



# Geo-Science Education Journal

Jul-Dec 2016 Volume 2 (3) ISSN: 2450-7229

[journals.mahuber.com/](http://journals.mahuber.com/)

[email@geoledujour@gmail.com](mailto:email@geoledujour@gmail.com)

-Huber Publisher-

**Editor-in-Chief** Miłosz Andrzej Huber

*Maria Curie –Skłodowska University, Lublin, Poland*

**Redaction residence:** Miłosz Andrzej Huber, 22  
Bartla st, 30-389 Kraków, Poland.

## **Co-Editors (Thematic Editors)**

Tomasz M. Karpiński –biological sciences  
University of Medical Sciences, Poznań, Poland

Galina Zhigunova – earth sciences  
Murmansk State Humanitary University, Russia

## **Statistic Editor**

Olga Jakovleva, Lublin, Poland

## **Language Editor**

Davor Kredic, *Chicago, USA*

## **Scientific Editorial Board**

Artem Mokrushin, *Apatity, Russia*

Victoria Pantyley, *Atlanta, USA/Lublin, Poland*

Alex Rocholl, *GFZ Potsdam, Germany*

Nikolai Kozlov, *Murmansk State Technical  
University, Apatity Russia.*

Sándor Kele, *Hungarian Academy of Sciences,  
Budapest, Hungary.*

## **List of Peer-Reviewers**

<http://www.journals.mahuber.com/index.php/gsej/pages/view/reviewers>

## **Author Guidelines**

<http://www.journals.mahuber.com/index.php/gsej/about/submissions>

## **More information**

<http://www.journals.mahuber.com/index.php/gsej>

## **DISCLAIMER**

The Publisher and Editors cannot be held responsible for errors and any consequences arising from the use of information contained in this journal; the views and opinions expressed do not necessarily reflect those of the Publisher and Editors, neither does the publication of advertisements constitute any endorsement by the Publisher and Editors of the products advertised.

**Cover:** <http://openwalls.com/image?id=20115>, Licence Creative Commons Attribution 3.0 Unported (CC BY 3.0)

**Copyright:** © The Author(s) 2016. Geo-Science Education Journal © 2016 M.A.Huber. All articles and abstracts are openaccess, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License, which permits unrestricted, non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

## 3.7 miliarda lat historii Ziemi na płw. Kola, wartość naukowa i dydaktyczna regionu północnej tarczy bałtyckiej

Huber Miłosz<sup>1</sup>, Bayanova Tamara B.<sup>2</sup>, Neradovsky Yuriy N.<sup>2</sup>,  
Mokrushin Artem V.<sup>2</sup>, Lata Lesia<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Maria Curie-Skłodowska University, Department of Geology and Lithosphere Protection, 2 cd Kraśnicka St., 20-718 Lublin, Poland; e-mail: mhuber@poczta.umcs.lublin.pl, corresponding author.

<sup>2</sup>Geological Institute of the Kola Science Center, Russian Academy of Science, 14 Fersmana St. 184209 Apatity Russia, Russia, e-mail: nerad@geoksc.apatity.ru

<sup>3</sup>Maria Curie-Skłodowska University, Earth Science and Spatial Management Faculty, Soil Science and soil Protection Department, 2 cd Kraśnicka St., 20-718 Lublin, Poland;

### ABSTRACT

Kola Peninsula is located entirely after arctic circle, is the northern part of the Baltic Shield. The area is built from several units - terrains: Murmansk, Kola and Belamoryian among which are build with archaic igneous and metamorphic rocks, showing key to understanding this period products. In the area of the Kola Peninsula are also a number of alkaline igneous rocks, layered and alkaline intrusion. Among them is often very interesting mineralization. Between Kola and Belamoryian series there are present a Proterozoic collisional structure called the Lapland Granulite Belt, which is also characterized by unusual rocks. The oldest migmatite-granite-gneiss are dated to 3.9 Ga (U-Pb), which means that they are also the oldest known rocks in Europe! At this mosaic rock imposes numerous alkaline intrusions with rare minerals. The whole is a remarkable example of an interesting geological structure, which, due to the prevailing natural conditions and exposure of rocks in the area is essentially fully exposed and accessible to all who want to explore the geological history of the Earth.

**KEYWORDS:** Kola Peninsula, Baltic shield, geology, petrology.

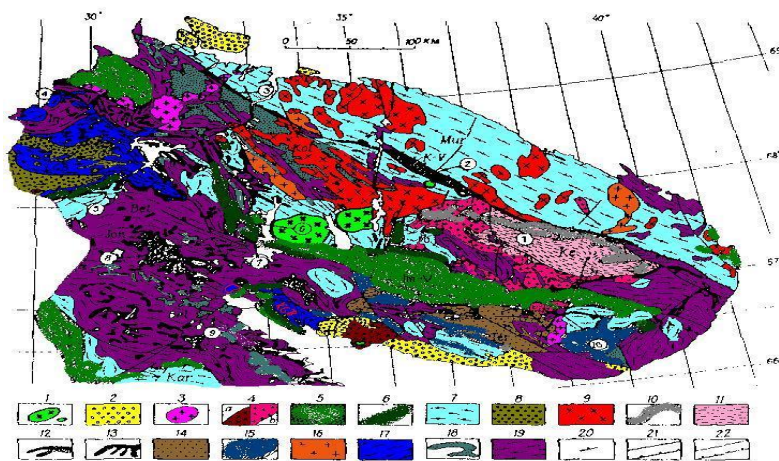
### 1. INTRODUCTION

Płw Kolski znajduje się w północnej części kratonu wschodnioeuropejskiego (EEC) stanowiąc region unikatowy, nie tylko w skali Europy, w którym odsłaniają się bardzo różnorodne skały podłoża krystalicznego oraz utwory towarzyszące związane z magmatyzmem kontynentalnym o charakterze zasadowym i alkalicznym [1,2,4,8,25,28.30,35]. Obszar ten w chwili obecnej jest intensywnie badany ze względu na interesujące złoża oraz minerały, z których wiele zostało odkrytych właśnie na płw kolskim [6, 9, 13, 27, 41, 49, 54, 61].

Płw. Kolski stanowi północno – wschodnią część Skandynawii, znajdując się pomiędzy 28°25' – 41°26' długości geograficznej wschodniej i 66°03' – 69°57' szerokości geograficznej północnej. Jest to teren w całości położony za Kołem Podbiegunowym Północnym. Administracyjnie należy on wraz z terenami przyległymi do okręgu Murmańskiego. Wpływa to także na stosunkowo skąpą roślinność i dobrą ekspozycję utworów skalnych odsłaniających się w różnych częściach półwyspu. W niektórych miejscach występują tu miąższe pokrywy osadów plejstocenijskich i holocenijskich oraz

liczne jeziora w zagłębieniach o różnym charakterze. Północna część kratonu Wschodnioeuropejskiego odsłaniająca się na powierzchni terenu (tarcza bałtycka) to mozaika różnych utworów magmowych, metamorficznych i osadowych zaliczanych głównie do proterozoiku i archaiku oraz nielicznych młodszych skał, reprezentujących fanerozoik wśród których warto zaliczyć paleozoiczne intruzje magmowe związane z

działalnością kontynentalnego magmatyzmu alkalicznego (fig 1) [1, 5, 11, 15, 18, 29, 50, 53, 56]. Jest to teren w którym można doświadczyć śladów wielu niezwykle procesów geologicznych w bardzo długiej zapisanej historii Ziemi. W dodatku można tam dojechać pociągiem i samolotem a samochodem z Polski jedzie się tam trzy dni. Jest to to zatem stosunkowo niedaleki obszar oddalony o około trzy tysiące km na północ.



LEGENDA:  
1- Kontury paleozoicznych intruzji, 2-osadowe skały górnoproterozoiczne, Wczesny proterozoik 3-granity, granodiority i dioryty, 4-Charnokity, granity(a), alkaliczne granity(b), 5-wulkanogenno-osadowe skały, 6-anortozyty, 7-granulity średniego i zasadowego składu, 8-granulity kwaśne. Późny archaik 9-granodiority, 10 –glinokrzemianowe i superglinokrzemianowe gnejsy i tępki, 11-kwaśne gnejsy, 12-fragmenty zielenicowych pasów (gnejsy, amfibolity i metakomatyty), fragmenty żelazorudnych formacji (gnejsy, amfibolity i żelaziste kwarcyty), 14 –gnejsy i tępki, 15-gnejsy i amfibolity, 16- granodiority i dioryty, 17- plagiogranity i granitognejsy, 18-cyanitowo – granatowo –biotytowe gnejsy, 19–granitognejsy, gnejsy i migmatyty i rzadko amfibolity, 20- elementy zalegania, 21 –poziome uskoki i nasunięcia rozrywające proterozoiczne terrany, 22- pionowe uskoki i nasunięcia.

Fig 1. Schematyczne rozmieszczenie utworów geologicznych na płw. Kola ([57], zmieniona przez autora).

## 2. METODYKA

Reprezentowane poniżej przykłady skał zostały zebrane przez autora w wyniku długoletnich ekspedycji w latach 1999-2016, podczas których dokonywano systematycznych prac terenowych, pobierano próby, rysowano szkice geologiczne a następnie próbki te zostały poddane procesom obróbki w celu uzyskania preparatów płytek cienkich, frakcji proszków monomineralnych, roztworów do badań chemicznych itp. Wykonano szereg analiz takich jak badania za pomocą mikroskopu optycznego i elektronowego z przystawką EDS, badania za pomocą techniki rentgenowskiej (XRD, XRF) i spektroskopii w podczerwieni (IR), analizy geochemiczne (ICP) i izotopowe (izotopy siarki, tlenu, węgla) oraz wiele innych. Badania te przeprowadzono głównie w Zakładzie Geologii i Ochrony Litosfery na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS w Lublinie.

Niektóre analizy przeprowadzono także w Instytucie Fizyki UMCS, w Uniwersytecie Nauki i techniki AGH oraz Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie a także w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie.

## 3. REZULTATY

Płw. Kolski zbudowany jest z wydzielonych płyt-terranych: kolskiego, białomorskiego oraz bloku murmańska [1, 4, 10, 20, 37, 38, 43, 48]. Blok Białomorski i Kolski złączone są ze sobą strefami kolizji z występującym tam pasem Granulitowym oraz licznymi intruzjami skał zasadowych [20, 37, 38, 51, 57, 59]. Blok Kolski i Murmańska rozdziela głęboki rozłam [25,37,38]. Około 2,4 Ga po kolizji serii kolskiej i białomorskiej doszło do konsolidacji płw. Kolskiego [46,48,50]. Płyta kolska stanowi terran kolski, zaś płyta białomorska jest północnym fragmentem terranu karelskiego [49,50, 57, 63].

Na płw. Kola odsłania się wiele niezwykłych skał, które związane są z bogatą, liczącą sobie prawie 4mld lat historią tego regionu (niepublikowane dane Bayanovej, 2015). Najstarsze skały to gnejsy z granatami, grafitem, mineralizacją polimetaliczną odsłaniające się w północnej części bloku Kolskiego w okolicy Murmańska (3,7Ga)[49]. Nieco dalej na południe występują niezwykle formacje BIF z Olenegorska, reprezentowane przez rudy magnetytowo-kwarcowe, powstałe w czasach gdy w atmosferze jeszcze nie było tlenu (2,6Ga)[57]. Kolejnym niezwykłym miejscem jest Masyw Monchegorska –ultrasasadową intruzją z mineralizacją Cr, Ni, Cu oraz platynowców (2,4Ga)[41]. Podobne utwory są w Piechandze i Fiodoro-Panskich Tundrach. Na południu płw. znajduje się późno archaiczną strefa kolizyjna zwana Laplandzkim Pasem Granulitowym z licznymi metamorfityami o wieku 2,8-2,4Ga[3,34]. Znajdują się tam też liczne różnowiekowe formacje metamorficzne (masyw Achinski, Caginski -3, itp.)[41]. Na płw. Znajdują się liczne stare lawy komatytowe, kimberlity oraz różnego rodzaju i wieku granitoidy [56,57]. Z kolei w centrum płw. znajdują się liczne młode intruzje kontynentalnego magmatyzmu o wieku 350milionów lat. Masyw Chibiński i Lowozierski –zbudowane ze skał alkalicznych

(sjenitowych)[9,35]. To tylko kilka przykładów, których badania dostarczają niezwykłych informacji o formowaniu się skorupy ziemskiej w tym długim czasie oraz procesach towarzyszących temu formowaniu się.

### 3.2. Granitognejsy okolic Murmańska

Znajdujący się na terenie miasta Murmańsk kompleks skał krystalicznych jest zaliczany przez badaczy do najstarszych skał serii Kolskiej [5,51, 57], która w niedalekim sąsiedztwie kontaktuje z utworami Bloku Murmańska. Zbadane parametamorfity zostały wydatowane metodą U-Pb na wiek 3.9Ga (niepublikowane dane Bayanovej, 2015) co czyni te utwory jednymi z najstarszych w Tarczy Bałtyckiej i na Ziemi. Jest to kompleks skał które uległy wielokrotnemu metamorfizmowi, posiadające liczne utwory o charakterze intruzyjnym oraz ultrametamorficznym [44]. Skały te stanowią przedmiot analiz petrologiczno-geochemicznych w celu ukazania złożonej ich historii, oraz interesującej mineralizacji związanej z szeregiem procesów późniejszych i wtórnych zachodzących w tych skałach. Badania petrograficzne wykazały współwystępowanie kompleksu skał które zostały zmetamorfizowane w facji granulitowej i amfibolitowe [16,17,19,20,30,49,51,56].

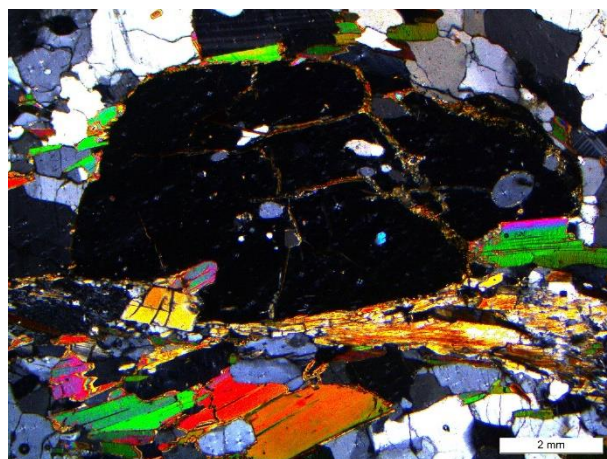
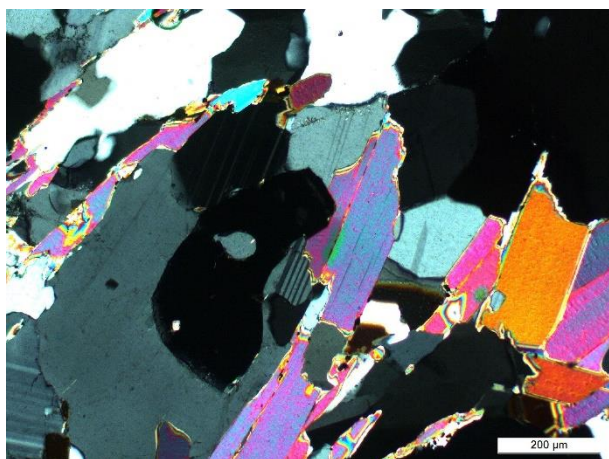


Fig 2. Polimetamorficzne gnejsy z okolic Murmańska zbudowane są głównie z plagioklazów, kwarcu, biotyty oraz granatów. W niektórych miejscach silnych deformacji pojawia się staurolit i sillimanit (po prawej).

Gnejsy to skały mikowo-granatowe z plagioklazami, kwarcem niekiedy także

sillimanitem oraz szeregiem minerałów akcesorycznych. W próbkach tych szczególnie

interesujące są liczne procesy wtórne. Wskazują na nie granaty będące w efekcie roztworem stałym zbudowanym z różnego udziału poszczególnych cząsteczek, prawdopodobnie związanych z krystalizacją w różnych warunkach. Obecne liczne fazy takie jak pirokseny, amfibole, łyszczyki wskazują na procesy zastępowania minerałów maficznych w wyniku różnych stadiów metamorfizmu skały. Szczególnie interesujące są minerały akcesoryczne w których można wyróżnić liczne rodzaje siarczków w tym piryt, galenę, oraz baryt a także kilka generacji apatytów. W skale występują zarówno zwyczajne apatyty jak i minerały bogate w pierwiastki grupy cerowej. Te ostatnie wskazują na kontaminacje fluidów związana zapewne z procesami hydrotermalnymi, towarzyszącymi licznym alkalicznym intruzjom towarzyszącym w tym regionie skał [26,35,42]. W skałach tych widoczne są także liczne procesy kinematyczne o charakterze dysjunktywnym oraz częściowo plastycznym. Podkreślone są one przez struktury wrzecionoblastów, a także wciski, strefy poślizgowe jak i mikroflexuralne podkreślone przez łyszczyki i staurolit. Struktury te obecne są przede wszystkim w strefach uskokowych rozłamów towarzyszących Kolskiemu zalewowi, które w trakcie powstawania zapewne

wywarły wpływ na otaczające skały. Obecność tych procesów oraz licznych żył przecinających niniejsze skały wskazuje na zaawansowane procesy mobilności tego regionu w trakcie jego rozbudowanej historii istnienia

### 3.3. Formacja BiF z Oleniegorka, Masyw Cagiński

Oleniegorsk to masyw znajdujący się nieco na północ od Chibin (najwyższego masywu górskiego na Kola). Jest reprezentowany głównie przez utwory kwarcowo-żelaziste (magnetytowe) reprezentujące formacje BIF (Banded Iron Formation). Są to utwory warstwowe które prawdopodobnie powstały w czasach gdy na powierzchni ziemi jeszcze nie było tlenu w atmosferze [3,20,50,57]. Skały te powstawały ówczesnie w dnie mórz jako produkt bakterii anaerobowych, które przyczyniały się do redukcji tlenków żelaza. Źródłem tlenków mogły być lawy komatytowe oraz minerały pochodzące z produktów wietrzenia na lądzie. Masyw Olenegorska został zmetamorfizowany w facji amfibolitowej. Spowodowało to znaczące zmiany w tych skałach. Jednak ich ogólny charakter jest stale czytelny.

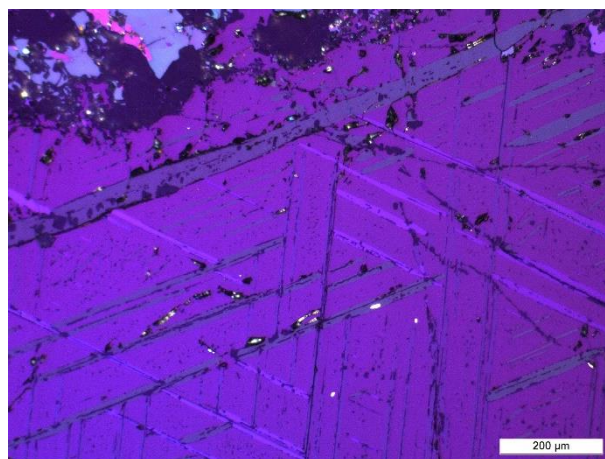
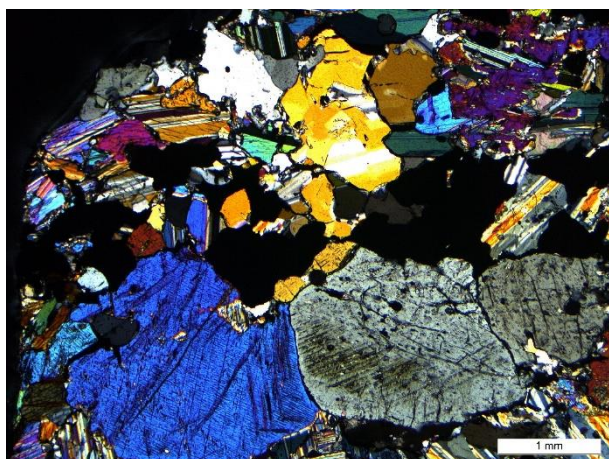


Fig 3. Na fotografiach powyżej znajdują się rudy żelaza z Olenegorska z towarzyszącymi im siarczkami, biotytem, piroksenami i kwarcem. Są też bardzo ciekawe struktury rozpadu magnetytowo-ilmenitowe z siarczkami z Masywu Cagińskiego.

Masyw Cagiński to archaiczna gabro-labradorytowa intruzja wieku 2,7-2,6 Ga (Kudryshov, Mokrushin 2009) o długości 23 i szerokości 9km, zuskokowana i tektonizowana.

W masywie tym odsłaniają się leukogabroidy i gabro-labradoryty wśród których znajdują się także piroksenity, oliwiny oraz magnetytoto-tytanomagnetytowe masywne rudy [41, 56,57]. Skały te są zmetamorfizowane w facji

amfibolitowej i wykazują liczne struktury rozpadowe związane z tym metamorfizmem. Jest to jedna z wielu podobnych intruzji na płw kolskim, które charakteryzują się takim składem mineralogicznym i związane są z magmatyzmem tworzącym liczne rozłamy w tym regionie.

### 3.4. Masyw Monchegorska

Masyw Monchegorski znajduje się w centralnej części płw. Kolskiego w tzw. Masywie Centralnym, znajdującym się w bliskim sąsiedztwie z Chibińskim masywem alkalicznym. Intruzja ta stanowi ważne ogniwo zachodniego przedłużenia strefy Imandra – Warzuga oddzielającej blok Kolski od Białomorskiego. W Monchegorskich Tundrach znajdują się liczne intruzje gabroidów z których najważniejsza nosi nazwę Monchegorski pluton. Jest to intruzja która została już stosunkowo wcześniej zbadana pod kątem złożowym przez Rosjan w latach trzydziestych XX wieku [14, 31, 54, 55, 57]. Datowana jest ona metodą U-Pb na

wiek 2,446 Ga [52,54]. Prócz gabr w masywie znajdują się również perydotyty i dunity noszące liczną mineralizację zawierającą chrom i nikiel, żelazo, tytan i wanad [31,32,54]. W masywie tym stwierdzono także mineralizacje PGE w tym występowanie sperylitu [31, 32, 54]. Masyw Monchegorski stanowi intruzje skał zasadowych i ultrazasadowych, które są w różny sposób zmetamorfizowane. Stosunkowo najslabiej zmetamorfizowane są gabroidy występujące w rejonie Monchegorska. Nieco dalej na południe czy zachód od tych miejsc występują skały zmetamorfizowane głównie w facji amfibolitowej zwane kataranskiami. Z uwagi na charakter intruzji zostały pobrane próbki gabr stanowiące najważniejszy rodzaj skał w tej intruzji, którym towarzyszą masywne rudy oraz najmłodsze brekcje. Zbadane typy skał z monchegorska wykazują kilka generacji siarczków. Najstarsze z nich związane są z asocjacja magmowa tych skał. Kolejne powstawały prawdopodobnie podczas stwierdzonego metamorfizmu tych skał [58, 59, 60].

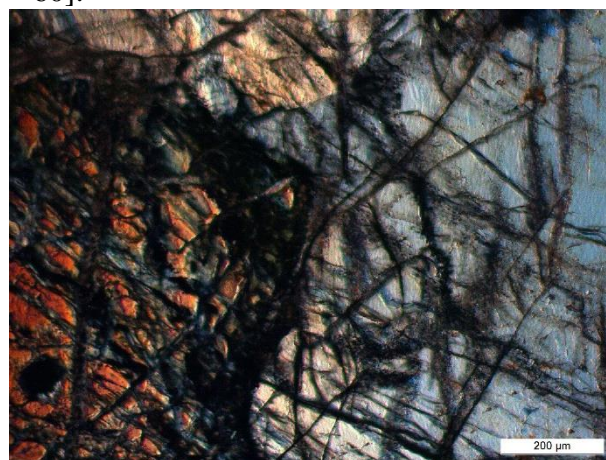
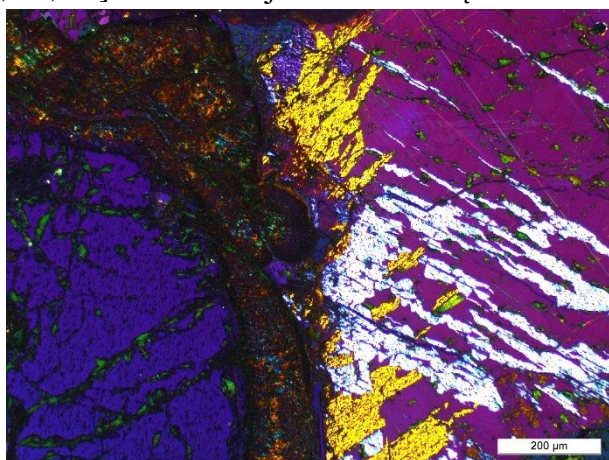


Fig 4. Masyw Monchegorska z niezwykleimi polimetalicznymi rudami (po lewej chalkopiryt, pentlandyt, bornit oraz magnetyt) po prawej oliwinowy troktolit. W skałach tych znajdują się też cenne minerały platyny i palladu.

Ostatnie paragenezy tych minerałów związane są procesami hydrotermalnymi, towarzyszącymi powstawaniu rud masywnych oraz brekcji w strefach uskokowych. W czasie trwania tych procesów doszło do korozji i rozpadu niektórych siarczków tworzących fazy pierwotne. Zmiany te wpłynęły także na odnotowanazmienność izotopową siarki w analizowanych próbkach siarczków. Najstarsza z nich nosi wyraźnie charakter pierwotny związany z intruzjami

zasadowych skał znajdujących się w masywie. Kolejne zmierzone zawartości siarki związane są z migracją fluidów podczasprocesów metamorfizmu oraz hydrotermalnych, które miały miejsce już znacznie później, podczas procesów tektonicznej przebudowy masywu. Podobne wyniki zostały stwierdzone także przy badaniach izotopowych siarczków (przy współdziale metod mikroskopowych) pobranych z wierceń i powierzchniowych próbek gabr i troktolitów centralnej i

kontaktowych stref masywu Fiodoro-Panskich Tundr. Wskazały one poważne przesłanki wieloetapowej mineralizacji siarczkowo-tlenkowej przy wykazaniu zmiany dystrybucji izotopowej stopu z którego dokonywała się krystalizacja [31]. Wyniki te ściśle korelują się ze zmianą dystrybucji izotopowej siarki badanymi wcześniej w północnej Kanadzie i Grenlandii [20].

### 3.5. Laplandzki Pas Granulitowy

Laplandzki Pas Granulitowy stanowi strefę kolizyjną bloku białomorskiego, który podsunał się pod blok Kolski. W wyniku tego doszło do intensywnego magmatyzmu w tym regionie oraz metamorfizmu skał, którym towarzyszyły liczne intruzje (charnockity, [21,22,24]). Strefa ta swym geologicznym charakterem przypomina współczesne utwory łuków wyspowych, które uległy przeobrażeniu. Charakterystycznym jest to iż procesy te zachodziły w przedziale czasu 2,8-2,4Ga, kiedy stopień geotermalny Ziemi był inny niż współcześnie. Stąd też utwory te zamiast łupków glaukofanowych reprezentują

obecne amfibolity [21, 23, 37, 38]. Skały Laplandzkiego Pasa Granulitowego Kola są skałami mocno ztektonizowanymi, niekiedy zmylonityzowanymi i złuskowanymi (fig.2). Częstym zjawiskiem jest wysoki stopień metamorfizmu stref tektonicznych w facji granulitowej (niekiedy i eklogitowej, [34,44,62] oraz amfibolitowej [7,8,39]. W LPG występują głównie amfibolity z granatami, będące w istocie zmetamorfizowanymi utworami lawowymi o charakterze bazaltów tholeitowych, łupki krystaliczne (meta-formacje ekstruzywne i osadowe) oraz jasne granulity (meta-osady) i ciemne granulity (meta-gabra) [11, 12,16, 17, 19,21, 22, 23, 25, 45, 52]. Formacja ta rozciąga się w zachodniej części płw Kolskiego na długość około 100km znajdując się także na terenie Finlandii (okolice jeziora Inari) oraz Norwegii (zanikając pod górami Skandynawskimi). Struktura ta zanika w okolicy Monchegorska i pojawia się w rejonie

Kandalakshy w formie bardzo skróconej zajmując kilkanaście km rozciągłości, wykształcona w postaci złuskowanej tworząc struktury tulipanowe [12, 33, 44, 46, 47, 61].

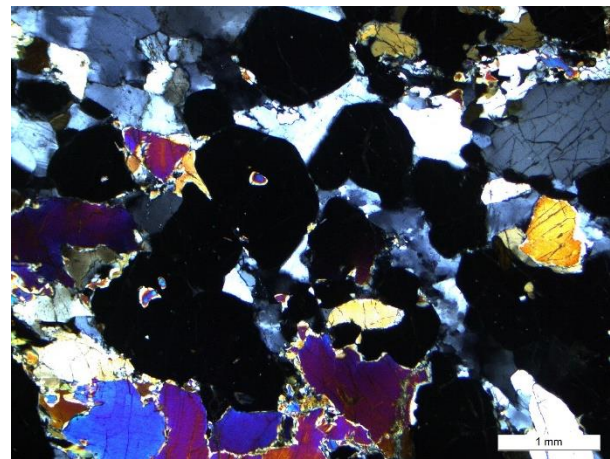
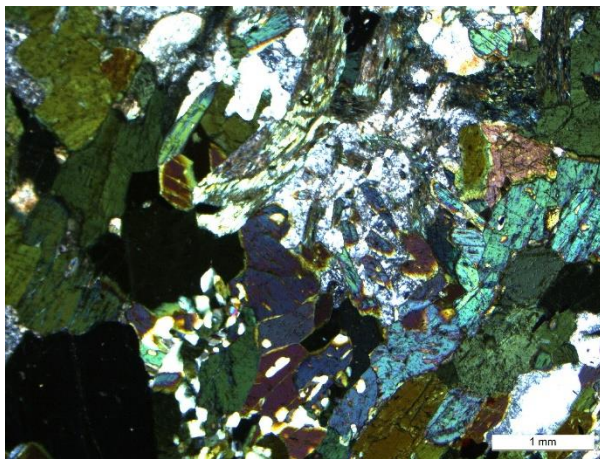


Fig 5. Amfibolity z granatami –dawne wulkanity strefy kolizyjnej Bloku Kolskiego oraz białomorskiego, która miała miejsce ok 2,5 miliarda lat temu. Po lewej stronie widoczne są amfibole –hornblenda, tremolit oraz pirokseny –diopsyd, po prawej granaty z kwarcem, diopsydem i hiperstenem w granulicie.

### 3.6. Masyw Lowozierski

Masyw Lowozierski stanowi bliźniaczą, centralną intruzję (obok Masywu Chibińskiego) skał wysoko alkalicznych, znajdującą się w centralnej części płw. Kola. Powierzchnia tej intruzji wynosi około 587 km<sup>2</sup> [9, 42]. Otaczają archaiczne

zmięgnięte granitognejsy serii Kolskiej [52, 40]. Budują go skały zaliczane do sjenitów, urtytów, skał zawierających w swym składzie między innymi apatyt, plagioklasy, eudialit, egiryn, lorenzenit. Skały te najczęściej posiadają struktury kierunkowe. Przedmiotem badań były dwa odsłonięcia: Aluaiv i Flora znajdujące się odpowiednio w zachodniej i północno-wschodniej części masywu [26]



Odsłonięcie Aluaiv znajduje się we zachodniej części masywu, i graniczy z jez. Umbozero. U podnóża góry znajduje się nieczynny kamieniołom w którym odsłaniają się masywne sjenity oraz lujawryty bogate w eudialit oraz liczna mineralizację akcesoryczną zawierająca pierwiastki REE. Wraz z podnoszeniem się ku górze skały przybierają formy lujawrytów o strukturze wyraźnie kierunkowej. Widoczne są lujawryty augitowe oraz egirynowe. Te ostatnie budują partę szczytowe góry Aluaiv. Idąc dalej na wschód ku centralnym wzniesieniom masywu spotyka się skały zielone silnie kierunkowe zbudowane z eudialitu oraz egirynów zaliczane do jowitów.

Z kolei w północno-wschodniej części masywu, na wschód od drogi w kierunku kłm. Karnasurt w kierunku jeziora Lowizero po przejściu ok. 10 km drogą polną odsłania się szereg łomów o nazwie Flora. Odsłonięcie to nosi nazwę pobliskiego szczytu (800m n.p.m.) na którego północnym stoku jest położone (Fig.2) Występują tam augitowe porfiryty oraz liczne żyły utworów alkalicznych. W skałach tych dostrzega się bogatą mineralizację automorficznych kryształów akcesorycznych takich jak eudialit, łoparytu, lorenzenit itp. Skały występujące w zachodniej części masywu (w strefie zewnętrznej) charakteryzują się strukturami masywnymi, są najbardziej zbliżone wizualnie do sjenitów Chibin. Powstały one w warunkach bardziej

stabilnych i są mocniej homogenizowane. Wśród tych skał widoczne są jednak strefy licznych procesów metasomatycznych i pomagmowych które przyczyniły się do powstania struktur szkieletowych szczególnie wśród rzadkich minerałów. Takie miejsca znane są w odsłonięciu „Flora”(Arzamatesev 1994, Arzamatesev i in. 2008). Skały występujące w odsłonięciu Flora reprezentowane są głównie przez utwory o teksturze kierunkowej. Są to głównie porfiryty w których występują licznie rzadkie minerały, takie jak eudialit, lorenzenit, narsarsukit, astrofyllit i in. Minerały te są bogate w pierwiastki szlachetne (głównie srebro), oraz z pierwiastki ziem rzadkich (głównie niob) a także w cyrkon, tytan, mangan, wanad, miedź i in. Niektóre z nich posiadają liczne relikty minerałów tła skalnego (plagioklazów i egirynu).

Skały strefy wewnętrznej wykształcone są w postaci trachidoidowych kumulatów z silnie liniową teksturą (Boruckiy 1989, Mitrofanov 2000, Pozhylienko i in 2002). Powstały one w zdyferencjonowanych strefach zbiornika magmowego i posiadają liczną mineralizację pierwiastków REE szczególnie widoczną w fosforanach i minerałach tytanu (Huber 2015a). Skały żyłowe są efektem krystalizacji szczątkowej. Skład tych żył niewiele odbiega od składu ijolitów i urtytów Chibińskich. Są one jednak uboższe w porównaniu z Chibińskimi w cyrkonokrzemiany.

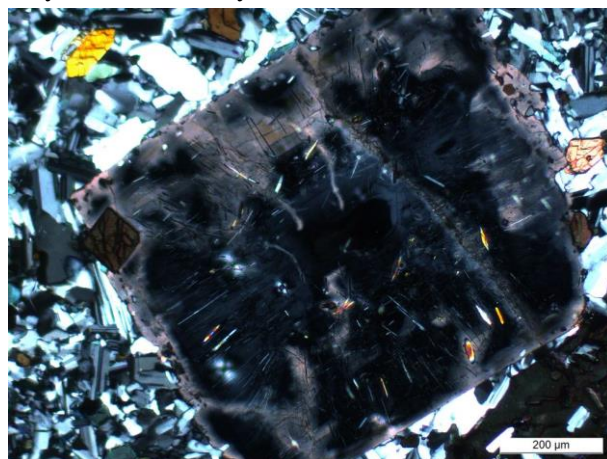
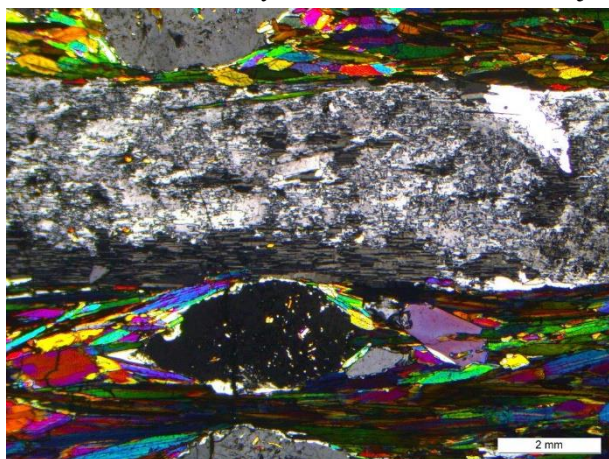


Fig 6. Typowe trachity –lujawryty z Masywu Lowozierskiego z widocznymi plagioklazami, egirynem-akmitem, ilmenitem oraz eudialitem.

### 3.7. Masyw Chibiński

Masyw Chibiński znajduje się w środkowej części płw. Kola i jest to wczesnopaleozoiczna

intruzja skał wysokoalkalicznych datowanych na wiek ok. 350 mln lat [3,9,26,51, 57]. Chibiny zbudowane są z alkalicznych skał zaliczanych do grupy sjenitów ułożonych w koncentryczne kręgi, które można pogrupować w 4 sekwencje: pierwsza

zewnątrzna to okrąg skał zbudowany z tzw. masywnych chibinitów, druga wewnętrzna z porfirowatych fojaitów, pomiędzy nimi występuje trzecia strefa zbudowana ze skał rudnych takich jak tytanitowe nefelinity oraz kakortokity. Wszystkie te skały pocięte są licznymi żyłami o charakterze nieco późniejszym (czwarta sekwencja) głównie o składzie trachitowym, alkaliczno –skaleniovym oraz alkaliczno –gabrowym (melteigity, [24, 26, 27, 41,56]. Omawiane skały z masywu Chibińskiego stanowią unikatowe wystąpienie skał tego typu na tak duże powierzchni terenu. Wykazują one dużą różnorodność oraz zmienność zarówno w pionie jak

i poziomie świadcząc o wieloetapowych i złożonych procesach krystalizacji skał z Chibin. Skały te na ogół posiadają struktury masywne, ale zdradzają pewne warstwowanie niekiedy pseudofluidalny charakter ułożenia kryształów oraz posiadają liczne procesy wtórne zaznaczające się korozją i odmieszaniem składników fazowych występujących w objętości skał. Stanowią one też źródło wielu minerałów akcesorycznych w tym rzadkich, które niekiedy tworzą w nich znaczne nagromadzenia. Występowanie niektórych minerałów ma charakter złożowy i jest eksploatowane w pobliskich zakładach górniczych.

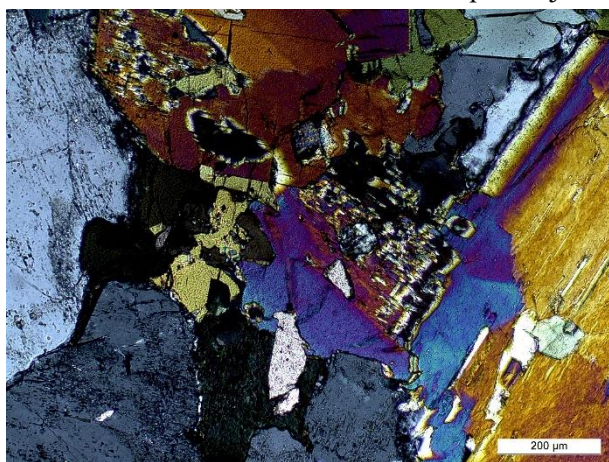


Fig 7. Przykład typowego sjenitu –chibinitu z widocznym augitem o charakterze zonalnym, oraz arfvedsonitem, apatitem i nefelinem.

#### 4. DYSKUSJA I WNIOSKI

Najstarsze utwory serii Kolskiej to w różnym stopniu zmetamorfizowane intruzje budujące pasy zieleńcowe wraz z towarzyszącymi im zmiękatyzowanymi granitognejsami. Znajdują się w nich liczne ciała rudne reprezentowane przez oliwinowo - gabrowe intruzje z mineralizacją chromitową (np. monczegorskiego plutonu), a także gabrowo –norytowe utwory warstwowane z mineralizacją siarczkową (takie jak Fiodoro –Pańskie tundy). Towarzyszą im skały związane z kolizją stery kolskiej i białoborskiej tworzące laplandzki pas granulitowy zbudowane głównie ze zmetamorfizowanych skał wulkanicznych i intruzyjnych o charakterze zasadowym. Utwory te są mocno zdeformowane i posiadają liczne

spękania w których znajdują się formy żyłowe o różnym wieku i charakterze. W tym utwory zaliczane do karbonatytów.

Płw. Kola podzielony jest na prowincje geologiczne w strefie kolskiej (północnej) i w strefie białomorskiej (południowej). Strefa kolska (vide mapa 4) dzieli się na: północno – kolskie pogórze (murmańskie zachodnie, murmańskie wschodnie), rejon północno –kolski średniogórski, góry chibińsko –lowozierskie (leżące w centralnej części płw.), rejon północny skrajny (płw. Rybaczyj), Masyw Centralny (na zachód i wschód od Chibin).

Strefa białomorska dzieli się na (mapa 4, 5): rejon Masywu centralnego (centralna cz. płw.), Kandalakszkich Tundur (południowa część płw.), notoziersko –tułomską depresję, południowo –kolską depresję (na południowy wschód od masywu lowozierskiego), kowdorską

nizinę i tierskie równiny (południowo-wschodnia część płw.). Laplandzki Pas Granulitowy Kola leży w obrębie rejonu północnokolskiego średniogórskiego i Kandalakskich Tundr w zachodniej i południowej części płw. Kola.

Młodsze od tych utworów są liczne granitoidowe intruzje znajdujące w różnych częściach płw. Kolskiego. Najmłodszy przejaw magmatycznych procesów na płw kolskim związany jest z intruzjami alkalicznymi reprezentowanymi przez: intruzja chibińska, lowozierska, kowdorska oraz intruzja w Afrikandzie i inne mniejsze. Skały alkaliczne na płw. Kolskim stanowią najmłodszą grupę utworów magmowych i tym samym kończą działalność magmatyczną w tym rejonie tarczy bałtyckiej.

#### TRANSPARENCY DECLARATION

The author declares no conflicts of interest.

#### REFERENCES

1. Arzamastsev A.A. 1994. Unique Paleozoic Intrusions of the Kola Peninsula.,pp. 79. Apatity, Russian Academy of Science Publ.
2. Arzamastsev A, Yakovenchuk V, Pakhomovsky Y, Ivanyuk G. 2008. The Khibina and Lovozero alkaline massifs: Geology and unique mineralization. 33 IGC excursion materials
3. Balagancky V.V., Daly J.S., 2001, Correlation of events within the Lapland-Kola collisional orogen with other regions in the North Atlantic realm, Svekalapko 6th Lammi Finland, ss.5-6,
4. Bayanova T. B., 2002, Wiek geologicznych kompleksów Kolskiego regionu i działalność proces magmatyzmu, Moskwa, autoreferat., (RUS),
5. Bayanova T. B., 2004, Age of Reference Geological Complexes of the Kola Peninsula and Duration of the Magmatic Processes: St. Petersburg, Nauka. Pp 174. [in Russian].
6. Bayanova T.B., Nerovich L.I., Mitrofanov F.P, (2010). Мончегундровский базитовый массив Кольского региона: новые геологические и изотопно-возрастные данные Doklady Akademii Nauk, 431, 2, 216-222.
7. Bogdanova M. N., Ekhimov M. M., Sorochtin H. O., Balashov J. A., Hannibal L. F., Rungienen G. I., 1993, Rozwój polimetamorfizmu w granulitowym pasie kolskiego półwyspu (kolwicka strefa) i U-Pb datowanie diaforezy anortozytowej asocjacji, Doklady Rosyjskiej Akademii Nauk Geologia, tom 331, vol 3, ss. 332-331, (RUS),
8. Bogdanova M.N., Efimov M.M., Kaulina T. W., 1996, Geochronologia kluczowych etapów wczesnoproterozoicznego magmatyzmu w kolizyjnym szwie białomorsko-laplandzkiego pasa bałtyckiej tarczy (kolwicka strefa), 1996, Doklady Rosyjskiej Akademii Nauk Geochemia, tom 350, vol.5, ss.665-668, (RUS),
9. Boruckiy BE. 1989; Rock-forming minerals of the high-alkaline complexes. [In Russian], wyd. Nauka, pp214.
10. Dadlez R. Jaroszewski W., 1994, Tektonika, wyd. PWN 1994, ss.743,
11. Downes H., Markwick A.L.W., Kemton P.D., Thirlwall M.F., 2001, The lower crust cratonic north-east Eu: isotopic constraints from garnet granulite xenoliths, TerraNova vol. 13, nr. 6, ss.395-400,
12. Downes H., Peltonen P., ManttAri I., Sharkov E.V., 2002, Proterozoic zircon ages from lower crustal granulite xenoliths, Kola Pen, Russia: evidence for crustal growth and reworking, Journ of Geol Society Lond, vol.159, ss.485-488,
13. Ekhimova N.A., Serov P.A., Bayanova T.B., (2011). Распределение РЗЭ в сульфидных минералах и Sm-Nd датирование рудогенеза расслоенных базитовых интрузий Doklady Akademii Nauk, 436, 1, in press.
14. Elizarova I. R., Bayanova T. B., (2012). Mass-spectrometric REE analysis in sulphide minerals, J. Biol. Earth Sci. 2 (1): E45-E49.

15. Gaal G., Berthelsen A., Gorbatshev R., Kesola R., Lehtonen M.I., Marker M., Raase P., 1989, Structure and composition of the precambrian crust along the POLAR Profile in the northern Baltic Shield Tectonophysics, Institute of geophysics, Upsala University Sweden, vol. 162 (1989), ss.1-25,
16. Geiger Ch. A. i Armbruster T., 1997, Mn<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub> spessartine and Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub> grossular garnet: Structural dynamic and thermodynamic properties, American Mineralogist 82, ss. 740-747,
17. Geiger Ch.A., 1998, A Powder Infrared Spectroscopic Investigations of Garnet Binaries. The System Mn<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>- Fe<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>- Mg<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>- Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>., European Journal of Mineralogy., vol. 10, ss. 407-422,
18. Glebovitsky V.A., 2005, Early Precambrian of the Baltic Shield, Nauka St Petersburg, pp 710
19. Görlich E.,1998, Structural Chemistry of Silicates. Orthosilicates. Polish Academy of Science, Cracow Branch,
20. Hanski E., Huhma H., Smolkin V.F., Vaasjoki M., (1990). The age of the ferropicritic volcanics and comagmatic Ni-bearing intrusions at Pechenga, Kola Peninsula, USSR Bull. Geol. Soc. Finl. 62, 123-133.
21. Huber M., 2001a Geologická a petrografická charakteristika granulitového Laplandského pásma z lokality Kandalaksha nad Bielym Morom (polostrov Kola, severné Rusko), Acta Minerologica Slovaca, vol.2,
22. Huber M., 2001b Charakterystyka mineralogiczno –petrograficzna skał zasadowych z okolicy Kandalaksza (Laplandzki Pas Granulitowy Kola, Rosja), Sprawozdania z posiedzeń Komisji Nauk Mineralogicznych PAN,
23. Huber M., 2002, Mineralogical characteristic of garnets from metamorphic rock from the Lapland Granulite Belt (Kola peninsula, Northern Russia), Zeszyty Specjalne, vol. 20, Pol. Tow. Min., ss.272-274,
24. Huber M. 2013: Preliminary characterization of the mineral veins occurring in the Malaya Belaya Valley in the Khibiny. J. Biol. Earth Sci. 2013, 3 (1): E1-E11.
25. Huber M.A., 2014; Geology of the Kandalaksha part of Lapland Granulite Belt, Kola Peninsula N Russia, TMKarpinski Publisher, pp. 128 (in Polish)
26. Huber M.A., 2015a: Mineralogical-Petrography characteristic of the selected alkaline massifs of the Kola Peninsula, (N Baltic Shield), TMKarpinski publisher pp. 183 (in Polish)
27. Huber M. 2015b, First discovery of melteigite rocks with perovskite from the Khibina Massif. Journal of Biology and Earth Sciences 5(1): 74-81
28. Huber M. 2015c: Microanalysis of alkaline rocks from the Khibina Massif using SEM-EDS and mathematical methods. Journal of Biology and Earth Sciences 5(1): 82-99.
29. Huber M., Banaś M., Dumańska –Słowik M., 2004, Mineralogical characteristic of granitoid rocks and K-Ar dating of biotites from the area of Kandalaksha at the White Sea (The Kola Peninsula, Russia).,VIII Ogólnopolska Sesja Naukowa Datowanie Mineraleń i Skał, Kraków 18-19 10., ss.37-41,
30. Huber M., Hałas S., Lata L., Mitrofanov F.P., Neryadovski Y.N., Bayanova T.B., 2014:.,Stable isotope results of sulfides from old mafic intrusions in the Kola Peninsula (N Russia)” JBES, 4(S1): 27-28
31. Huber M., Halas S., Piestrzyński A., (2009). Petrology of gabroides and isotope signature of sulfide mineralization from Fedorov-Pansky layered mafic intrusion, Kola Peninsula, Russia; Geochronometria 33, 19-22.
32. Huber M., Mokrushin A., Neradowski Yu., Halas S., Skupiński S., 2016; Microanalysis of PGE minerals in Monchegorsk Pluton, Kola Peninsula, Baltic Shield, Geo-Science Education Journal 2016; 2 (Suppl. 1): 34-35
33. Kaulina T.W., Bogdanova M.N., 2000, Najważniejsze etapy rozwoju północno –

zachodniego bielomorja (wg U-Pb izotopowego datowania), Litasfera Minsk, (RUS),

34. Kislistyn R.W 2001, Wiek i kinematyka tektonicznych ruchów w jądrze wczesnopt. LPG, Autoreferat. Sankt Petersburg, ss.22, (RUS),

35. Kogarko LN, Kononova VA, Orlova MP, Woolley AR. 1995; Alkaline Rocks and Carbonatites of the World. Part 2: Former USSR. London: Chapman & Hall; p. 226

36. Korja t., tuisku p., pernu t., karhu J., 1996, Field petrophysical and carbon isotope studies on the LGB implications for deep continental crust., Terra Nova, vol.8, ss.48-58,

37. Kozlov n. E, 1990, Laplandzki Pas Granulitowy Kola, protolit i rozwój, wyd. Apatity, (RUS),

38. Kozlov N. E. Ivanov A. A., 1991, Composition of metamorphic rocks and some aspects of evolution of the Lapland Granulite Belt, Norge Geologiske Undersøkese Bulletin, vol. 421, ss. 19-32,

39. Kozlova N. E., Riezhenova S. A., 1998, Geneza eklogitopodobnych skał Laplandzkiego Pasa Granulitowego, Dokłady Rosyjskiej Akademii Nauk Geologia t. 361, vol. 3, ss.378-380, (RUS),

40. Kramm U, Kogarko LN, Kononova VA, Vartiainen H. 1993;The Kola alkaline province of the CIS and Finland: precise Rb–Sr ages define 380–360 Ma age range for all magmatism. Lithos. 30: 33-44.

41. Kudryshov N.M., Mokrushin A.V., 2009, Archean gabbro-anorthosite magmatism of the Kola region: Geochemical and isotope-geochronological data; The third international conference “Mafic-ultramafic complexes of folded regions and related deposits”, 28 August - 2 September Kachkanar, Ekaterinburg Region Russia, pp 246-248.

42. Kukharenko AA, Orlova MP, Bulakh AG, Bagdasarov EA, Rimskaya-Korsakova OM, Nefedov EI, et al. 1965. The Caledonian Complex of Ultrabasic Alkaline Rocks and Carbonatites of the Kola Peninsula and North Karelia [In Russian]. Moscow: Nedra; p. 772.

43. Marker M., 1985, Early proterozoic (c.2000-1900MA) crustal structure of the northeastern Baltic Shield: tectonic division and tectogenesis.,Trondheim, Norges Geologiske Undersøkese,

44. Markwick A.J.W.,Downes H., 2000,Lowerr crustal granulite xenoliths from the arkhangelsk kimberlite pipes: petrological, geochemical, and geophysical results,Lithos, vol. 51, ss.135-151,

45. Miashiro A., 1994, Metamorphic Petrology, N.Y. University Press, ss.404,

46. Mints M.V., 1999a, Plate tectonic: evolution from the early archean to phanerozoic, Svekalapko, Lammi Finland, ss. 104-113,

47. Mints M.W., 1999b, Termalna struktura skorupy w rejonach granulit. Met. Geodynam uwagi., Doklady Akademii Nauk, tom 368, vol.5, ss.659-662, (RUS),

48. Mints M.W., Głazniew W.N., Koniłow A.N., Kunina N.M., Nitkiczew A.P., Raweckij A.B., Cedych Ju N., Ctypak W.M., Fonariw W.I.,1996,Wczesny prekambryjski N-E tarczy bałtyckiej., Moskwa, wyd. Naucznyj Mir, ss.277, (RUS),

49. Mints m. V., Verti v. R., Konilov A. N., 1999, The paleoproterozoic crustal evolution and thermal structure of the crust in the Lapland – Belomorian area, eastern Baltic Shield: integrated results of geological and petrological studies of the Lapland –Kolviitsa granulites, deep crustal xenoliths from Devonian pipes and seismic profiling, Svekalapko, Lammi Finland, vol. 18, s.50,

50. Mitrofanov F. P., 1999, Prekambryjska tektonika północno –wschodniej części Tarczy Bałtyckiej., wyd. Nauka, St. Petersburg, ss.111, (RUS),

51. Mitrofanov AF. 2000. Geological characteristics of Kola peninsula. Russian Academy of Science, Apatity, pp. 166.

52. Mitrofanov F.P., Balagancky V.V., Balashov Y,A., Gannibal F.G., Dokuchaeva V.S, Nerovich L.I., Radchenko K., Ryungen G.I., 2000, U-Pb age of gabbro –anorthosite massifs the

- LPG, ss.179-183, Norges Geologiske Undersøkelse,
53. Mitrofanov F. P., red. J. A. Balashov, 1990, Geochronology and genesis of layered basic intrusions, volcanites and granite – gneisses of the Kola Peninsula, Autoreferat, Rosyjska Akademia Nauk, wyd. Apatity,
54. Mokrushin A.V., Kudyrashov V.M., Huber M. (2014) „First Discovery of sperrylite in archean patchemvarek gabroanorthosite (Kola region, Russia)”, in 12th International Platinum Symposium, 11-14 August, Yekaterinburg, Russia, 307-308
55. Nerovich L.I., Bayanova T.B., Savchenko E.E., (2009). Новые данные по геологии, петрографии, изотопной геохимии и ЭПГ минерализации Мончетундровского массива, Viestnik MGTU, 12, 3, 461-477.
56. Polkanov A. A. (red.), 1966, Prace laboratoryjne geologii prekambru, Nauka, (RUS),
57. Pozhylienko W.I. et al. 2002. Geology of the ore regions in Murmańsk District. [In Russian], Apatity, 360
58. Serov P.A., Ekhimova N.A., (2009). Возможности Sm-Nd датирования рудных процессов с использованием сульфидов, Viestnik MGTU, 12, 3, 456-460.
59. Serov P.A., Mitrofanov F.P., (2005). Платиноносный расслоенный Федоровско-Панский интрузив (Кольский полуостров): новые Sm-Nd изохроны и изотопно-геохимические данные, Doklady Akademii Nauk, 403, 5, 1-4.
60. Serov P.A., Nitkina E.A., Mitrofanov F.P., (2007). Сопоставление данных по датированию изотопными U-Pb и Sm-Nd методами пород ранней безрудной фазы и рудовмещающих пород платинометалльного Федорово-Панского расслоенного массива, Doklady Akademii Nauk, 415, 5, 1-3.
61. Sorohtin O. G., Mitrofanov F. P., Sorohtin H. O., 1996, Pochodzenie diamentów i perspektywy diamentonośności wschodniej części tarczy bałtyckiej, wyd. Apatity, ss.143, (RUS),
62. Tuisku P. Huhma H., 1998, Eclogite from SW –Marginal zone of the LGB: evidence from the 1,9-1,8 GA Subduction Zone, Internaftonal Ophiolite Symposium and Field Excursion, Espoo Finland, paper 26.

---

Received: 16 September 2016; Revised submission: 08 October 2016;

Accepted: 20 October 2016

Copyright: © The Author(s) 2016. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License, which permits unrestricted, non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

<http://journals.mahuber.com/index.php/gsej>

---

# Możliwości rewitalizacji i wartość dydaktyczno-naukowa hałdy w Rudzie Śląskiej–Wirek

Huber Miłosz<sup>1</sup>, Jakovleva Olga<sup>2</sup>, Lata Lesia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Maria Curie-Skłodowska University, Department of Geology and Lithosphere Protection, 2 cd Kraśnicka St., 20-718 Lublin, Poland; e-mail: mhuber@poczta.umcs.lublin.pl, corresponding author.

<sup>2</sup>Maria Curie-Skłodowska University, Faculty of Humanistics, 5 Maria Curie-Skłodowska Rd., 20-031 Lublin, Poland

<sup>3</sup>Maria Curie-Skłodowska University, Earth Science and Spatial Management Faculty, Soil Science and soil Protection Department, 2 cd Kraśnicka St., 20-718 Lublin, Poland.

## ABSTRACT

Located in the center of Ruda Śląska - Wirek heap on the Nowary Street at the moment is the area of poorly protected against improper use by the local population, which is clearly visible in the field. Performed studies have shown that there are unsecured uncovered pits containing slag increased the amount of metals which are a heavy burden on the surrounding environment. Because of the multifaceted value of the heap (interesting mineralization, water relations, geochemistry, vegetation) showed that heap is an interesting place to monitor the changes and a number of interdisciplinary studies. It proposed to build a center of a teaching museum and workshop which would contribute to land the heap, its proper use and revitalization of this part of town.

**KEYWORDS:** revitalization, slaks, Ruda Śląska, heap, didactic possibility.

## 1. WSTĘP

W Rudzie Śląskiej–Wirek niedaleko centrum miasta przy ul. Nowary widoczna jest częściowo zarośnięta stara hałda w której znajdują się przede wszystkim odpady hutnictwa Zn-Pb, które rozwijało się w tym regionie w II połowie XIX wieku (Jończy 2008). Hałda ta jest częściowo rozkopana, co naruszyło pierwotny

charakter stosunków wodnych i wytworzonej częściowo czapy siarczanowej, widocznej w górnych częściach zwałowiska, stanowiąc w chwili obecnej uciążliwe zagrożenie dla otaczającego środowiska (fig 1.), [9, 10, 11, 13, 18, 21, 22].



Fig 1. Rzut satelitalny na mapę w Rudzie Śląskiej–Wirek (google maps) wraz z zaznaczeniem pobrania prób skał i roślin.

Jest to jedna z wielu w tym regionie występujących hałd, choć ta akurat jest stosunkowo dobrze odsłonięta [4]. Szczegółowa jej analiza wskazuje że występują tam też młodsze odpady powęglowe oraz innego rodzaju zanieczyszczenia. Jest ona też otoczona jest budynkami mieszkalnymi, a na samej hałdzie widoczne są dzikie miejsca wypoczynku dla ludności (ślady ognisk, „ścieżki” rowerowe i

motokrosowe). W bliskim sąsiedztwie znajduje się zakład górniczy kopalni węgla kamiennego „Halemba”. Działalność górnicza przyczynia się do osiadania terenu pod hałdą, tworzenie się szczelin w których migruje woda. Częściowe odkrycie hałdy powstałe w początkach XXI wieku w wyniku eksploatacji kruszywa powoduje dodatkowe zagrożenie poprzez pylenie, wytwarzanie się aerozoli i migracje wód. Obecnie ta eksploatacja jest zarzucona, a widoczne ściany wyrobiska w hałdzie są nieosłonięte (fig 2).



Fig 2. Dokumentacja fotograficzna hałdy wykonana w 2013r. Na górnej fotografii widać stan ogólny z odsłoniętymi wyrobiskami oraz fragmentem pieca, na dolnej fotografii widoczne są rośliny pokrywające odsłonięcie żużli.

Hałda porośnięta jest w niektórych miejscach skąpą roślinnością (samosiejkami). Odsłonięta hałda stanowi unikatowy przykład możliwości prowadzenia licznych badań zarówno związanych z samymi fazami występującymi w materiale żużla, obserwacjami przemian mineralnych wynikających z procesów przemiany hałdy i wietrzenia. Dodatkowo

możliwość prowadzenia obserwacji sukcesji roślinnej na odsłoniętych fragmentach hałdy zarówno w procesie naturalnym jej zarastania jak i w przypadkach kontrolowanych (na wydzielonych obszarach). Badania stosunków wodnych, atmosferycznych oraz analiza zmian gruntu w tym wahania powierzchni, ruchy masowe, tworzenie się szczelin stanowi unikalną możliwość w tym regionie. W terenie hałdy można prowadzić także szkolenia dotyczące zagadnień zanieczyszczenia środowiska, ekologii oraz rekultywacji. Wszystkie te czynniki wskazują na duży potencjał dydaktyczny i naukowy jaki posiada w sobie hałda. Obszar hałdy może zostać objęty monitoringiem a w rejonie hałdy mogą być prowadzone ekspozycje przykładów środowiskowych i szkolenia grup młodzieży oraz dorosłych. Poniższy tekst ma na celu wykazanie zasadności tych przedsięwzięć.

## 2. METODY

Próbki hałdy, gleby, roślin i tynków z pobliskich domów zostały zebrane w latach 2014-2016. Z żużla wykonano preparaty płytek cienkich a okazy roślinne przesuszono. Próbki te zbadano z użyciem mikroskopu optycznego Leica DM2500P oraz elektronowego Hitachi SU6600 z przystawką EDS. Próbki podłoża i roślin zostały zbadane za pomocą ICP-OAS firmy Varian. Analizy mikroskopowe przeprowadzono w Zakładzie Geologii i Ochrony Litosfery UMCS, badania chemiczne w Zakładzie Gleboznawstwa i Ochrony Gleb na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS. Wybrane próbki zbadano także z pomocą spektrometru fluorescencji rentgenowskiej Epsilon 5, firmy Panalytical.

## 3. REZULTATY

### 3.1. Charakterystyka żużli, gleb i roślin:



Odsłaniająca się w centrum Rudy śląskiej hałda przedstawia sobą bardzo interesujący materiał zarówno ze względów historycznych (problematyka kolejności składowania poszczególnych warstw żużla), mineralogicznych (charakterystyka minerałów powstałych w procesie wielkopieczowym oraz faz wtórnych szczególnie precypitatów), geochemicznych (problematyka migracji roztworów), hydrogeologicznych (badanie przepływów wody w hałdzie i ewentualne jej kontakty hydrauliczne z wodami podskórnymi), biologicznych (wtórna sukcesja roślin na terenie hałdy), inżynierskich (propagacja szczelin w wyniku nierównomiernego osiadania gruntu nad kopalnią) oraz wielu innych.



Fig. 3. Przykładowe makro i mikrografie żużli: Precypitaty (siarczany i węglany) na powierzchni żużla (na górze), Zeskliwiony fragment żużla (na dole).

Przeprowadzone badania mikroskopowe wykazują iż materiał hałdy stanowi

przemieszany różnego rodzaju żużel, który w kilku wyrobiskach odsłania się powodując zagrożenie wynikające z możliwości pylenia oraz rozpuszczania składników hałdy i ich przemieszczania po za jej obręb [3, 12, 14-16], (fig 3). Przeprowadzone badania w mikroobszarze wykazały występowanie różnych faz w omawianym żużlu. Są to produkty krystalizacji i dewitryfikacji szkliwa oraz minerały związane z różnym stopniem przetworzenia pierwotnej rudy (siarczki, tlenki Zn, Pb) którym towarzyszą produkty uwodnienia i utlenienia (siarczany, węglany, fig 4).

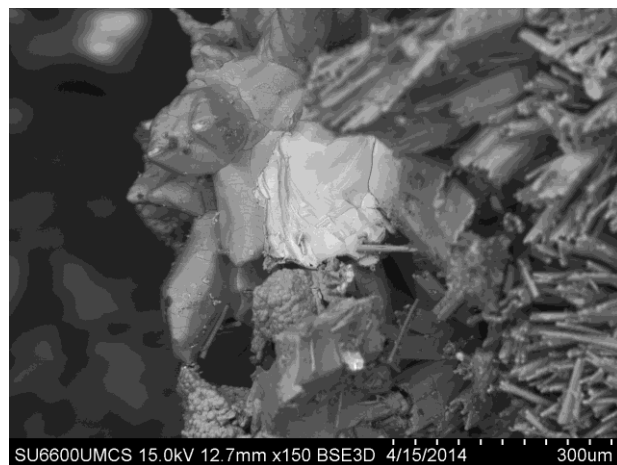
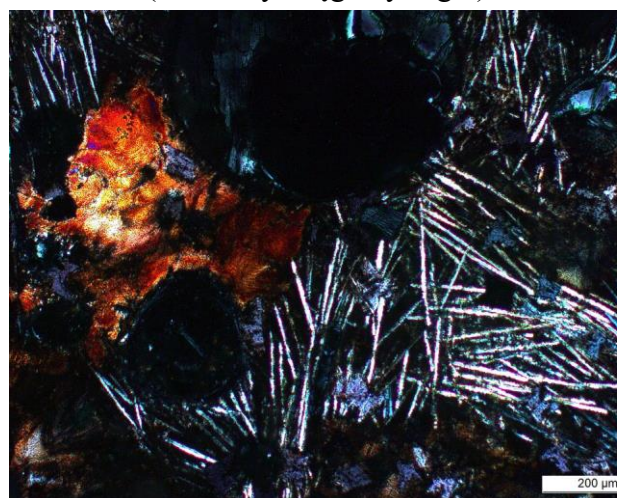


Fig 4 Mikrofotografia z mikroskopu polaryzacyjnego (po lewej) oraz elektronów wstecznie rozproszonych (po prawej) wybranych próbek żużla: Produkty dewitryfikacji żużla oraz tlenki żelaza (na górze), kryształy cynkitu (ZnO) na tle wilemitu  $Zn_2SiO_2$  i gipsu ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) w próbce żużla (na dole).

Wykonane analizy geochemiczne próbek żużla wykazały iż w wielu miejscach stężenie

metali ciężkich jest znaczące (fig 5). Metale te przenikają z podłoża do roślin, powodując w nich również wysokie stężenia co zostało udowodnione poprzez badania próbek roślin (fig 5).

Zbadane próbki gleb wykazują iż w wielu przypadkach są one o charakterze inicjalnym, powstałe przez rozkruszenie i rozmycie materiału żużlowego wraz z nawianym pyłem który tworzy podstawowy charakter gleb. Są one bardzo podobne chemicznie do żużli, w wielu miejscach tworzą także bardzo cienkie warstwy odsłaniając bezpośrednio podłoże.

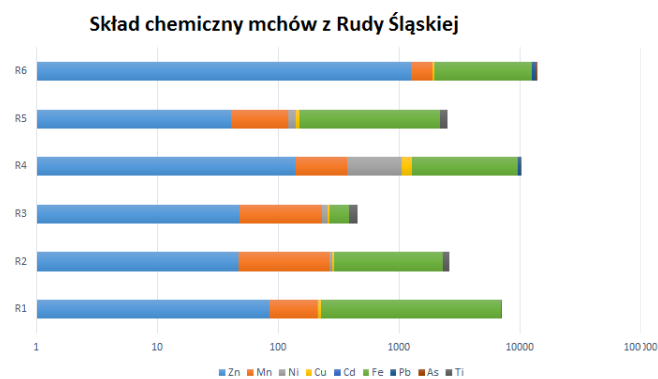
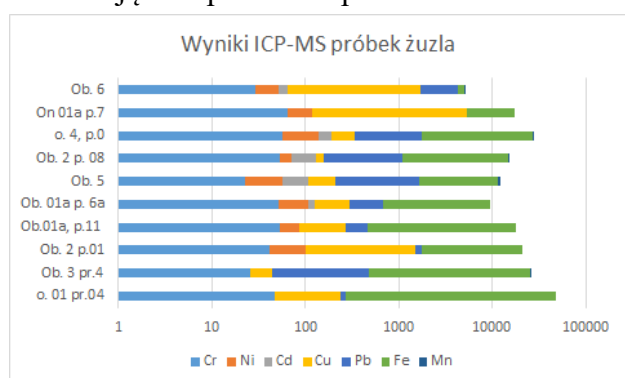


Fig 5. Wyniki analiz chemicznych próbek żużla oraz roślin z Rudy Śląskiej.

Omawiane rośliny w niektórych przypadkach rosną bezpośrednio na żużlu lub niewielkiej wkładce gleby (fig. 2, 6). W przypadku pewnej grupy porostów stwierdzono ich obecność nawet w miejscach tworzenia się precypitatów. Zbadana zawartość metali w podłożu jest dużo wyższa niż w przypadku roślin jednakże i tam stężenia takich metali jak cynk, ołów czy arsen stanowią wartości które są

niebezpieczne zarówno dla człowieka jak i dla zwierząt. Fakt iż w tych miejscach następuje samoczynna sukcesja roślinności oznacza iż nawet w stosunkowo świeżych odsłonięciach zachodzą procesy asymilacji hałdy o anomalnych wartościach stężenia metali co samo w sobie stanowi bardzo interesujące zagadnienie.



Fig 6. Przykładowe zdjęcia z hałdy ukazujące mchy i porosty bezpośrednio w odsłonięciach.

### 3.2. Propozycja zagospodarowania terenu

Ze względu na interesujące walory hałdy oraz zagrożenia płynące z jej niewłaściwego zabezpieczenia oraz potencjał dydaktyczno-naukowy jaki niesie ze sobą hałda, najwłaściwszym rozwiązaniem dla tego terenu jest prowadzenie stałego monitoringu w ramach stacji naukowo –badawczej z możliwością ekspozycji wybranych miejsc hałdy i

prowadzeniem działań o charakterze dydaktyczno-pokazowym. W tym celu należałoby wybudować geo-eko-centrum, z powierzchniami wystawienniczymi, eksponującymi interesujące minerały hałdy, ukazującymi jej wielopłaszczyznową charakterystykę oraz salami wyposażonymi w instrumenty służące do prowadzenia zajęć warsztatowych poświęconych budowaniu świadomości szeroko pojętej ochrony środowiska wraz z ukazywaniem procesów zachodzących w różnego rodzaju hałdach, i ich wpływu na otoczenie. Miejsce to miało by za zadanie prowadzenie badań, monitoringu hałdy oraz krzewienie wiedzy wśród mieszkańców okolicy, uczniów szkół podstawowych oraz średnich a także możliwość prowadzenia konferencji. Połączenie własności dydaktycznych wraz z możliwością współczesnej techniki pozwala na przystępny, multimedialny i multisensoryczny sposób przedstawienia informacji związanych z ochroną środowiska o raz budowa i historia regionu Rudy Śląskiej. Wykorzystanie hologramów, kina 5D, interaktywnych wystaw oraz ekspozycji statycznych umożliwi zrozumienie skomplikowanych zależności przywracających równowagę terenu poprzez działanie procesów rekultywacji hałdy. Poprowadzenie ścieżek dydaktycznych z tablicami informacyjnymi po wybranych rejonach hałdy wraz z utworzeniem doświadczalnych poletek służących sprawdzaniu procesów samorzutnej i zorganizowanej rekultywacji hałdy pozwoli na wypracowanie optymalnej technologii zabezpieczanie tego typu opadów, która będzie mogła być stosowana w różnych miejscach występowania podobnych nagromadzeń. Zbudowanie geo-eko centrum przyczyni się także do zagospodarowania i zabezpieczenia terenu, który w chwili obecnej stanowi duże zagrożenie ze względu na brak ochrony oraz eksploatację „na dziko” mieszkańców, którzy w tym miejscu ze względu na pewne walory widokowe tworzą miejsce pikniku, rajdów rowerowych i krosowych, przyczyniając się do erozji hałdy oraz narażając się na kontakt z substancjami toksycznymi zawartymi w żużlu. Ponadto wybudowanie centrum przyczyni się do rewitalizacji tego obszaru, zmiany wizerunku oraz zapewnienie pracy dla okolicznych

mieszkańców. Miejsce to w obecnej formie stanowi zagrożenie i musi być odpowiednio zabezpieczone. Wybudowanie muru, zasypianie hałdy, czy ogrodzenie jej spowoduje negatywne skutki wyłączające ten obszar z życia miasta, negatywnie wpływając na krajobraz znajdujący się w bliskim sąsiedztwie centrum miasta. Zaproponowane przez autorów rozwiązanie niesie ze sobą pierwiastek zmiany, która ożywi ten obszar. Połączenie walorów muzeum, jednostki naukowej i szkoleniowej wraz z możliwościami prowadzenia konferencji spowoduje iż miejsce to będzie chętnie odwiedzane wpływając także na rewitalizację okolicznych osiedli. Położenie hałdy przy ruchliwej ulicy dodatkowo stanowi atut przyczyniający się do zmiany wizerunku dzielnicy Wirek.

Mass grids of equivalent water thickness were generated, and the trend images were then extracted by simultaneously fitting a trend and seasonal terms to the GRACE data (Fig. 3). The trend data were then statistically analyzed using parametric techniques (Student t-test) to identify areas that have statistically significant trends at 95% and 65% levels of confidence (Fig. 4).

#### 4. DYSKUSJA

Powyższe badania wskazują jednoznacznie iż teren hałdy w chwili obecnej stanowi bardzo niebezpieczne miejsce o charakterze post-industrialnym, które jest niezabezpieczone i odsłonięte (rozkopane). Badania żużlu wykazują, iż posiada on liczne polimetaliczne domieszki takich pierwiastków jak: arsen, kadm, ołów, cynk, miedź, nikiel, tytan, żelazo, mangan. Tworzą one związki chemiczne które ulegają rozpuszczeniu w wodach infiltrujących hałdę oraz krystalizujących w postaci wykwitów w miejscach zmian chemizmu tych wód na skutek oddziaływań otoczenia. Uciążliwość tych zależności dla środowiska jest znana i szeroko opisana przez wielu badaczy [1, 6-10, 17, 18, 19, 23, 24]. Zaproponowana przez autorów

inwestycja pozwoli na zagospodarowanie terenu hałdy, zabezpieczeniu jej przed niewłaściwym użytkowaniem, przyczyni się do rewitalizacji regionu oraz zwróci zainteresowanie mieszkańców na problematykę ochrony środowiska poprzez prowadzenie szeroko zakrojonych szkoleń, możliwości odwiedzania ekspozycji a wreszcie możliwości pracy w obiekcie.

#### 4. KONKLUZJE

Przeprowadzone badania terenowe oraz analizy hałdy wskazują iż w chwili obecnej stanowi on znaczne zagrożenie dla otoczenia. Zbadane próbki żużla, gleb, roślin wskazuje jednoznacznie iż stężenie metali ciężkich w hałdzie jest stosunkowo wysokie. Wyrobiska są niezabezpieczone, narażone na wyfukiwane przez deszcz oraz wywiewanie przez wiatr. Użytkowana na dziko, przez mieszkańców jako miejsce rozrywki, uprawiania sportów, czy nielegalnego zrzucania śmieci w takiej formie stanowi duże zagrożenie dla człowieka i środowiska [2, 5, 11, 13, 18, 20, 25]. Zaproponowane przez autorów rozwiązanie przyczyni się do ożywienia tego terenu, zabezpieczenia hałdy oraz jej właściwego monitoringu przy możliwości prowadzenia szkoleń, zajęć warsztatowych oraz konferencji. Miejsce to może stać się wizytówka miasta, która przyciągnie inwestorów oraz przyczyni się do zmian otoczenia, które znajduje się w zasadzie w centrum miasta.

#### DEKLARACJA TRANSPARENTNOŚCI

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

#### LITERATURA

1. Benna, P., Tribaudino, M., Bruno, E., The structure of ordered and disordered Pb feldspar (PbAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>). *Am. Mineral.* 1996, 81, 1337–1343.
2. Biswas, A.K., Davenport, W.G., *Extractive Metallurgy of Copper*. Pergamon Press, Oxford, UK. 1976.
3. Blicharsk E., Chmiel S., Huber M., Lata L., Klepka T., Muraczyńska B., Oszust K., Rawski M., *Wybrane zastosowania mikroskopii optycznej i elektronowej w badaniach biomedycznych i środowiskowych*, 2015, TMKarpinski Publisher, pp. 126.
4. Boryczka A., Blacha L., *Hutnictwo cynku na Śląsku do końca XIX wieku. Rudy i Metale Nieżelazne* 2002, nr 8, s. 369-374.
5. Ettler, V., Johan, Z., *Mineralogy of metallic phases in sulphide mattes from primary lead smelting*. *C. R. Geosci.* 2003, 335, 1005–1020.
6. Ettler, V., Johan, Z., Touray, J.C., Jelínek, E., *Zinc partitioning between glass and silicate phases in historical and modern lead–zinc metallurgical slags from the Příbram district, Czech Republic*. *C. R. Acad. Sci. Paris* 2000, 331, 245–250.
7. Ettler V., Legendre O., Bodéan F., Touray J.-C., *Primary phases and natural weathering of old lead-zinc pyrometallurgical slag from Příbram Czech Republic*. *The Canadian Mineralogist*, 2001, Vol. 39, pp. 873-888.
8. Ettler, V., Mihaljević, M., Piantone, P., Touray, J.C., *Leaching of polished sections: an integrated approach for studying the liberation of heavy metals from lead–zinc metallurgical slags*. *Bull. Soc. Geol. France* 2002, 173, 161–169.
9. Ettler, V., Piantone, P., Touray, J.C., *Mineralogical control on inorganic contaminant mobility in leachate from lead–zinc metallurgical slag: experimental approach and long-term assessment*. *Mineral. Mag.* 2003a, 67, 1269–1283.
10. Ettler, V., Johan, Z., Hradil, D., *Natural alteration products of sulphide mattes from primary lead smelting*. *C. R. Geosci.* 2003b, 335, 1013–1020.
11. Fidancevska E., Vassilev V., Hristova-Vasileva T., Milosevski M. *On a possibility for*

- application of industrial wastes of metallurgical slag and tv-glass. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 2009, 44, 2, 2009, pp. 189-196.
12. Huber M., Blicharska E., Lata L., Skupiński S, Wpływ podłoża na zawartość metali w wybranych roślinach w aspekcie ochrony środowiska, 2016, TMKarpinski Publisher, pp. 225
13. Inegbenebor, A.I., Thomas, J.H., Williams, P.A., The chemical stability of mimetite and distribution coefficient for pyromorphite–mimetite solidsolutions. *Mineral. Mag.* 1989, 53, 363–371.
14. Jonczy I., Charakterystyka mineralogiczno-chemiczna zwałowiska odpadów poprodukcyjnych huty cynku i ołowiu w Rudzie Śląskiej-Wirku oraz jego wpływ na środowisko. Monografia, Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2006.
15. Jonczy I., Skład chemiczny szlaki hutniczej ze zwałowiska Huty Kościuszko w Chorzowie. Abstrakty. Pierwszy Polski Kongres Geologiczny, Kraków 26-28 czerwca 2008, Wyd. Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 2008, s. 44.
16. Jończy I., Huber M., Lata L., 2014: Zeszlone odpady hutnicze po produkcji cynku i ołowiu ze zwałowiska w Rudzie Śląskiej w aspekcie badań mineralogiczno –chemicznych, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, vol 30, nr 1, 161-174
17. Magalhães, M.C.F., Pedrosa de Jesus, J.D., Williams, P.A., The chemistry of formation of some secondary arsenate minerals of Cu(II), Zn(II) and Pb(II). *Mineral. Mag.* 1988, 52, 679–690.
18. Manasse, A., Mellini, M., Archaeometallurgic slags from Kutná Hora. *Neues Jahrb. Mineral. Mh.* 2002 (8), 369–384.
19. Navarro, A., Cardellach, E., Mendoza, J.L., Corbella, M., Domènech, L.M., Metal mobilization from base-metal smelting slag, 2008.
20. Iacobescu R.I., Koumpouri D., Pontikes Y., Saban R., Angelopoulos G. Utilization of EAF metallurgical slag in "GREEN" bell cement. *U.P.B. Sci. Bull., Series B*, 73, 2011, pp. 1454-2331. .
21. Parsons, M.B., Bird, D.K., Einaudi, M.T., Alpers, C.N., Geochemical and mineralogical controls on trace element release from the Penn Mine basemetal slag dump, California. *Appl. Geochem.* 2001, 16, 1567–1593.
22. Puziewicz, J., Zainoun, K., Bril, H., Primary phases in pyrometallurgical slags from a zinc-smelting waste dump, Świętochłowice, Upper Silesia, Poland. *Can. Mineral.* 2007, 45, 1189–1200.
23. Sáez, R., Nocete, F., Nieto, J.M., Capitán, M.A., Rovira, S., The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: chemical and mineralogical study of slags dated to the third millenium B.C.. *Can. Mineral.* 2003, 41, 627–638.
24. Seignez, N., Gauthier, A., Bulteel, D., Buatier, M., Recourt, P., Damidot, D., Potdevin, J.L., Effect of Pb-rich and Fe-rich entities during alteration of a partially vitrified metallurgical waste. *J. Hazard. Mater.* 2007, 149, 418–431.
25. Van Gerven, T., Geysen, D., Stoffels, L., Jaspers, M., Wauters, G., Vandecasteele, C., Management of incineration residues in Flanders (Belgium) and In neighbouring countries. A comparison. *Waste Manage.* 2005, 25, 75–87.

---

**Received:** 24 September 2016; **Revised submission:** 15 October 2016;

**Accepted:** 20 October 2016

**Copyright:** © The Author(s) 2016. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License, which permits unrestricted, non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

<http://journals.mahuber.com/index.php/gsej>

---