

Autoreferat

1) Imię i nazwisko

Ashley Gumsley

2) Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

Ph.D., Lund University (Lund, Szwecja), Department of Geology, kierunek: geologia, 01.2018 r.

Tytuł rozprawy doktorskiej: "*Validating the existence of the supercraton Vaalbara in the Mesoarchaeon to Palaeoproterozoic*".

Promotor: Prof Ulf Söderlund, dr Michiel de Kock

M.Sc., University of Johannesburg (Johannesburg, RPA), Department of Geology, kierunek: geologia, 10.2013 r.

Tytuł pracy magisterskiej: "*Towards a magmatic 'barcode' for the south-easternmost terrane of the Kaapvaal Craton, South Africa*".

Promotor: mgr Michael Knoper, dr Michiel de Kock

B.Sc. Hons., University of Johannesburg (Johannesburg, RPA), Department of Geology, kierunek: geologia, 06.2009 r.

B.Sc., University of Johannesburg (Johannesburg, RPA), Department of Geology and Department of Chemistry, kierunek: geologia i chemia, 06.2008 r.

3) Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

Doktorant: 09.2013-12.2017 r.

Department of Geology: Lund University, Lund, Szwecja

Adiunkt: 01.2018-1.2019 r.

Instytut Geofizyki: Polskiej Akademii Nauk, Warszawa, Polska

Adiunkt: 12.2019-do nadal

Instytut Nauk o Ziemi: Uniwersytet Śląski w Katowicach, Sosnowiec, Polska

4) **Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)**

a) Tytuł dzieła

Trzymając rękę na pulsie planety – charakterystyka dużej prowincji prekambryjskiej magmowej w aspekcie chronostratygrafii, zmian środowiskowych i paleogeografii

b) Spis prac prezentujących osiągnięcie naukowe

- I. Salminen, J., Hanson, R., Evans, D.A.D., Gong, Z., Larson, T., Walker, O., **Gumsley, A.**, Söderlund, U., Ernst, R., 2018. Direct Mesoproterozoic connection of the Congo and Kalahari cratons in proto-Africa: Strange attractors across supercontinental cycles. *Geology* **46**, 1011-1014. DOI: 10.1130/G45294.1

W ramach publikacji przygotowałem próbki diabazów na potrzeby geochronologii U-Pb. Prace polegały na kruszeniu skał, wraz z separacją i selekcją kryształów baddeleyitu do analizy. Dalsze prace laboratoryjne i analityczne zostały wykonane przeze mnie i Ulfa Söderlunda, w tym przemywanie i rozpuszczanie chemiczne ziaren baddeleyitu wraz z ich nakładaniem na żarnik, późniejszą analizą TIMS oraz redukcją danych. Przygotowałem również figurę 3 i informacje uzupełniające zamieszczone w poszczególnych częściach manuskryptu: metodologia geochronologiczna U-Pb ID-TIMS, dane i wyniki. Ponadto, zapewniłem fundusze na wykonanie analiz geochronologicznych U-Pb ID-TIMS. Pomagałem również przy sprawdzaniu i redagowaniu tekstu przed wysyłką jak również po otrzymaniu recenzji.

- II. Beukes, N.J., de Kock, M.O., Vorster, C., Ravhura, L.G., Frei, D., **Gumsley, A.P.**, Harris, C., 2019. The age and country rock provenance of the Molopo Farms Complex: implications for Transvaal Supergroup correlation in southern Africa. *South African Journal of Geology* **122**, 39-56. DOI: 10.25131/sajg.122.0003

W ramach tego projektu przygotowałem próbki gabr do datowania U-Pb, w tym kruszenie skał wraz z separacją i selekcją kryształów baddeleyitu do właściwej analizy. Wykonałem dodatkowe prace laboratoryjne i analityczne, w tym przemywanie i rozpuszczanie chemiczne ziaren baddeleyitu wraz z zakładaniem żarników i późniejszą analizę za pomocą TIMS. Dokonałem redukcji danych. Przygotowałem również figurę 10 oraz metodologię U-Pb ID-TIMS baddeleyitu i część wyników badań. Ponadto przeprowadziłem dyskusję na temat wieku stanowiska Molopo Farms Complex. Przygotowałem również informacje uzupełniające na temat U-Pb ID-TIMS baddeleyitu - dane geochronologiczne. Zapewniłem fundusze na analizy geochronologiczne U-Pb ID-TIMS. Pomagałem również przy sprawdzaniu i redagowaniu tekstu przed wysyłką jak również po otrzymaniu recenzji.

- III. de Kock, M.O., **Gumsley, A.P.**, Klausen, M.B., Söderlund, U., Djeutchou, C., 2019. The Precambrian Mafic Magmatic Record, Including Large Igneous Provinces of the Kalahari Craton and Its Constituents: A Paleogeographic Review. *In: (Srivastava, R.K., Ernst, R.E., Peng, P., eds.) Dyke Swarms of the World: A Modern Perspective*, Springer, 155-214. DOI: 10.1007/978-981-13-1666-1_5

W ramach tej pracy wspólnie z Michielem de Kockiem opracowaliśmy koncepcję artykułu przeglądowego. Co więcej, przegląd literatury, zestawienie danych i pisanie artykułu zostało wykonane przez nas obu w równych częściach (co jest zaznaczone w artykule). Przygotowałem

wszystkie figury. Pomagałem również przy późniejszym sprawdzaniu i redagowaniu tekstu po recenzjach.

- IV. **Gumsley, A.**, Stamsnijder, J., Larsson, E., Söderlund, U., Naeraa, T., de Kock, M., Sałacińska, A., Gawęda, A., Humbert, F., Ernst, R., 2020. Neoproterozoic large igneous provinces on the Kaapvaal Craton in southern Africa re-define the formation of the Ventersdorp Supergroup and its temporal equivalents. *Geological Society of America Bulletin* **132**, 1829-1844. DOI: 10.1130/B35237.1

W ramach tego projektu wspólnie z Ulfem Söderlundem opracowaliśmy koncepcję badań. Pobieranie próbek diabazu przeprowadziłem wraz z Michielem de Kockiem i Emilie Larssonem. Wykonałem przygotowanie próbek do datowania U-Pb, które obejmowało kruszenie próbek wraz z separacją i wyborem kryształów baddeleyitu do właściwych analizy. Kolejne prace laboratoryjne wykonałem wraz z Joaen Stamsnijder, Emilie Larsson i Ulf Söderlund, w tym przemywanie i rozpuszczanie chemiczne ziaren baddeleyitu wraz z ich nakładaniem na żarnik i późniejszymi analizami na TIMS. Ponadto zrobiłem przegląd literatury, wykonałem wszystkie figury. Tekst napisałem wraz z Anną Gumsley (panieńskie nazwisko – Anna Sałacińska). Zapewniłem fundusze na wykonanie wszystkich badań. Byłem autorem korespondencyjnym, i przeprowadziłem proces publikacyjny.

- V. **Gumsley, A.**, Manby, G., Domańska-Siuda, J., Nejbart, K., Michalski, K., 2020. Caught between two continents: First identification of the Ediacaran Central Iapetus Magmatic Province in Western Svalbard with palaeogeographic implications during final Rodinia breakup. *Precambrian Research* **341**, 105622. DOI: 10.1016/j.precamres.2020.105622

W ramach tego projektu przygotowałem próbki diabazu do badań geochronologicznych U-Pb, w tym rozdrobnienie próbek skały wraz z separacją i selekcją kryształów baddeleyitu do właściwych analizy chemicznych. Wykonałem prace laboratoryjne, w tym przemywanie i rozpuszczanie chemiczne ziaren baddeleyitu wraz z ich nakładaniem na żarnik i późniejszą analizą za pomocą TIMS. Co więcej, dokonałem przeglądu literatury wspólnie z Geoffreyem Manby'ego. Zestawienie danych i napisanie tekstu zostało wykonane przeze mnie. Pozyskałem fundusze na analizy geochronologiczne wykonane za pomocą U-Pb ID-TIMS. Byłem autorem korespondencyjnym-i przeprowadziłem proces publikacyjny.

- VI. Djeutchou, C., de Kock, M.O., Wabo, H., Gaitán, C.E., Söderlund, U., **Gumsley, A.P.**, 2021. Late Paleoproterozoic mafic magmatism and the Kalahari craton during Columbia assembly. *Geology* **49**, 1375-1380. DOI: 10.1130/G48811.1

W tym projekcie podjąłem się, wraz z Michielem de Kockiem poboru próbek diabazu MAD01. Przygotowanie próbek do analiz geochronologicznych U-Pb wykonałem wspólnie z Camillo Gaitánem, w tym rozkruszyłem próbki skał wraz z separacją i selekcją kryształów baddeleyitu do analizy. Wykonałem przygotowanie próbki na potrzeby geochemii całej skały (pierwiastki główne i śladowe). Przygotowałem próbkę do badań paleomagnetycznych. Wykonałem także stopniowe rozmagnesowanie pola alternatywnego pomiaru momentu magnetycznego za pomocą magnetometru. Jestem autorem wyników i danych dotyczące mojej części prac. Przygotowałem informacje uzupełniające (U-Pb ID-TIMS geochronologia), geochemię pierwiastków głównych i śladowych oraz badania paleomagnetyczne (metodologia). Zapewniłem fundusze na badania paleomagnetyczne i geochemiczne dla próbki MAD01. Pomagałem również przy sprawdzaniu i redagowaniu tekstu.

- VII. Ncube, S., Wabo, H., Owen-Smith, T.M., **Gumsley, A.P.**, Beukes, N.J., 2023. The Puduush gabbro in Griqualand West, South Africa: extending ca. 1.89 to 1.83 Ga intraplate magmatism across the proto-Kalahari Craton. *South African Journal of Geology* **126**, 75-92, DOI: 10.25131/sajg.126.0006

W tym projekcie wykonałem całkowite przygotowanie próbek do badań geochronologicznych U-Pb, w tym rozdrobnienie, separację i selekcją kryształów baddeleyitu do analiz związanych z datowaniem. Wykonałem również prace laboratoryjne takie jak przemywanie i rozpuszczanie chemiczne ziaren baddeleyitu wraz z ładowaniem na włókna i późniejszą analizą za pomocą TIMS. Wykonałem także redukcją danych. Przygotowałem figurę 4 i metodologię geochronologiczną związaną z U-Pb ID-TIMS, wyniki i dane (Tabela 1). Ponadto asystowałem przy przeglądzie literatury, zestawieniu danych i pisaniu tekstu. Zapewniłem fundusze na wykonanie analiz geochronologicznych U-Pb ID-TIMS. Pomagałem również przy sprawdzaniu i redagowaniu tekstu.

- VIII. **Gumsley, A.P.**, de Kock, M., Ernst, R., Gumsley, A., Hanson, R., Kamo, S., Knoper, M., Lewandowski, M., Luks, B., Mamuse, A., Söderlund, U., 2024. The Mutare–Fingeren dyke swarm: the enigma of the Kalahari Craton's exit from supercontinent Rodinia. *Geological Society, London, Special Publications* **537** 126, DOI: 10.1144/SP537-2022-20

We wspólnej publikacji z Michałem Knoperem i Markiem Lewandowskim opracowaliśmy koncepcję badań. Pobierania próbek podjąłem się wraz z Markiem Lewandowskim i Bartłomiejem Luksem w Zimbabwie. Wykonałem przygotowanie próbek do geochronologii U-Pb na próbkach diabazu, w tym rozdrobnienie próbek skał, wraz z separacją i selekcją kryształów baddeleyitu do analizy. Dalsze prace laboratoryjne wykonałem ja, Ulf Söderlund i Sandra Kamo, w tym przemywanie i rozpuszczanie chemiczne ziaren baddeleyitu wraz z ładowaniem włókien i późniejszymi analizami na TIMS oraz redukcją danych. Przygotowanie próbek do geochemii całych skał (pierwiastki główne i śladowe) wykonałem wspólnie z Anną Gumsley. Ponadto, wykonałem przegląd literatury, podczas gdy zestawienie danych zostało wykonane przeze mnie i Annę Gumsley. Napisałem tekst. Finansowałem badania razem z Richardem Ernstem. Byłem autorem korespondencyjnym i przeprowadziłem proces publikacyjny.

c) Omówienie celu naukowego wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników

Przedmowa

Drogi Czytelniku! Niniejszy autoreferat jak również cały komplet pozostałych dokumentów, pierwotnie powstał w języku angielskim. Na ich bazie dokonałem tłumaczenia na język polski. Podczas tłumaczenia napotkałem wiele wyzwań językowych, które polegały m.in. na braku istniejących ekwiwalentów w języku polskim. Często, tłumaczenie *sensu stricto* nie ma podstaw, gdyż nazwy jednostek czy procesów po dokonaniu tłumaczenia nie mają sensu. Dlatego w wielu przypadkach dokonałem przypisania oryginalnego terminu w języku angielskim, opatrując go skrótem „ang.” i zapisałem całość kursywą. Starłem się także używać skrótów wywodzących się z terminologii angielskojęzycznej zamiennie z polskimi ekwiwalentami. Doskonałym przykładem są duże prowincje magmowe (*ang. Large Igneous Province*), które występują w tekście jako skrót LIP.

W przypadku nazw jednostek geologicznych zastosowałem analogię do nazw geograficznych rekomendowanych przez słowniki PWN. Jeśli np. jednostka, kompleks, kraton jest jednocześnie tożsamą jednostką, rejonem geograficznym, to jej nazwę piszemy z dużej litery. W przeciwnym przypadku stosujemy zapis uwzględniający małą literę. Stosując tę zasadę mamy np. nazwy wszystkich kratonów pisane z małej litery, natomiast nazwy miejsc są pisane z dużej litery.

Mam nadzieję, że zabiegi natury gramatycznej dokonane przy tłumaczeniu na język polski przedłożonych dokumentów nie będą skutkować brakiem ich czytelności.

Wstęp

Duże prowincje magmowe (*ang. Large Igneous Province*) zostały po raz pierwszy szczegółowo opisane przez Coffina i Eldholma (1994) jako masywne skupiska skorupy ziemskiej, składające się głównie z maficznego materiału magmowego, występującego w skorupie kontynentalnej i/lub oceanicznej. Wspomniani autorzy zaliczyli do LIP m.in. kontynentalne bazalty tarczowe, skały wulkaniczne i subwulkaniczne związane z inicjalnym ryftowaniem, płaskowyże oceaniczne itp. Według Coffina i Eldholma (1994) ten proces formowania nie jest powiązany z „normalnym” rozprzestrzenianiem się dna morskiego, tj. tektoniką płyt. Definicje są różne, ale Ernst (2014) zdefiniował ten proces jako obszerne ($>0,1 \text{ Mkm}^3$) i rozległe ($>0,1 \text{ Mkm}^2$) prowincje magmowe, najczęściej wewnątrzpłytkowe, lecz powstałe w sposób gwałtowny. Pojedynczy puls (epizod magmowy) trwa najczęściej do 0,5 mln lat, przy czym, mogą pojawiać się częstsze epizody składające się z mniejszych pulsów i trwające od ok. 1 do 5 mln lat. Maksymalna częstość takich epizodów nie przekracza 50 mln lat. Dodatkowymi produktami powyższych procesów mogą być granity, ryolity, karbonatyty czy lamprofiry. Obecnie uważa się, że przyczyną procesów formowania się tych skał magmowych i ich umiejscowienia jest płaszcz ziemski, który w postaci pióropuszy wznosi się pod litosferę. Skutkiem tego mechanizmu jest pęknięcie i rozpad kontynentów. Innym procesem prowadzącym do powstania LIP może być rozwarstwienie litosfery, konwekcja związana krawędziami płyt litosfery czy spadek dużego bolidu pozaziemskiego.

LIPy mogą zatem dostarczyć nam informacji geochemicznej i petrogenetycznej, od jądra aż po skorupę naszej planety, włączając w to dane dotyczące atmosfery ziemskiej. To właśnie te informacje są tematem głównego osiągnięcia habilitacyjnego. Można je podzielić na dane związane z:

1. Chronostratygrafią
2. Paleogeografią,
3. Naturą i charakterystyką płaszcza podścielającego LIP
4. Zmianami środowiskowymi.

Chronostratygrafia

Duże prowincje magmowe na powierzchni Ziemi występują najczęściej pod postacią pokryw bazaltowych. Tradycyjne datowanie takich kompleksów (często bardzo drobnoziarnistych), np. za pomocą metody U-Pb jest utrudnione, ze względu na częsty brak minerałów zasobnych w Zr (np. cyrkon ZrSiO_4). Jedynie, pojawienie się lokalnie odmian bazaltów o większym ziarnie i charakterze bardziej felzytowym może potencjalnie posłużyć do separacji cyrkonów nadających się do datowania. O wiele bardziej perspektywiczne na potrzeby geochronologii są strefy dystalne, w których można znaleźć skały piroklastyczne (np. tufy), które często są systematycznie przeławiczone przez nowe porcje wulkanitów. W takim przypadku można wydatować sukcesję LIP (tj. chronostratygrafię). W fanerozoiku, gdzie LIPy występowały głównie pod postacią pokryw bazaltowych (np. trapy Dekanu) są lepiej zachowane, co stwarza szansę na ich wydatowanie. LIP można również datować za pomocą metody Ar-Ar na całej skale lub za pomocą amfiboli i/lub biotyty, pod warunkiem, że nie zostały one zmienione przez procesy późniejsze (np. metamorfizm) i system izotopowy nie został naruszony (otwarty).

W prekambrze oraz w późniejszych okresach geologicznych, wiele tarcz bazaltowych uległo erozji, prowadząc często do ich całkowitego zniszczenia. W tym przypadku jedynym reliktem takiej prowincji mogą być ich systemy zasilania w postaci dajek i sillii maficznych odsłaniające swoje bazalne części. Takie strefy najczęściej okazują się być kratonem. Jeszcze w latach 80' ubiegłego wieku, liczne nagromadzenie dajek lub sillii łączono z pozostałościami zwykłych prowincji wulkanicznych, co wiązało się z ich pobieżnym badaniem i charakterystyką petrogenetyczną. Ciała plutoniczne na ogół zawierają mało niekompatybilnych pierwiastków, takich jak Zr, dlatego rzadko wykonywano datowanie cyrkonu za pomocą U-Pb. Jednakże, jak zaprezentowali to Heaman i LeCheminant (1993), minerał o nazwie baddeleyit (ZrO_2) zawierający Zr został szybko uznany za realną alternatywę dla cyrkonu, zwłaszcza w odniesieniu do skał maficznych. Baddeleyite to idealny geochronometr oparty na systemie U-Pb, posiadający możliwość akumulacji do 3000 ppm U, ze znikomą ilością nieradiogenicznego Pb. Rzadko występuje on w postaci ksenokryształów, a w skałach niezmetamorfizowanych prawie nie doświadcza utraty Pb (Heaman i LeCheminant, 1993). W skałach metamorfizowanych pierwotny baddeleyit może przetrwać aż do facji amfibolitowej, a czasami nawet granulitowej. Równie często wokół tego minerału rozwija się obwódka metamorficzna w postaci cyrkonu, który można również datować w celu określenia wieku tego metamorfizmu. Z drugiej jednak strony ekstrakcja baddeleyitu z gabra lub diabazu była nieskuteczna, w związku z czym konieczne było rozdrobnienie i oddzielenie kilku kilogramów skały w celu wydobycia nawet dziesięciu kryształów baddeleyitu na potrzeby datowania U-Pb, jeśli w ogóle je odnaleziono. Oznaczało to, że w latach 90' XX w. prowadzono jedynie pobieżne badania dajek maficznych. Swoistą rewolucją w powyższych badaniach była praca Söderlunda i Johanssona (2002), którzy przedstawili prosty i skuteczny sposób separacji baddeleyitu przy użyciu wody i stołu Wilfley'a. Od tego momentu, ilość danych uzyskanych na podstawie analiz U-Pb baddeleyitu pozyskanego ze skał maficznych, zaczęła stale rosnąć. Należy tutaj nadmienić, że większość datowań odbywała się za pomocą ID-TIMS, podczas której rozpuszczano i analizowano całe kryształy baddeleyitu.

Datowanie baddeleyitu przy wykorzystaniu innowacyjnych metod datowania punktowego opracowanych w latach 90' XX wieku, takich jak SIMS, SHRIMP czy LA-ICPMS) było utrudnione ze względu na trudności techniczne wykonania samych preparatów. Kryształy tego minerału są znacznie mniejsze od cyrkonu i bardziej kruche. Dodatkową trudnością okazało się frakcjonowanie izotopów U podczas samej fizycznej analizy. Wynika to ze zjawiska znanego jako „efektu orientacji kryształu” (Wingate i Compston, 2000), które wpływa na dokładność i precyzję analityczną, jaką można uzyskać dla stosunku $^{206}Pb/^{238}U$ w baddeleyicie. Chociaż nadal możliwe było przedstawienie wieku $^{207}Pb/^{206}Pb$ na większej liczbie próbek prekambryjskich (>1 Ga), możliwość oceny zgodności lub niezgodności wiekowej była utrudniona. Zmieniło się to dzięki pionierskim pracom nad zmianą potencjału jonizującego za pomocą dodania tlenu do komory analitycznej (*ang. oxygen flooding technique*). Chamberlain i in. (2010) oraz Schmidt i in. (2010) wykazali, że możliwe jest zminimalizowanie efektu orientacji kryształów na baddeleyicie, nawet jeśli nie został on wyeliminowany przed przygotowaniem preparatu. Jednak precyzja takich pomiarów była zawsze znacznie niższa niż w przypadku ID-TIMS. Rzadko podejmowano próby analiz baddeleyitu za pomocą metody LA-ICPMS ze względu na wymaganą większą średnicę punktu pomiarowego lasera niż w przypadku źródła jonów w technikach SIMS/SHRIMP (5–10 μm w porównaniu z 15–25 μm). Jednakże, w związku z pojawianiem się coraz większej ilości danych, wielu autorów podawało sprzeczne informacje (Söderlund i in., 2013; Ibanez-Mejia i in., 2014). Techniki datowania punktowego mają jednak potencjał do datowania *in situ* na skałach bazaltowych, ale wciąż drobnoziarnistych i średnioziarnistych, gdzie nie można zastosować metodologii przedstawionej przez Söderlunda i Johanssona (2002), co stwarza swoisty dylemat zaistniały pomiędzy dokładnością a precyzją analityczną. Jedno rozwiązanie zostało zaprezentowane w pracy Gumsley i in. (2017), gdzie wiek ID-TIMS baddeleyitu uzyskano w kilku paleoproterozoicznych dajkach i sillach, które uważa się za powiązane ze zdarzeniem wulkanicznym, które miało miejsce w kratonie Kaapvaal, reprezentujący supergrupę Transwal w RPA. Korelacja tych danych z wiekiem uzyskanym *in situ* za pomocą metody U-Pb SIMS na

baddaleyicie pozyskanego ze stożka wulkanicznego potwierdziło, że wulkanity osadziły się w ciągu jednego epizodu (badania paleomagnetyczne nie ujawniły niezgodności). Implikacją tych badań było wykazanie, że cała prowincja magmowa o nazwie Ongeluk LIP wydatowano na 2426 ± 3 mln lat (Gumsley i in., 2017). W dalszym etapie badań określono wiek i skorelowano więcej kompleksów supergrupy Transwalu. I tak prowincja Ongeluk ujawniła wiek 2,2 mld lat i została powiązana z równowiekową prowincją Hekpoort, która jednak holistycznie może być starsza o 200 mln lat (2,4 mld lat). Przedstawiono wiele dowodów za i przeciw obu argumentom, jednakże wyniki Gumsley i in. (2017) zostały po raz kolejny potwierdzone w pracy Sengera i in. (2023). Natomiast w kompleksie Farm Molopo, datowanym na ok. 2054 mln lat (Beukes et al., 2019) wyznaczono nowy obszar, w którym lawy rejonów Hekpoort i lawy Ongeluk mogą przeciąć się w jednym miejscu pod piaskami Kalahari (Beukes et al., 2019).

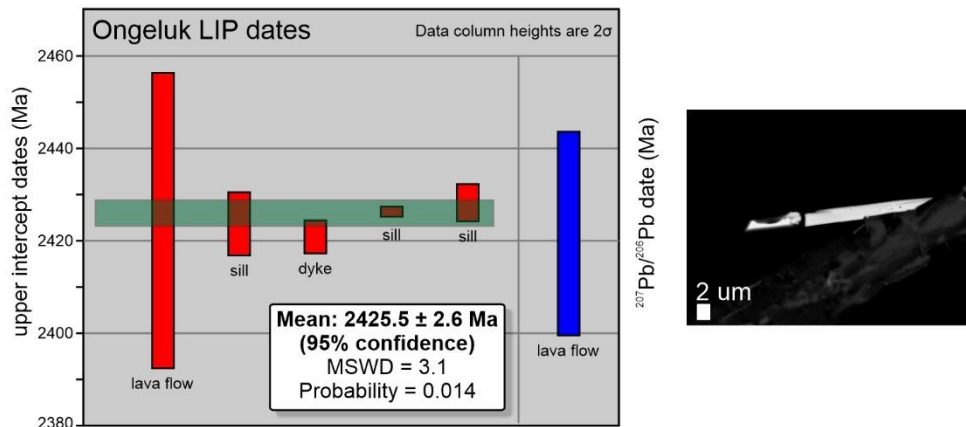


Figura 1. Przykładowy diagram prezentujący wynik datowania *in situ* baddeleyitu pochodzącego z dużej prowincji magmowej Ongeluk. Dane uzyskane za pomocą metody SIMS i ID-TIMS (Gumsley i in. 2017).

Ponadto, dajki i sille znajdujące się pod kominami wulkanicznymi można wzajemnie korelować na podstawie ich sygnatury geochemicznej i geochronologicznej (U-Pb). Przez wiele lat uważano, że część bazalna Supergrupy Ventersdorp, reprezentowana przez bazalty tarczowe Grupy Klipriviersberg w kratonie Kaapvaal w Afryce Południowej ma ok. 2714 mln lat (Armstrong i in., 1991). Jednakże praca Gumsley i in. (2020b) wykazała, że w oparciu o ograniczenia przestrzenne, czasowe i geochemiczne, bazalty Grupy Klipriviersberg mają w rzeczywistości inny wiek, datowany na epizod magmowy od 2780 mln lat do 2790 mln lat. Znacznie mniej kompleksowe badanie zachodniego Kratonu proto-Kalahari ujawniło, że fragment tej formacji (Fuller) tworzył się pomiędzy ok. 1881 mln lat (Kompleks Pudukush; Ncube i in., 2023), a 1921 mln lat (wiek Formacji Hartley’a; Cornell i in., 2016).

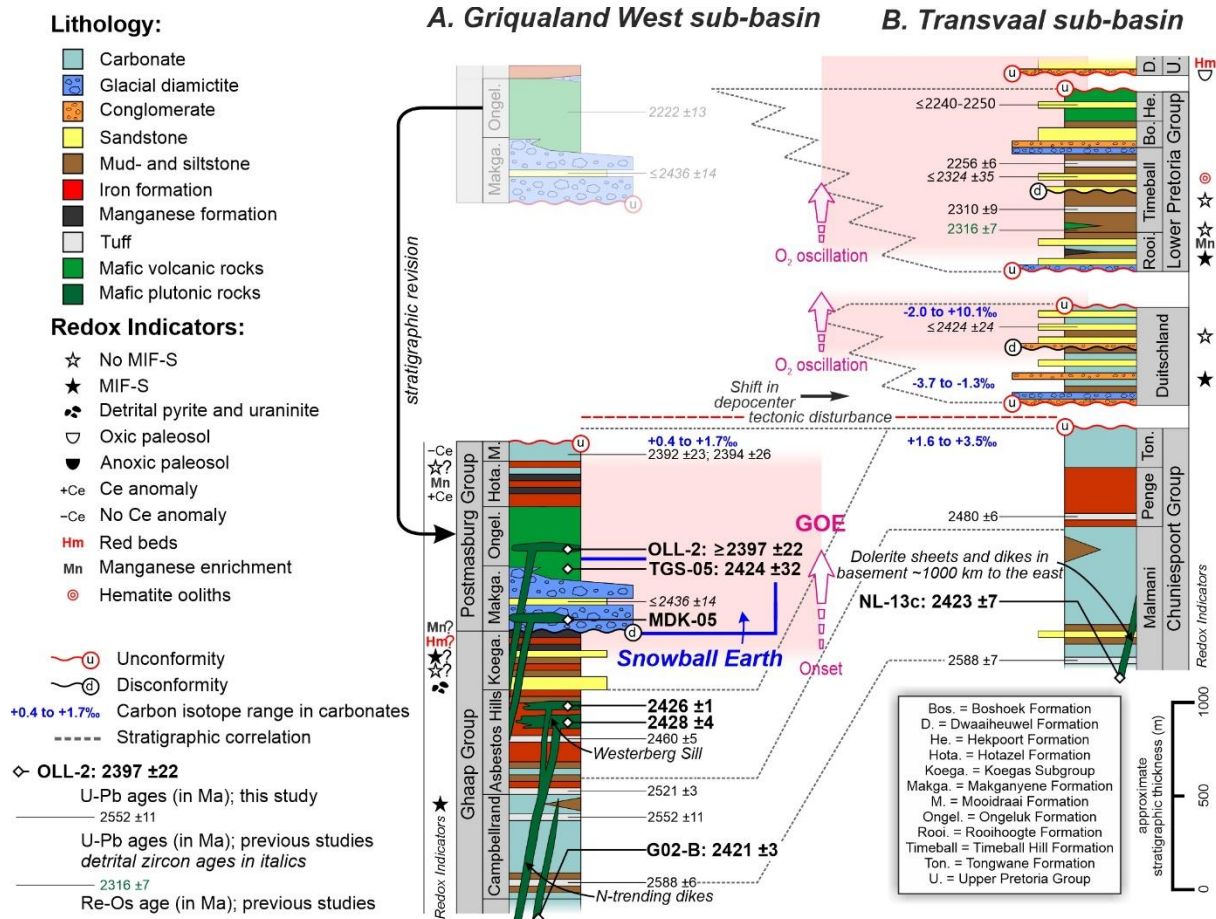


Figura 2. Szkic chronostratygraficzny dla formacji Ongeluk z uwzględnieniem najważniejszych informacji w interwałach 200 mln lat. Uzyskane dane miały wpływ na interpretację epizodów związanych epizodem „kuli śnieży”, wielkim zdarzeniem tlenowym i zmianami zawartości tlenu w atmosferze ziemskiej (Gumsley i in. 2017).

Paleogeografia

Idea pleorekonstrukcji narodziła się w 1912 roku wraz z Alfredem Wegnerem, autorem książki „Wędrowka kontynentów”. W ówczesnym czasie, tak nowatorskie spojrzenie na zmiany pozycji kontynentów nie zostało dobrze przyjęte. Dopiero w latach sześćdziesiątych XX wieku, kiedy stworzono pierwszą mapę dna morskiego, rozpoczęły się badania paleomagnetyczne i opisano cykl Wilsona (Wilson, 1966). Potwierdziło to, że pomysł Wegnera łączenia kontynentów na podstawie ich morfologii, podobnej do morfologii puzzli, był jak najbardziej prawidłowy, a dodatkowe dowody w postaci zapisu kopalnego potwierdziły jego tezy.

W przypadku charakterystyki skorupy oceanicznej ostatniego znanego superkontynentu Pangea, tego typu badania są zasadne. Jednakże, w przypadku starszych okresów, ze słabo zachowaną skorupą oceaniczną (np. prekambryj), w połączeniu z brakiem zapisu kopalnego skamieniałości (np. przed ediakarem) jest to niemożliwe lub znacznie utrudnione, co wymusza zastosowanie innych, bardziej wyrafinowanych technik badawczych. W badaniach proveniencji, a zatem służących do paleorekonstrukcji starych kontynentów, najczęściej stosuje się datowanie U-Pb cyrkonu. Jednakże, pojawiają się swoiste ograniczenia, np. w postaci ograniczenia wieku głęboko zerodowanych pasów górskich. Krystalizacja i późniejsze przetrwanie cyrkonu w odmiennych środowiskach pokazały, że różne okresy historii Ziemi miały swoiste interwały wiekowe odzwierciedlone w zapisie izotopowym (U-Pb) cyrkonu (Condie i Aster, 2010; Hawkesworth i in., 2010). Takie epizody zapisują się podczas tworzenia superkontynentu. Na podstawie danych z różnych rejonów świata można wyróżnić kilka najważniejszych takich okresów. Są

to m.in.: 1) 600-400 mln lat, 2) 1100-900 mln lat, 3) 1900-1700 mln lat i 4) 2700-2500 mln lat. Taki zachowany zapis wiekowy oznacza regularną, prawie co 500 mln lat powtarzającą się cykliczność (Nance i in., 2014). Zestawienie danych wiekowych, wraz z danymi geochemicznymi i stratygraficznymi pozwoliło na wyznaczenie pasm/epizodów i finalne zdefiniowanie byłych superkontynentów na Ziemi: Pangea, Rodinia, Nuna/Columbia i Kenorland (lub tak zwane „klany” kratonów; Bleeker, 2003). Należy jednak podkreślić, że coraz starsze wieki mogą być obciążone większym błędem. Np. w wyniku zamian wtórnych (np. metamorficznych). W takich przypadkach pomocne okazują się badania paleomagnetyczne, ale tylko dla skał zawierających minerały, które mogą w ten sposób być badane.

Rozwój technologiczny, zwłaszcza rozdzielczość pomiarowa, spowodowała wzrost możliwości skutecznego datowania „rojów” dajek maficznych i silli, zwłaszcza na przełomie XX i XXI wieku. Oznacza to, że po raz pierwszy można było dobrze zbadać LIP, zwłaszcza w prekambryze. Richard Ernst kieruje projektem *Supercontinent* powstałym XXI wieku i trwającym do chwili obecnej, w ramach którego stara się określić wiek dużych prowincji magmowych o różnym wieku, mając przy tym na uwadze ich potencjalne zasoby mineralne ale także odtwarzając paleogeografię, starych okresów geologicznych. Na powyższe potrzeby nowatorską technikę kodowania magmowego LIP (*ang. magmatic barcoding technique*; Bleeker i Ernst, 2004). Głównym jej założeniem jest, że LIPy stanowią markery diagnostyczne w zapisie geologicznym, w przeciwieństwie do bardziej ogólnych pasów orogenicznych, ponieważ (zazwyczaj) są krótkotrwałe. LIPy powstają na ogół w wyniku działalności pióropusza płaszcza i jako takie na ogół prowadzą do rozpadu kontynentu. Takie zdarzenie prowadzi do umieszczenia równowiekowych fragmentów LIP na niegdyś sąsiadującej skorupie kontynentalnej. Uważa się, że korelacja więcej niż dwóch LIPów równowiekowych, w dwóch izolowanych fragmentach skorupy, stanowi podstawę stwierdzenia, że były one „najbliższymi sąsiadami” lub wręcz jedną prowincją.

Podejście oparte na magmowym kodowaniu okazało się skuteczne w uzyskaniu wielu dopasowań między prekambryjskimi kratonami. Taka interpretacja jest poprawna, jeśli jest wspomagana przez analizy paleomagnetyczne. Badania wykonane przez **Gumsley i in. (2020a)** po raz pierwszy wykazały powiązanie między zachodnim terranem Svalbardu a Laurentią i Baltică. Wydatowanie na ok. 560 mln lat gabr ze Svalbardu wykazało, że skały te są definitywnie powiązane z prowincją magmową centralnego Oceanu Japetus, która występowała w różnych interwałach, w przedziale ok. 620–550 mln lat (Youbi i in., 2020). Ponieważ podobne skały występują po obu stronach Atlantyku, a zachodni terran Svalbardu można umieścić w strefie ryftu Rodinii pomiędzy Laurentią i Baltică, jego pochodzenie pozostaje ciągle enigmatyczne.

Dajki maficzne i sille są również idealnym materiałem do badań paleomagnetycznych. Zawierają magnetyt, który jest prawdopodobnie najskuteczniejszym nośnikiem charakterystyki magnetycznej rejestrujące pole magnetyczne naszej planety. Sille i dajki maficzne mogą w promieniu kilku metrów zmieniać swoją teksturę. Mogą być one zarówno drobnoziarniste, jak i gruboziarniste, co pozwala przynajmniej w pewnym stopniu kontrolować wpływ magnetytu jedno- i wielodomenowego na właściwości magnetyczne skał maficznych, co może również wpływać na badania paleomagnetyczne oraz zachowanie nachylenia i deklinacji w momencie zapisu w skałach. Wspomniane powyżej skały są zwykle kojarzone z krawędzią szczelin wulkanicznych, co prowadzi do ich ulokowania zarówno wzdłuż krawędzi, jak i w głębi ładu (kratonu) lub bloku skorupy ziemskiej. Chociaż późniejsze zmiany metamorficzne mogą mieć wpływ na te skały, a w tym i na właściwości paleomagnetyczne, w głębi ładu najczęściej pojawiają się jedynie niskie facje zieleńcowe, które są niższe od temperatury Curie magnetytu, czyli temperatury wymaganej do zresetowania składników magnetycznych zachowanych w magnetycie. Potwierdzają to badania petrograficzne, badania magnetyczne skał, a także geochronologia U-Pb apatyty, Ar-Ar (cała skała, amfibol, biotyt), we wsparciu z geochronologią U-Pb cyrkonu lub baddeleyitu. Powyżej przedstawione badania pozwalają na określenie czasu namagnesowania skały i dostarczeniu odpowiedzi, czy jest on syngenetyczny do czasu

krystalizacji czy chłodzenia systemu. Warto wspomnieć, że takie badania można przeprowadzić nawet w materiale pochodzącym z Archaiku, choć są one rzadkością.

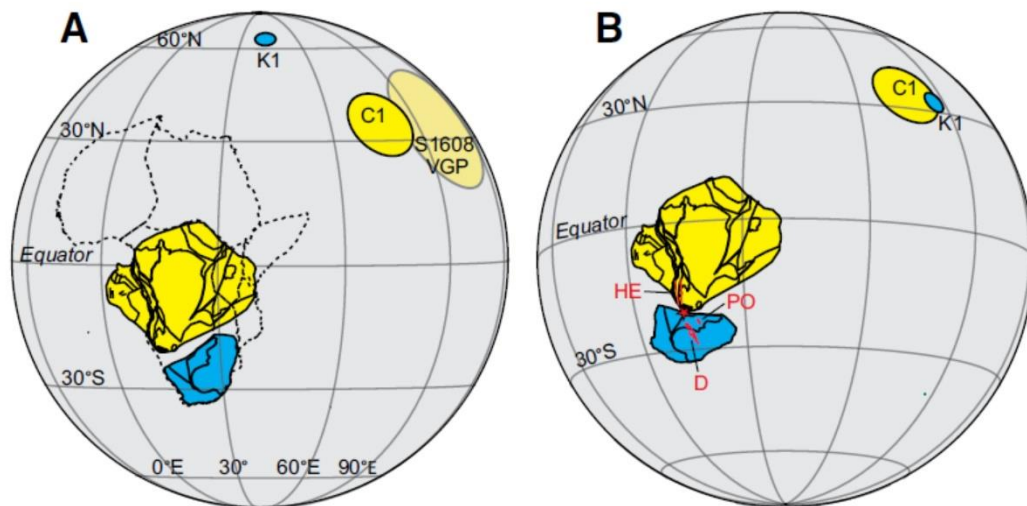


Figura 3. Schemat ilustrujący hipotezę „*strange attractor*” dla kratonu Kongo (żółty) i kratonu Kalahari (niebieski) w ich ułożeniu dzisiejszym (A) oraz w interwale 112-1106 mln lat temu (B) (Salminen i in. 2018).

Przykładem kompleksowego zastosowania wspomnianych powyżej metod jest praca **Djeutchou i in. (2021)**, gdzie porównano zapis LIP kratonu Zimbabwe z kratonem Kaapvaal w Afryce Południowej. Wykorzystując zapis kodów magmowych obu kratonów, w połączeniu z paleomagnetyzmem udowodniono, że Kratonen proto-Kalahari (*ang. proto-Kalahari Craton*) był połączony z Kratonem Głównym (*ang. Superior Craton*) w późnym paleoproterozoiku podczas formowania się Kolumbii. Powyższe założenia oparto na wieku ok. 1,88-1,83 mld lat obecnym zarówno w sektorach Kratonu Zimbabwe, jak i Kratonu Kaapvaal w Kratonie proto-Kalahari. Zagadnienie zostało wnikliwie przedyskutowane przez **Ncube i in. (2023)**, co dodatkowo wykazało, że prowincja magmowa była obecna nie tylko we wschodnim kratonie Kalahari, ale także na zachodzie, co prawdopodobnie oznacza, że blok Rehoboth w Namibii nie połączył się w tym samym czasie z proto-kratonem Kalahari. Kraton proto-Kalahari jest równy Circum-Superior LIP z Kratonem Głównym, który można korelować zarówno z magmowym kodem kreskowym charakterystycznym dla dużych prowincji magmowych, jak i technikami paleomagnetycznymi.

Inny przykład został przedstawiony przez Salminen i in. (2018), który dokonał dopasowania zaproponowanej techniki kodowania magmowego, zaproponowanego przez Ernsta i in. (2013) z datowaniem U-Pb i badaniami paleomagnetycznymi. W ten sposób ustalono, że podczas umiejscowienia LIP Umkondo, w interwale 112-1106 mln lat, kraton Kongo znajdujący się w Angoli i kraton Kalahari w południowej Afryce były jednym lądem. Badania paleomagnetyczne potwierdziły ich powiązanie, lecz sugerują nieco inną orientację niż ma to miejsce dzisiaj. Dowodem pośrednim może być orogeniczny łańcuch Damara Mobile Belt, który znajdują się pomiędzy tymi dwoma kratonami. Mając na uwadze powyższe przesłanki geochemiczne i tektoniczne można śmiało stwierdzić, że jest to zbieżne z hipotezą Meerta (2014) („*strange attractors*”), zgodnie z którą prekambryjskie konfiguracje kontynentów mogą naśladować konfigurację Pangei.

Natura i charakterystyka płaszcza podścielającego LIP

Geochemiczna charakterystyka prekambryjskich sillów i dajek maficznych była sporadycznie obiektem dywagacji i opracowań naukowych chyba, że uznano jakiś obszar za wulkaniczną

pozostałość już ówczesniej zidentyfikowanej, dużej prowincji magmowej. Powszechnie uważa się, że LIPy wywodzą się z płaszcza lub astenosfery. Bez względu na miejsce, z którego genetycznie wywodzą się LIPy, na pewno mogą mieć różne sygnatury geochemiczne. Źródła z których się wywodzą są albo zubożone, albo wzbogacone w pierwiastki śladowe i REE w stosunku do zawartości tych samych składników w prymitywnym płaszczu lub materiale chondrytowym. Do tych źródeł (lub zbiorników) zalicza się DM (płaszcz zubożony; ang. *Depleted Mantle*), EM (płaszcz wzbogacony; ang. *Enriched Mantle*), FOZO (strefa ogniskowa; ang. *Focal Zone*) i HIMU (tzw. wysokiej zawartości stosunku ^{238}U – ^{204}Pb ; Ernst, 2014). Źródło DM genetycznie powiązane jest bazaltami grzbietów śródoceanicznych (MORB; ang. *Mid-oceanic Ridge Basalt*), natomiast pozostałe źródła mają powinowactwo z bazaltami wysp oceanicznych (OIB; ang. *Oceanic Island Basalt*). Geochemia LIP odzwierciedla częściowe topienie źródeł płaszcza. Chociaż pierwiastki śladowe mogą pomóc w diagnozowaniu źródeł płaszcza (np. Pearce i in., 2008; Pearce i in., 2021), to geochemia izotopów niestabilnych (Sr, Nd, Hf, Pb) i stabilnych (O) jest kluczowa i najskuteczniejsze we wskazaniu źródeł składników LIP. W przypadku wykorzystania izotopów do celów charakterystyki prowincji należy jednak zachować szczególną ostrożność, aby uniknąć potencjalnego zafałszowania sygnatury spowodowanej m.in. erozją, oddziaływaniem fluidów i/lub metamorfizmem. Szczególnym problemem, istotnym nie tylko dla badań geochemicznych, ale także paleomagnetycznych, jest wiek rojów silli. Zawsze uważano, że ów roje mające ten sam trend geochemiczny pochodzą z tej samej generacji (wieku) (Hunter i Halls, 1992). Należy tutaj nadmienić, że „szybkie” datowania Ar-Ar wykonane na rojach dajek należących do Karoo LIP (kraton Kalahari) w RPA ujawniło ich wspólny interwał magmowy określony na 184-176 mln lat. Wszystkie sille mają ten sam trend geochemiczny, przy czym wiek obejmuje zarówno sille charakterystyczne dla wieku Karoo, jak i starsze prekambryjskie (Jourdan i in. 2004; 2006), dlatego tak ważnym jest aby badane dajki zawsze były charakteryzowane także wiekowo. Obecność różnych generacji dajek uznano za wystarczający dowód na to, że wykorzystują one mechanicznie słabe części skorupy ziemskiej, kontrolując tym ilości pojawiających się rojów dajek. Jest to cecha charakterystyczna dla większości znanych rojów dajek maficznych i silli.

Różne generacje dajek w obrębie jednego roju mogą mieć różną geochemię, jak na przykład rój Mutare Dyke w Zimbabwie z kratonu Kaapvaal. Jedno pokolenie jest wyraźnie wzbogacone w pierwiastki śladowe, i nosi sygnaturę podobną do MORB, podczas gdy inne są bardziej podobne do łuku wulkanicznego (Ward i in., 2000). de Kock i in. (2014) oraz **Gumsley i in. (2024)** ujawnili różnice w wieku i geochemii tych rojów. Dajki tego samego pokolenia na danym obszarze mogą mieć podobną geochemię, jak na przykład rój White Mfolozi Dyke (Gumsley i in., 2016), ale nie jest to reguła, jak udowodnił Kingsbury i in. (2021). W większości przypadków przyczyną złej interpretacji może być kontaminacja. Wydaje się, że wiele rojów jest zanieczyszczonych sygnaturą skorupy kontynentalnej, która wydaje się wykazywać powinowactwo do środowisk związanych z subdukcją (np. środowisko łuków wyspowych) (Pearce i in., 2021). Oczywiście kontaminacji może podlegać także populacja kryształów cyrkonu, które mechanicznie mogą być wymieszane z kryształami pochodzącymi ze skał kontaktowych. Jednak jest to sytuacja rzadko występująca. Uważa się, że niektóre LIP i roje dajek zostały „zanieczyszczone” przez procesy topienia w subkontynentalnym płaszczu litosferycznym, który odziedziczył składniki przypominające środowisko subdukcji (samo źródło uległo kontaminacji). Wyodrębnienie typów rojów dajek pod względem różnic w geochemii jest złożonym procesem, lecz finalnie pozwala na rozróżnienie pochodzenia i/lub ewolucji materiału źródłowego. Można w ten sposób stwierdzić, czy dany LIP jest efektem działania „czystego” pióropusza płaszcza (**Gumsley i in., 2020a**), skontaminowanego przez skorupę, czy też jest produktem źródła ulokowanego w subkontynentalnej części płaszcza (lub zanieczyszczenia) jak ma to miejsce w przypadku kratonu Kaapvaal (Humbert i in., 2018; **Gumsley i in., 2020b**), czy kraton Singhbhum (**Pandey i in., 2021**).

Zmiany środowiskowe

Chociaż wiadomo, że LIP mogą mieć znaczący wpływ na środowisko od czasów potwierdzeni a tego faktu przez Coffina i Eldholma (1994), rozwój wysoce precyzyjnej geochronologii U-Pb LIP, w połączeniu z zapisem kopalnym zmieniających się warunków chemicznych osadów wykazały związek pomiędzy tworzeniem się LIP i masowym wymieraniem. Najczęściej przywoływane przypadki wpływu dużych prowincji magmowych skorelowanych z globalnymi zmianami ekosystemów to okres tworzenia się trapów dekańskich i syberyjskich (np. Schoene i in., 2016; Burgess i in., 2017), które powiązano odpowiednio z wymieraniem K/Pg i P/T. Wiele innych wydarzeń masowego wymierania w fanerozoiku jest w coraz większym stopniu korelowane z masowymi wymieraniami, wprowadzając coraz więcej miarodajnych markerów związanych np. z wulkanizmem (np. rtęć; Percival i in., 2017). Do najczęstszych zjawisk wspomagających wielkie wymieranie podczas istnienia LIPów należy: anoksja oceaniczna, zakwaszenie oceanów, zmiany poziomu morza, dopływ toksycznych metali, spadek niezbędnych składników odżywczych. Powyższe zmiany powodują powstanie złożonych sieci, katastrofalnych w skutkach dla środowiska naturalnego (Ernst, 2014).

W prekambrze występuje wiele niewiadomych, które jednoznacznie powiązanie między LIP a masowym wymieraniem. Jednakże, związek między LIP a prekambryjskimi zmianami środowiskowymi jest stosunkowo dobrze poznany. Zmiany środowiskowe powstające w tym samym czasie tworzenia się LIPów obejmują m.in. czas Wielkiego Wydarzenia Utleniającego (*ang. Great Oxidation Event*), globalne zlodowacenie (Gumsley i in., 2017), czas pierwszego natlenienia globalnego oraz kilka pokoleń tzw. Ziemi śnieżki (*ang. Snowball Earth*) (Cox i in., 2016; Pu i in., 2022; Gumsley i in., 2024). Przyczyną takich zmian jest tworzenie się superkontynentu, który zwykle przemieszcza się do równika przez strefy polarne, co sprawia doskonale warunki to tworzenia się anomalii tworzenia się szczelin skorupowych i finalnie może prowadzić do rozpadu kontynentów wzdłuż aktywnych krawędzi dużych prowincji o niskiej prędkości ścinania (LLSVP; *ang. Large Low Shear Velocity Province*), prowadzącej do tworzenia się umieszczenia LIP (Torsvik, 2019). Wietrzenie LIP na równiku, w warunkach tropikalnych, generalnie prowadzi do zwiększonego wietrzenia i pochłaniania gazów cieplarnianych, metanu- jak to miało miejsce w paleoproterozoiku, albo dwutlenku węgla w neoproterozoiku (Gumsley i in., 2017). Takie zjawiska mogą prowadzić do globalnego ochłodzenia, a ostatecznie nawet do globalnego zlodowacenia, czyli efektu „kuli śnieżnej”. Ziemia pokryta w większości lodowcami jest formą przejściową i finalnie następuje ich szybkie topnienie, a w obecności uprzednio podzielonego na warstwy oceanu (np. pod względem warunków utleniająco-redukcyjnych, czy zawartości poszczególnych pierwiastków), bogatego w składniki odżywcze, który zaczyna się mieszać powodując podwyższoną produkcję biologiczną. Prowadzi to do wzmożonej fotosyntezy a zatem produkcji tlenu i dywersyfikacji życia. Proces taki może mieć charakter oscylacyjny, z okresami zlodowaceń nachodzącymi i odchodzącymi oraz wzrostem i spadkiem natlenienia (Gumsley i in., 2017).

Należy pamiętać, że rozmiar LIP nie jest jedynym ważnym czynnikiem powodującym globalne, zmiany środowiskowe. Ważna jest również szybkość i ilość produkowanych substancji lotnych, popiołu i samej skały otaczającej (*ang. country rock*) (np. ewaporatów, kaustobiolitów). Pojawienie się dużych prowincji magmowych może wpływać (lub nawet wywoływać) zmiany między globalnymi stanami klimatycznymi, a nawet epizodami cieplarnianymi. W tym miejscu należy jednak pamiętać, że każdy taki epizod, w innej epoce geologicznej jest indywidualny i charakterystyczny dla okresy w którym zaistniał. Ze względu na wpływ na środowisko, LIPy mogą w przyszłości stanowić przydatne markery chronostratygraficzne w zapisie prekambryjskim, podobnie jak ma to miejsce w przypadku masowych wymierań w fanerozoiku.

Artykuł I. Salminen et al., 2018. Direct Mesoproterozoic connection of the Congo and Kalahari cratons in proto-Africa: Strange attractors across supercontinental cycles

Kiedy mamy do czynienia z interpretacjami związanymi z tektoniką płyt litosfery obejmującą paleogeografię, na ogół wnioskujemy, że dwa bloki skorupy ziemskiej pochodzące z

odległych części świata mogą zderzyć się, tworząc pasma orogeniczne. Następnie rozdzielają się w późniejszym etapie. Ma to miejsce w tzw. „cyklu Wilsona” - otwierania i zamykania oceanów (Wilsona, 1966). Jednak dzięki nowoczesnym badaniom paleogeograficznym stało się jasne, że wiele konfiguracji kratonów prekambryjskich jest dość podobnych do młodszych (np. z czasu superkontynentu Pangea). Jest to tak zwana hipoteza „*strange attractors*” zaproponowana przez Meerta (2014). Na podstawie badań roju dajek Huila-Epembe w kratonie Kongo znajdującego się w południowej Angoli i północnej Namibii wykazano, że skały są bardziej podobne do wydатовanego na ok. 1112-1106 mln lat kompleksu Umkondo LIP na kratonie Kalahari (de Kock et al., 2014). Dodatkowo, próbki charakteryzowały się podobnym trendem paleomagnetycznym, nieznacznie przesuniętym w kierunku na północny zachód. Praca Ernsta i in. (2013) na tych samych skałach potwierdziła ich wiek 1110 ± 3 mln lat. Trzy populacje baddeleyitu ujawniły zakres wieku 1127-1104 mln lat (U-Pb ID-TIMS) potwierdzające tym, że dajki te są równowiekowe z Umkondo LIP, a kierunki paleomagnetyczne między obiema jednostkami w okresie 1112-1106 mln lat są kompatybilne i zgodne z propozycją Swanson-Hysell i in. (2016). Wskazany, nowy biegun paleomagnetyczny spełnił wszystkie niezbędne kryteria zaproponowane przez van der Voo (1990) aby zostać uznany za kluczowy biegun paleomagnetyczny dla rekonstrukcji pola magnetycznego (Buchana, 2014). Obecność ediakarsko-kambryjskiego pasa Damara-Lufilian-Zambezi pomiędzy kratonem Kongo a kratonem Kalahari wskazuje jednak, że od ok. 1112-1106 mln lat te dwa kratony zostały rozdzielone. Może to być również wytłumaczone obrotem o 45° wokół bieguna Eulera (*ang. Euler pole*), będących niezbędnym zabiegiem do połączenia dwóch jednostek kontynentalnych, co miało miejsce ok. 1112-1106 mln lat temu. Stanowiłoby to jednoznaczne potwierdzenie hipotezy Meerta (2014). Na podstawie powyższych przesłanek można śmiało stwierdzić, że taki scenariusz jest możliwy dla Australii i Indii, które mogą się połączyć w jeden kontynent za ok. 80 mln lat (podobnie jak to miało miejsce permie, kiedy mieliśmy jeden superkontynent Pangea).

Artykuł II. Beukes et al., 2019. The age and country rock provenance of the Molopo Farms Complex: implications for Transvaal Supergroup correlation in southern Africa

Pod piaskiem pustyni Kalahari, wzdłuż granicy Republiki Południowej Afryki i Botswany, leżą warstwy neoarchaiczno-paleoproterozoiczne supergrupy Transwalu. Jest to kluczowa sukcesja dla zrozumienia i charakterystyki Wielkiego Zdarzenia Utleniającego Ziemi i tzw. „śnieżnej kuli”, wydатовanej niedawno przez Gumsleya i in. (2017) na 2426 mln lat. Na tym obszarze występuje intruzja warstwowana zwana kompleksem Molopo Farms. Powszechnie uważa się, że ten obszar reprezentują dwa, odmienne kompleksy skał osadowych: 1) grupa Pretorii i grupa Postmasburg. Uważa się, że te dwie sukcesje tworzyły się w dwóch różnych basenach: w tzw. zlewni Griqualand (na S i W) oraz zlewni Transwalu (na E). W niniejszej pracy potwierdzono, że kompleks Molopo Farms jest intruzją satelitarną o wieku 2056-2055 mln lat, o znacznie większej objętości i powierzchni niż do tej pory sądzono. Jest ona wschodnim przedłużeniem kompleksu Bushveld (Zeh i in., 2015). Kompleks Molopo Farms został wydатовany na ok. 2054 mln lat (baddeleyite U-Pb ID-TIMS), kończąc tym wszelkie spekulacje, dotyczące jego domniemane powiązania z innymi, magmowymi epizodami wielkoskalowymi w kratonie Kaapvaal, których główne interwały zostały wskazane na ok. 1924-1916 mln lat i ok. 1888-1834 mln lat. Ponadto, podczas prac terenowych pobrano próbki kwarcytu reprezentujące części spągowe i stropowe kompleksu Molopo Farms. Kwarcyty pobrano w celu sprawdzenia pochodzenia detrytycznego cyrkonu za pomocą datowania U-Pb. Wyseparowane cyrkonony pochodzą z aureoli kontaktowej zostały wygrzane przez kompleks Molopo Farms, przy czym próbki powyżej kompleksu miały sygnatury podobne do paleoproterozoicznej grupy Waterberg, a próbki części spągowych miały zapis geochemiczny charakterystyczny/podobny do grupy Pretorii należącej do supergrupy Transvaal. Mając na uwadze powyższe, piaski Kalahari na obszarze kompleksu Molopo Farms sugerują obecność niezgodnej relacji pomiędzy grupą Postmasburg, która powinna znajdować się poniżej grupy Pretoria, a grupą Pretoria zdeponowaną w

późniejszym basenie (Gumsley i in., 2017). Najnowsze badania geochronologiczne przeprowadzone przez Gumsley i in. (2017) wymusiły reinterpretację stratygrafii supergrupy Transvaal, zmieniając o ~200 mln lat pozycję grupy Postmasburg w stosunku do grupy Pretoria. I tutaj należy podkreślić, że geologia obszaru kompleksu Molopo Farms dostarcza ważnych informacji na temat tego modelu korelacji względem terenów sąsiednich. Badania w przyszłości nad supergrupą Transvaal, bazując na rdzeniach wiertniczych, powinny przyczynić się do rozwiązania wielu problemów związanych z korelacją stratygraficzną całego basenu.

Artykuł III. de Kock et al., 2019. The Precambrian mafic magmatic record, including large igneous provinces of the Kalahari Craton and its constituents: a paleogeographic review

Od początku XXI wieku rozszerzył się obszar badań dużych prowincji magmowych w Afryce południowej. Celem tego artykułu przeglądowego, będącego częścią znacznie większej książki o występowaniu rojów dajek maficznych na świecie, było zebranie dotychczasowego stanu wiedzy na ich temat. Książka opisuje duże prowincje magmowe południowej Afryki, które powstały na stabilnej skorupie kontynentalnej kratonu Kalahari.

Historia geologicznego zapisu rojów dajek maficznych, w badanym obszarze zaczyna się w mezoarchaiku, gdzie skały te należące do grupy Barberton-Badplaas zostały niejako „zalané” bazaltami płytowymi grupy Nsuze, reprezentującymi niższą supergrupę Pongola. Wydatowano je na ok. 2990-2978 mln lat i jak się później okazało, obejmują one wiekowo kompleks Usushwana (ok. 2967-2966 mln lat; Gumsley i in. 2015, Olsson i in. 2010). Późniejszy magmatyzm występujący jako LIP zachował się w kompleksie Hlagothi (ok. 2874-2866 mln lat), a jego fragmenty mogą być powiązane z lawami grupy Mozaan przynależącymi do supergrupy Pongola, a także częściowo do grupy Central Rand, będącej częścią supergrupy Witwatersrand (Gumsley i in., 2013). Po utworzeniu się kompleksu supergrupy Witwatersrand nastąpiło uformowanie się kolejnej jednostki: supergrupy Ventersdorp. Jej początek jest syngenetyczny do tworzenia się Kompleksu Modipe (2784 mln lat; Denyszyn i in., 2013; Wingate i in., 1998), który został później powiązany z bazaltami formacji Klipriviersberg leżącymi u podstawy supergrupy Ventersdorp (Gumsley i in. 2020b). Następnie grupę Klipriviersberg powiązano z występującymi tam mafitami. Następnym krokiem było określenie wieku intruzji grupy Platberg przez Gumsley i in. (2020). Ich wiek to 2724-2728 mln lat. Bazalty z formacji Allanridge znajdujące się na szczycie supergrupy Ventersdorp oraz współwystępujący tam promienisty rój dajek wydatowano na ok. 2700-2660 mln lat (Olsson i in. 2010; 2011). Ten, tak zwany rój Rykoppies występuje w tym samym miejscu i trendzie, co starszy rój maficzny Barberton-Badplaas. Leżący dalej na południe rój dajek White Mfolozi o trendzie NE został scharakteryzowany geochronologicznie na wiek ok. 2664 mln lat (Gumsley i in. 2016). Cechą charakterystyczną tego roju jest obecność megakryształów skalenia oraz zubożenie geochemiczne porównaniu z rojem dajek Rykoppies. Wkrótce potem stabilizacja kratonu Zimbabwe została zaznaczona przez iniekcję materiału tworzącego Great Dyke (ok. 2584-2575 mln lat temu) i genetycznie powiązanych innych skał intruzyjnych (Wingate i in., 2001; Söderlund i in., 2010).

Paleoproterozoik rozpoczyna się wraz z umiejscowieniem złożonych rojów dajek Sebangwa w kratonie Zimbabwe (Söderlunda i in. 2010). Ich wiek określono na interwał od 2512 do 2408 mln lat, a ich położenie jest prawie równoległe do Great Dyke w Zimbabwe. Natomiast wielka prowincja magmowa Ongeluk, została wydatowana na ok. 2426 mln lat (Gumsley i in. 2017). Występuje ona głównie w zachodnim kratonie Kaapvaal i składa się z roju dajek należącej do prowincji Westerberg (Kampmann i in., 2015) oraz bazaltów Ongeluk. Wspomniane bazalty wyznaczają granicę między osadami lodowcowymi formacji Makganyene i leżącymi nad nimi złożami manganu w formacji Hotazel. W dalszej ewolucji Hekpoort LIP został posadowiony w większości na wschodnim kratonie Kaapvaal. Warto tutaj wspomnieć, że wstępne dane geochronologiczne na bazie cyrkonu sugerują, że ten kompleks może być młody i pokrywać się z interwałem 2240–2250 mln lat (Schroeder i in., 2016; Senger i in., 2023). Podobne pod względem wieku, wydarzenie magmowe zachowało się również w Zimbabwe w kompleksie Chimbadzi Hill

(2262 mln lat; Maneruk i in., 2004). Obecnie brak jest jednak jednoznacznego dowodu na ich syngenetyczny charakter. Podobnie, na krótko przed i po tworzeniu się LIP Hekpoort, w lawach Bushy Bend i Machadodorp zachowały się jeszcze dwie mniejsze sukcesje wulkaniczne. Na tym etapie nie wiadomo, czy stanowią one część dużej prowincji magmowej, czy są raczej przejawem lokalnej, znacznie mniejszej działalności magmowej. Zwieńczeniem formowania się Supergrupy Transwalu jest umiejscowienie Kompleksu Ma Bushveld (ok. 2056-2055 mln lat; Zeh i in., 2015) wraz z intruzjami o charakterze satelitarnym i rojów dajek. Zarówno kompleks Uitkomst, jak i Molopo Farm są częścią tego wydarzenia magmowego, które wyprodukowało lawy formacji Dullstroom, a także niektóre powiązane granitoidy. Kolejnym ważnym krokiem w ewolucji omawianego obszaru było połączenie kratonu Kaapvaal z kratonem Zimbabwe tworząc kraton proto-Kalahari. W zachodnim kratonie Kaapvaal bazalt z formacji Hartley mają ok. 1924-1916 mln lat (Cornell i in., 2016). W tym samym czasie utworzyły się charakterystyczne i znane prowincje sillowe: Mponeng w Botswanie, kompleks Trompsburg i Tsineng (Alebouyeh Semami et al., 2016). Następnie w kratonie proto-Kalahari pojawił się masywny LIP (ok. 1888-1830 mln lat). Ciało zawiera w sobie rój Black Hills Dyke Swarm (Olsson i in., 2016), prowincję Waterberg Sill (Hanson i in., 2004) oraz prowincję Mashonaland Sill (Söderlund i in., 2010). Praca ta została następnie włączona do pracy Djeutchou i in. (2021) i rozszerzony o kompleks Pudukush znajdujący się na wschód od kratonu proto-Kalahari (Ncube i in., 2023).

W mezoproterozoiku, ok. 1,4 mld lat temu, doszło do pojawienia się nieznacznej aktywności magmowej, która miała charakter alkaliczny. Miało to miejsce w tworzącym się kratonie Kalahari, który obejmował kompleks Pilanesberg i powiązany rój dajek maficznych. Jednak do ok. 1112-1106 mln lat temu doszło do utworzenia się Umkondo LIP (de Kock i in., 2014). Ta duża prowincja magmowa obejmuje lawy Umkondo, sille w Zimbabwe, gabra Timbavati w Republice Południowej Afryki, sille w zachodniej części Ziemi Dronning Maud na Antarktydzie Wschodniej oraz kilka rojów i kompleksów silli w pozostałej części kratonu Kalahari. Pod względem paleogeograficznym uznaje się, że w tym czasie kraton Kalahari oderwał się od superkratonu Umkondii i połączył się z Laurentią prawie 100 milionów lat później, czyli ok. 1000 mln lat temu (Swanson-Hysell i in., 2016). Obejmowałyby to Kraton kongijski wzdłuż roju Huila-Empembe (Ernst i in., 2017; Salminen i in., 2018). W tym czasie utworzył się również rój Equeefa Dyke. Później, w neoproterozoiku kraton Kalahari oderwał się od Rodinii, gdzie rój Gannoukouriep Dyke (Rioux i in., 2010) został umiejscowiony na wschodzie, a kompleks dajek Mutare na zachodzie. Te ostatnie zostały wydatowane na epizod 724-712 mln lat przez Gumsley et al. (2024), który jest zgodny i charakterystyczny dla roju dajek Fingeren znajdującego się w zachodniej części Dronning Maud Land. Wydarzenia te stanowią kulminację prekambryjskiego zapisu LIP kratonu Kalahari.

Bardzo często pleogeografia kratonu Kaapvaal i kratonu Zimbabwe, wraz z kratonem Kalahari była dyskutowana razem, jak interpretacja tych samych wiekowo kratonów (prekambryjskich), których ewolucja była zbliżona. W późnym paleoproterozoiku, kraton Kaapvaal oddalił się od kratonu Zimbabwe o ok. 1000 km (Hanson i in., 2011), co zostało przedstawione w paleorekonstrukcji zaproponowanej przez Gumsley i in. (2017). Olsson i in. (2010; 2011; 2016) oraz Gumsley i in. (2016) zwrócili uwagę na problematyczność i złożoność rojów dajek z tego obszaru. Jest to pokłosie tego, co zostało zaobserwowane także przez Jourdan i in. (2004; 2006). Może to być przyczyną trudności w charakterystyce geochemicznej LIP (Klausen i in., 2010), a także ich problemach związanych z rekonstrukcjami paleogeograficznymi (Hanson i in., 2011).

Artykuł IV. Gumsley et al., 2020a. Caught between two continents: First identification of the Ediacaran Central Iapetus Magmatic Province in Western Svalbard with palaeogeographic implications during final Rodinia breakup.

Zachodni terran podścielający (*ang. Western Basement Terrane; WTB*) Svalbardu jest zachowany na Spitsbergenie i składa się głównie z podłoża proterozoicznego, które uległo

deformacjom i metamorfizmowi podczas orogenu kaledońskiego (ok. 490-390 mln lat temu). Składa się z kilku zdeformowanych i przekształconych sukcesji skał osadowych i wulkanicznych. Wśród nich występują osady polodowcowe, które są odzwierciedleniem części wielkich globalnych zlodowaceń neoproterozoicznych, włączając w to zlodowacenie kriogenicznego i marinojskiego. Można domiewać, że ta część Svalbardu była częścią Laurentii lub Baltiki podczas neoproterozoiku, fragmentem Rodinii lub częścią terranu Pearya w północnej Kanadzie. Podczas tego rozpadu, Ocean Japetus otworzył się w ediakarze-kambrze, a następnie zamknął się w ordowiku-dewonie.

Ziemia Oskara II na Spitzbergenie zawiera liczne intruzje maficzne, które zostały przebadane przez Burzyński i in. (2018). Skały te ujawniły pozycję paleogeograficzną pomiędzy Laurentią i Baltiką, na którą mogły mieć wpływ zmiany i metamorficzne. Jedna alkaliczno-maficzna intruzja magmowa, zachowała się w warunkach facji zieleńcowej, ujawniając wiek 560 mln lat (za pomocą U-Pb ID-TIMS na baddeleyicie; Gumsley i in. 2020a). Wiek ten łączy WST Svalbardu z fragmentami centralnej prowincji magmowej Oceanu Japetus (*ang. Central Iapetus Magmatic Province*; CIMP), która zachowała się w Ameryce Północnej, Europie, a nawet w Maroku (Youbi i in., 2020). Jej elementy obejmują Long Range Dyke Swarm o wieku 610 mln lat na Labrador (Kamo et al., 1989), Grenville Dykes (580-560 mln lat) w Kanadzie (Halls i in., 2014), ok. 565 mln latnie intruzje Sept Iles na Nowej Fundlandii (Higgins i van Breemen, 1998), ok. 616 mln latnie roje dajek Egersund w Norwegii (Bingen i in., 1998), ok. 570-560 mln latni Kompleks Seiland i związane z nim intruzje w północnej Norwegii (Roberts i in., 2006), ok. 615 mln latni Caledonian Dyke Complex (Tegner i in., 2019) oraz ok. 567-561 mln latnie bazalty tarczowe Wołynia Polski, Białorusi i Ukrainy (Poprawa i in., 2020). Datowano różne elementy CIMP i powiązано je za pomocą przesłanek geochemicznych i paleomagnetycznych. Plama gorąca, tzw. „ang. hotspot Sutton”, zaproponowany przez Mitchella i in. (2011) może wyjaśniać obecność pióropusza płaszczu i obejmować intruzje alkaliczne, takie jak intruzja Sept Iles, intruzje na Svalbardzie i intruzje Seiland. Wszystkie te elementy wydawałyby się zatem ściśle ze sobą powiązane w momencie rozłamu omawianej części skorupy. Nawet na WBT na Svalbardzie obecne są w tym czasie dwie odrębne serie magmatyzmu, z dwoma kontrastującymi typami geochemii występującymi w Wedal Jarlsberg Land (Gołuchowska et al. 2016), z których jedna jest zasadowa, a druga charakterystyczna dla rejonów łuków wyspowych. Faza alkaliczna magmatyzmu przedstawiona w artykule jest obecnie najprawdopodobniej połączona z ok. 560 Ma magmatyzmem CIMP.

Artykuł V. Gumsley et al., 2020b. Neoproterozoic large igneous provinces on the Kaapvaal Craton in southern Africa re-define the formation of the Ventersdorp Supergroup and its temporal equivalents.

Po osadzeniu supergrupy Witwatersrand nastąpiło tworzenie się supergrupy Neoproterozoic Ventersdorp. Składa się ona z szeroko rozlanych spływów bazaltowych, zwanych grupą Klipriviersberg, która leży nad kontaktem Ventersdorp ze skałami osadowymi (głównie kwarcyty). Jej wiek to ok. 2714 mln lat (Armstrong i in. 1991), a nakłada się na nią niezgodność tektoniczna grupy Platberg, która jest serią skał wulkanicznych i osadowych zdeponowanych około ok. 2707 mln lat temu (Armstrong i in., 1991). Znajdująca się powyżej grupa Pniel, składająca się głównie z bazaltowej formacji Allanridge, stanowi szczyt supergrupy Ventersdorp. Wingate (1998) początki tworzenia się supergrupy Ventersdorp skorelował z formowaniem się bazaltów należących do formacji Derdepoort (uważanej za równowiekowy odpowiednik grupy Klipriviersberg, wyłączając z niej główny basen supergrupy Ventersdorp). Określony wiek to ok. 2782-2781 mln lat i jest młodszy o ok. 60 mln lat względem wieku bazaltów Klipriviersberg (ok. 2714 mln lat) zaproponowanego wcześniej przez Armstronga i in. (1991). Dalsze oznaczenia wieku formacji Makwassie (ok. 2720 mln lat) przez Cornell i in. (2017) oraz grupy Hartswater (ok. 2733-2724 mln lat) przez de Kock i in. (2012) wskazało wiek grupy Platberg, który dalej

kwestionuje obliczenia geochronologiczne zaproponowane przez Armstronga i in. (1991). W pracy Gumsley i in. (2020b) znajdujemy dane dotyczące silli znajdujących się bezpośrednio pod grupą Klipriviersberg. Wieki uzyskane za pomocą U-Pb ID-TIMS i LA-ICPMS na baddeleyicie wskazały, że mają one ok. 2788-2784 mln lat, potwierdzając ich konotacje genetyczne z kompleksem Modipe (Denyszyn i in., 2016; 2784 mln lat) znajdującym się w sąsiedztwie formacji Derdepoort (ok. 2782-2781 mln lat). Wiek ten, w połączeniu z geochemią, pokazał, że bazalty grupy Klipriviersberg rzeczywiście musiały uformować się do 2782 mln lat temu, co zostało później potwierdzone przez de Kocka i in. (2022), który wykorzystał dodatkowo badania paleomagnetyczne. Kolejne dajki i sille w południowo-wschodnim kratonie Kaapvaal zostały skorelowane z grupą Platberg supergrupy Ventersdorp przez Gumsleya i in. (2020b). Roje dajek o orientacji ENE, zwane rojami dajek Ulundi (*ang. Ulundi Dyke Swarm*) zostały wydatowane na ok. 2724 mln lat, podobnie jak sille w supergrupie Witwatersrand. Przyjmuje się, że rój promienistych silli we wschodniej części bazalnej kratonu Kaapvaal jest o wieku 2700-2766 mln lat (Olsson i in., 2010) i jest powiązany, przynajmniej częściowo, z bazaltami formacji Allanridge tworzących część stropową supergrupy Ventersdorp. Ten rój dajek, nazywany jest rojem Rykoppies i miejscami występuje na tym samym obszarze i o takim samym trendzie, co starszy rój dajek Barberton-Badplaas (ok. 2990-2966 mln; Olsson i in., 2010). W obszarze leżącym dalej na południe, Gumsley i in. (2016) datował rój dajek o orientacji NE (rój White Mfolozi Dyke Swarm), który jest wyraźnie wzbogacony w megakryształy skalenia i zubożony geochemicznie w porównaniu z rojem dajek Rykoppies, który jest w podobnym wieku i ma ok. 2664 mln lat.

Artykuł VI. Djeutchou et al., 2021 Late Paleoproterozoic mafic magmatism and the Kalahari craton during Columbia assembly

Kraton Kaapvaal i kraton Zimbabwe zostały połączone w kraton proto-Kalahari. Sytuacja ta miała miejsce pomiędzy ok. 2,6 mld lat a 2,0 mld lat temu. Jednakże badanie Hansona i in. (2011) wykazały przemieszczenia pomiędzy tymi kratonami na odległość ok 1500 km ok. 1,88 mld lat temu. We wschodniej części kratonu proto-Kalahari, ok. 1888-1830 mln lat temu, znajdował się masywny LIP. Obejmował on rój Black Hills (Olsson i in., 2016), prowincję Waterberg Sill (Hanson i in., 2004), prowincję Mashonaland Sill (Söderlund i in., 2010) oraz lawy Sibasa w grupie Soutpansberg (Geng i in., 2011). W niniejszym artykule przedstawiono nowy wiek uzyskany za pomocą datowania U-Pb ID-TIMS baddeleyitu, który wyniósł 1850 ± 4 mln (dla jeden dajki). Dodatkowo pozyskano nowe dane paleomagnetyczne dla 34 próbek dajek (dla 8 z nich uzyskano także wiek U-Pb). Uzyskane wyniki są częściowo ograniczone przez odwrócenie sygnatury paleomagnetycznej w wyniku wygrzania części próbek. Jednakże, uzyskane dane istotne w połączeniu z istniejącymi danymi, wskazały prekambryjski kluczowy biegun paleomagnetyczny (ok. 1888–1830 mln lat temu) na 63 indywidualnych dajkach. Zestawiając dane paleomagnetyczne i geochronologiczne, obliczono bieguny dla trzech epizodów magmowych (1) ok. 1873 mln lat, (2) ok. 1860 mln lat i (3) ok. 1848 M mln lat. Pozwoliło to na stworzenie jednego z pierwszych prekambryjskich zapisów magnetostratygraficznych, w połączeniu z danymi udokumentowanymi przez Olsson et al. (2016). W interwale czasowym 1888-1830 mln lat, kraton Kalahari, jak wynika to z rekonstrukcji, znajdował się obok krateru Superior, stąd w okresie 1,9-18 mld lat temu pola magnetyczne tych dwóch kraterów były tożsame. W przypadku takiej rekonstrukcji, ten typ magmatyzmu tworzył część wielkoskalowej prowincji magmowej, która poprzez je „megaradialną formę” (*ang. Circum-Superior LIP*) tworzyła dajki w rejonie Baltiki oraz podobne skały w innych rejonach świata. Wszystkie te procesy zaszły ok 1.88 mld lat temu (Heaman et al., 2009).

Artykuł VII. Ncube et al., 2023. The Pudahush gabbro in Griqualand West, South Africa: extending ca. 1.89 to 1.83 Ga intraplate magmatism across the proto-Kalahari Craton

Kompleks Pudukush znajdujący się na zachodnim krańcu kratonu proto-Kalahari w południowej Afryce, składa się głównie z gabr. Skały te intrudowały w formację Volop (grupa Olifantshoek), która zgodnie pokrywa bazalty należące do formacji Hartley (ok. 1916 mln lat) W niniejszym projekcie przedstawiono nowy wiek baddeleyitu U-Pb ID-TIMS, a także wyniki petrograficzne, geochemiczne i paleomagnetyczne całych gabr Pudukush. Skały te charakteryzują się dobrze zachowaną teksturą subofitową i składają się z klinopiroksenu i plagioklazu. Zawierają także niewielkie ilościami amfibolu, oliwinu, biotyту, magnetytu i ilmenitu. Baddeleyit w badanej skale ujawnił wiek 1881 ± 1 mln lat. W korelacji z wiekiem opublikowanym dla formacja Ma Hartley (ok. 1916 mln lat) określono nowy wiek dla formacji Volop, którego etap magmowy miał miejsce w interwale 1916–1881 mln lat. Ponadto, wiek gabr Pudukush wynoszący 1881 ± 1 mln lat również mieści się w granicach błędu wieku podanego dla epizodu 1 (Djeutchou i in., 2021), ok. 1891-1831 mln lat magmatyzm mającego miejsce we wschodniej i północno-wschodniej części kratonu proto-Kalahari w Republice Południowej Afryki i Zimbabwe. Z geochemicznego punktu widzenia wyniki uzyskane w badanym materiale ujawniają także podobieństwa do składu gabr związanych z epizodem 1 przedstawionym przez Djeutchou i in. (2021), szczególnie w rejonie prowincji Waterberg Sill. Obliczony tutaj wirtualny biegun geomagnetyczny (*ang. Virtual Geomagnetic Pole; VPG*) dla gabro Pudukush (VGP: $1,6^{\circ}\text{N}$, $352,0^{\circ}\text{E}$, $A95 = 14,2^{\circ}$) jest zgodny z biegunem epizodem 1, datowanym na ok. 1891-1831 mln lat dla LIP kratonu proto-Kalahari. Po korelacji holistycznej wszystkich uzyskanych danych, otrzymujemy nowy uśredniony biegun paleomagnetyczny ($11,7^{\circ}\text{N}$; $8,8^{\circ}\text{E}$, $A95 = 9,3^{\circ}$) dla tego epizodu. Niniejsze badanie przedstawione w tej pracy, są pierwszym dowodem na to, że ok 1891-1831 mln lat temu duża prowincja magmowa rozciągała się przez cały kraton, a nie tylko jego wschodnią połowę, sięgając do zachodniego krańca proto-kratonu Kalahari. Chociaż Olsson i in. (2016) uważa, że ten LIP utworzył się w przedłużeniu tylnego łuku wyspowego, do tej pory nie ma ku temu mocnych przesłanek. W niniejszej pracy wskazano, że potencjalnym źródłem dla tworzenia się LIPu był pióropusz płaszcz znajdujący się w tym czasie pod kratonem Kalahari. Ponadto paleoproterozoiczne sukcesje skał osadowych (*ang. red-bed successions*) kratonu Kalahari, obejmujące grupę Olifantshoek, do której intrudował kompleks Pudukush, oraz skały grupy Waterberg, w których została posadowiona prowincja silli grupy Waterberg, mają ten sam wiek: ok. 1920-1830 mln lat. Może to sugerować, że są to jednostki korelacyjne i reprezentują rozległy basen sedymentacyjny, który mógł niegdyś pokrywać duże części proto-kratonu Kalahari.

Artykuł VIII Gumsley et al., 2024. The Mutare–Fingeren dyke swarm: the enigma of the Kalahari Craton's exit from supercontinent Rodinia

W tym artykule, wiek i geochemia dajek należących do rejonu Mutare leżących we wschodnim Zimbabwe i roju Fingeren znajdującym się w zachodniej części Ziemi Dronning Maud we wschodniej Antarktyce zostały przedstawione i przedyskutowane. Wymienione powyżej roje dajek intrudowały do części spągowych wschodniego kratonu Kalahari. Skały te tną późnomezoproterozoiczną grupę Umkondo w Zimbabwe i supergrupę Ritscherflya na Antarktydzie. Są to bliźniacze roje dajek, które ujawniły podobny wiek, określony na ok. 724-712 mln lat (U-Pb ID-TIMS na baddeleyitu), definiując istnienie nowej dużej prowincji magmowej i łącząc tym samym rój dajek Mutare-Fingeren. Wykazano, że dajki mają geochemię podobną do EMORB, co wskazuje, że ich źródło mogło być w astenosferycznym płaszczu. Dane te są w opozycji do badań Warda i in. (2000), który udokumentował co najmniej dwa różne źródła geochemiczne w obrębie roju dajek Mutare. W naszym artykule zostało pokazane, że pokolenie podobne do EMORB liczy ok. 724-712 mln lat tak jak część roju dajek Mutare, podczas gdy generacja o charakterystyce zbliżonej do środowisk łuków wyspowych liczy prawdopodobnie ok. 1112-1106 mln lat i jest częścią innej populacji, która ma ten sam trend geochemiczny, co rój Mutare (de Kock et al. 2014). Udokumentowano, że roje dajek stają się częściowo mniej równoległe od rejonu Sebang w kierunku zachodnim i ujawniają wiek z przedziału ok. 2510-2408 Mln lat (Söderlund i in., 2010). LIP Mutare–Fingeren prawdopodobnie powstał podczas

tworzenia się szczelin w skorupie, co miało miejsce wschodnim Kalahari, ok. 100 milionów lat wcześniej niż uważano. Ten proces prawdopodobnie spowodowała oddzielenie się Kalahari od Laurentii. Ponadto, korzystając z zapisu kodu magmowego, wykazano, że te roje dajek są podobne do Franklina LIP w północnej Kanadzie w Laurentia. W tym czasie superkontynent Rodinia rozpadał się. Proces ten jest powiązane z powszechnym magmatyzmem wewnątrzpłytkowym obserwowanym na wielu kratonach (np. ok. 720–719 mln lat; Franklin LIP w Laurentii). Współczesny magmatyzm został niedawno zidentyfikowany także na Syberii i południowych Chinach. Ten, jak się zdaje globalnie rozległy magmatyzm kończy się dopiero około 1 Myr przed nadejściem sturtowskiej Ziemi „śnieżki” (ang. *Sturtian Snowball Earth*) (Pu i in., 2023) w kriogenie, co czyni powyższe zjawiska magmowe powiązanymi między sobą. Z drugiej jednak strony położenie Kalahari naprzeciw południowo-wschodniej Laurentii w Rodinii jest często kwestionowane, ze względu na brak wystarczających dowodów na pokrewieństwo zapisu kodu magmowego oraz słabe rozpoznania paleomagnetyczne. Za takim scenariuszem przemawia także brak korelacji Laurentii z ok 795 mln letnim rojem dajek Gannakouriep z zachodniego kratonu Kalahari (Rioux et al., 2010). Ponadto zaproponowane alternatywy połączenia terranów między Kalahari i południowo-zachodnią Laurentią (lub w pobliżu jej północno-zachodniej części), również stwarzają wyzwania dalszych dywagacji i rozważań paleogeograficznych.

Wnioski

Badania dużych prowincji magmowych, tzw. LIPów, są prowadzone w wielu ośrodkach na całym świecie. Jednakże moje obserwacje i uzyskane wyniki przyniosły bardzo cenne dane i rozwiązały pewne problemy natury geologicznej, w niektórych, mniej dostępnych obszarach świata, takich jak południowa Afryka, Antarktyda czy Svalbard. Moje najważniejsze osiągnięcia naukowe uzyskane przy współpracy naukowców z różnych ośrodków to:

- uzupełnienie zapisu kodu magmowego LIP kratonu Konga zlokalizowanego w południowej Angoli i północnej Namibii. Dokonano tego za pomocą geochronologii U-Pb ID-TIMS, gdzie przedstawiono wieki, które pokazują, że kraton Kongo i kraton Kalahari były razem połączone, w interwale wiekowym ok. 1112-1106 mln lat, za pomocą Umkondo LIP leżącego na obu kratonów. W połączeniu z badaniami paleomagnetycznymi potwierdzono hipotezę tzw. „strange attractors” zaproponowaną przez Meerta (2014). Oznacza to, że wspomniane kratony były połączone zarówno na superkontynencie Pangea, jak i w Rodinii czy Umkondii (Choudhary i in, 2019);
- wykorzystanie geochronologii na bazie U-Pb ID-TIMS, określając wiek kompleksu Molopo Farms znajdującego się w kratonie Kaapvaal (Kalahari), przy jednoczesnym pokazaniu, że jest to intruzja typu satelity kompleksu Bushveld, ale nie mająca nic wspólnego z głównymi epizodami magmowymi tej prowincji magmowej (ok. 1924-1916 mln lat i ok. 1881-1830 mln lat);
- dokonanie podsumowania wiedzy o dużych prowincjach magmowych w Afryce Południowej, gdzie skupiono się na badaniu LIP w kratonie Kalahari, obejmując jego ewolucję od mezoarchaiku do paleoproterozoiku;
- wydatowanie za pomocą metody U-Pb ID-TIMS pierwszej prekambryjskiej intruzji maficznej ze Svalbardu, stanowiącej zapis magmowego kodu kreskowego. Wykazano, że jest on tożsamy z Magma Prowincją Centralnego Iapetusa. Dane geochronologiczne wraz z geochemią pokazały, że obszar badań prawdopodobnie znajdował się w strefie szczelin między Laurentią a Baltica i był powiązany z „pióropuszem płaszcza Suttona”;
- określenie po raz pierwszy wieku maficznych dajek i silli supergrupy Vendersdorp. Datowanie wykazało, że część spągowa formacji Klipriviersberg jest prawie 50 milionów lat starsza zaproponowanego wieku przez Armstronga i in. (1991). Ponadto udowodniono, że część

centralna supergrupy Ventersdorp rozciąga się znacznie dalej, w kierunku południowym i wschodnim. W pracy zidentyfikowano także rój dajek Ulundi;

- dostarczono nowych danych chronologicznych (U-Pb ID-TIMS), geochemicznych i paleomagnetycznych dla dużej prowincji magmowej związanej z kratonem proto-Kalahari. Jej wiek określono na 1,89-1,83 mld lat. Badania potwierdziły, że ta prowincja jest częścią superkontynentu Kolumbii i kratonem nadrzędnym;
- przedstawiono nowe dane petrograficzne i geochronologiczne (U-Pb ID-TIMS), które jednoznacznie wskazały, że ok. 1,89-1,83 mld lat temu LIP znajdujący się na proto-Kalahari rozciągał się znacznie dalej na zachód, w rówieśniczym kompleksie Pudukush. Odtworzone sygnatury paleomagnetyczne i geochemiczne stanowią potwierdzenie tego powiązania i wskazują, że jest ono genetycznie związane z „pierwszym epizodem” tego wydarzenia. Wykazano również, że jest mało prawdopodobne, aby LIP utworzył się w łuku zaułkowym wysp oceanicznych. Najprawdopodobniej jego źródło pochodziło z pióropusza płaszcza. Było zatem mało prawdopodobne, aby blok Rehoboth połączył się w tym czasie z kratonem proto-Kalahari;
- Dostarczenie nowych danych geochronologicznych (U-Pb ID-TIMS) i geochemicznych, które dokumentuje umiejscowienie równowiekowych (ok. 724-712 mln lat) rojów dajek Mutare w Zimbabwie i Fingeren Dyke w Dronning Maud Land. Ponadto udowodniono, że oba roje są najprawdopodobniej powiązane z kratonem Kalahari oddzielającym się od Rodinii. Jednak badanie pokazuje również, że istnieją poważne problemy z obecną akceptacją położenia Kratonu Kalahari w obrębie Rodinii.

d) Dyskusja nad pozostałymi osiągnięciami naukowymi

Moje pozostałe badania naukowe obejmują różne zagadnienia związane głównie z ewolucją skorupy ziemskiej, odtwarzaniem miejsc alimentacyjnych skał okruchowych i chronostratygrafią skał krystalicznych. Przykładem zastosowania powyższych zagadnień są prace badawcze związane ze strefą Sakar w południowo-wschodniej Bułgarii, w których wykorzystano minerały akcesoryczne (cyrkon, tytanit, apatyt, monacyt i rutil) w celu charakterystyki pochodzenia źródła magmy i odtworzenia historii metamorficznej tego obszaru. Badania prowadzone w Bułgarii prowadziły do zrozumienia ewolucji strefy Strandży, interpretowanej jako część Bałkanów lub Pontydów. Jednostka Sakar w Strefie Strandja składa się z granitoidów umiejscowionych od późnego karbonu do triasu, intrudujących w przedwaryscyjskie, silnie zmetamorfizowane skały podłoża pochodzenia peri-godwańskiego i przykryte permsko-triasowymi skałami metaosadowymi grupy Topolovgrad. Wszystkie te skały zostały objęte różnym stopniem deformacji i metamorfizmu fazy wczesno-alpejskiej. Zinterpretowano, że granitoidy powstały podczas dwóch oddzielnych epizodów, starsze jako granitoidy post-kolizyjne, związane z orogenezą waryscyjską, a młodsze, permsko-triasowe, prawdopodobnie związane są z procesami subdukcji. Wraz ze współpracownikami Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, Instytutu Nauk Geologicznych: Polskiej Akademii Nauk, Uniwersytetu w Sofii „St. Klimenta Ohridskiego” i Trinity College Dublin, przeprowadziliśmy badania, które prezentują: nowe wieki krystalizacji różnych granitoidów (Sałacińska et al. 2021, 2022), korelację pomiędzy ciałami plutonicznymi, grupowanie i określanie ich pochodzenia (Sałacińska i in. 2021; 2022), określenie czasu, warunków i przebiegu metamorfizmu wczesno-alpejskiego (Szopa i in. 2020), dowody terenowe na deformację i metamorfizm waryscyjski oddziaływujący w obrębie jednostki Sakar, wraz z porównaniem do pozostałych jednostek Strefy Strandja oraz otaczających ją obszarów Srednej Góry, Bałkanów, Rodopów i Pontydów (Sałacińska et al. 2022). Najważniejsze wnioski zostały zawarte w następujących artykułach:

Sałacińska, A., Gerdjikov, I., Kounov, A., Chew, D., Szopa, K., **Gumsley, A.**, Kocjan, I., Marciniak-Maleszewska, B., Drakou, F., 2022. Variscan magmatic evolution of the Strandja

Zone (Southeast Bulgaria and northwest Turkey) and its relationship to other north Gondwanan margin terranes. *Gondwana Research* **109**, 253-273.

Sałacińska, A., Gerdjikov, I., **Gumsley, A.**, Szopa, K., Chew, D., Gawęda, A., Kocjan, I., 2021. Two stages of Late Carboniferous to Triassic magmatism in the Strandja Zone of Bulgaria and Turkey. *Geological Magazine* **158**, 2151-2164.

Szopa, K., Sałacińska, A., **Gumsley, A.P.**, Chew, D., Petrov, P., Gawęda, A., Zagórska, A., Deput, E., Gospodinov, N., Banasik, K., 2020. Two-Stage Late Jurassic to Early Cretaceous Hydrothermal Activity in the Sakar Unit of Southeastern Bulgaria. *Minerals* **10**, 266.

Kolejnym, zagadnieniem badawczym jest charakterystyka wybranych sukcesji osadowych w południowej Afryce, w celu rozwikłania problemów związanych z ewolucją tamtejszej skorupy. W tym przypadku analizuję izotopy systemu U-Pb i Hf, głównie w cyrkonie oraz w diagenetycznym ksenotymie. Do tej pory zajmowałem się takimi jednostkami, jak grupa Umkondo we wschodnim Zimbabwie oraz różnymi basenami w południowych i wschodnich obrzeżach kratonu Kalahari. Obszary te są m.in. związane z sedymentacją neoproterozoiczną i zawierają zapis złodowaceń

Wśród pozostałych moich zainteresowań naukowych są także zmiany środowiskowe, zwłaszcza starsze od paleozoiku. Tutaj, wykorzystuję pierwiastki będące swoistymi wskaźnikami zmian np. warunków redox (np. S, Mo, Cr). Pierwiastki te znajdują się w minerałach, takich jak piryt, które mogą przetrwać zmiany fizyczne i w postaci minerałów detrytycznych trafić do nowego miejsca sedymentacyjnego. Moje zainteresowania skupiają się przede wszystkim na prekambrze, gdzie charakteryzowałem formacje żelaziste (*ang. Banded Iron Formations*; BIF), tworzące się w okresach związanych ze zmianami środowiskowymi.

Spis literatury:

Adhikari, A., Nandi, A., Mukherjee, S., Vadlamani, R., 2021. Petrogenesis of Neoproterozoic (2.80–2.75 Ga) Jagannathpur volcanics and the Ghatgaon and Keshargaria dyke swarms, Singhbhum craton, eastern India: Geochemical, Sr-Nd isotopic and Sm-Nd geochronologic constraints for interaction of enriched-DMM derived magma with metasomatised subcontinental lithospheric mantle. *Lithos* **400-401**, 106373. DOI: 10.1016/j.lithos.2021.106373

Alebouyeh Semami, F., de Kock, M., Söderlund, U., Gumsley, A., da Silva, R., Beukes, N., Armstrong, A., 2016. New U–Pb geochronologic and palaeomagnetic constraints on the late Palaeoproterozoic Hartley magmatic event: evidence for a potential large igneous province in the Kaapvaal Craton during Kalahari assembly, South Africa. *GFF* **138**, 164-182. DOI: 10.1080/11035897.2015.1124917

Armstrong, R.A., Compston, W., Retief, E.A., Williams, I.S., Welke, H.J., 1991. Zircon ion microprobe studies bearing on the age and evolution of the Witwatersrand triad. *Precambrian Research* **53**, 243-266. DOI: 10.1016/0301-9268(91)90074-K

Beukes, N.J., de Kock, M.O., Vorster, C., Ravhura, L.G., Frei, D., **Gumsley, A.P.**, Harris, C., 2019. The age and country rock provenance of the Molopo Farms Complex: implications for Transvaal Supergroup correlation in southern Africa. *South African Journal of Geology* **122**, 39-56. DOI: 10.25131/sajg.122.0003

- Bingen, B., Demaiffe, D., van Bremen, O., 1998. The 616 Ma Old Egersund Basaltic Dike Swarm, SwW Norway, and Late Neoproterozoic Opening of the Iapetus Ocean. *Journal of Geology* **106**, 565-574. DOI: 10.1086/516042
- Bleeker, W. 2003. The late Archean record: a puzzle in ca. 35 pieces. *Lithos* **71**, 99-134. DOI: 10.1016/j.lithos.2003.07.003
- Bleeker, W., Ernst, R. 2006. Short-lived mantle generated magmatic events and their dyke swarms: The key unlocking Earth's palaeogeographic record back to 2.6 G. In: (Hanski, E., Mertanen, S., Rämö T., Vuollo, J. (eds.): *Dyke Swarms – Time Markers of Crustal Evolution*. Taylor and Francis, London, 3-26.
- Buchan, K.L., 2014. Key paleomagnetic poles and their use in Proterozoic continent and supercontinent reconstructions: A review. *Precambrian Research* **244**, 5-22. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.01.010
- Burgess, S.D., Muirhead, J.D., Bowring, S.D., 2017. Initial pulse of Siberian Traps sills as the trigger of the end-Permian mass extinction. *Nature Communications* **8**, 164. DOI: 10.1038/s41467-017-00083-9.
- Burzyński, M., Michalski, M., Manby, G., Nejbort, K., 2018. Mineralogical, Rock-Magnetic and Palaeomagnetic Properties of Metadolerites from Central Western Svalbard. *Minerals* **8**, 279. DOI: 10.3390/min8070279
- Chamberlain, K.R., Schmitt, A.K., Swapp, S.M., Harrison, T.M., Swoboda-Colberg, N., Bleeker, W., Peterson, T.D., Jefferson, C.W., Khudoley, A.K., 2010. In situ U–Pb SIMS (IN-SIMS) micro-baddeleyite dating of mafic rocks: Method with examples. *Precambrian Research* **183**, 379-387. DOI: 10.1016/j.precamres.2010.05.004
- Choudhary, B.R., Ernst, R.E., Xu, Y.-G., Evans, D.A.D., de Kock, M.O., Meert, J.G., Ruiz, A.S., Lima, G.A., 2019. Geochemical characterization of a reconstructed 1110 Ma Large Igneous Province. *Precambrian Research* **332**, 105382. DOI: 10.1016/j.precamres.2019.105382
- Coffin, M.F., Eldholm, O., 1994. Large igneous provinces: CruO., stal structure, dimensions, and external consequences. *Reviews in Geophysics* **32**, 1-36. DOI: 10.1029/93RG02508
- Condie, K.C., Aster, R.C., 2010. Episodic zircon age spectra of orogenic granitoids: The supercontinent connection and continental growth. *Precambrian Research* **180**, 227-236. DOI: 10.1016/j.precamres.2010.03.008
- Cornell, D., Zack, T., Andersen, T., Corfu, F., Frei, D., van Schijndel, V., 2016. Th-U-Pb zircon geochronology of the Palaeoproterozoic Hartley Formation porphyry by six methods, with age uncertainty approaching 1 Ma. *South African Journal of Geology* **119**, 473-494. DOI: 10.2113/gssajg.119.3.473
- Cornell, D.H., Meintjes, P.G., van der Westhuizen, W.A., Frei, D., 2017. Microbeam U-Pb Zircon dating of the Makwassie Formation and underlying units in the Ventersdorp Supergroup of South Africa. *South African Journal of Geology* **129**, 525-540. DOI: 10.25131/gssajg.120.4.525
- Cox, G.M., Halverson, G.P., Stevenson, R.K., Vokaty, M., Poirier, A., Kunzmann, M., Li, Z.-X., Denyszyn, S., Strauss, J.V., Macdonald, F.A., 2016. Continental flood basalt weathering as a

- trigger for Neoproterozoic Snowball Earth. *Earth and Planetary Science Letters* **446**, 89-99. DOI: 10.1016/j.epsl.2016.04.016
- de Kock, M.O., Beukes, N.J., Armstrong, R.A., 2012. New SHRIMP U–Pb zircon ages from the Hartswater Group, South Africa: Implications for correlations of the Neoproterozoic Ventersdorp Supergroup on the Kaapvaal craton and with the Fortescue Group on the Pilbara craton. *Precambrian Research* **204-205**, 66-74. DOI: 10.1016/j.precamres.2012.02.007
- de Kock, M.O., Ernst, R., Söderlund, U., Jourdan, F., Hofmann, A., Le Gall, B., Bertrand, H., Chisonga, B.C., Beukes, N., Rajesh, H.M., Moseki, L.M., Fuchs, R., 2014. Dykes of the 1.11 Ga Umkondo LIP, Southern Africa: Clues to a complex plumbing system. *Precambrian Research* **249**, 129-143. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.05.006
- de Kock, M.O., Gumsley, A.P., Klausen, M.B., Söderlund, U., Djeutchou, C., 2019. The Precambrian Mafic Magmatic Record, Including Large Igneous Provinces of the Kalahari Craton and Its Constituents: A Paleogeographic Review. In: (Srivastava, R.K., Ernst, R.E., Peng, P., eds.) *Dyke Swarms of the World: A Modern Perspective*, Springer, 155-214. DOI: 10.1007/978-981-13-1666-1_5
- de Kock, M.O., Malatji, I., Wabo, H., Maré, L.P., 2022. A positive syn-fold test from the Neoproterozoic Klipriviersberg Group of South Africa: Quo vadis Vaalbara? *South African Journal of Geology* **125**, 245-265. DOI: 10.25131/sajg.125.0017
- Denyszyn, S.W., Feinberg, J.M., Renne, P.R., Scott, G.R., 2013. Revisiting the age and paleomagnetism of the Modipe Gabbro of South Africa. *Precambrian Research* **238**, 176-185. DOI: 10.1016/j.precamres.2013.10.002
- Djeutchou, C., de Kock, M.O., Wabo, H., Gaitán, C.E., Söderlund, U., Gumsley, A.P., 2021. Late Neoproterozoic mafic magmatism and the Kalahari craton during Columbia assembly. *Geology* **49**, 1375-1380. DOI: 10.1130/G48811.1
- Ernst, R.E., Pereira, E., Hamilton, M.A., Pisarevsky, S.A., Rodrigues, J., Tassinari, C.C.G., Teixeira, W., Van-Dunem, V., 2013. Mesoproterozoic intraplate magmatic ‘barcode’ record of the Angola portion of the Congo Craton: Newly dated magmatic events at 1505 and 1110 Ma and implications for Nuna (Columbia) supercontinent reconstructions. *Precambrian Research* **230**, 103-118. DOI: 10.1016/j.precamres.2013.01.010
- Ernst, R.E., 2014. *Large igneous provinces*. Cambridge University Press, 653 pp.
- Geng, H., Brandl, G., Sun, M., Wong, J., Kröner, A., 2014. Zircon ages defining deposition of the Neoproterozoic Soutpansberg Group and further evidence for Eoarchean crust in South Africa. *Precambrian Research* **249**, 247-262. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.05.020
- Gołuchowska et al., K., Barker, A.K., Czerny, J., Majka, J., Manecki, M., Farajewicz, M., Dwornik, M., 2016. Magma storage of an alkali ultramafic igneous suite from Chamberlindalen, SW Svalbard. *Mineralogy and Petrology* **110**, 623-638. DOI: 10.1007/s00710-016-0431-9
- Gumsley, A.P., de Kock, M.O., Rajesh, H.M., Knoper, M.W., Söderlund, U., Ernst, R.E., 2013. The Hlagothi Complex: The identification of fragments from a Neoproterozoic large igneous province on the Kaapvaal Craton. *Lithos* **174**, 333-348. DOI: 10.1016/j.lithos.2012.06.007

- Gumsley, A., Olsson, J., Söderlund, U., de Kock, M.O., Hofmann, A., Klausen, M., 2015. Precise U-Pb baddeleyite age dating of the Usushwana Complex, southern Africa – Implications for the Mesoarchean magmatic and sedimentological evolution of the Pongola Supergroup, Kaapvaal Craton. *Precambrian Research* **267**, 174-185. DOI: 10.1016/j.precamres.2015.06.010
- Gumsley, A., Rådman, J., Söderlund, U., Klausen, M., 2016. U–Pb baddeleyite geochronology and geochemistry of the White Mfolozi Dyke Swarm: unravelling the complexities of 2.70–2.66 Ga dyke swarms across the eastern Kaapvaal Craton, South Africa. *GFF* **138**, 115-132. DOI: 10.1080/11035897.2015.1122665
- Gumsley, A.P., Chamberlain, K.R., Bleeker, W., Söderlund, U., de Kock, M.O., Larsson, E.R., Bekker, A., 2017. Timing and tempo of the Great Oxidation Event. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* **114**, 1811-1816. DOI: 10.1073/pnas.160882411
- Gumsley, A., Stamsnijder, J., Larsson, E., Söderlund, U., Naeraa, T., de Kock, M., Sałacińska, A., Gawęda, A., Humbert, F., Ernst, R., 2020. Neoarchean large igneous provinces on the Kaapvaal Craton in southern Africa re-define the formation of the Ventersdorp Supergroup and its temporal equivalents. *Geological Society of America Bulletin* **132**, 1829-1844. DOI: 10.1130/B35237.1
- Gumsley, A., Stamsnijder, J., Larsson, E., Söderlund, U., Naeraa, T., de Kock, M., Sałacińska, A., Gawęda, A., Humbert, F., Ernst, R., 2020. Neoarchean large igneous provinces on the Kaapvaal Craton in southern Africa re-define the formation of the Ventersdorp Supergroup and its temporal equivalents. *Geological Society of America Bulletin* **132**, 1829-1844. DOI: 10.1130/B35237.1
- Gumsley, A., Manby, G., Domańska-Siuda, J., Nejbort, K., Michalski, K., 2020A. Caught between two continents: First identification of the Ediacaran Central Iapetus Magmatic Province in Western Svalbard with palaeogeographic implications during final Rodinia breakup. *Precambrian Research* **341**, 105622. DOI: 10.1016/j.precamres.2020.105622
- Gumsley, A.P., de Kock, M., Ernst, R., Gumsley, A., Hanson, R., Kamo, S., Knoper, M., Lewandowski, M., Luks, B., Mamuse, A., Söderlund, U., 2024. The Mutare–Fingeren dyke swarm: the enigma of the Kalahari Craton's exit from supercontinent Rodinia. *Geological Society, London, Special Publications* **537** 126, DOI: 10.1144/SP537-2022-20
- Halls, H.C., Lovette, A., Hamilton, M., Söderlund, U., 2014. A paleomagnetic and U–Pb geochronology study of the western end of the Grenville dyke swarm: Rapid changes in paleomagnetic field direction at ca. 585 Ma related to polarity reversals? *Precambrian Research* **257**, 137-166. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.11.029
- Hanson, R.E., Gose, W.A., Crowley, J.L., Ramezani, J., Bowring, S.A, Bullen, D.S., Hall, R.P., Pancake, J.A., Mukwakwami, J., 2004. Paleoproterozoic intraplate magmatism and basin development on the Kaapvaal Craton: A107, ge, paleomagnetism and geochemistry of ~1.93 to ~1.87 Ga post-Waterberg dolerites. *South African Journal of Geology* **107**, 233-254. DOI: 10.2113/107.1-2.233
- Hanson, R.E., Rioux, M., Gose, W.A., Blackburn, T.J., Bowring, S.A., Mukwakwami, J., Jones, D.L., 2011. Paleomagnetic and geochronological evidence for large-scale post–1.88 Ga displacement between the Zimbabwe and Kaapvaal cratons along the Limpopo belt. *Geology* **39**, 487-490. DOI: 10.1130/G31698.1
- Hawkesworth, C.J., Dhuime, B., Pietranik, A.B., Cawood, P.A., Kemp, A.I.S., Storey, C.D., 2010. The generation and evolution of the continental crust. *Journal of the Geological Society* **167**, 229-248. DOI: 10.1144/0016-76492009-072

- Heaman, L.M., LeCheminant, A.N., 1993. Paragenesis and U-Pb systematics of baddeleyite (ZrO₂). *Chemical Geology* **110**, 95-126. DOI: 10.1016/0009-2541(93)90249-I
- Heaman, L.M., Peck, D., Toope, K., 2009. Timing and geochemistry of 1.88 Ga Molson Igneous Events, Manitoba: Insights into the formation of a craton-scale magmatic and metallogenic province. *Precambrian Research* **172**, 143-162. DOI: 10.1016/j.precamres.2009.03.015
- Higgins, M.D., van Breemen, O., 1998. The Age of the Sept Iles Layered Mafic Intrusion, Canada: Implications For the Late Neoproterozoic/Cambrian History of Southeastern Canada. *Journal of Geology* **106**, XX. DOI: 10.1086/516033
- Humbert, F., de Kock, M.O., Altermann, W., Elburg, M.A., Lenhardt, N., Smith, A.J.B., Masango, S., 2018. Petrology, physical volcanology and geochemistry of a Paleoproterozoic large igneous province: The Hekpoort Formation in the southern Transvaal sub-basin (Kaaopvaal craton). *Precambrian Research* **315**, 232-256. DOI: 10.1016/j.precamres.2018.07.022
- Hunter, D.R., Halls, H.C., 1992. A geochemical study of a Precambrian mafic dyke swarm, Eastern Transvaal, South Africa. *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)* **15**, 153-168. DOI: 10.1016/0899-5362(92)90066-L
- Ibanez-Mejia, M., Gehrels, G.E., Ruiz, J., Vervoort, J.D., Eddy, M.P., Li, C., 2014. Small-volume baddeleyite (ZrO₂) U–Pb geochronology and Lu–Hf isotope geochemistry by LA-ICP-MS. Techniques and applications. *Chemical Geology* **384**, 149-167. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2014.07.011
- Jourdan, F., Féraud, G., Bertrand, H., Kampunzu, A.B., Tshoso, G., Le Gall, B., Tiercelin, J.J., Capiez, P., 2004. The Karoo triple junction questioned: evidence from Jurassic and Proterozoic ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages and geochemistry of the giant Okavango dyke swarm (Botswana). *Earth and Planetary Science Letters* **222**, 989-1006. DOI: 10.1016/j.epsl.2004.03.017
- Jourdan, F., Féraud, G., Bertrand, H., Matkeys, M.K., Kampunzu, A.B., Le Gall, B., 2006. Basement control on dyke distribution in Large Igneous Provinces: Case study of the Karoo triple junction. *Earth and Planetary Science Letters* **241**, 307-322. DOI: 10.1016/j.epsl.2005.10.003
- Kamo, S.L., Gower, C.F., Krogh, T.E., 1989. Birthdate for the lapetus Ocean? A precise U-Pb zircon and baddeleyite age for the Long Range dikes, southeast Labrador. *Geology* **17**, 603-605. DOI: 10.1130/0091-7613(1989)017<0602:BFTLOA>2.3.CO;2
- Kampmann, T.C., Gumsley, A.P., de Kock, M.O., Söderlund, U., 2015. U–Pb geochronology and paleomagnetism of the Westerberg Sill Suite, Kaapvaal Craton – Support for a coherent Kaapvaal–Pilbara Block (Vaalbara) into the Paleoproterozoic? *Precambrian Research* **269**, 58-72. DOI: 10.1016/j.precamres.2015.08.011
- Kingsbury, C.G., Klausen, M.B., Söderlund, U., Altermann, W., Ernst, R.E., 2021. Identification of a new 485 Ma post-orogenic mafic dyke swarm east of the Pan-African Saldania-Gariep Belt of South Africa. *Precambrian Research* **354**, 106043. DOI: 10.1016/j.precamres.2020.106043
- Klausen, M.B., Söderlund, U., Olsson, J.R., Ernst, R.E., Armoogram, M., Mkhize, S.W., Petzer, G., 2010. Petrological discrimination among Precambrian dyke swarms: Eastern Kaapvaal craton (South Africa). *Precambrian Research* **183**, 501-522. DOI: 10.1016/j.precamres.2010.01.013
- Manyeruke, T.D., Blenkinsop, T.G., Buchholz, P., Love, D., Oberthür, T., Vetter, U.K., Davis, D.W., 2004. The age and petrology of the Chimbadzi Hill Intrusion, NW Zimbabwe: first evidence for early Paleoproterozoic magmatism in Zimbabwe. *Journal of African Earth Sciences* **40**, 281-292. DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2004.12.003

- Mitchell, R.N., Kilian, T.M., Raub, T.D., Evans, D.A.D., Bleeker, W., Maloof, A.C., 2011. Sutton hotspot: Resolving Ediacaran-Cambrian Tectonics and true polar wander for Laurentia. *American Journal of Science* **311**, 651-663. DOI: 10.2475/08.2011.01
- Meert, J.G., 2014. Strange attractors, spiritual interlopers and lonely wanderers: The search for pre-Pangean supercontinents. *Geoscience Frontiers* **5**, 155-166. DOI: 10.1016/j.gsf.2013.12.001
- Nance, R.D., Murphy, J.B., Santosh, M., 2014. The supercontinent cycle: A retrospective essay. *Gondwana Research* **25**, 4-29.
- Ncube, S., Wabo, H., Owen-Smith, T.M., Gumsley, A.P., Beukes, N.J., 2023. The Pudukush gabbro in Griqualand West, South Africa: extending ca. 1.89 to 1.83 Ga intraplate magmatism across the proto-Kalahari Craton. *South African Journal of Geology* **126**, 75-92, DOI: 10.25131/sajg.126.0006
- Olsson, J.R., Söderlund, U., Klausen, M.B., Ernst, R.E., 2010. U–Pb baddeleyite ages linking major Archean dyke swarms to volcanic-rift forming events in the Kaapvaal craton (South Africa), and a precise age for the Bushveld Complex. *Precambrian Research* **183**, 490-500. DOI: 10.1016/j.precamres.2010.07.009
- Olsson, J.R., Söderlund, U., Hamilton, M.A., Klausen, M.B., Helffrich, G.R., 2011. A late Archaean radiating dyke swarm as possible clue to the origin of the Bushveld Complex. *Nature Geoscience* **4**, 865-869. DOI: 10.1038/ngeo1308
- Olsson, J.R., Klausen, M.B., Hamilton, M.A., März, N., Söderlund, U., Roberts, R.J., 2016. Baddeleyite U–Pb ages and geochemistry of the 1875–1835 Ma Black Hills Dyke Swarm across north-eastern South Africa: part of a trans-Kalahari Craton back-arc setting? *GFF* **138**, 183-202. DOI: 10.1080/11035897.2015.1103781
- Pandey, O.P., Mezger, K., Upadhyay, D., Paul, D., Singh, A.K., Söderlund, U., Gumsley, A.P., 2021. Major-trace element and Sr-Nd isotope compositions of mafic dykes of the Singhbhum Craton: Insights into evolution of the lithospheric mantle. *Lithos* **382-383**, 105959. DOI: 10.1016/j.lithos.2020.105959
- Pearce, J.A., 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* **100**, 14-48.
- Pearce, J.A., Ernst, R.E., Peate, D.W., Rogers, C., 2021. LIP printing: Use of immobile element proxies to characterize Large Igneous Provinces in the geologic record. *Lithos* **392-393**, 106068. DOI: 10.1016/j.lithos.2021.106068
- Percival, L.M.E., Ruhl, M., Hesselbo, S.P., Jenkyns, H.C., Mather, T.A., Whiteside, J.H., 2017. Mercury evidence for pulsed volcanism during the end-Triassic mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* **114**, 7929-7934. DOI: 10.1073/pnas.1705378114
- Pu, J.P., Macdonald, F.A., Schmitz, M.D., Rainbird, R.H., Bleeker, W., Peak, B.A., Flowers, R.M., Hoffman, P.F., Rioux, M., Hamilton, M.A., 2022. Emplacement of the Franklin large igneous province and initiation of the Sturtian Snowball Earth. *Science Advances* **8**, XX, DOI: 10.1126/sciadv.adc9430
- Poprawa, P., Krzemińska, E., Paczeńska, J., Armstrong, R.A., 2020. Geochronology of the Volyn volcanic complex at the western slope of the East European Craton – Relevance to the Neoproterozoic rifting and the break-up of Rodinia/Pannotia. *Precambrian Research* **346**, 105817. DOI: 10.1016/j.precamres.2020.105817
- Rioux, M., Bowring, S., Dudás, F., Hanson, R., 2010. Characterizing the U–Pb systematics of baddeleyite through chemical abrasion: application of multi-step digestion methods to

- baddeleyite geochronology. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **160**, 777-801. DOI: 10.1007/s00410-010-0507-1
- Roberts, R.J., Corfu, F., Torsvik, T.H., Ashwal, L.D., Ramsay, D.M., 2006. Short-lived mafic magmatism at 560–570 Ma in the northern Norwegian Caledonides: U–Pb zircon ages from the Seiland Igneous Province. *Geological Magazine* **143**, 887-903. DOI: 10.1017/S0016756806002512
- Salminen, J., Hanson, R., Evans, D.A.D., Gong, Z., Larson, T., Walker, O., Gumsley, A., Söderlund, U., Ernst, R., 2018. Direct Mesoproterozoic connection of the Congo and Kalahari cratons in proto-Africa: Strange attractors across supercontinental cycles. *Geology* **46**, 1011-1014. DOI: 10.1130/G45294.1
- Sałacińska, A., Gerdjikov, I., Kounov, A., Chew, D., Szopa, K., **Gumsley, A.**, Kocjan, I., Marciniak-Maleszewska, B., Drakou, F., 2022. Variscan magmatic evolution of the Strandja Zone (Southeast Bulgaria and northwest Turkey) and its relationship to other north Gondwanan margin terranes. *Gondwana Research* **109**, 253-273.
- Sałacińska, A., Gerdjikov, I., **Gumsley, A.**, Szopa, K., Chew, D., Gawęda, A., Kocjan, I., 2021. Two stages of Late Carboniferous to Triassic magmatism in the Strandja Zone of Bulgaria and Turkey. *Geological Magazine* **158**, 2151-2164.
- Schoene, B., Eddy, M.P., Samperton, K.M., Keller, C.B., Keller, G., Adatte, T., Khadri, S.R., 2016. U-Pb constraints on pulsed eruption of the Deccan Traps across the end-Cretaceous mass extinction. *Science* **363**, 862-866. DOI: 10.1126/science.aau2422
- Schmitt, A.K., Chamberlain, K.R., Swapp, S.M., Harrison, T.M., 2010. In situ U–Pb dating of micro-baddeleyite by secondary ion mass spectrometry. *Chemical Geology* **269**, 386-395. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2009.10.013
- Schröder, S., Beukes, N.J., Armstrong, R.A., 2016. Detrital zircon constraints on the tectonostratigraphy of the Paleoproterozoic Pretoria Group, South Africa. *Precambrian Research* **278**, 362-393. DOI: 10.1016/j.precamres.2016.03.016
- Senger, M.H., Davies, J.H.F.L., Ovtcharova, M., Beukes, N., Gumsley, A., Gaynor, S.P., Ulianov, A., Ngobeli, R., Schaltegger, U., 2023. Improving the chronostratigraphic framework of the Transvaal Supergroup (South Africa) through in-situ and high-precision U-Pb geochronology. *Precambrian Research* **392**, 107070. DOI: 10.1016/j.precamres.2023.107070
- Swanson-Hysell, N.L., Kilian, T.M., Hanson, R.E., 2015. A new grand mean palaeomagnetic pole for the 1.11 Ga Umkondo large igneous province with implications for palaeogeography and the geomagnetic field. *Geophysical Journal International* **203**, 2237-2247. DOI: 10.1093/gji/ggv402
- Szopa, K., Sałacińska, A., **Gumsley, A.P.**, Chew, D., Petrov, P., Gawęda, A., Zagórska, A., Deput, E., Gospodinov, N., Banasik, K., 2020. Two-Stage Late Jurassic to Early Cretaceous Hydrothermal Activity in the Sakar Unit of Southeastern Bulgaria. *Minerals* **10**, 266
- Söderlund, U., Johansson, L., 2002. A simple way to extract baddeleyite (ZrO₂). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* **3**, 1-7. DOI: 10.1029/2001GC000212
- Söderlund, U., Hofmann, A., Klausen, M.B., Olsson, J.R., Ernst, R.E., Persson, P.-O., 2010. Towards a complete magmatic barcode for the Zimbabwe craton: Baddeleyite U–Pb dating of regional dolerite dyke swarms and sill complexes. *Precambrian Research* **183**, 388-398. DOI: 10.1016/j.precamres.2009.11.001
- Söderlund, U., Ibanez-Mejía, M., El Bahat, A., Ernst, R.E., Ikenne, M., Soulimani, A., Youbi, N., Cousens, B., El Janati, M., Hafid, A., 2013. Reply to Comment on “U–Pb baddeleyite ages

- and geochemistry of dolerite dykes in the Bas-Drâa inlier of the Anti-Atlas of Morocco: Newly identified 1380 Ma event in the West African Craton” by André Michard and Dominique Gasquet. *Lithos* **174**, 101-108. DOI: 10.1016/j.lithos.2013.04.003
- Tegner, C., Andersen, T.B., Kjøl, H.J., Brown, E.L., Hagen-Peter, G., Corfu, F., Planke, S., Torsvik, T.H., 2019. A Mantle Plume Origin for the Scandinavian Dyke Complex: A “Piercing Point” for 615 Ma Plate Reconstruction of Baltica? *Geochemistry Geophysics Geosystems* **20**, 1075-1094. DOI: 10.1029/2018GC007941
- Torsvik, T.H., 2019. Earth history: A journey in time and space from base to top. *Tectonophysics* **760**, 297-313. DOI: 10.1016/j.tecto.2018.09.009
- van der Voo, R., 1990. The reliability of paleomagnetic data. *Tectonophysics* **184**, 1-9. DOI: 10.1016/0040-1951(90)90116-P
- Ward, S.E., Hall, R.P., Hughes, D.J., 2000. Guruve and Mutare dykes: preliminary geochemical indication of complex Mesoproterozoic mafic magmatic systems in Zimbabwe. *Journal of African Earth Sciences* **30**, 689-701. DOI: 10.1016/S0899-5362(00)00046-4
- Wilson, J.T., 1966. Did the Atlantic close and then re-open? *Nature* **211**, 676-681.
- Wingate, M.T.D., 1998. A palaeomagnetic test of the Kaapvaal - Pilbara (Vaalbara) connection at 2.78 Ga. *South African Journal of Geology* **104**, 257-274.
- Wingate, M.T.D., 2000. Ion microprobe U—Pb zircon and baddeleyite ages for the Great Dyke and its satellite dykes, Zimbabwe. *South African Journal of Geology* **103**, 74-80. DOI: 10.2113/103.1.74
- Wingate, M.T.D., Compston, W., 2000. Crystal orientation effects during ion microprobe U—Pb analysis of baddeleyite. *Chemical Geology* **168**, 75-97. DOI: 10.1016/S0009-2541(00)00184-4
- Youbi, N., Ernst, R.E., Söderlund, U., Boumehdi, M.A., Lahna, A.A., Tassinari, C.C.G., Moume, W.E., Bensalah, M.K., 2020. The Central Iapetus magmatic province: An updated review and link with the ca. 580 Ma Gaskiers glaciation. *Geological Society of America Special Papers* **544**, 35.66. DOI: 10.1130/2020.2544(02)
- Zeh, A., Ovtcharova, M., Wilson, A.H., Schaltegger, U., 2015. The Bushveld Complex was emplaced and cooled in less than one million years – results of zirconology, and geotectonic implications. *Earth and Planetary Science Letters* **418**, 103-114. DOI: 10.1016/j.epsl.2015.02.035

5) Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

a) Współpraca krajowa

- *Instytut Nauk Geofizycznych, Polska Akademia Nauk*, współpraca z Marek Lewandowski, Bartłomiej Luks, Krzysztof Michałski; **publikacje w**: Precambrian Research (2020), Geological Society of London Special Publications (2024)
- *Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk*, współpraca z: Anna Sałacińska (obecnie Anna Gumsley), Anna Zagórska, Ewa Deput, Izabela Kocjan, Małgorzata Lempart-Drozd, Zuzanna Ciesielska; **publikacje w**: Minerals (2020), Geological Society of America Bulletin (2020), Chemical Geology (2022)
- *Uniwersytet Warszawski*, współpraca z: Justyna Domańska-Siuda, Krzysztof Nejbert; **publikacje w**: Precambrian Research (2020)
- *Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*, współpraca z: Artur Błachowski; **publikacje w**: Chemical Geology (2022)

b) Współpraca zagraniczna

- *University of Johannesburg (RPA)*, współpraca z: Michiel de Kock, Nicolas Beukes (zmarł), Rajesh Hariharan (obecnie w Międzynarodowym Uniwersytecie Nauki i Techniki w Botswanie), Michael Knoper (emeryt), Axel Hofmann, Richard da Silva (obecnie pracownik w przemyśle), Richard Armstrong, Andrey Bekker, Cedric Djeutchou (obecnie pracownik w przemyśle), Herwe Wabo, Trishta Owen-Smith, Clarisa Vorster, L Ravhura (obecnie pracownik w przemyśle), Fabien Humbert (obecnie w Uniwersytecie Rennes), Sinikwe Ncube, Ruben Ngobeli; **publikacje w:** *Lithos* (2013), *Precambrian Research* (2015a; 2015b; 2023), *GFF* (2016a), *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2017), *Dyke Swarms of the World: A Modern Perspective* (2019), *South African Journal of Geology* (2019; 2023), *Geological Society of America Bulletin* (2020), *Geology* (2021), *Geological Society of London Special Publications* (2024)
- *Lund University (Szwecja)*, współpraca z: Ulf Söderlund, Johan Olsson (obecnie pracownik w przemyśle), Tobias Kampmann (obecnie pracownik w przemyśle), Farnaz Alebouyeh Semami (obecnie pracownik w przemyśle), Johan Rådman (obecnie pracownik w przemyśle), Emilie Larsson (obecnie pracownik w przemyśle), Joaen Stamsnijder (obecnie pracownik w przemyśle), Tomas Naeraa, Camilo Gaitán (obecnie Uniwersytet Bourgogne); **publikacje w:** *Lithos* (2013; 2021), *Precambrian Research* (2015a; 2015b), *GFF* (2016a; 2016b), *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2017), *Geology* (2018; 2021), *Dyke Swarms of the World: A Modern Perspective* (2019), *Geological Society of America Bulletin* (2020), *Geological Society of London Special Publications* (2024)
- *Museum of Natural History (Szwecja)*, współpraca z: Ulf Söderlund; **publikacje w:** *Precambrian Research* (2015a; 2015b), *GFF* (2016a; 2016b), *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2017), *Geology* (2018), *Dyke Swarms of the World: A Modern Perspective* (2019), *Geological Society of America Bulletin* (2020), *Lithos* (2021), *Geological Society of London Special Publications* (2024)
- *Carleton University (Kanada)*, współpraca z: Richard Ernst; **publikacje w:** *Lithos* (2013), *Geology* (2018), *Geological Society of America Bulletin* (2020), *Geological Society of London Special Publications* (2024)
- *Ernst Geosciences (Kanada)*, współpraca z: Richard Ernst; **publikacje w:** *Lithos* (2013)
- *Stellenbosch University (RPA)*, współpraca z: Martin Klausen, Dirk Frei (obecnie University of the Western Cape); **publikacje w:** *Precambrian Research* (2015a), *GFF* (2016b), *Dyke Swarms of the World: A Modern Perspective* (2019) *South African Journal of Geology* (2019)
- *National University of Australia (Australia)*, współpraca z: Richard Armstrong; **publikacje w:** *GFF* (2016a)
 - *Yale University (USA)*, współpraca z: David Evans, Zheng Gong (obecnie w Harvard University), Tierney Larson (obecnie pracownik w przemyśle); Olivia Walker (obecnie pracownik w przemyśle), **publikacje w:** *Australian Journal of Earth Sciences* (2017), *Geology* (2018)
- *Michigan University of Technology (USA)*, współpraca z: Aleksey Smirnov, **publikacje w:** *Australian Journal of Earth Sciences* (2017)
- *University of Wyoming (USA)*, współpraca z: Kevin Chamberlain, **publikacje w:** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2017)

- *Geological Survey of Canada (Kanada)*, współpraca z: Wouter Bleeker, **publikacje w:** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2017)
- *University of California, Riverside (USA)*; współpraca z: Andrey Bekker, **publikacje w:** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2017)
- *University of Helsinki (Finlandia)*; współpraca z: Johanna Salminen, **publikacje w:** Geology (2018)
- *Texas Christian University(USA)*; współpraca z: Richard Hanson, **publikacje w:** Geology (2018), Geological Society of London Special Publications (2024)
- *Tomsk State University (Rosja)*; współpraca z: Richard Ernst, **publikacje w:** Geology (2018), Geological Society of America Bulletin (2020)
- *University of Cape Town (RPA)*; współpraca z: Christopher Harris, **publikacje w:** South African Journal of Geology (2019)
- *Natural History Museum (UK)*; współpraca z: Geoffrey Manby, **publikacje w:** Precambrian Research (2020)
- *Trinity College (Irlandia)*; współpraca z: David Chew and Fonteini Drakou; **publikacje w:** Minerals (2020), Geological Magazine (2021), Gondwana Research (2022)
- *The Earth and Man National Museum (Bułgaria)*; współpraca z: Petko Petrov, **publikacje w:** Minerals (2020)
- *Hristo Smirnenski (Bułgaria)*; współpraca z: Nikolay Gospodinov, **publikacje w:** Minerals (2020)
- *University of Bern (Szwajcaria)*; współpraca z: Om Pandey (now at King Abdullah University of Science and Technology), Klaus Mezger, **publikacje w:** Lithos (2021)
- *Indian Institute of Technology Kanpur (India)*; współpraca z: Om Pandey (obecnie w King Abdullah University of Science and Technology), Paul Debajyoti, **publikacje w:**Lithos (2021)
- *Indian Institute of Technology Kharagpur (India)*; współpraca z: Dewashish Upadhyay, Ajay Singh, **publikacje w:**Lithos (2021)
- *Sofia University St. Kliment Ohridski (Bułgaria)*; współpraca z: Ianko Gerdjikov, **publikacje w:** Geological Magazine (2021), Gondwana Research (2022)
- *Basel University (Szwajcaria)*; współpraca z: Alexandre Kounov, **publikacje w:**Gondwana Research (2022)
- *Midlands State University (Zimbabwe)*; współpraca z: Antony Mamuse, **publikacje w:**Geological Society of London Special Publications (2024)
- *University of Toronto (Kanada)*; współpraca z: Sandra Kamo, **publikacje w:**Geological Society of London Special Publications (2024)
- *University of Geneva (Szwajcaria)*; współpraca z: Martin Senger, Maria Ovtcharova, Sean Gaynor, Urs Schaltegger, **publikacje w:**Precambrian Research (2023)
- *University of Montreal (Kanada)*; współpraca z: Joshua Davies, **publikacje w:**Precambrian Research (2023)
- *Princeton University (USA)*; współpraca z: Sean Gaynor, **publikacje w:**Precambrian Research (2023)
- *University of Lausanne (Szwajcaria)*; współpraca z: Aleksey Ulianov, **publikacje w:** Precambrian Research (2023)

6) Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

a) osiągnięcia dydaktyczne

Promotorstwo prac dyplomowych

Prace magisterskie:

mgr Johan Rådman: *U-Pb baddeleyite geochronology and geochemistry of the White Mfolozi Dyke Swarm: unravelling the complexities of 2.70-2.66 Ga dyke swarms on the eastern Kaapvaal Craton, South Africa* (współpromotorstwo z Prof. Ulf Söderlund z Lund University, Szwecja).

mgr Emilie Larsson: *U-Pb baddeleyite dating of intrusions in the south-easternmost Kaapvaal Craton (South Africa): revealing multiple events of dyke emplacement* (współpromotorstwo z Prof. Ulf Söderlund z Lund University, Szwecja).

mgr Joaen Stamsnijder: *New geochronological constraints on the Klipriviersberg Group: defining a new Neoproterozoic large igneous province on the Kaapvaal Craton, South Africa* (współpromotorstwo z Prof. Ulf Söderlund z Lund University, Szwecja).

mgr Camilo Gaitan: *Unravelling the timing and distribution of Paleoproterozoic dyke swarms in the eastern Kaapvaal Craton, South Africa* (współpromotorstwo z Prof. Ulf Söderlund z Lund University, Szwecja).

Praca licencjacka:

lic. Max Adolfsson: *Visualizing the volcanic history of the Kaapvaal Craton using ArcGIS* (Lund University, Szwecja).

Zajęcia dydaktyczne

rok akademicki	prowadzone zajęcia: (w)-wykłady; (l)-laboratoria; (t)-praktyki terenowe; *zajęcia autorskie
2014/2015	Structural geology (w, l, t), Geochronology and geochemistry of magmatic rocks (l, t) – Lund University, Szwecja
2015/2016	Structural geology (w, l, t), Geochronology and geochemistry of magmatic rocks (l, t) – Lund University, Szwecja
2016/2017	Structural geology (w, l, t), Geochronology and geochemistry of magmatic rocks (l, t) – Lund University, Szwecja
2021/2022	Academic English (w)*, scientific methodology (w) - Uniwersytet Śląski w Katowicach (szkoła doktorska), Polska
2022/2023	Academic English (w)*, scientific methodology (w) - Uniwersytet Śląski w Katowicach (szkoła doktorska), Polska

b) osiągnięcia organizacyjne

Pełnione funkcje

Złonek rady naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytet Śląski w Katowicach od 10.2022- do nadal

c) osiągnięcia popularyzacyjne

Publikacje:

Gumsley, A., 2017. The Ongeluk LIP: a newly defined large igneous province on the critical Neoproterozoic-Paleoproterozoic boundary on the Kaapvaal Craton, southern Africa. March LIP of the month (<http://www.largeigneousprovinces.org/17mar>)

Djeutchou, C., de Kock, M., Wabo, H., Gaitán, C.E., Söderlund, U., **Gumsley, A.**, 2021. The Paleoproterozoic Black Hills Dyke Swarm: key to resolve Kalahari within Columbia. September LIP of the month (<http://www.largeigneousprovinces.org/21sep>)

Gumsley, A., 2023. The Mutare-Fingeren Dyke Swarm of the eastern Kalahari Craton. April LIP of the month (<http://www.largeigneousprovinces.org/23apr>)

Media:

06.02.2017 – **Wywiad w ScienceNews:** ‘Oxygen flooded Earth’s atmosphere earlier than thought’ przeprowadzony przez Thomas Sumner

<https://www.sciencenews.org/article/oxygen-flooded-earths-atmosphere-earlier-thought>

12.12.2019 – **Wywiad w ScienceNews:** ‘Flooding Earth’s atmosphere with oxygen may not have needed a triggering event’ przeprowadzony przez Carolyn Gramling

<https://www.sciencenews.org/article/earth-might-not-have-needed-major-event-become-oxygen-rich>

12.07.2023 – **Wywiad w magazynie Science:** ‘Massive lava outburst may have led to Snowball Earth’ przeprowadzony przez Maya Wei-Haas

<https://www.science.org/content/article/massive-lava-outburst-may-have-led-snowball-earth>

Wykłady i aktywności:

2019 do nadal: Wykłady gościnne w GEOsfera w Jaworznie

2022: Stoisko edukacyjne: Pierwszy ‘GeoPiknik na Żylcie’ Geopiknik w Instytucie Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach

2023: Stoisko edukacyjne: Drugi ‘GeoPiknik na Żylcie’ Geopiknik w Instytucie Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach

2023: Warsztaty edukacyjne: Drugi ‘GeoPiknik na Żylcie’ Geopiknik w Instytucie Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach 2022

7) Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

Nagrody

2020: Stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla Wybitnych Młodych Naukowców 08.2020-07.2023

2022: Nagrody Rektora Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach za działalność publikacyjną w 2021

2023: Nagrody Rektora Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach za działalność publikacyjną w 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gumley', with a large, sweeping flourish extending upwards and to the right.

(podpis wnioskodawcy)