes” basaltischer Gesteine. Z. Deutsch. Geol. Ges., 112.
- Ernst Th., 1960b – Sonnenbrandmaterial in Beton ? Steinbruch u. Sandgrube, Jahrg. 53, H. 1.
- Ernst Th., Drescher-Kaden F.K., 1940 – Über den „Sonnenbrand” der Basalte. Zs. angew. Min. 3. H. 2.
- Faujas de St. Fond B., 1786 – Mineralogie der Vulkane. Leipzig (vide Pukall, 1939).
- Filon Dż., 1978 – Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltów „Targowica” w kat. B+C₁. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Filon Dż., 1981 – Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Wilcza Góra” w kat. B+C₁+C₂. Komb. Geol. „Zachód”, Zakł. Proj. i Dok. Geol.
- Filon Dż., 1986 – Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Józef” w kat. B. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Frąckiewicz W., 1955 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Świerzawa. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Frydrychowicz M., Frydrychowicz E., 1957 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Pieńsk. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Gancarz A., 1982 – Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej w kat. C₂+C₁+B złoża bazaltu „Gronowskie Wzgórza”. Komb. Geol. „Zachód” we Wrocławiu.
- Gawroński O., 1966 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Żarek. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Gawroński O., 1968 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Żarek. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Gierwielaniec, 1968 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Łądek Zdrój. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Gierwielaniec J., 1971 - Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Łądek Zdrój. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Glapa W., Kominowski K., 1997 – Uproszczony projekt zagospodarowania złoża bazaltu Janowiczki. Arch. Kop. Baz. Janowiczki Sp. z o.o.
- Gottardi G., Galli E., 1985 – Natural Zeolites. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Grocholski A., Jerzmański J. 1975 – Zabytki paleowulkanizmu na Dolnym Śląsku w świetle ochrony przyrody. Ochr. Przyr. R. 40.
- Gruszecki J., 1996 – Dokumentacja geologiczna w kategorii C₁ i C₂ złoża bazaltu Kosiska-Janowice. Przeds. Geol. we Wrocławiu „PROXIMA” S.A.
- Hejtman B., 1957 – Systematická petrografie vyvřelých hornin. Československa Akademie Véd. Praha.
- Henglein M., 1939 – Die Basaltverwitterung und das Sonnenbrennerproblem. Steinind. und Strassenbau 24, H. 6.
- Herman J., 1970 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu Krzeniów w kat. A+B+C₁. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Herman J., 1971 – Sprawozdanie z prac geologiczno-rozpoznawczych na złożu bazaltu „Leśna”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Herman J., 1973a – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu w kat. C₁+C₂ „Owczarek”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Herman J., 1973b – Sprawozdanie z prac geologiczno-rozpoznawczych na wystąpieniach bazaltu w rejonie Leśna-Grabiszycze. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Hibsch J. E., 1920 – Über den Sonnenbrand der Gesteine. Zeitschr. für prakt. Geol. Jahrg. 28. Heft 5.
- Hibsch J. E., 1938 – Über den Sonnenbrand der Gesteine. Zeitschr. der Deutschen Geolog. Ges., Band 90.
- Holler K., 1930 – Zeolith in Eruptivgestein. Zeitschr. für prakt. Geol. 38, H. 2.
- Hoppe W., 1930 – Die technische Untersuchung und Verwendbarkeit von Basalten der Rhön und Diabasen der Ostthüringer Schiefergebirges. Stein-Ind. 25 (streszcz. w Neues Jahrb. für Min., Geol. und Paläont., Jahrg. 1930).
- Hoppe W., 1936 – Wesen und Erscheinung des Sonnenbrandes an Basalten. Steinind. und Strassenbau 31. H. 9.
- Hoppe W., Kellermann H., 1928 – Zur Kenntnis und künstlichen Erzeugung des Sonnenbrandes an Basalten. Zeitschr. f. prakt. Geol. 36. H. 2.
- Hubicka-Ptaszyńska M., 1974 – Tlenkowe minerały żelaza i tytanu w niektórych skałach bazaltowej formacji wulkanicznej Dolnego Śląska. Pr. Min. 38.
- Jakubowska I., Stefanicka M., Owsiany B., 1987 – Dodatek Nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Sulików” w kat. B+C₁. Spółdz. Pracy Usług Wielobranż. „GEOINBUD” we Wrocławiu.

- Janik E., Szapliński A., 1973 – Sprawozdanie z prac geologiczno – poszukiwawczych za złożem bazaltu rejon „Radzimów”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Jerzmański J., 1955a – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Chelmiec. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Jerzmański J., 1955b – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Złotoryja. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Jerzmański J., 1956 – Bazalty okolic Jawora na Dolnym Śląsku. Biul I.G. 106.
- Jerzmański J., 1969 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Chelmiec. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Jerzmański J., Kural S., 1956 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Jawor. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Jerzmański J., Walczak-Augustyniak M., 1993 – Szczegółowa mapa Sudetów 1:25000. Arkusz Krotoszyce. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Jerzmański J., Walczak-Augustyniak M., 1994 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Arkusz Krotoszyce. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Keferstein ?, 1820 – Geognostische Bemerkungen über die basaltischen Gebilde des Westlichen Deutschlands. Halle (vide Pukall, 1939).
- Klemm G., 1902 – Die beim Bau der Bahnlinie Laubach-Mücke in Oberhessen entstandenen Aufschlüsse. Notizbl. des Vereins für Erdkunde. Darmstadt. Folge 4, Heft 23 (streszcz. w Neues Jahrb. für Miner., Geol. und Paläont., Jahrg. 1904).
- Kochanowska J., 1995 – Dokumentacja geologiczna wyników prac poszukiwawczych złoża bazaltu „Leśna-Brzozy”. Przeds. Geol. we Wrocławiu PROXIMA S.A.
- Kochanowska J., 1998 – Projekt prac geologiczno-rozpoznawczych w kat. C₁ na złożu bazaltu „Uniegoszcz I”. Przed. Geol. we Wrocławiu.
- Kochanowska J., Żygadło G., 1984 – Dokumentacja geologiczna w kat. C₁ z określeniem jakości kopaliny w kat. B+kat. C₂ złoża bazaltu „Góra Trupień”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Kozłowska-Koch M., 1987 – Klasyfikacja i nomenklatura trzeciorzędowych wulkanitów Dolnego Śląska i Śląska Opolskiego. Arch. Miner. t. XLII, z. 1.
- Kozłowski S. (red.), 1979 – Surowce mineralne Województwa Opolskiego. Wyd. Geol. Warszawa.
- Kozłowski S., 1986 – Surowce skalne Polski. Wyd. Geol. Warszawa.
- Kozłowski S., Parachoniak W., 1960 – Produkty wietrzenia bazaltów w rejonie Lubania na Dolnym Śląsku. Acta Geol. Pol. vol. X, nr 3.
- Kozłowski S., Skiba-Wyderko M., 1966 – Wstępne badania fonolitów z Opolna Zdroju na Dolnym Śląsku. Z badań złóż surowców skalnych w Polsce. T. I. Inst. Geol. Warszawa (vide Berezowski, 1973).
- Król J., Dziedzic M., 1984 – Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej w kat. C₁+C₂ złoża bazaltu „Winna Góra”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie mrozoodporności metodą bezpośrednią. PN-78/B-06714/19; PKNiM, 1978.
- Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie rozpadu krzemianowego PN-80/B-06714.37. PKNMiJ. 1980.
- Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie składu petrograficznego. PN/87/B-06714.11. PKNMiJ. 1987.
- Kruszywo budowlane i drogowe. Badania techniczne. Żużel wielkopienny kawałkowy. PN-63/B-06731. 1963 (vide Stypułkowski & Majerowicz, 1994).
- Kruszywo kamienne łamane do nawierzchni drogowych. BN-84/6774-02 (vide Gruszecki, 1996).
- Krzyśków M., 1984 – Karta rejestracyjna złoża bazaltu „Jałowiec”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Krzyśków M., 1985 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Uniegoszcz” w kat. C₁+C₂. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Krzyśków M., 1986 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Krzeniów” w kat. C₁+C₂. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Kural S., 1980 - Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Strzegom. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Kural S., 1982 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Strzegom. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Kural S., Jerzmański J., 1974 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów. Ark. Jawor 1:25000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Kuralowa K., 1979 – Opis 17 płytek cienkich do tematu: Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów w skali 1:25000 arkusz Tyniec Legnicki. Pkt. Pl. 156.07-22. Arch. Geol. Inst. Geol. Wrocław (vide Berezowska & Berezowski, 1981).
- Kühnel R.A., Van der Gaast S.J., Brych J., Laan G.J., Kulnig H., 1994 – The role of clay minerals in durability of rocks: observations on basaltic rocks. Applied Clay Science 9.

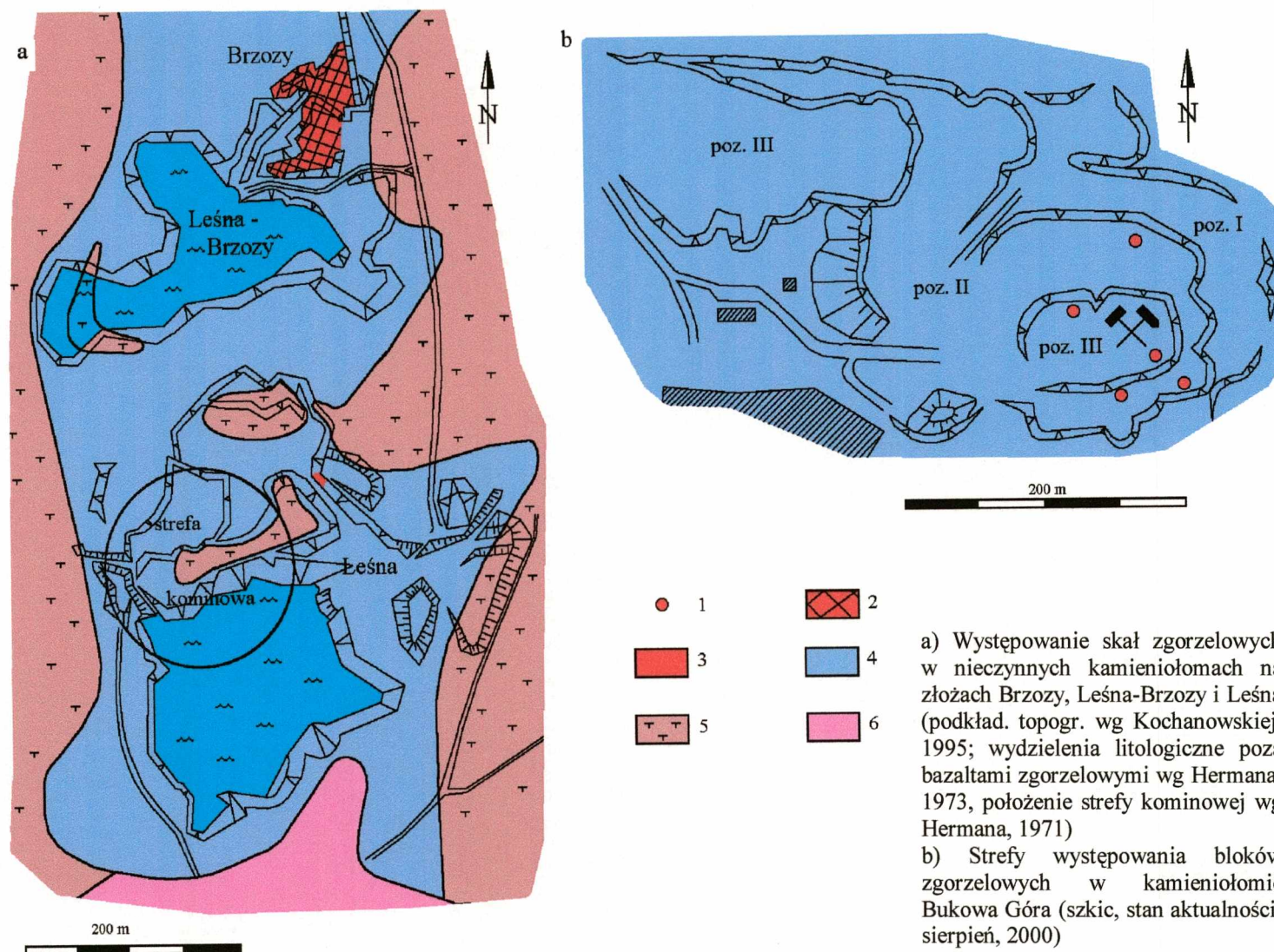
- Kühnel R.A., Tshibangu Katshi J.-P., 1997 – Causes of basalt degrading: methods of prediction of basalt durability. Proceedings of the Sixth Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials. Reykjavik.
- Laan G.J., 1985 – De betekenis van het verschijnsel zonnebrand voor de kwaliteit van basalt, toegepast in waterbouwkundige constructies. Report DWW, Ministry of Transport, The Netherlands (vide Kühnel i in., 1994).
- Laspeyres, 1900 – Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande LVII (vide Pukall, 1939).
- Leppla A., 1901 – Über den sogenannten Sonnenbrand der Basalte. Zeitschr. für prakt. Geol. Jahrg. 9.
- Lord C.E., 1894 – Die Basalte des Fichtelgebirges. Diss. Heidelberg (vide Pukall, 1939).
- Maciejewski S., 1957 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Morsk. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Maćków A., 1984 – Projekt prac geologiczno-poszukiwawczych za bazaltami w woj. opolskim, rejon: Wilemowice, Starczówek, Ogonów–Kłobodok–Nowaki, Gracze, Tułowice. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1982a – Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Księginki” w kat. B+C₁. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1982b – Orzeczenie z prac geologiczno-rozpoznawczych w kat. C₂+C₁+B na złożu bazaltu „Markocice”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1983 – Dokumentacja geologiczna w kat. C₁ z określeniem jakości kopaliny w kat. B złoża bazaltu „Lubień”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1984 – Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Gracze” w kat. A, B i C₁. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1989a – Dokumentacja geologiczna w kat. C₁+C₂ złoża bazaltu „Lutynia”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1989b – Sprawozdanie z badań geologicznych za bazaltem „Góra Oścień”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1991a – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Winna Góra” w kat. C₁. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1991b – Sprawozdanie z badań geologiczno-rozpoznawczych w rejonie występowania bazaltu „Gracze I, II, III”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., 1992 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu w kat. C₁+C₂ „Targowica”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Majkowska U., Farbisz E., 1984 – Projekt badań geologicznych metodą geofizyczną na złożu bazaltu „Targowica”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Maślankiewicz K., 1961 – Wulkany. PWN.
- Materiały kamienne. Oznaczanie gęstości objętościowej, gęstości, porowatości i szczelności. PN-66/B-04100; PKN, 1966.
- Materiały kamienne. Oznaczanie nasiąkliwości wodą. PN-85/B-04101; PKNMiJ, 1985.
- Materiały kamienne. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie. PN-84/B-04110; PKNMiJ, 1984.
- Materiały reklamowe Przedsiębiorstwa Produkcyjno-Usługowego Delma Bazalt sp. z o.o. w Strzegomiu, 2000 a.
- Materiały udostępnione przez Przedsiębiorstwo Topienia Bazaltu w Starachowicach, 2000 b.
- Mazur J. K., 1956 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Gryfów Śląski. Wyd. Geol. Warszawa.
- Mierzejewski M.P., (b.r.) – Nawozowe mączki bazaltowe w zastosowaniu rolniczym. Polski Klub Ekologiczny Okręg Dolnośląski.
- Milewicz J., 1956 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Lwówek Śląski. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Milewicz J., 1964 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Lwówek Śląski. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Milewicz J., Grocholski A., 1960 – Trzeciorzęd między Bolesławcem a Węglińcem. Biul. Inst. Geol. 151, t. VIII. Wyd. Geol.
- Milewicz J., Jerzmański J., 1957 - Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Pielgrzymka. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Milewicz J., Kozdrój W., 1991 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Proboszczów. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Milewicz J., Kozdrój W., 1994 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów. Ark. Proboszczów 1:25000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Moesta A. F., 1867 – Geologische Schilderung der Gegend zwischen der Meißner und dem Hirschberge in Hessen. Diss. Marburg (vide Pukall, 1939).
- Möhl H., 1874 – Die Basalte der Rauhen Alp. Württembergische naturwissenschaftliche Jahreshefte (vide Pukall, 1939).

- Nadybski, J., 1956 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu w Rębiszowie. Przeds. Rob. Geol.-Poszuk. i Odkrywk. Kamien. Drog. Kraków.
- Nandelstädt, 1910 – Die Werk- und Pflastersteine, Hannover (vide Pukall, 1939).
- Nasz A., Marcinkowska U., 1977 – Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Pielgrzymka” w kat B. Komb. Geol. „Zachód” we Wrocławiu.
- Otylit I. Naturalny użyźniacz gleby na bazie mączki bazaltowej do stosowania w rolnictwie, ogrodnictwie, szkolnictwie (materiały reklamowe Przedsiębiorstwa Innowacyjnego „OTYLIA” Spółka z o.o. w Nakle n. Notecią) (b.r.).
- Oznaczanie ścieralności w bębnie Los Angeles. PN-79/B-06714/42. PKNiM, 1979.
- Pentlakowa Z., Szarras S., 1968 - Przydatność bazaltów dolnośląskich do otrzymywania odlewów skalnych. Przegl. Geol. nr 6.
- Pentlakowa Z., Wojno T., Szarras S, 1952 – Badania bazaltów śląskich wykonane w latach 1950 i 1951. Arch. Inst. Geol. Warszawa.
- Pukall K., 1939 – Beiträge zur Frage des Sonnenbrandes der Basalte. I. Zs. angew. Min. 1.
- Pukall K., 1940 – Beiträge zur Frage des Sonnenbrandes der Basalte. II. Zs. angew. Min. 2.
- Rinne F., 1928 – Gesteinskunde für Studierende der Naturwissenschaft, Forstkunde und Landwirtschaft, Bergingenieure, Architekten und Bauingenieure. Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung. Leipzig.
- Rutnik R., 1974 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu w kat. B „Paszowice”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Ryka W., Maliszewska A., 1991 – Słownik petrograficzny. Wyd. Geol. Warszawa.
- Sakwa W., 1963 – Bazalty jako tworzywo odlewnicze. Szkło i Ceramika, 14.
- Schaub J., 1799 – Physikalisch-mineralogisch-bergmännische Beschreibung des Meißners. Cassel.
- Schreiber U., 1991 – Basaltic „Sonnenbrand”, the result of magmatic assimilation of incorporated surface sands, and magma mixing phenomena: the alkaline volcanic association of Westerwald region, Western Germany. Symposium on Central European Alkaline Volcanic Rocks. Abstracts. Praha.
- Schreiber U., Anders D., Koppen J., 1999 – Mixing and chemical interdiffusion of trachytic and latitic magma in a subvolcanic complex of the Tertiary Westerwald (Germany). Lithos 46.
- Senft, 1882 – Übersichtliche Beschreibung der Gaa, Flora und Fauna der Umgebung von Eisenach (vide Pukall, 1939).
- Sioma J., 1938 – Skorupa ochronna, lakier, opalenizna pustynna oraz pustynie kopalne. Studium litologiczne. Sprawozd. Komisji Fizjograf. Pol. Akad. Umiej., 71.
- Skurzewski A., 1973 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Gracze” w kat. A, B, C₁. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Skurzewski A., 1981 – Dodatek do dokumentacji geologicznej złoża bazaltu „Kozia Góra” w kat. B+C₁. Komb. Geol. „Zachód”.
- Smulikowski K., 1960 – Wulkanity trzeciorzędowe. [W:] Regionalna geologia Polski t. 3, zesz. 2. Pol. Tow. Geol. Kraków.
- Stachowiak R., 1977 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu w kat B+C₁ „Mszana-Obłoga”. Kombinat Geologiczny „Zachód” we Wrocławiu. Archiwum Przeds. Geol. we Wrocławiu „PROXIMA” S.A.
- Stachowiak R., 1981 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Bukowa Góra” w kat. B+C₁+C₂. Komb. Geol. „Zachód” we Wrocławiu.
- Stachowiak R., 1983 – Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej w kat. B+C₁ złoża bazaltu „Rębiszów”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Stachowiak R., 1987 – Aneks nr 1 do projektu badań geologiczno-rozpoznawczych w kat. C₂ za bazaltami w woj. Opolskim. Rejon Wilemowice i Tułowice. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Stachowiak R., Mżyk S., 1987 – Sprawozdanie z badań geologicznych na złożu bazaltu „Wieża”. Przeds. Geol. we Wrocławiu.
- Steuer A., 1925 – Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 4. Bd. (vide Pukall, 1939).
- Steuer A., Holler., 1931 – Sonnenbrenner. Stein Ind. 26.
- Steuer A., Holler K., Drescher F.K., 1929 – Über die Ursache des Sonnenbrandes. Die Steinstraße 2. H. 1. (streszcz. w Neues Jahrb. für Miner., Geol. und Paläont., Jahrg. 1929).
- Stift C.E., 1831 – Geognostische Beschreibung des Herzogtums Nassau. Wiesbaden (vide Pukall, 1939).
- Stoch L., Wyszomirski P., 1969a – O mechanizmie krystalizacji leizny bazaltowej. Przegl. Geol., vol. 17, nr 12.
- Stoch L., Wyszomirski P., 1969b – Perspektywy rozwoju produkcji wyrobów z leizny kamiennej. Szkło i Ceramika 4.
- Stoch L., Wyszomirski P., 1976 – Surowce i technologia hutnictwa skalnego. Pr. Min. 45.
- Stützel H., 1934 – Lösungunterschiede zwischen Sonnenbrennern und gesunden Basalten. Steinind. u. Strassenbau 29, H. 18.
- Stypułkowski B., Majerowicz A., 1994 - Analiza wpływu zgorzeli słonecznej na cechy techniczne kruszyw bazaltowych. Drogownictwo, nr. 11.

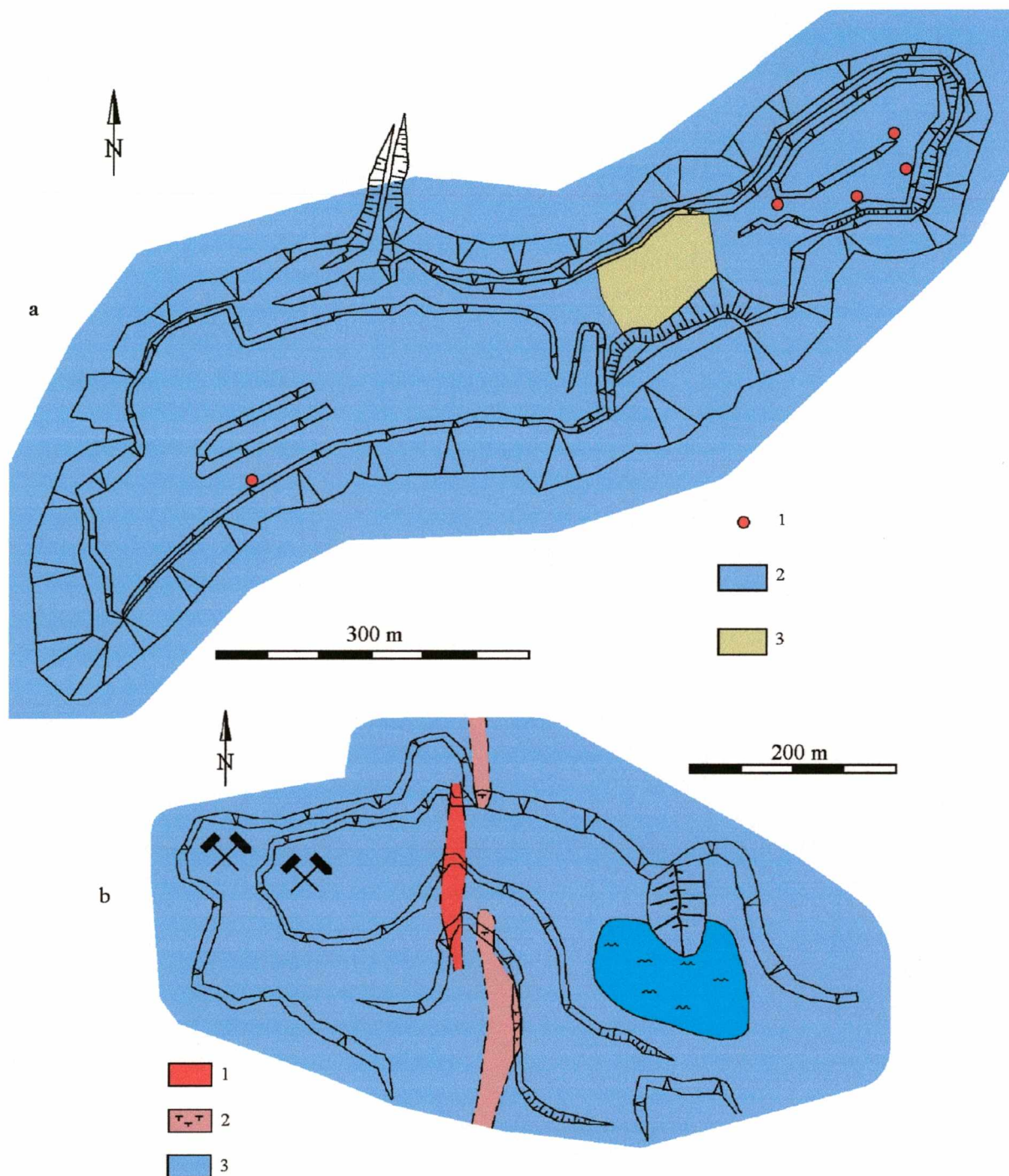
- Stypułkowski B., Majerowicz A., Koba H., 1993 – Wpływ zgorzeli słonecznej na cechy techniczne kruszyw bazaltowych produkowanych w kopalni „Rutki-Ligota”. Raport Inst. Inżyn. Łąd. Polit. Wr.
- Surowce skalne lite do produkcji kruszyw łamanych stosowanych w budownictwie drogowym. BN-86/6774-06. Inst. Badań Dróg i Mostów. 1986.
- Surowce skalne lite do produkcji kruszyw łamanych stosowanych w budownictwie drogowym. PN-B-11110. PKN. 1996.
- Szałamacha J., 1970 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Stara Kamienica. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Szałamacha J., 1974 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Siedlęcin. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Szałamacha J., Szałamacha M., 1973 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Stara Kamienica. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Śliwa Z., 1967a – Rębiszów - występowanie bazaltu na Łysej Górze. Przew. XL Zjazdu PTG. Geologia i surowce mineralne Sudetów Zachodnich. Wyd. Geol.
- Śliwa Z., 1967b – Własności strukturalne bazaltów Śląska. Rocznik PTG t. XXXVII, z. 3.
- Śliwa Z., 1971 – Struktury kontrakcyjne wylewnych form bazaltów na Dolnym Śląsku w rejonie Leśnej i Lubania. Rocznik PTG, t. XL, z. 3-4.
- Śliwa Z., 1974 – Bazalty województwa opolskiego i ich znaczenie gospodarcze. Materiały i Studia Opolskie nr 30.
- Śliwa Z., 1975 – Typy genetyczne drobnej szczelinowatości w bazaltach i jej wpływ na jakość produkowanych kruszyw. Acta Univ. Wratisl. No 247. Prace Geol.-Min. IV.
- Tannhäuser F., 1910 – Die Verwitterungsursache der als Sonnenbrenner bezeichneten Basalte. Bautechnische Gesteinsuntersuchungen (vide Hoppe & Kellermann, 1928 oraz Pukall, 1939).
- Tannhäuser F., 1916 – Über „Sonnenbrand” bei Melaphyren. Der Steinbruch 41-42 (streszcz. w Neues Jahrb. für Miner., Geol. und Paläont., Jahrg. 1920).
- Trippke, 1878 – Beiträge zur Kenntnis der schlesische Basalte und ihrer Mineralien. Z. d. Dtsch. Geol. Ges. XXX.
- Voigt J.K.W., 1783 – Mineralogische Beschreibung des Hochstifts Fuld und einiger merkwürdigen Gegenden am Rhein und Main. Dessau und Leipzig (vide Pukall, 1939).
- Voigt J.K.W., 1794 – 2. Auflage der Mineralogischen Beschreibung des Hochstifts Fuld (vide Pukall 1939).
- Voigt J.K.W., 1802 – Mineralogische Reise nach der Braunkohlenwerken und Basalten in Hessen, wie auch nach den Schieferkohlenwerken des Unterharzes. Weimar (vide Pukall, 1939).
- Von Leonhard K.C., 1832 – Die Basaltgebilde (vide Pukall, 1939).
- Waldeck H., 1905 – Beiträge zur Kenntnis der Basalte der Oberpfalz. Diss. Erlangen (vide Pukall, 1939).
- Wojciechowska I., Śliwa Z., 1970 – Sprawozdanie z badań bazaltu zgorzelowego ze złoża „Gronowskie Wzgórza”. Zakł. Geol. Og. Inst. Geol. Uniw. Wrocław.
- Wojno T., Pentalakowa Z., Szarras S., 1951 – Badania bazaltów śląskich wykonane w latach 1950-1951. Sprawozdanie ogólne i część szczegółowa. Arch. Dok. Źródł. Inst. Geol. Warszawa (vide Birkenmajer i in., 1970).
- Wojno T., Pentalakowa Z., Szarras S., 1952 – Badania bazaltów śląskich wykonane w latach 1950-1951. Arch. Inst. Geol. Warszawa (vide Cwojdzinski & Walczak-Augustyniak, 1986).
- Wojno T., Pentalakowa Z., Szarras S., 1955 – Badania bazaltów śląskich. Arch. Inst. Geol. Wrocław (vide Gawroński, 1968).
- Woliński W., Orzechowski J., 1969 – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltu „Księginki”. P.R.P.i B.M. Kam. Drog. w Krakowie.
- Wójcik L., 1968 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000. Ark. Ciepłowody. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Wójcik L., 1973 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Ciepłowody. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Wroński J., 1973 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów 1:25000 Ark. Ziębice. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Wroński J., 1970 – Przejawy plejstocénskiego wulkanizmu bazaltowego w Dębowcu koło Szklar na Dolnym Śląsku. Kwart. Geol. t. 14, nr 3.
- Wroński J., 1975 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25000. Ark. Ziębice. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- www.uni-essen.de/geologie, 2000 – strony internetowe Instytutu Geologicznego Uniwersytetu w Essen.
- Wyroby kanalizacyjne kamionkowe. Rury i kształtki. Wymagania i badania. PN-80/B-06751. PKMiJ. 1980.
- Zagożdżon P., 1997 – Sposoby wykorzystania bazaltu zgorzelowego rejonu Legnicy. Raport Inst. Górn. Polit. Wr.

- Zagożdżon P., 1998a – Charakterystyka bazaltów zgorzelowych występujących w kamieniołomie Winna Góra koło Jawora. *Przegl. Geol.* vol. 46, nr 11.
- Zagożdżon P., 1998b – Badania przebiegu rozpadu zgorzelowego w warunkach sztucznych. Raport Inst. Górn. Polit. Wr.
- Zagożdżon P.P., 1999 – Geochemical aspects of sonnenbrand process in basaltoids: examples from Lower Silesia. *Min. Soc. of Poland – Spec. Papers*, vol. 14.
- Zagożdżon P., 2000 – O niektórych właściwościach fizyko-mechanicznych bazaltów zgorzelowych Dolnego Śląska. *Górn. Odkr.*, vol. XLII, 1.
- Zagożdżon P.P., 2001 – O genezie zgorzeli bazaltowej. *Przegl. Geol.*, vol. 49, nr 4.
- Zagożdżon P.P., Wojciechowska I., 2001 – Uwagi o przyczynach powstawania zgorzeli bazaltowej. *Pr. Nauk. Inst. Górn. Polit. Wr.* 92, Seria: Konferencje 29.

Załączniki



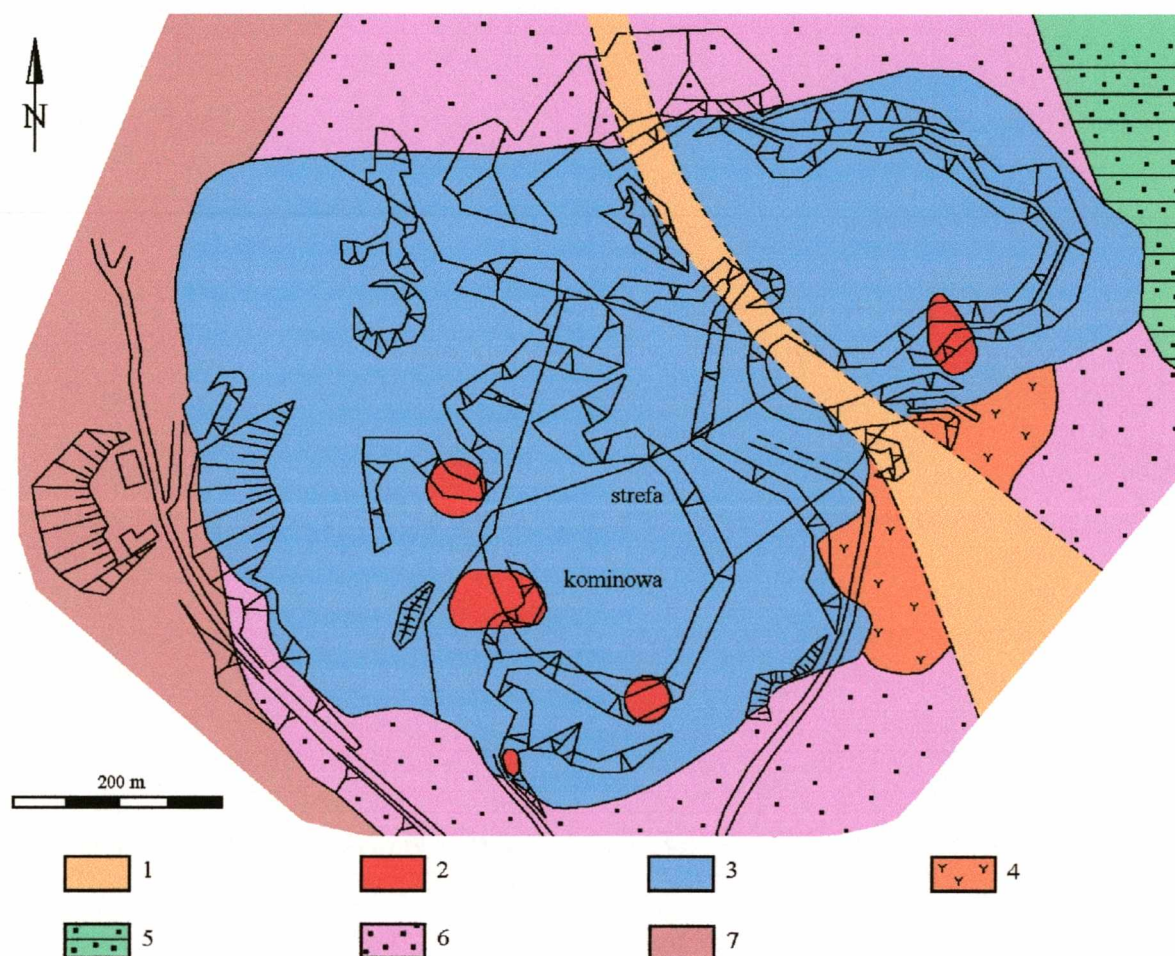
Załącznik 2



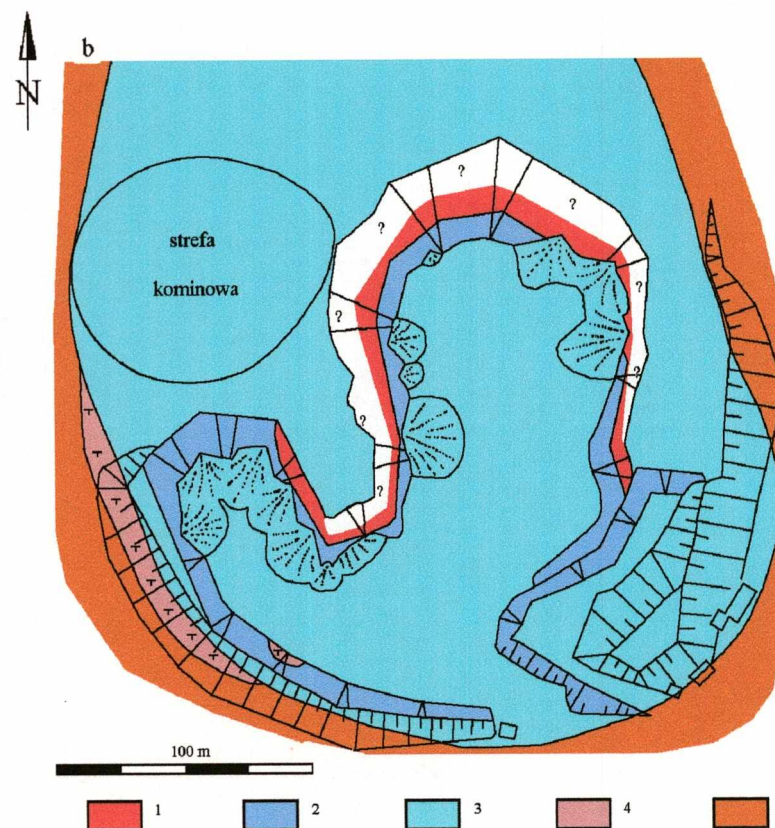
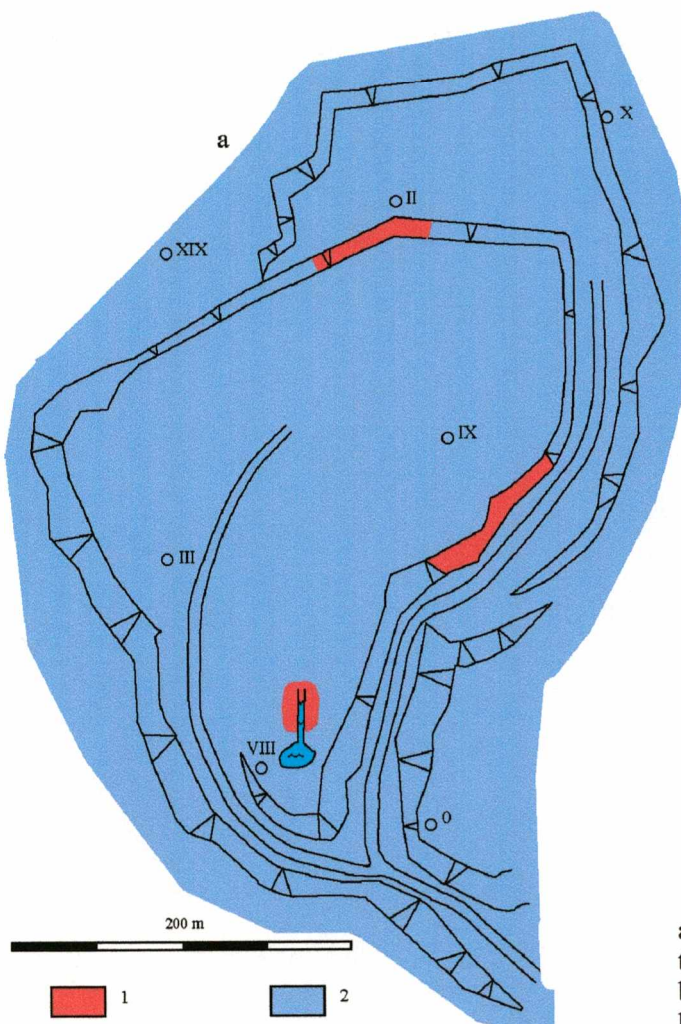
a) Lokalizacja wystąpień skał zgorzelowych w kamieniołomie Gracze (podkład topograficzny wg planu sztygarskiego – uzupełniony, stan akt.: październik, 2000); 1 – lokalizacja bloków zgorzelowych, 2 – bazalty, 3 – margle

b) Położenie strefy zgorzelowej w rejonie czynnego przodka kamieniołomu Jawor-Męcinka (szkic, stan akt.: październik, 2000); 1 – skały zgorzelowe, 2 – tufy, 3 – bazalty

Załącznik 3



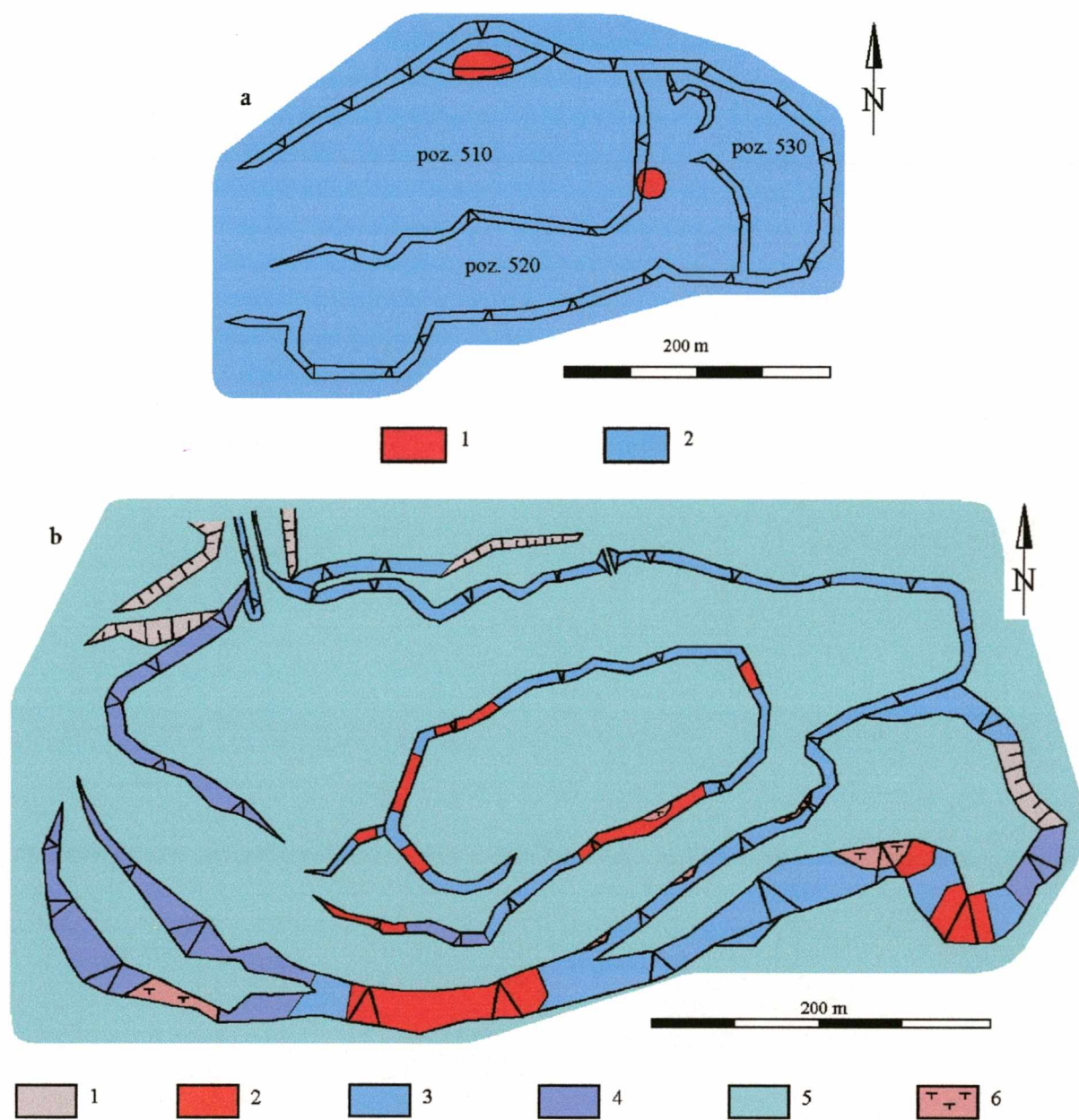
Strefy zgorzelowe w kamieniołomie Krzeniów (podkład topograficzny wg planu sztygarskiego – uzupełniony, stan. akt.: 1999; wydzielenia litologiczne poza obszarem kamieniołomu wg Dyjora i in., 1995); 1 – strefa tektoniczna, 2 – bazalty zgorzelowe, 3 – bazalty, 4 – zwietrzelina tufów i tufitów, 5 – piaskowce i zlepienie górnej kredy, 6 – piaskowce triasu, 7- piaskowce, łupki, wapienie i dolomity permskie



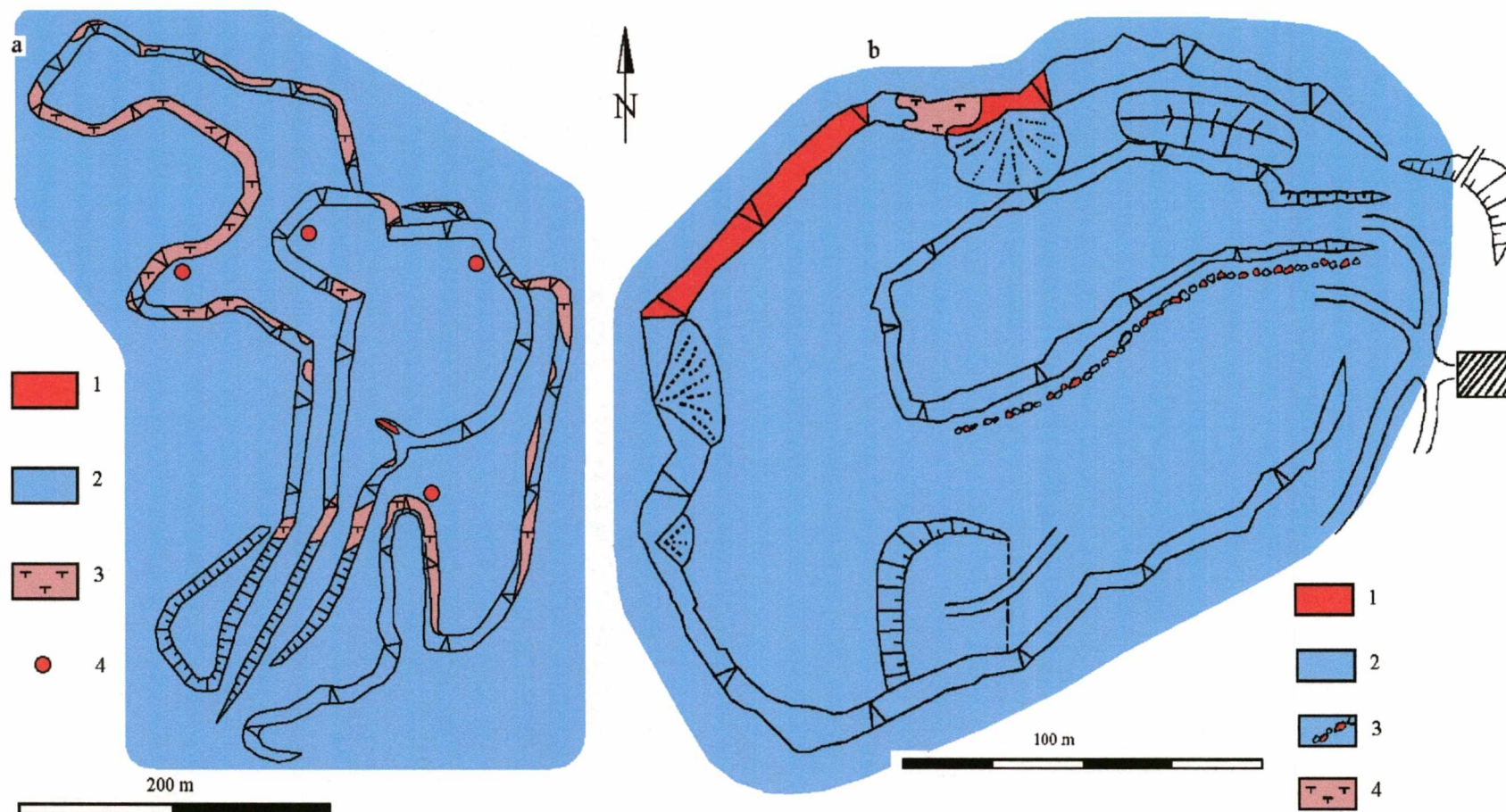
a) Prawdopodobne położenie stref zgorzelowych w kamieniołomie Księginia (podkład topograficzny wg planu sztygarskiego – uzupełniony, stan akt.: sierpień 2000); 1 – bazalty zgorzelowe, 2 – bazalty

b) Występowanie skał zgorzelowych w kamieniołomie Lutynia (podkład topograficzny wg planu sztygarskiego – uzupełniony, stan akt.: grudzień, 2000; wydzielienia litologiczne poza terenem wyrobiska wg Majkowskiej, 1989); 1 – bazalty zgorzelowe, 2 – bazalty zdrowe, 3 – bazalty nierozdzielone, 4 – tufy, 5 – łupki krystaliczne

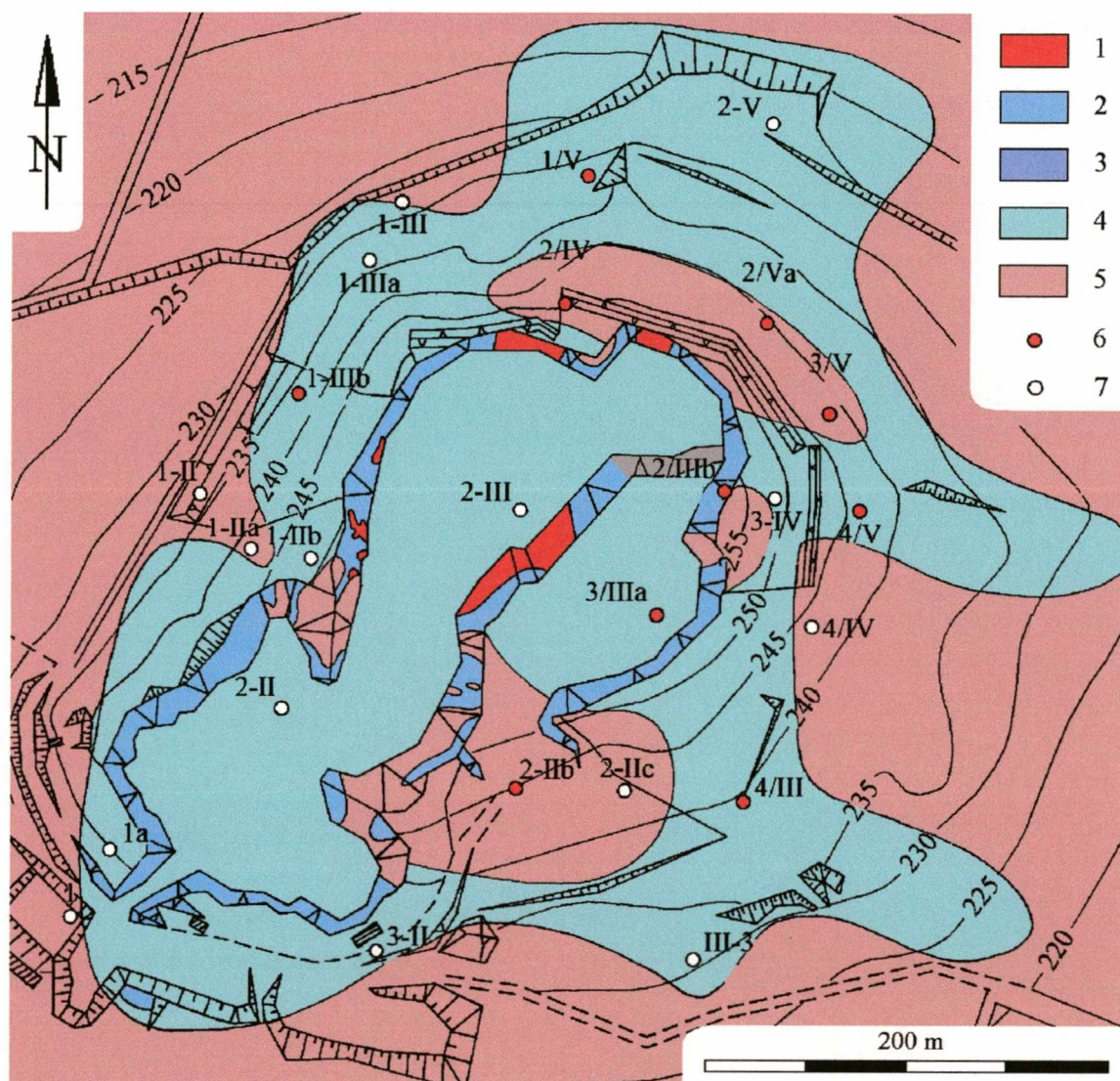
Załącznik 5



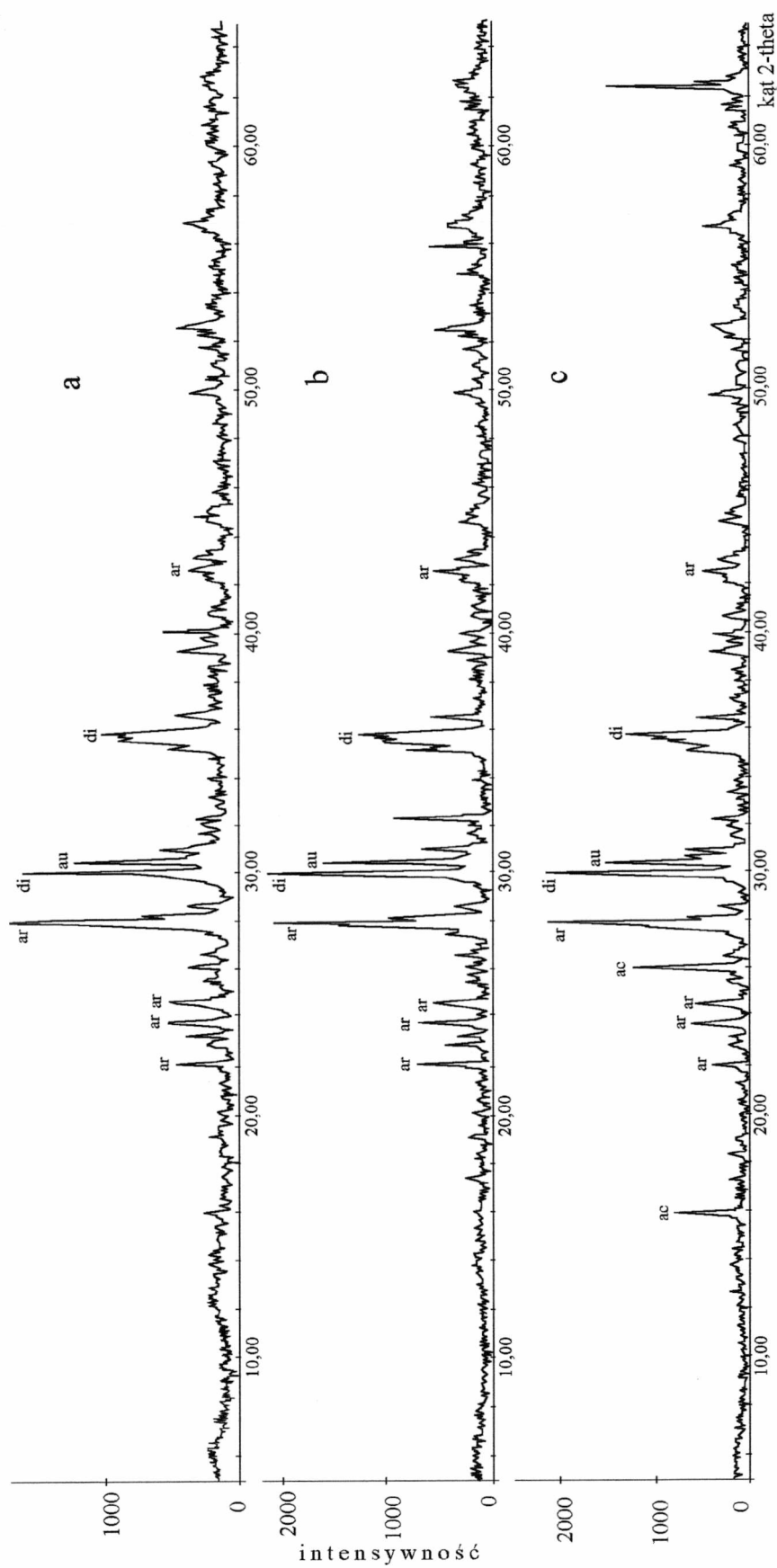
- a) Obszary występowania skał zgorzelowych w kamieniołomie Rębiszów (szkic, stan akt.: listopad, 1999); 1 – bazalty zgorzelowe, 2 – bazalty
- b) Prawdopodobne położenie stref zgorzelowych w kamieniołomie Sulików (podkład topograficzny wg planu sztygarskiego – uzupełniony, stan akt. lipiec, 1998); 1 – hałdy, 2 – bazalty zgorzelowe, 3 – bazalty zdrowe, 4 – bazalty gruzłowe, 5 – bazalty nierozdzielone, 6 – tufy



a) Występowanie skał zgorzelowych w nieczynnym wyrobisku Targowica (podkład topograficzny wg Majkowskiej, 1992 – zmieniony, stan akt.: listopad, 2000); 1 – wystąpienie bazaltu zgorzelowego *in situ*, 2 – bazalty zdrowe, 3 – tufy, 4 – bloki skał zgorzelowych
 b) Prawdopodobne położenie stref zgorzelowych w kamieniołomie na górze Trupień (szkic, stan akt.: październik, 2000); 1 – bazalty zgorzelowe, 2 – bazalty zdrowe, 3 – nadgabarytowe bloki skalne (częściowo zgorzelowe), 4 – tufy

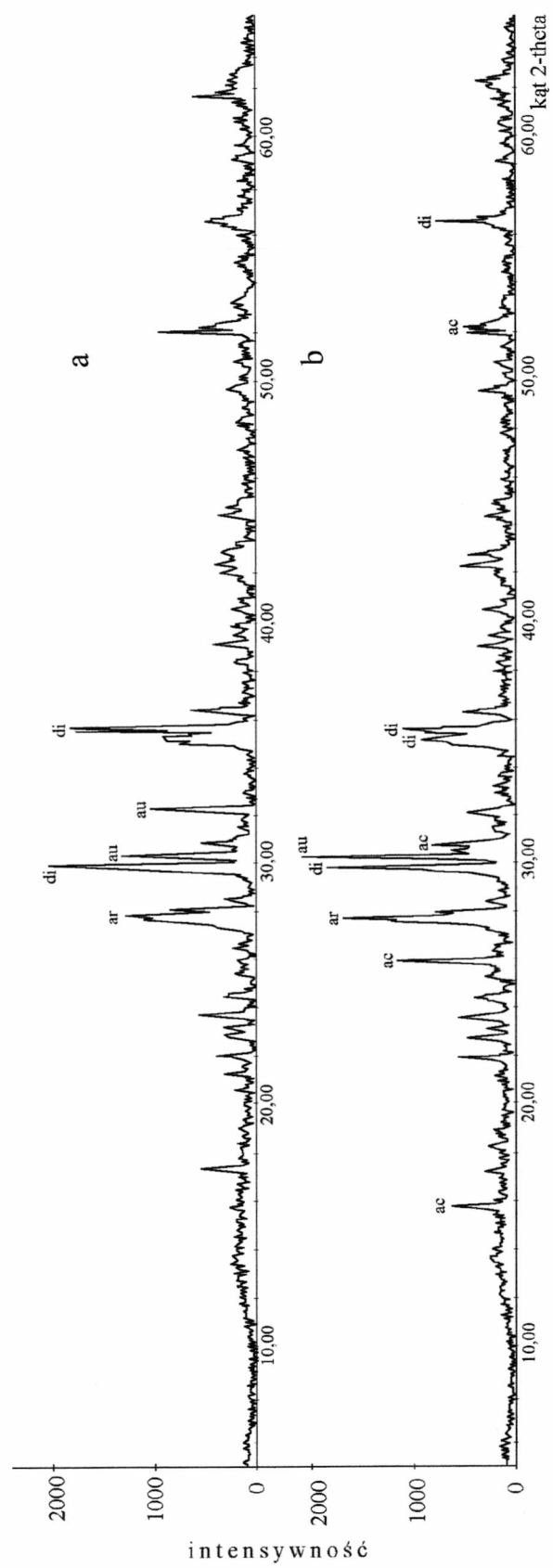


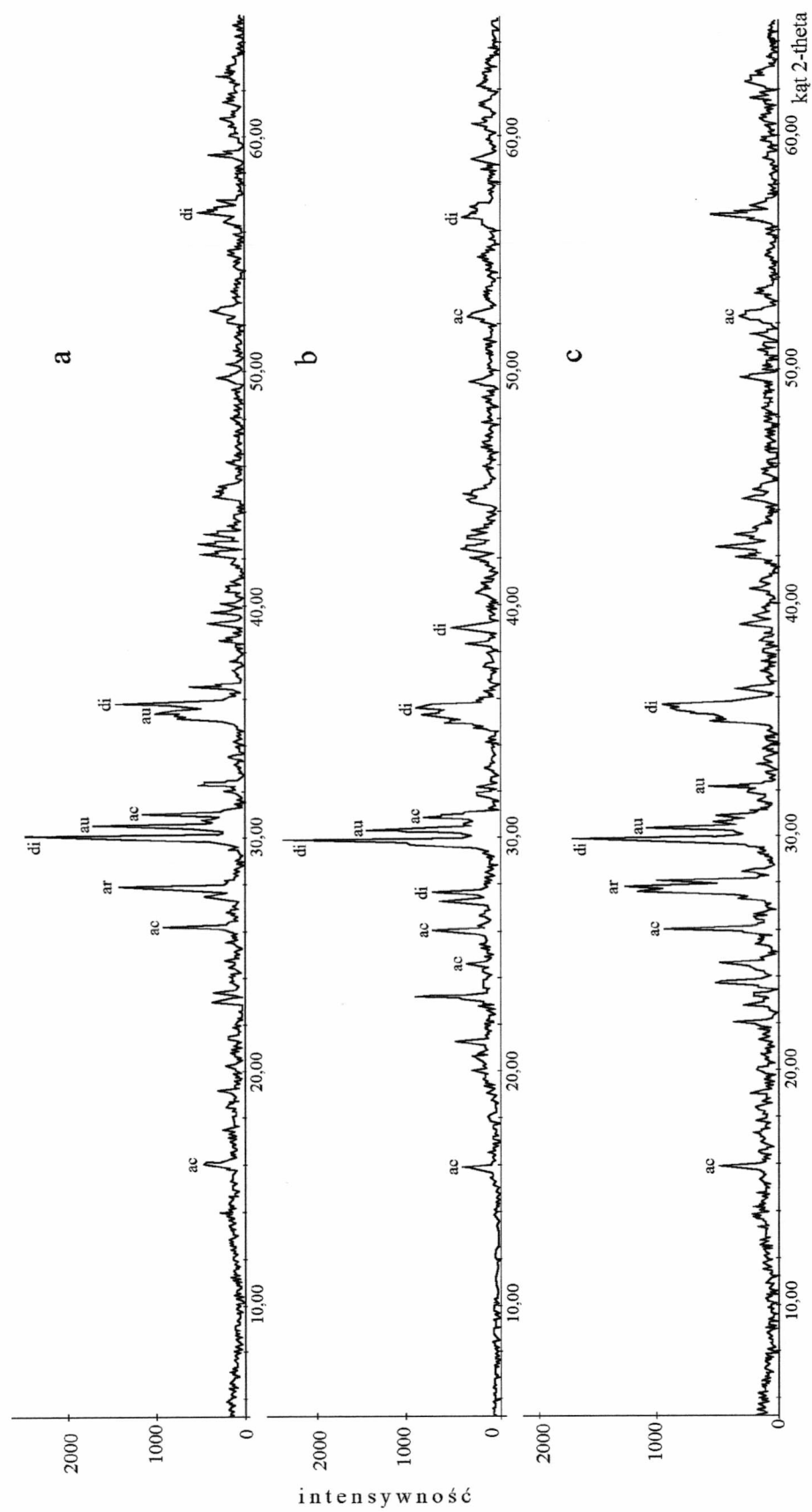
Lokalizacja stref zgorzelowych w kamieniołomie Winna Góra (Zagożdżon, 1998); 1 – bazalty zgorzelowe, 2 – bazalty zdrowe, 3 – bazalty gruzłowate, 4 – bazalty nierozdzielone, 5 – tufy, 6 – otwory wiertnicze ze zgorzelą, 7 – otwory wiertnicze bez zgorzeli



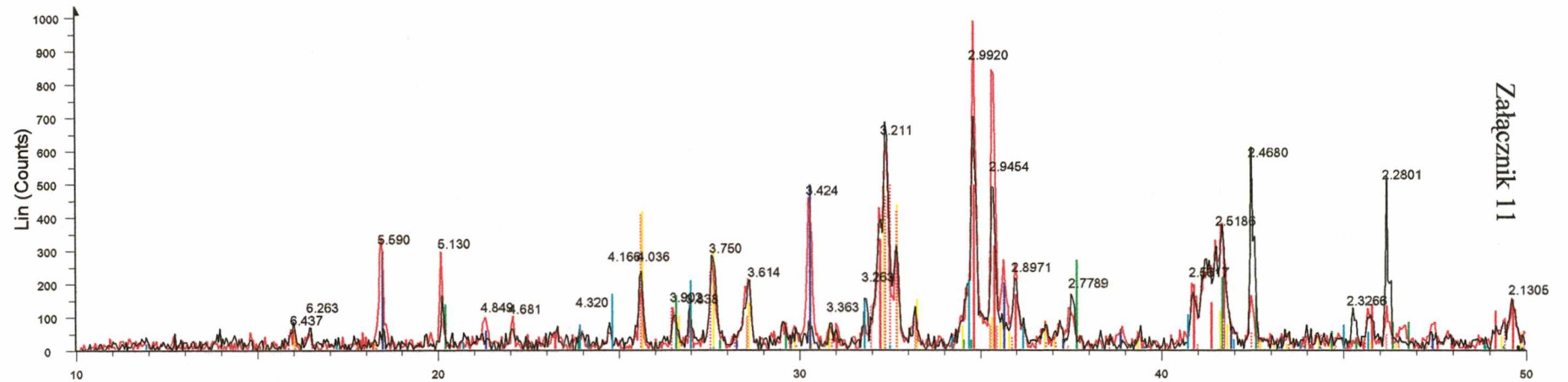
Objaśnienia do załączników 8–10: ac – analcym, ar – anortyt, au – augit, di – diopsyd

Załącznik 9

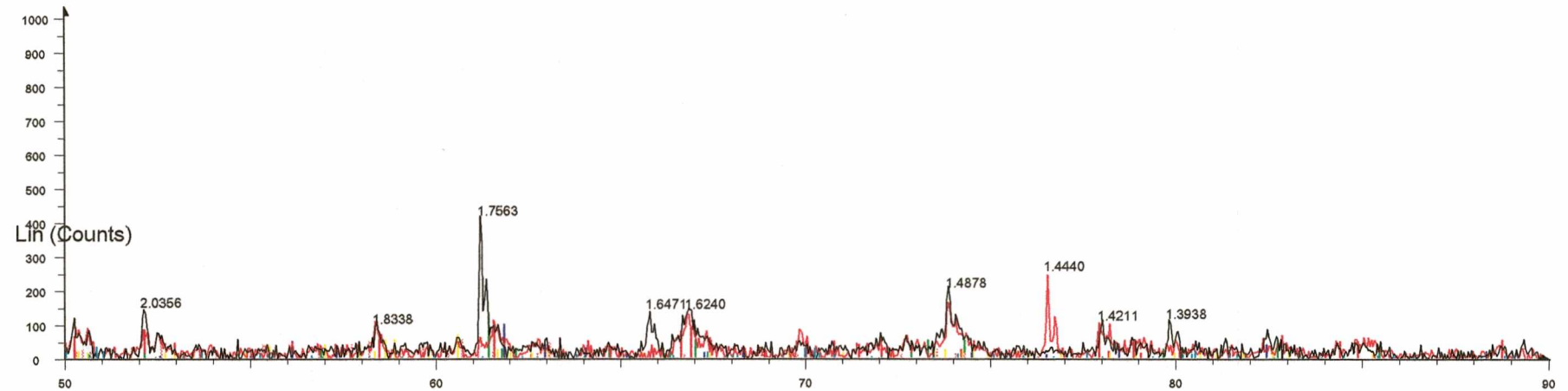




WG-27



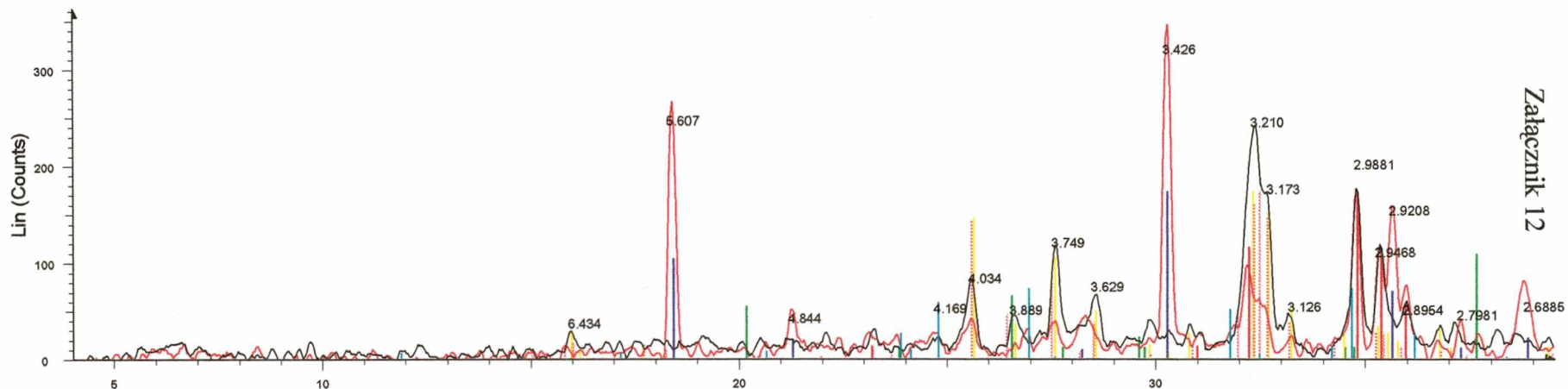
Załącznik 11



2-Theta - Scale

- plamki - File: W-G27a.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 10.000 ° - End: 90. ■ 41-1478 (*) - Analcime-C - Na(Si2Al)O6·H2O - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
Operations: Background 0.000,1.000 | Import
- W-G27zdra - File: W-G27zdra.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 10.000 ° - End: 90. ■ 35-0424 (*) - Nepheline, syn - NaAlSiO4 - Y: 20.83 % - d x by: 1.000 - WL: 1.7
Operations: Background 0.000,1.000 | Import
- 41-1483 (I) - Augite, aluminian - Ca(Mg,Fe+3,Al)(Si,Al)2O6 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
- 07-0075 (D) - Forsterite - 2(Mg0.90Fe0.10)O·SiO2 - Y: 27.08 % - d x by: 1.00
- 20-0572 (D) - Albite, disordered - NaAlSi3O8 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
- 20-0528 (C) - Anorthite, sodian, ordered - (Ca,Na)(Al,Si)2Si2O8 - Y: 50.00 %

WG-100



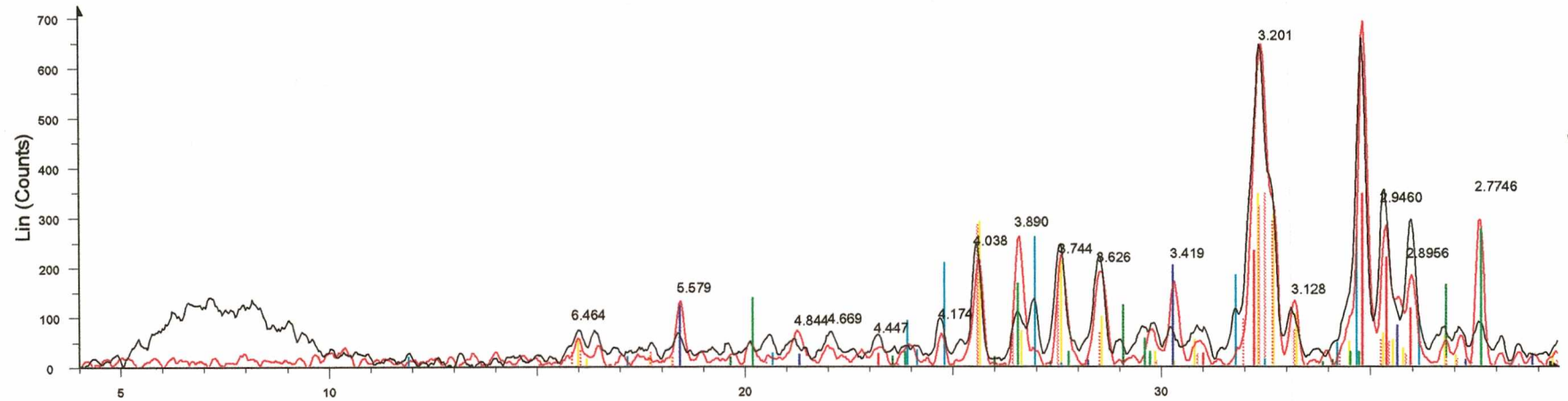
Załącznik 12



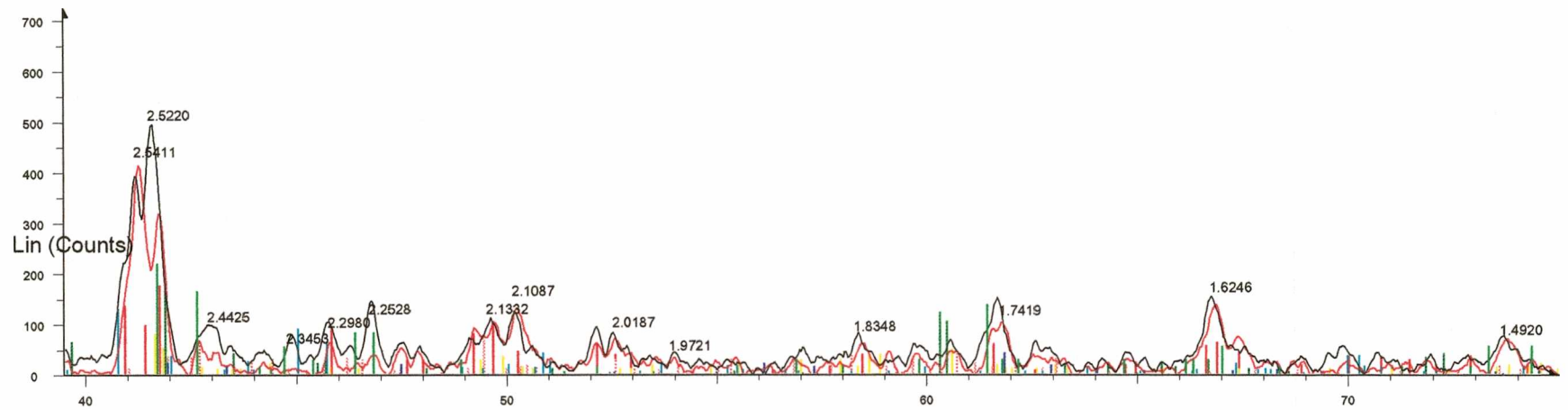
2-Theta - Scale

- WG-100 zdr - File: WG-100zdr.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - E 41-1478 (*) - Analcime-C - $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
 Operations: Background 0.000,1.000 | Smooth 0.150 | Import 35-0424 (*) - Nepheline, syn - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 20.83 % - d x by: 1.000 - WL: 1.7
- WG-100 plamki - File: MG_100pl.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 °
 Operations: Background 0.000,1.000 | Smooth 0.150 | Import
- 41-1483 (I) - Augite, aluminian - $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}+3, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ - Y: 50.00 % - d x
 07-0075 (D) - Forsterite - $2(\text{Mg}_{0.90}\text{Fe}_{0.10})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ - Y: 31.25 % - d x by: 1.00
 20-0572 (D) - Albite, disordered - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
 20-0528 (C) - Anorthite, sodian, ordered - $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ - Y: 50.00 %

WG-11



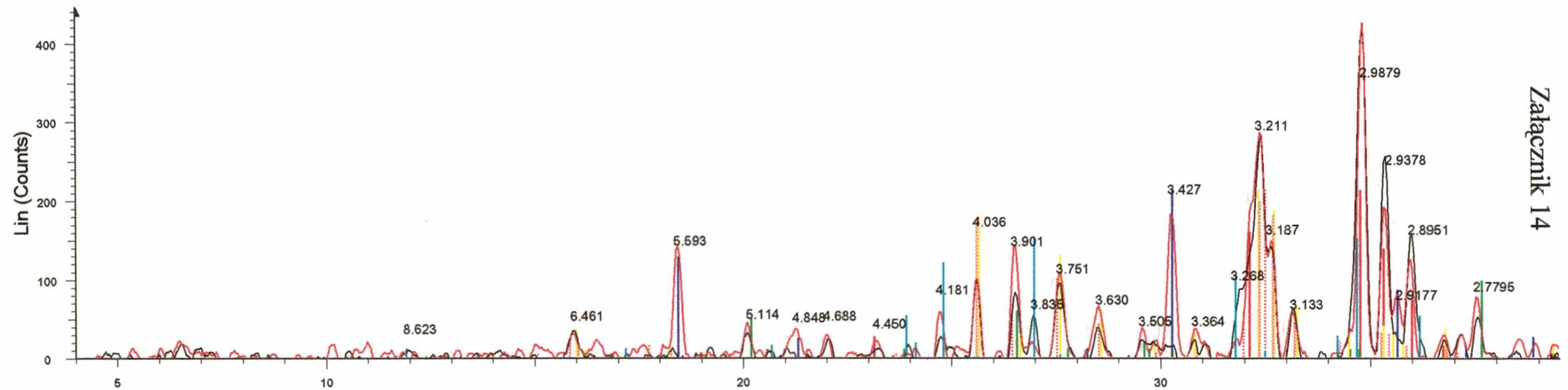
Załącznik 13



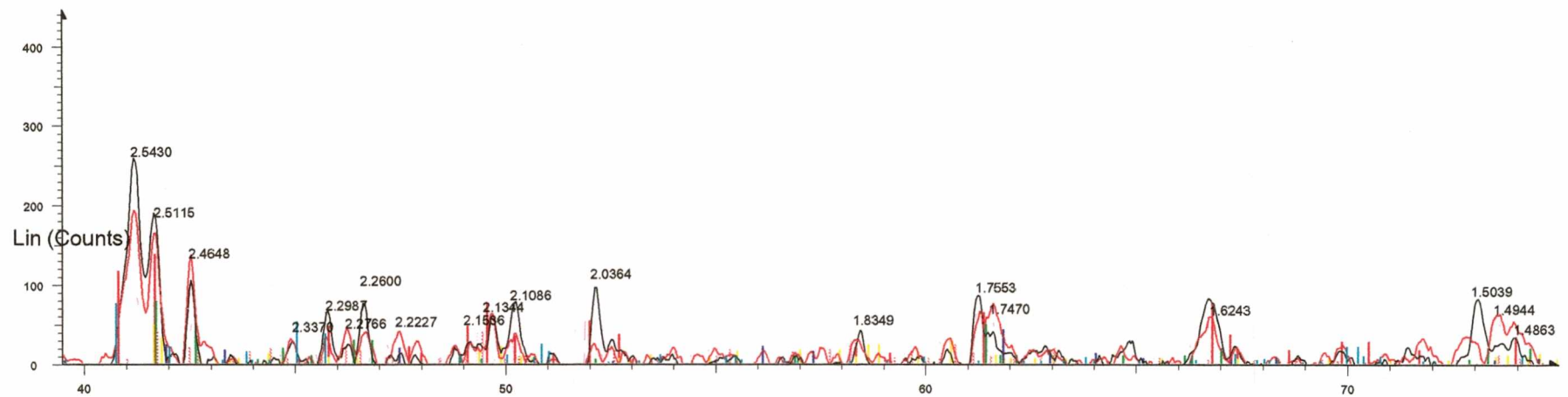
2-Theta - Scale

- WG-11plamki - File: WG-11pl.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - Operations: Smooth 0.150 | Background 1.000,1.000 | Import
- WG-11zdr - File: WG-11zdr.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - E Operations: Smooth 0.150 | Background 0.000,1.000 | Import
- 41-1483 (I) - Augite, aluminian - $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}+3, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ - Y: 50.00 % - d
- 31-0649 (D) - Fayalite, syn - Fe_2SiO_4 - Y: 25.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.7
- 07-0075 (D) - Forsterite - $2(\text{Mg}_{0.90}\text{Fe}_{0.10})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ - Y: 39.58 % - d x by: 1.
- 20-0572 (D) - Albite, disordered - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 -
- 20-0528 (C) - Anorthite, sodian, ordered - $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ - Y: 50.00
- 41-1478 (*) - Analcime-C - $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - Y: 29.17 % - d x by: 1.000 -
- 35-0424 (*) - Nepheline, syn - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 37.50 % - d x by: 1.000 - WL:

K-54



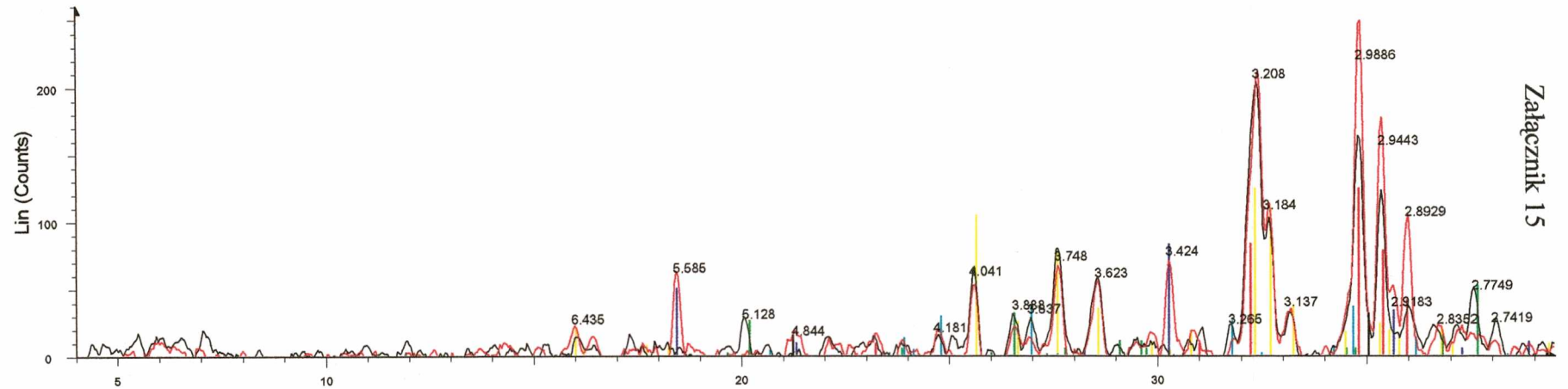
Załącznik 14



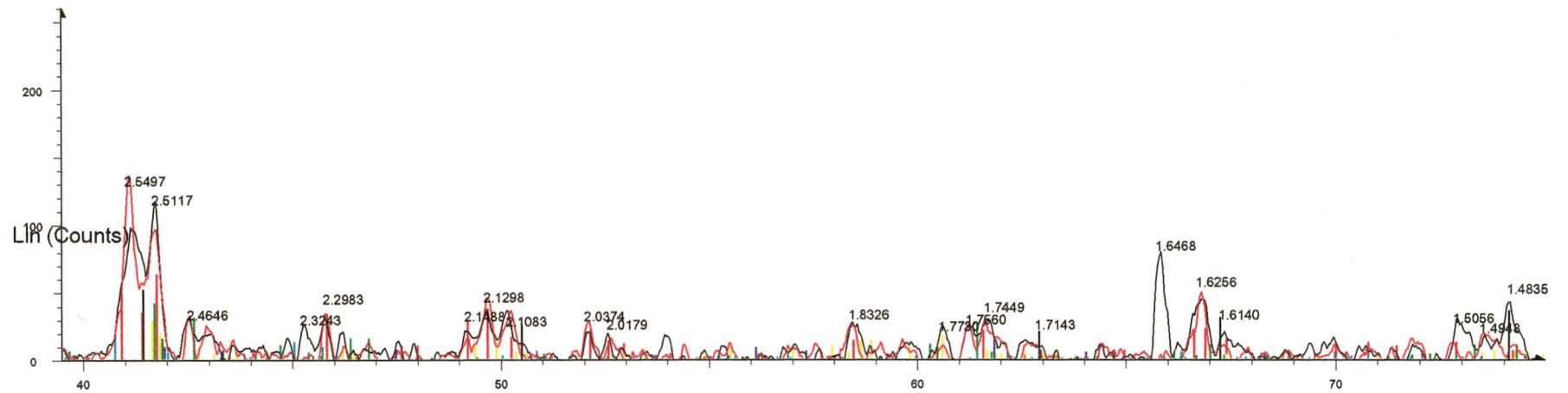
2-Theta - Scale

- K-54-zdr - File: K-54zdr.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75
 Operations: Background 1.000,1.000 | Smooth 0.150 | Import
 K-54pl - File: K-54pl.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75.000
 Operations: Background 1.000,1.000 | Smooth 0.150 | Import
 24-0203 (I) - Augite - $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78
 07-0075 (D) - Forsterite - $2(\text{Mg}_{0.90}\text{Fe}_{0.10})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ - Y: 22.92 % - d x by: 1.00
 20-0572 (D) - Albite, disordered - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
 20-0528 (C) - Anorthite, sodian, ordered - $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Al},\text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ - Y: 50.00 %
 41-1478 (*) - Analcime-C - $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
 35-0424 (*) - Nepheline, syn - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 35.42 % - d x by: 1.000 - WL: 1.7

JM-4



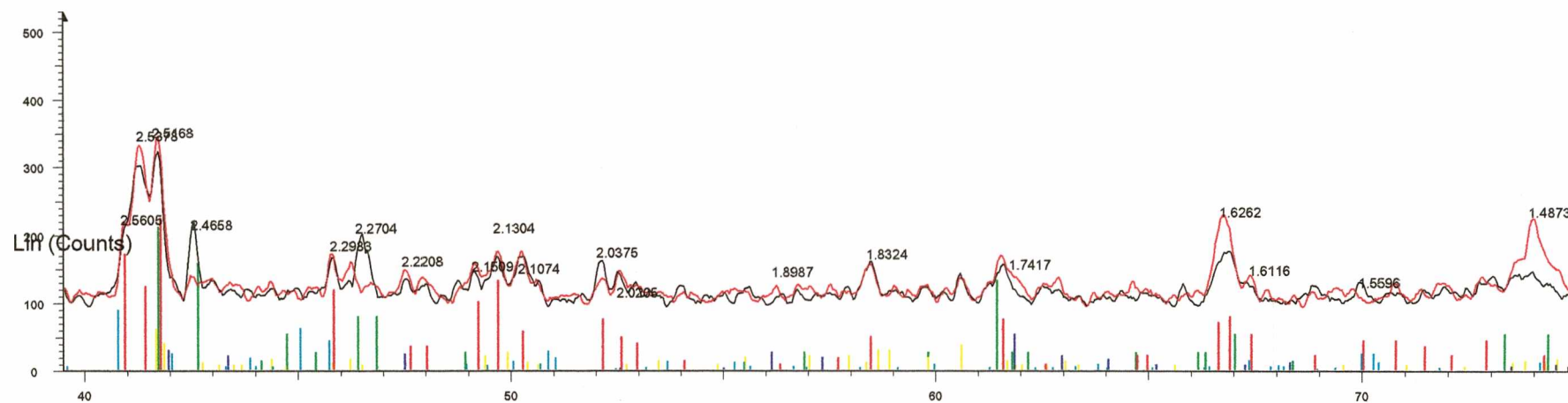
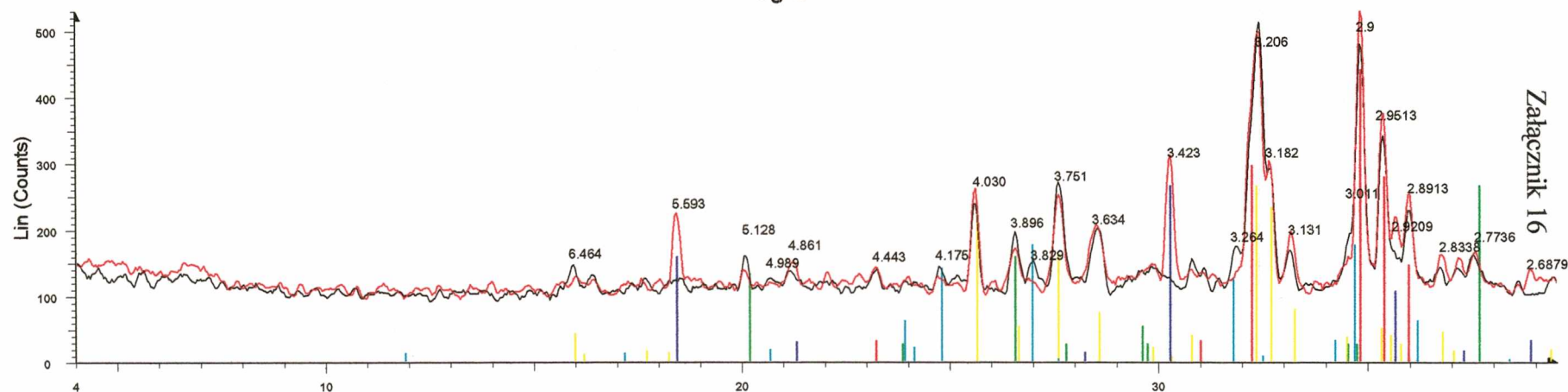
Załącznik 15



2-Theta - Scale

- JM-4zdr - File: JM-4zdr.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75.00 ° - Operations: Background 0.098, 1.000 | Smooth 0.150 | Import
 JM-4pl - File: JM-4pl.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75.00 ° - Operations: Background 0.145, 1.000 | Smooth 0.150 | Import
 41-1483 (I) - Augite, aluminian - $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}+3, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.00
 31-0649 (D) - Fayalite, syn - Fe_2SiO_4 - Y: 6.25 % - d x by: 1.000 - WL: 1.7889
 07-0075 (D) - Forsterite - $2(\text{Mg}_{0.90}\text{Fe}_{0.10})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ - Y: 20.83 % - d x by: 1.00
 20-0572 (D) - Albite, disordered - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
 41-1478 (*) - Analcime-C - $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - Y: 33.33 % - d x by: 1.000 - W
 35-0424 (*) - Nepheline, syn - NaAlSiO_4 - Y: 14.58 % - d x by: 1.000 - WL: 1.7
 07-0322 (D) - Magnetite - $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ - Y: 20.83 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78

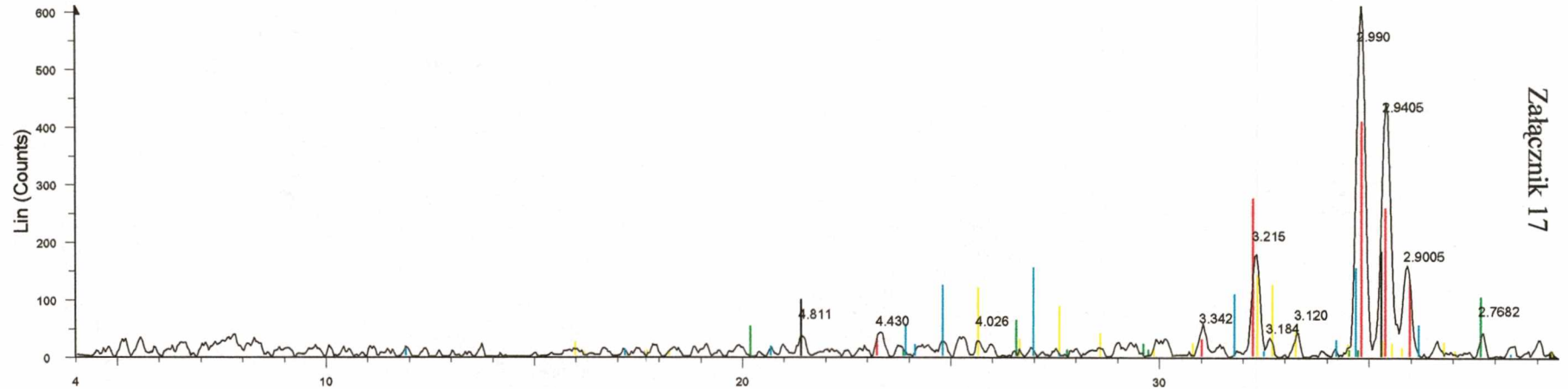
Tg-5



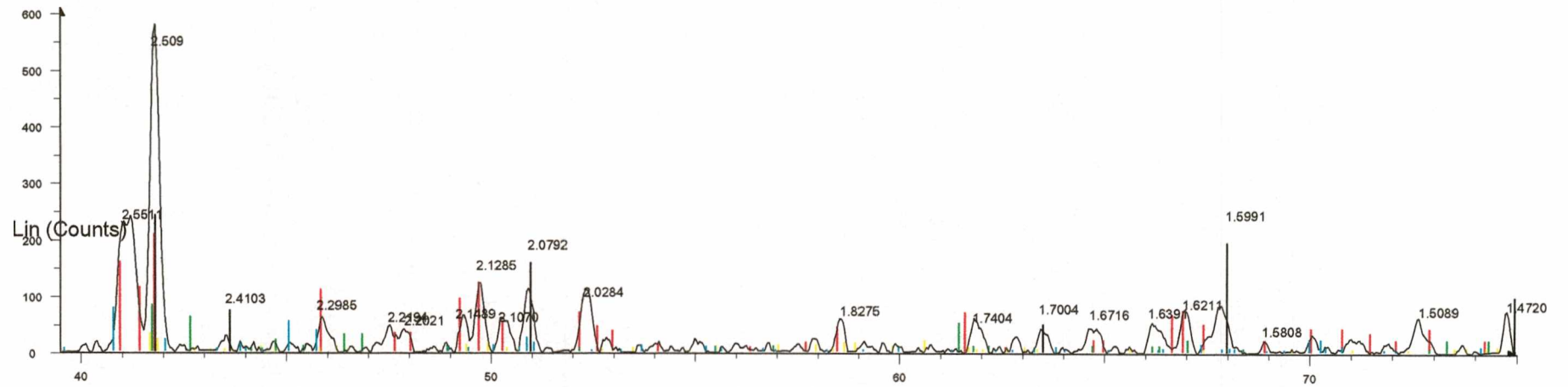
2-Theta - Scale

- TG-5a - File: TG-5a.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75.000
 Operations: Smooth 0.150 | Import
- plamki - File: Tg-5,1.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75.000
 Operations: Smooth 0.150 | Import
- 41-1483 (I) - Augite, aluminian - $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}+3, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ - Y: 83.33 % - d x
 07-0075 (D) - Forsterite - $2(\text{Mg}_{0.90}\text{Fe}_{0.10})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.00
 20-0572 (D) - Albite, disordered - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W
 41-1478 (*) - Analcime-C - $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - W

WG-11 leizna



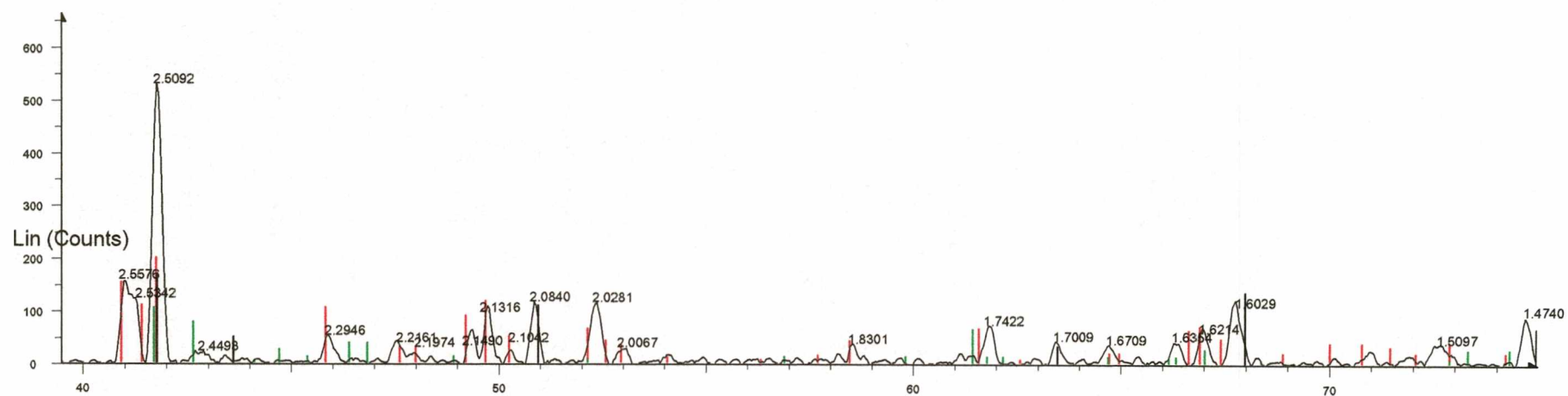
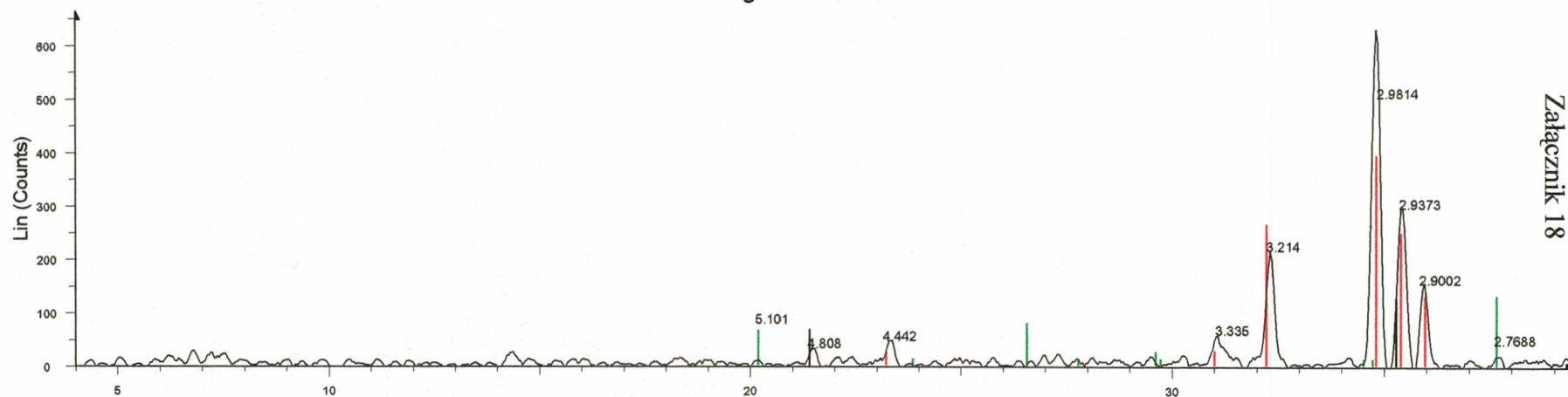
Załącznik 17



WG-11 leizna - File: Wg-11.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75.000 ° - Step: 0.040 ° - Step time: 2.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 3 s - 2
 Operations: Background 1.445,1.000 | Background 1.445,1.000 | Background 1.445,1.000 | Background 1.445,1.000 | Background 1.445,1.000 | Background 1.445,1.000

41-1483 (I) - Augite, aluminian - $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}^{+3}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ - Y: 66.67 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897
 07-0075 (D) - Forsterite - $2(\text{Mg}_{0.90}\text{Fe}_{0.10})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ - Y: 16.67 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897
 20-0572 (D) - Albite, disordered - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - Y: 22.92 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897
 35-0424 (*) - Nepheline, syn - NaAlSiO_4 - Y: 25.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897
 25-1376 (D) - Magnetite - $(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{Al}, \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Ti})_2\text{O}_4$ - Y: 39.58 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897

Tg-5 leizna



TG-5 - File: Tg-5.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 75.000 ° - Step: 0.040 ° - Step time: 2.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 8 s - 2-Theta: 4.0

Operations: Smooth 0.150 | Background 21.380,1.000 | Import

41-1483 (I) - Augite, aluminian - $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}+3, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ - Y: 62.50 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897

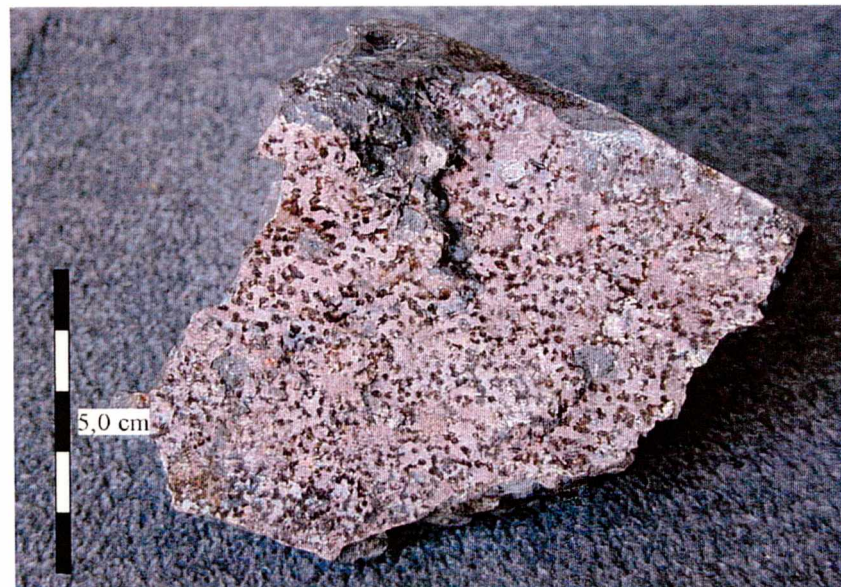
07-0075 (D) - Forsterite - $2(\text{Mg}_{0.90}\text{Fe}_{0.10})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ - Y: 20.83 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897

25-1376 (D) - Magnetite - $(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{Al}, \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Ti})_2\text{O}_4$ - Y: 27.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.78897

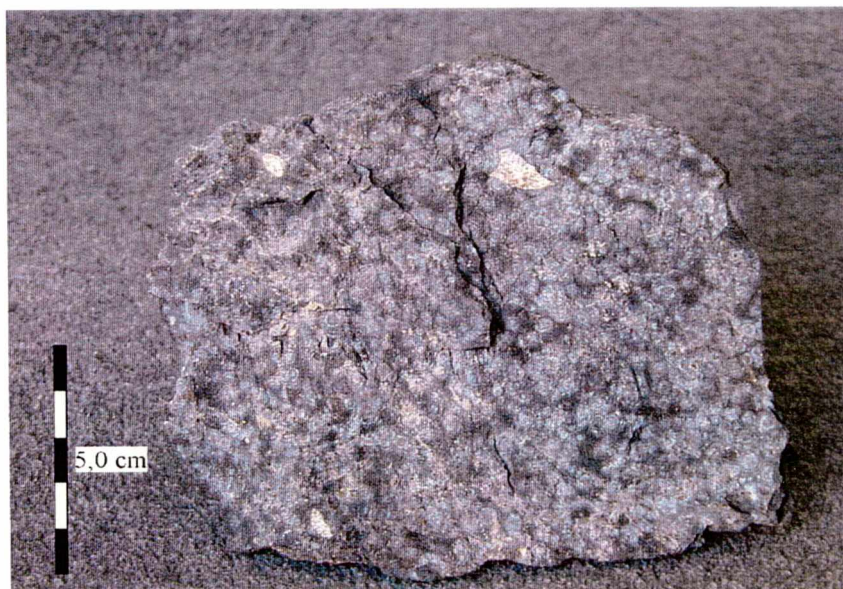
Tablice fotograficzne



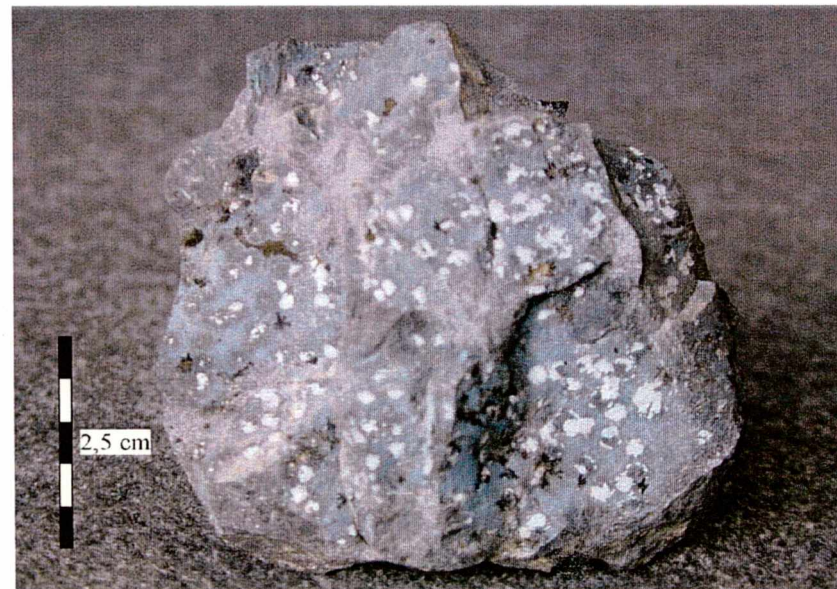
Fot. 1. Naloty mineralne mylone z oznakami zgorzeli (Rutki)



Fot. 2. Naloty i wykwity mineralne wizualnie zbliżone do zgorzeli o „plamkach” rudych (Winna Góra)



Fot. 3. Wykwity mineralne podobne do odbarwień zgorzelowych (Winna Góra)



Fot. 4. Naloty mineralne na powierzchni skały zgorzelowej (Winna Góra)



Fot. 5. Odbarwienia pseudogorzelowo
na jednej z powierzchni skały
(Trupień)



Fot. 6. Odbarwienia pseudogorzelowo
(Księginki)



Fot. 7. Nieregularne spękania bloku skalnego ze zgorzelowym
wnętrzem zasiedlone przez rośliny zielne i brzozę
(Gronowskie Wzgórze)



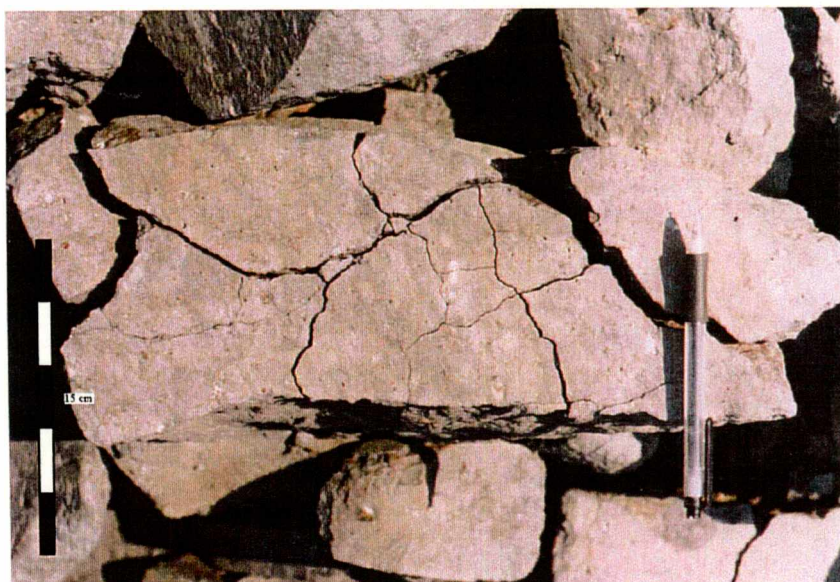
Fot. 8. Nieregularne spękania bloku zgorzelowego
zasiedlone przez trawy, wiązówkę bulwkowatą i brzozę
(Gronowskie Wzgórze)



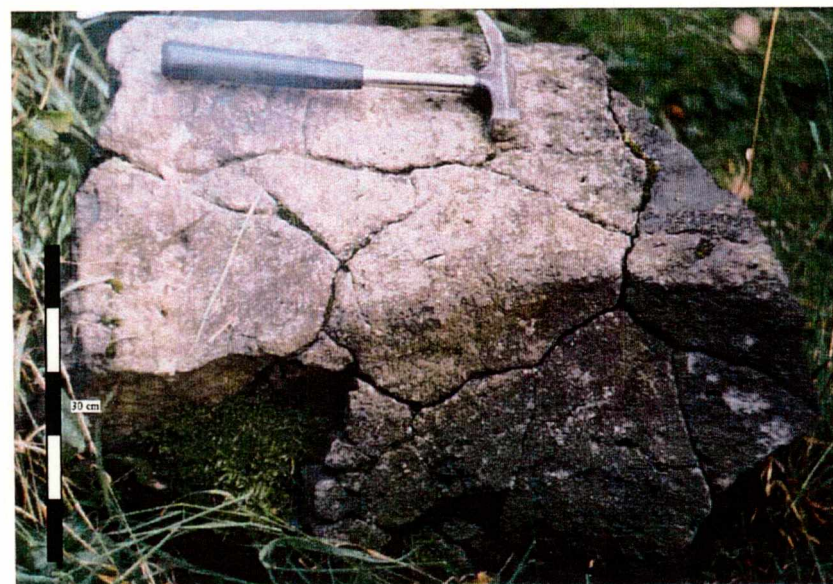
Fot. 9. Nieregularne spękania bloku zgorzelowego
(Gronowskie Wzgórze)



Fot. 10. Nieregularne spękania bloku zgorzelowego
(Trupień)



Fot. 11. Nieregularne spękania bloku zgorzelowego
(Trupień)



Fot. 12. Nieregularne spękania bloku zgorzelowego,
w większości „zabliźnione” i zasiedlone przez mech
(Bazaltowa Góra)



Fot. 13. Mech zasiedlający nieregularne spękania skały zgorzelowej (Mszana-Obłoga)



Fot. 14. Mchy i porosty w szczelinach bloków zgorzelowych (Pielgrzymka)



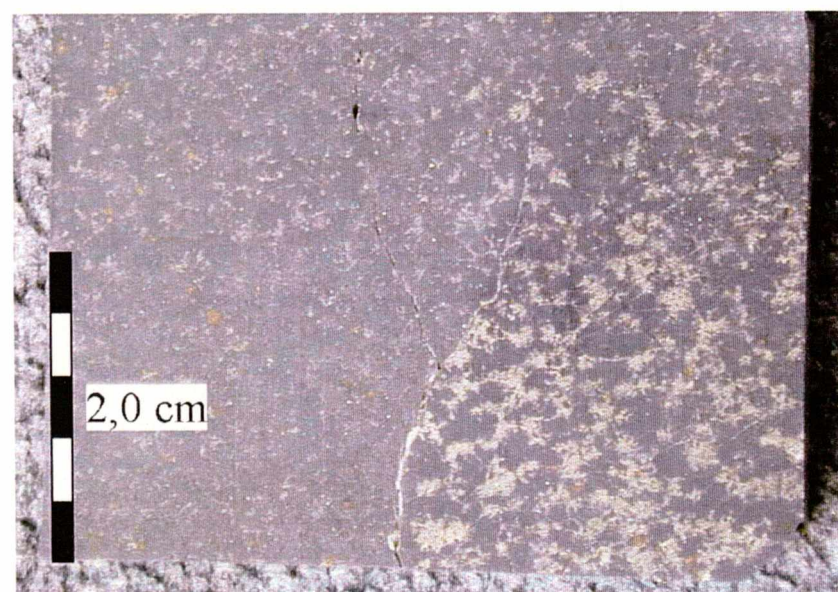
Fot. 15. Okrągłe „plamki” zgorzelowe
(Winna Góra)



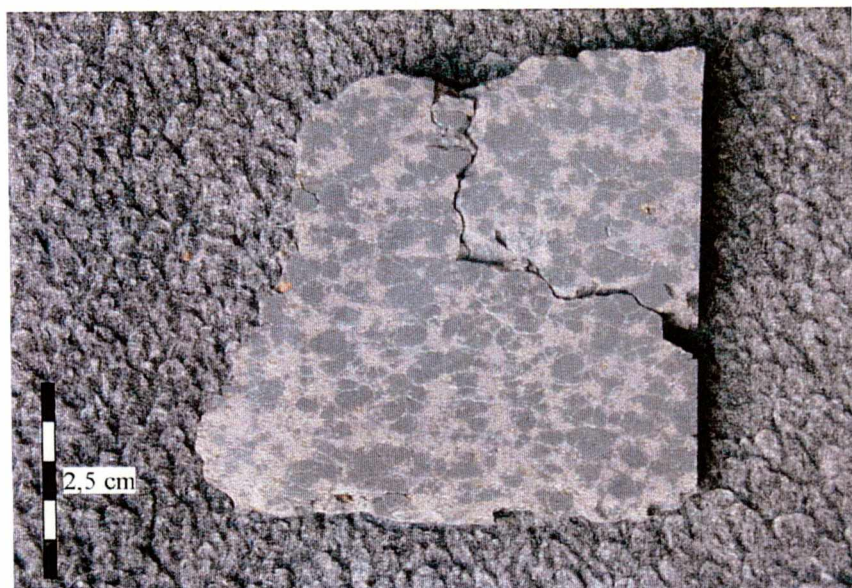
Fot. 16. Izometryczne „plamki” zgorzelowe
(Winna Góra)



Fot. 17. Odbarwienia zgorzelowe o kształtach gwiazdowatych
(Księginki)



Fot. 18. „Plamki” o nieregularnych kształtach
(Bazaltowa Góra)



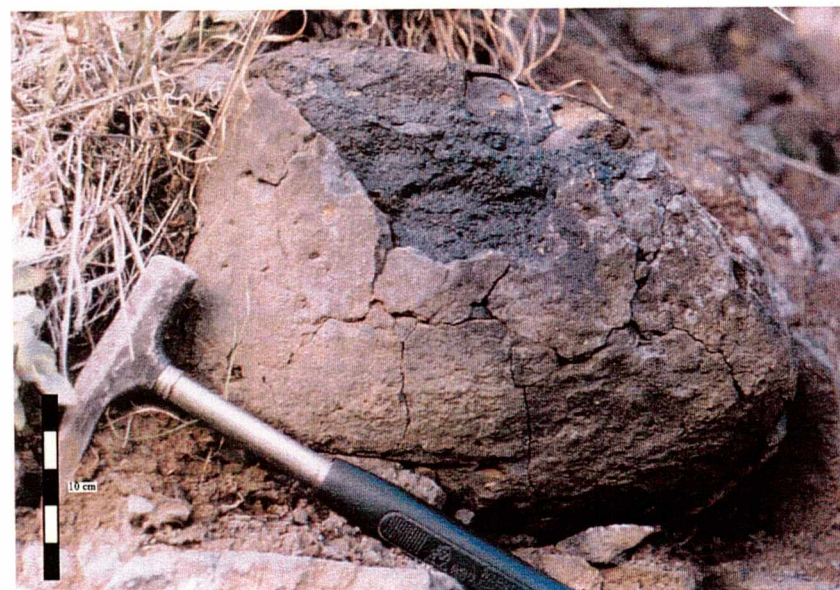
Fot. 19. Bazalt z przewagą substancji zgorzelowej
(Pilchowice)



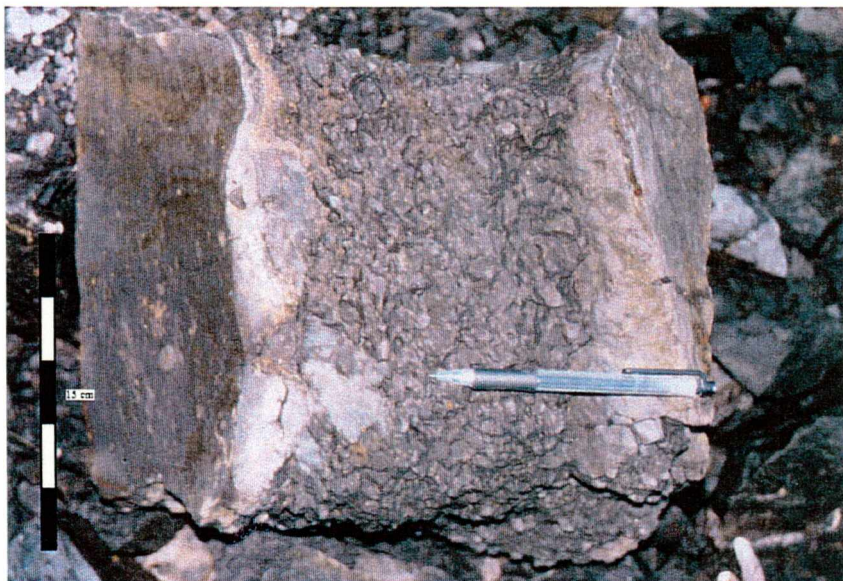
Fot. 20. Produkty samoczynnego rozpadu skały zgorzelowej
(Trupień)



Fot. 21. Skorupowa dezintegracja bloku zgorzelowego
(Bukowa Góra)



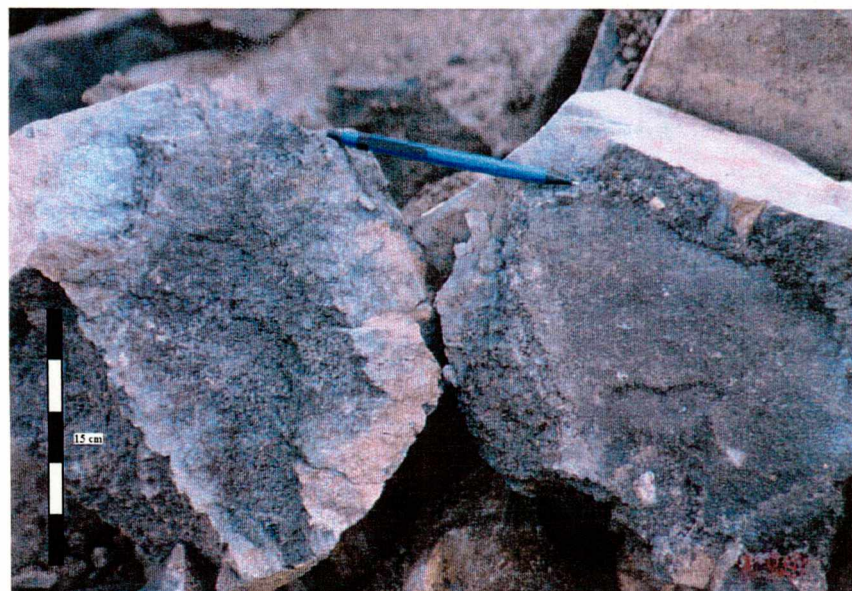
Fot. 22. Blok zgorzelowy o zaokrąglonym kształcie
(Pielgrzymka)



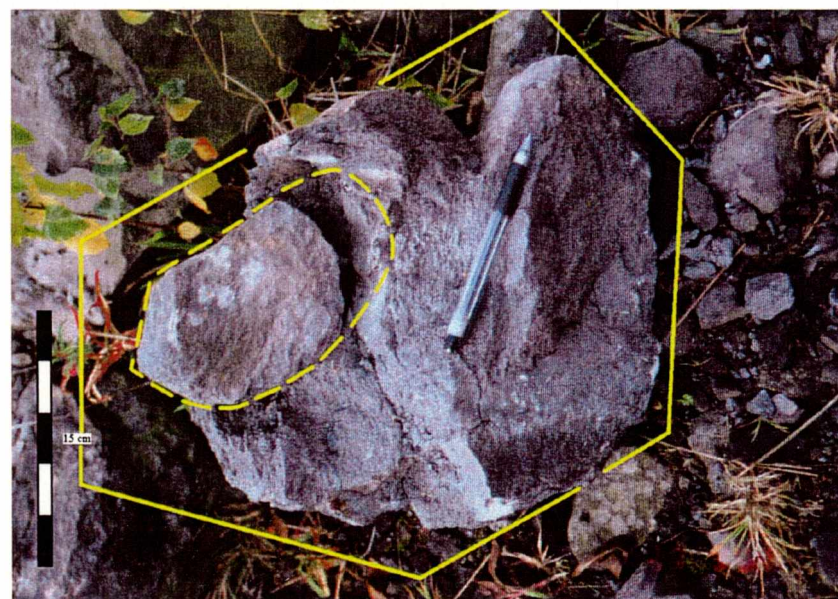
Fot. 23. Kora bezzgorzelowa słupa bazaltowego (Lutynia)



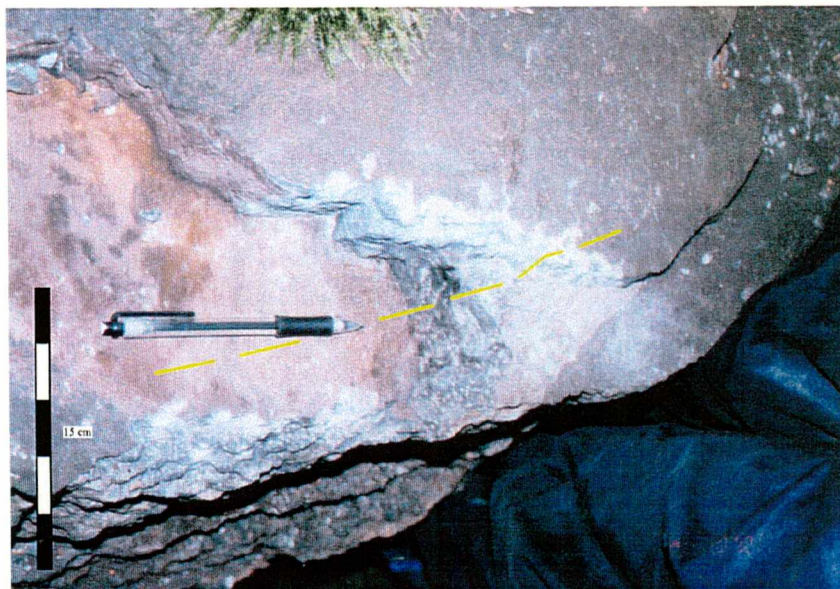
Fot. 24. Zgorzelowe wnętrze i bezzgorzelowa kora bloku skalnego z kamieniołomu Trupień (Zagożdżon, 2001)



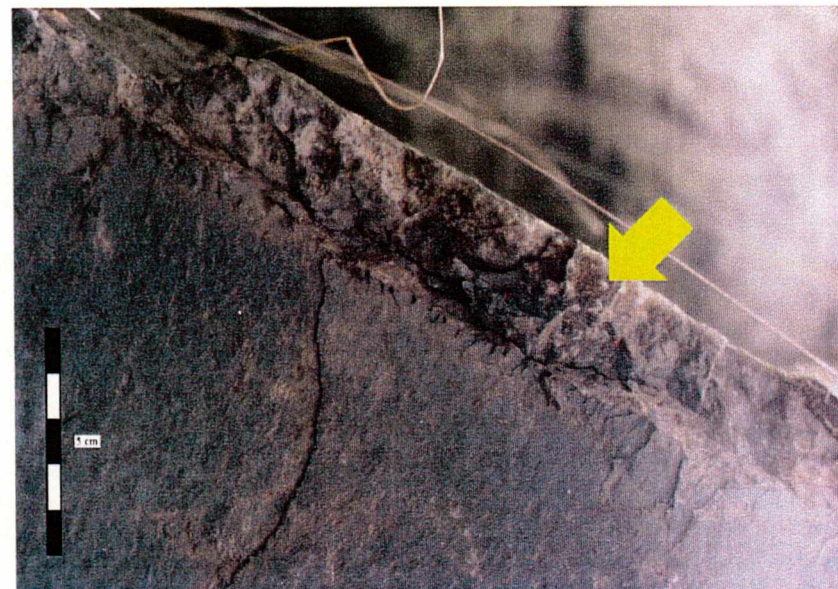
Fot. 25. Fragmenty słupów bazaltowych z bezzgorzelową korą (po lewej) i wnętrzem (po prawej) z kamieniołomu Krzeniów (Zagożdżon, 2001)



Fot. 26. Fragment bloku zgorzelowego z bezzgorzelowym jądrem z kamieniołomu Gronowskie Wzgórze; linia ciągła ukazuje pierwotny zarys słupa bazaltowego, linią przerywaną zaznaczono kontur bezzgorzelowego jądra (Zagożdżon, 2001)



Fot. 27. Zgorzel w peryferycznej części bloku skalnego (Kolec)



Fot. 28. Nieliczne „plamki” zgorzelowe występujące przy powierzchni słupa bazaltowego (Brzozy)



Fot. 29. Nieregularne strefy występowania „plamek” zgorzelowych w słupie bazaltowym (Targowica)



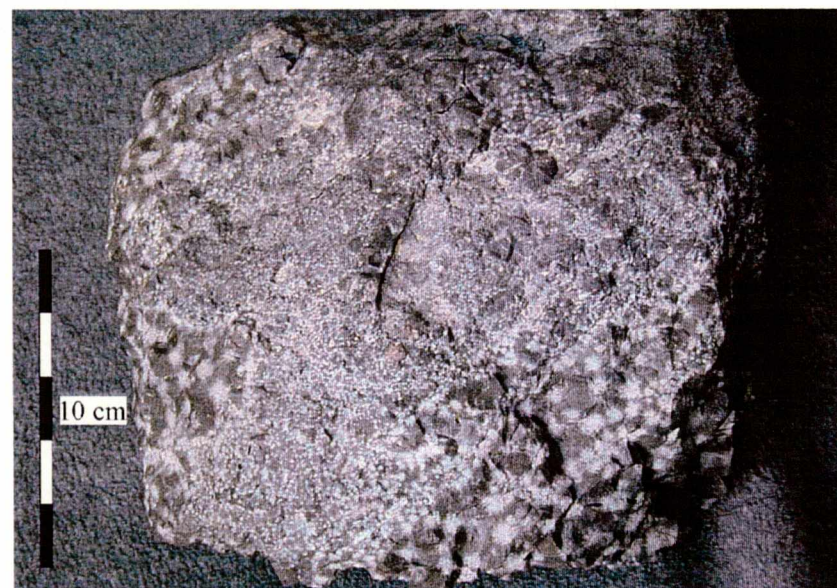
Fot. 30. Izolowane skupienia „plamek” zgorzelowych rozmieszczone nieregularnie w obrębie słupa bazaltowego (Trupień)



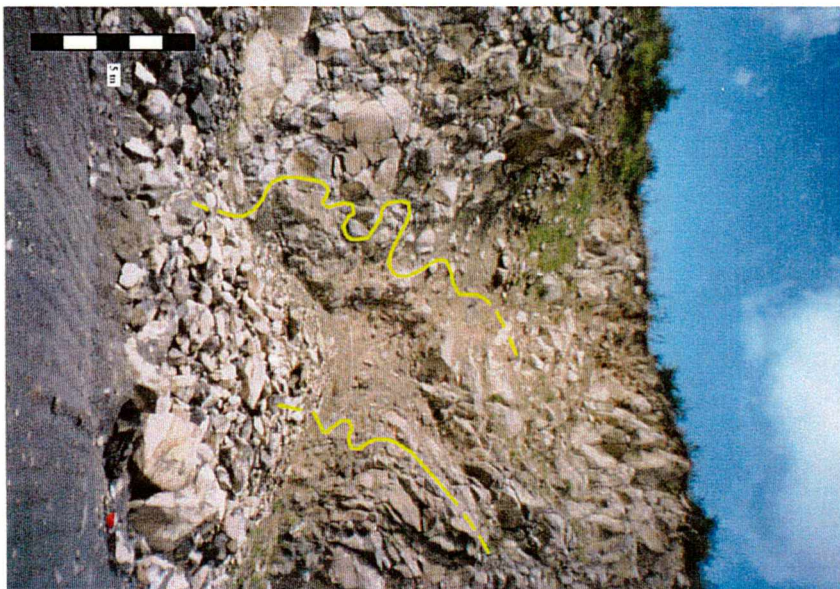
Fot. 31. Fragment skały zgorzelowej na kontakcie bazaltu i skał osłony
(Gracze)



Fot. 32. Szliropodobna strefa występowania „plamek” drobnych
w obrębie skały grubozgorzelowej
(Winna Góra)



Fot. 33. Nieregularna strefa drobnozgorzelowa zawierająca
fragmenty bezzgorzelowe lub ciała z „plamkami”
o większych rozmiarach
(Winna Góra)



Fot. 34. Kontur strefy zgorzelowej o nieregularnym kształcie z kamieniołomu Winna Góra (Zagożdżon, 1998)



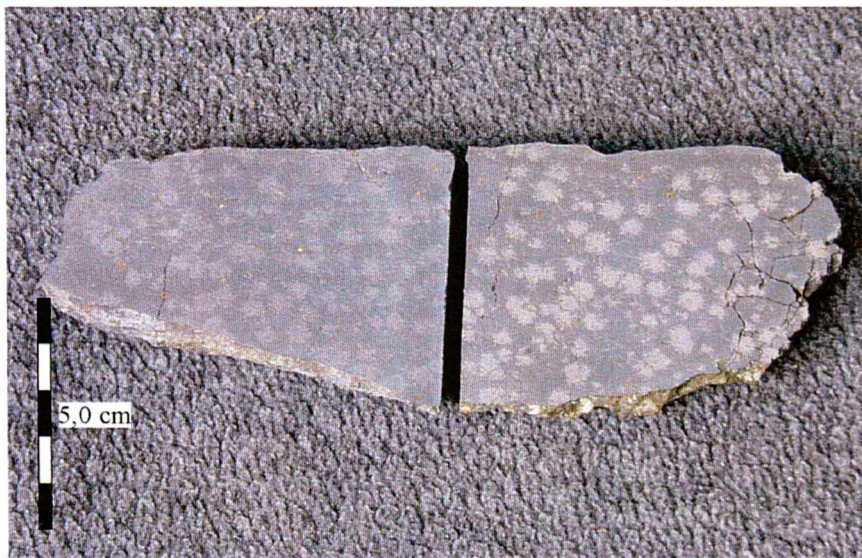
Fot. 35. Strefa występowania bazaltu zgorzelowego w kamieniołomie Lutynia



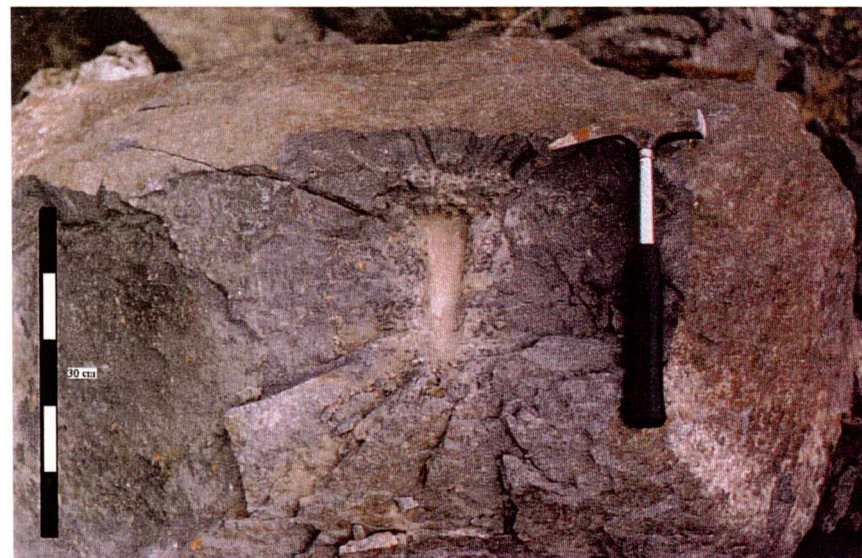
Fot. 36. Ciało zgorzelowe w formie soczewy (Targowica)



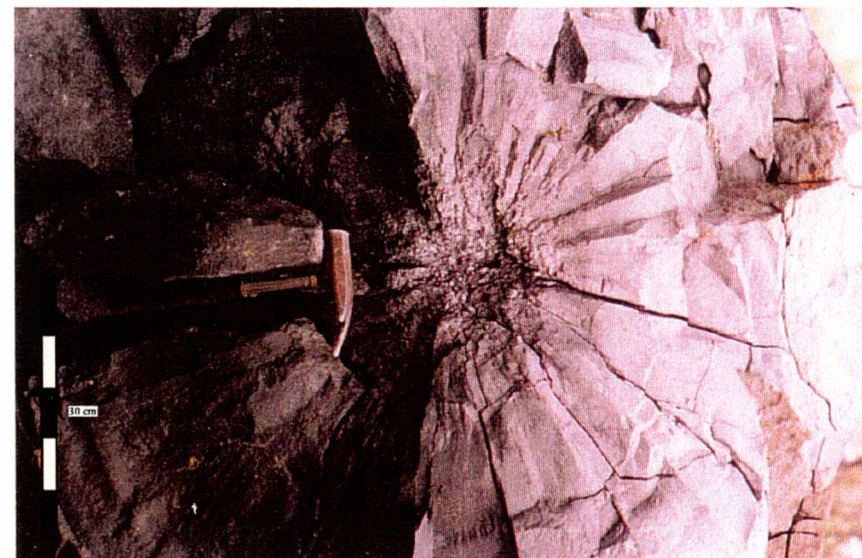
Fot. 37. „Plamki” zgorzelowe rude w skale o teksturze porowatej (Winna Góra)



Fot. 38. Próbką bazaltu słabo zgorzelowego ze złoża Uniegoszcz I przed (z lewej) i po (z prawej) 49-godzinny gotowaniu w wodzie destylowanej



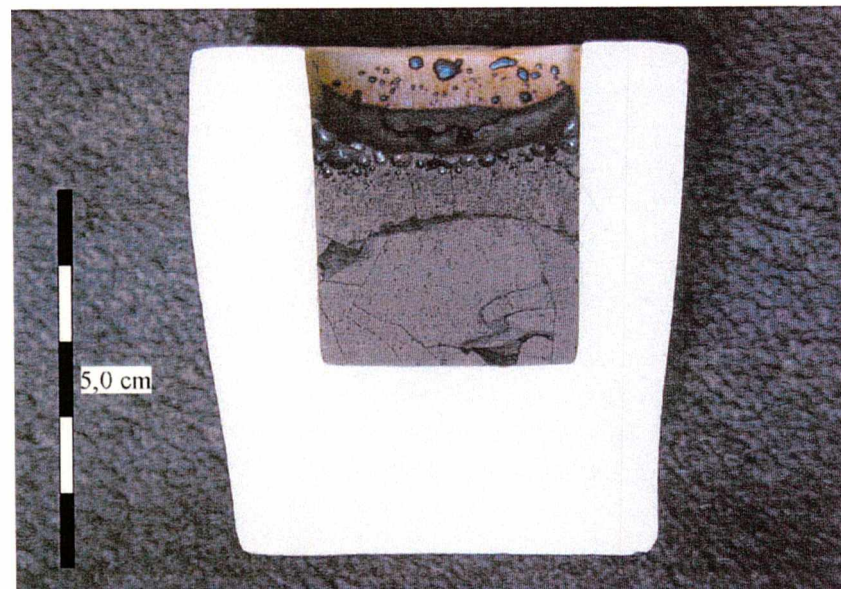
Fot. 39. Zgorzel bazaltowa w otoczeniu dna otworu strzałowego w rozstrzelonym rozszczepkowo bloku skalnym (Księginki)



Fot. 40, 41. Zgorzel w strefie przylegającej do miejsca wybuchu; rezultat strzelania nakładkowego (Księginki)



Fot. 42. Zgorzel w miejscu eksplozji nakładkowej (Bukowa Góra)



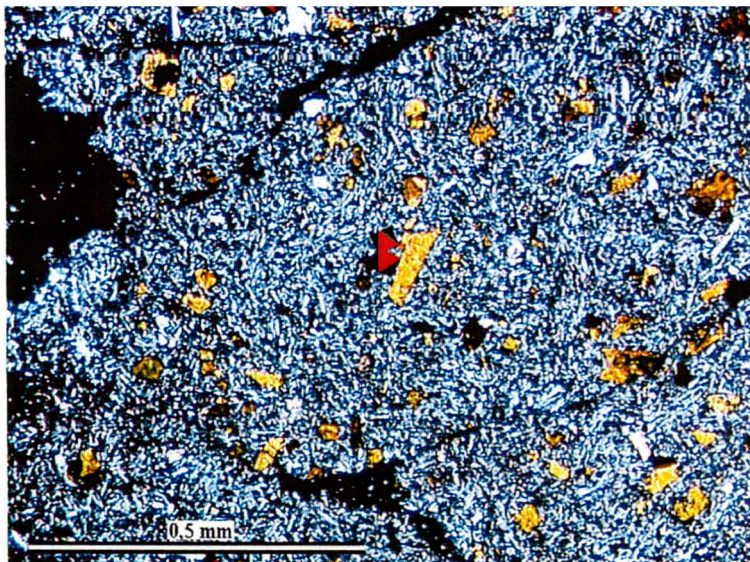
Fot. 43. Przekrój tygla ceramicznego z próbką leizny bazaltowej uzyskanej z przetopienia bazaltu zgorzelowego z Winnej Góry



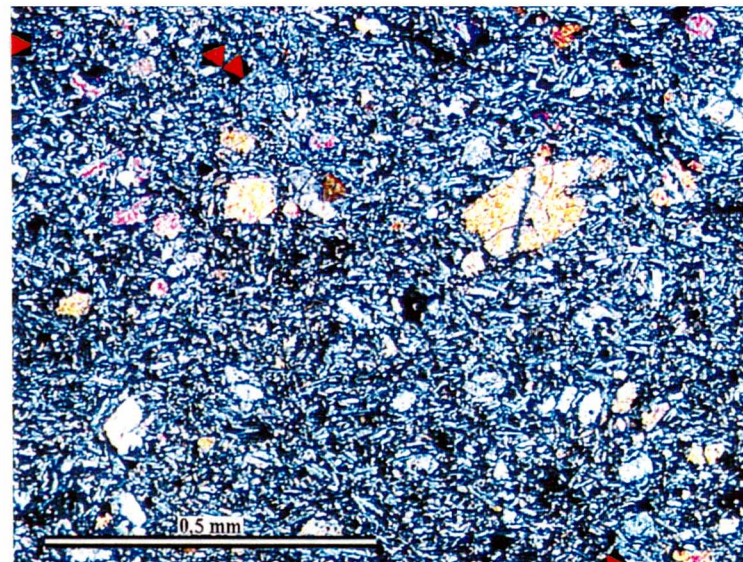
Fot. 44. Bloki zgorzelowe w murze okalającym zabytkowy park w Jerzmankach k. Zgorzelca



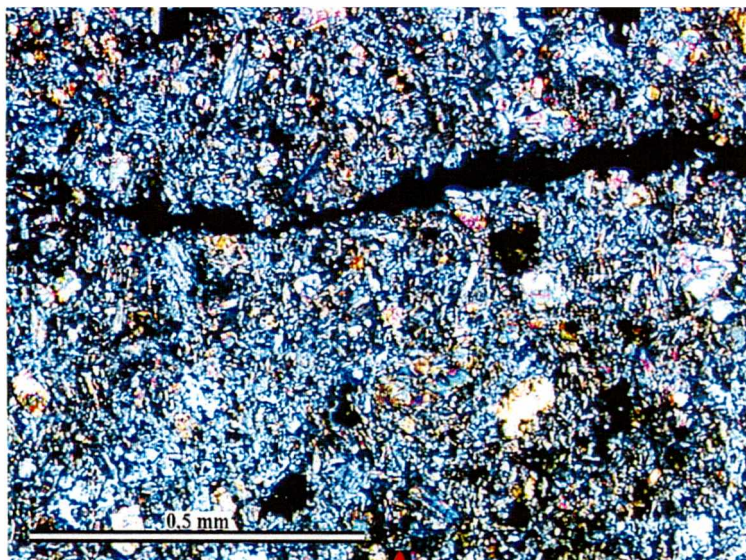
Fot. 45. Budynek gospodarczy w Łękocinie k. Zgorzelca zbudowany częściowo z bloków zgorzelowych



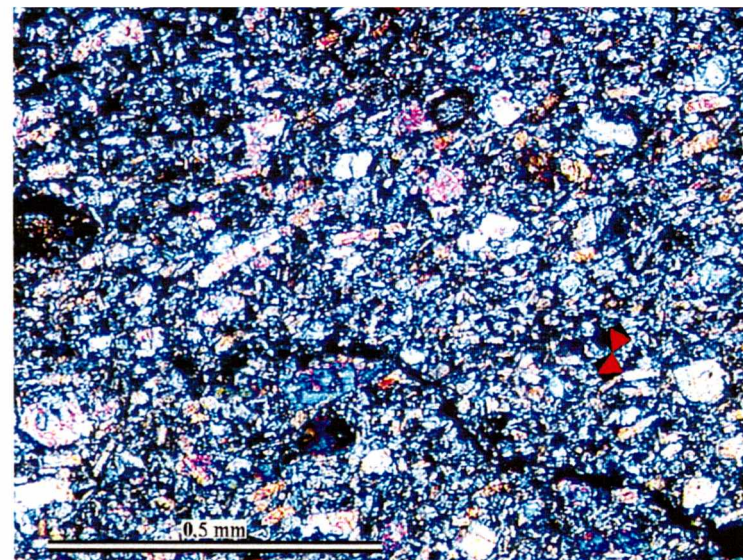
Fot. 46. Brak zróżnicowania strukturalnego i teksturalnego skały zgorzelowej; widoczne szczeliny włosowate wygasają w obrębie „plamki” (po lewej) oraz obszerne wykruszenie (pow. 50×; nikole skrzyżowane; Winna Góra)



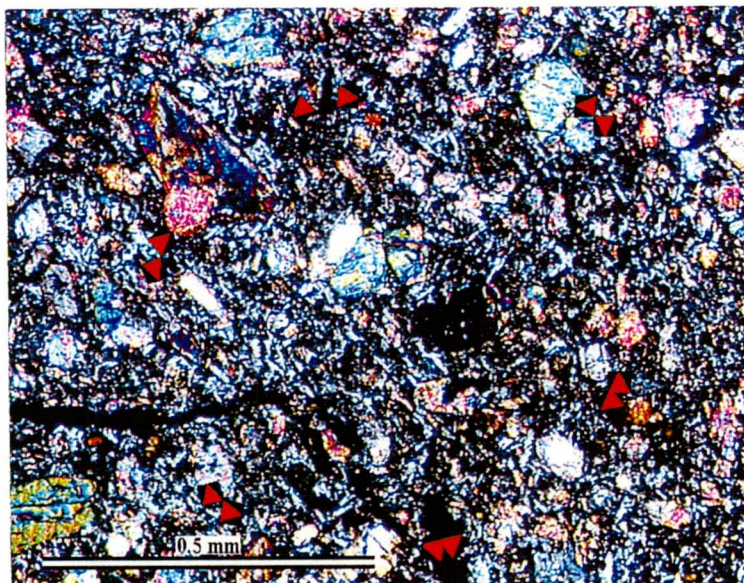
Fot. 47. Brak zmienności strukturalno-teksturalnej i mineralogicznej skały zgorzelowej („plamka” po lewej) (pow. 50×; nikole skrzyżowane; Winna Góra)



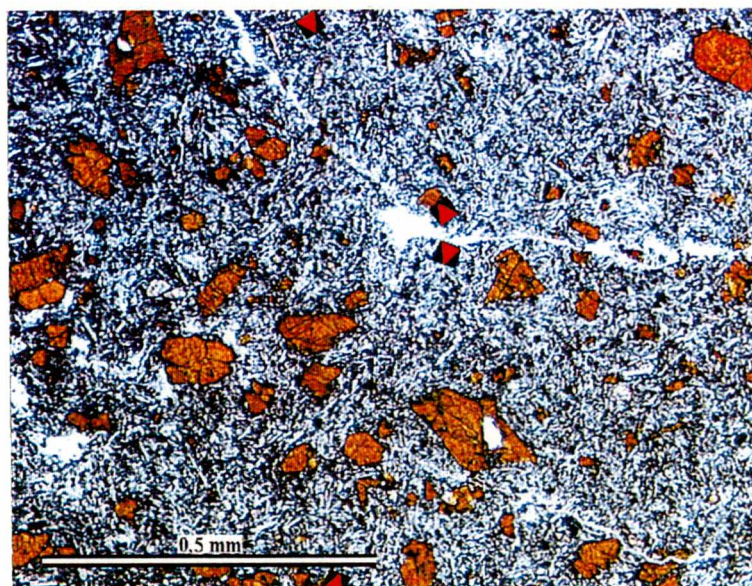
Fot. 48. Brak zmienności skały zgorzelowej oraz szczelina włosowata wygasająca w obrębie „plamki” (po lewej) (pow. 50×; nikole skrzyżowane; Lutynia)



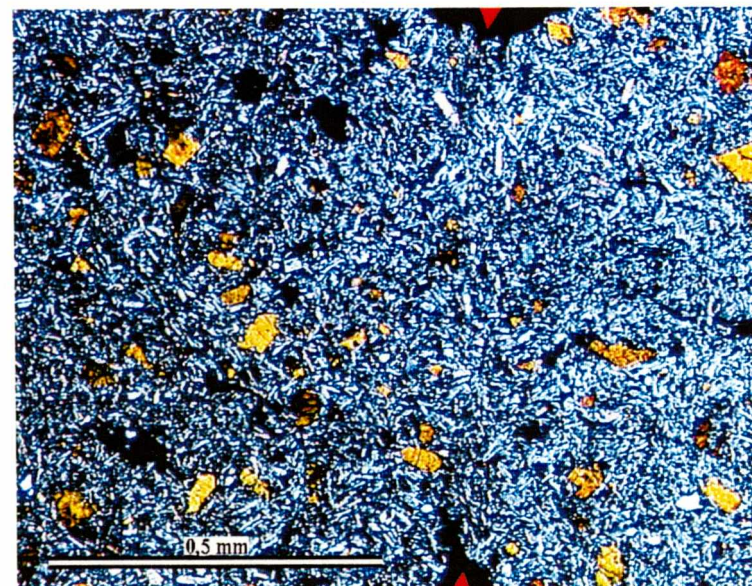
Fot. 49. Wyraźna tekstura kierunkowa oraz skład mineralny nie ulegające zmianie w obrębie zgorzelowej i zdrowej części skały; szczelina włosowata zanikająca w obrębie „plamki” (po lewej) (pow. 50×; nikole skrzyżowane; Gracze)



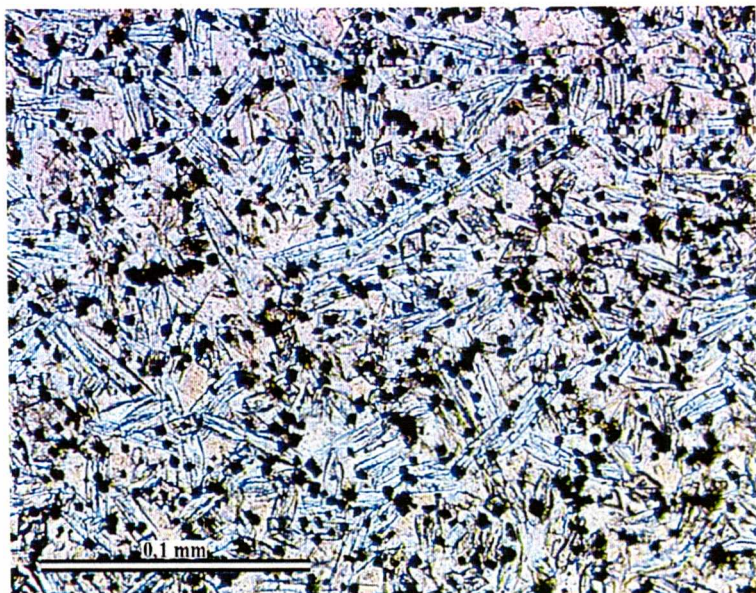
Fot. 50. Brak zmienności budowy skały pomiędzy „plamką” (w centrum) a zdrową częścią skały (pow. 50×; nikole skrzyżowane; Wilcza Góra)



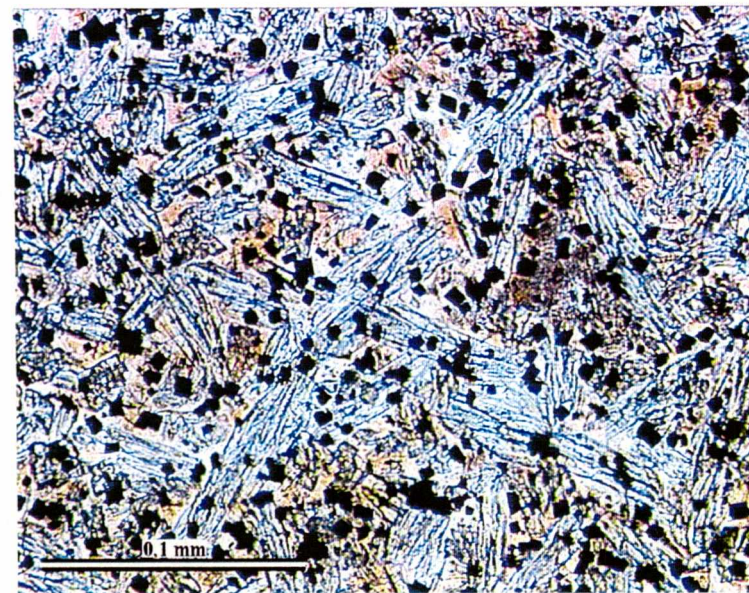
Fot. 51. Sciemnienie w obrębie „plamki” zgorzelowej (po lewej) (pow. 50×; 1 nikol; Winna Góra)



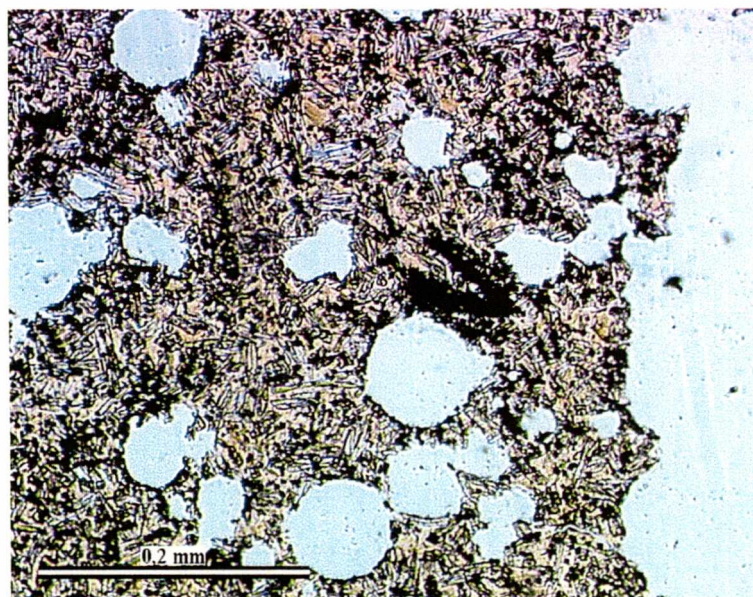
Fot. 52. Sciemnienie w obrębie „plamki” zgorzelowej (po lewej) wynikające z obecności licznych wykruszeń (pow. 50×; nikole skrzyżowane; Winna Góra)



Fot. 53. Ogólny widok leizny bazaltowej uzyskanej ze skały z kamieniołomu Winna Góra (pow. 200×; 1 nikol)



Fot. 54. Ogólny widok leizny bazaltowej uzyskanej ze skały z kamieniołomu Targowica (pow. 200×; 1 nikol)



Fot. 55. Przypowierzchniowa strefa próbki leizny bazaltowej (pow. 100×; 1 nikol; Winna Góra)