

## **Procesy i zjawiska związane z tektoniką płyt w wybranych rejonach polski południowej i obszarów przyległych w aspekcie geoturystycznym**

Celem pracy jest przybliżenie teorii tektoniki płyt i wskazanie możliwości wykorzystania jej do celów edukacyjnych i turystycznych na przykładzie wybranych stanowisk geologicznych z rejonu Sudetów i Karpat Zachodnich.

We wstępnej części pracy, jako wprowadzenie do tematu zagadnień przedstawiono podstawy teoretyczne dotyczące geoturystyki i teorii tektoniki płyt. Po analizie zasadności istnienia geoturystyki skupiono się na funkcji edukacyjnej tej dziedziny. W tym celu przestudiowano ministerialne programy nauczania przedmiotu geografia na różnych szczeblach edukacji, a następnie na tej podstawie obrano za grupę docelową licealistów i w oparciu o nich realizowano kolejne etapy pracy. Na tym etapie nauczania bowiem występuje wiele zagadnień geologicznych powiązanych z tematyką rozprawy.

Teoria tektoniki płyt jest teorią mobilistyczną (neomobilistyczną) nawiązującą do wegenerowskiego dryfu kontynentów. Zakłada ona, że najbardziej zewnętrzna część ziemi tj. litosfera zbudowana jest z dwóch rodzajów sztywnych płyt poruszających się względem siebie. Pierwszy rodzaj to grube (ok. 30-80 km) płyty kontynentalne zbudowane ze skał kwaśnych, drugi rodzaj to znacznie cieńsze (do 8 km grubości) płyty oceaniczne o chemizmie zasadowym. Płyty poruszają się z prędkością przeważnie nieprzekraczającą ~10 cm/rok. Tektonika płyt wymaga istnienia trzech typów granic dzielących sztywną litosferę na płyty. W miejscu gdzie następuje „konsumpcja” płyt, to jest gdzie płyta oceaniczna podsuwa się pod płytę kontynentalną lub oceaniczną i pogrąża się w płaszczu ziemskim tworzy się strefa subdukcji. Strefom tym towarzyszy wzmożona aktywnością sejsmiczną i wulkaniczną. Kolejnym typem granic są strefy ryftowe, w których dochodzi do produkcji nowej skorupy oceanicznej na wskutek wylewów law bazaltowych. Pełny profil skorupy oceanicznej można obserwować na dnie oceanów lub na kontynentach w postaci sekwencji ofiolitowych. Trzecim typem granic są uskoki transformujące. Jest to rodzaj uskoku przesuwczego powstałego w wyniku poziomych przemieszczeń płyt w przeciwnym kierunku.

Konsekwencją ruchu płyt jest rozpad i tworzenie się kontynentów. Uproszczony schemat obrazujący ewolucję kontynentów został opisany w formie cyklu Wilsona. W ramach cyklu wyróżniono 6 etapów. Pierwszy to etap embrionalny, w którym dochodzi do inicjacji strefy ryftowej w obrębie płyty kontynentalnej. Stadium młodociane obejmuje tworzenie się skorupy oceanicznej na wskutek zasadowego magmatyzmu podmorskiego. W etapie dojrzałym dochodzi do utworzenia się szerokiej domeny oceanicznej, oraz pełnego wykształcenia się pasywnych krawędzi kontynentalnych. W etapie schyłkowym tworzy się strefa subdukcji i w konsekwencji pogrążanie się skorupy oceanicznej. W etapie terminalnym osady wypełniające basen załukowy i rów oceaniczny ulegają

intensywnemu zafałdowaniu tworząc system płaszczowin. Cykl wieńczy stadium pokolizyjne, w którym następuje wypiętrzenie się orogenu oraz powstanie szwu oceanicznego.

Przedstawiony powyżej model cyklu Wilsona jest jedynie wprowadzeniem do głównej części pracy to jest próby przedstawienia poszczególnych jego etapów na przykładzie wybranych orogenu w obrębie regionów Polski południowej i terenów przyległych.

Teren badań objął Sudety stanowiące fragment Masywu Czeskiego. Obszar ten w uproszczeniu, zbudowany jest z elementów skonsolidowanych podczas orogenezy kadomskiej, które uległy rozczłonkowaniu i ponownej konsolidacji podczas tworzenia się orogenu warwicyjskiego w górnym paleozoiku. W ich obrębie wyszczególnia się szereg jednostek geologicznych. Drugim regionem ujętym w pracy są Karpaty Zachodnie. Pod względem geologicznym Karpaty te dzielą się na Karpaty zewnętrzne (fliszowe) i wewnętrzne. Karpaty zewnętrzne zbudowane są z górnopaleozoicznych – dolnomiocenicznych osadów deponowanych w obrębie kilku basenów sedimentacyjnych zlokalizowanych we wschodniej części oceanu Tetydy - Perytetydy. Karpaty wewnętrzne wchodzi w skład Alkapy - mikroplaty zbudowanej ze skał skonsolidowanych w czasie orogenezy warwicyjskiej, oraz w różnym stopniu zdeformowanej pokrywy osadowej.

Po przeprowadzeniu wstępnego zwiadu terenowego w Sudetach i Karpatach wytypowano wiodące regiony badań, na których skupiono uwagę. Z obszaru Sudetów wybrano Pogórze Kaczawskie, Góry Rychlebskie oraz okolice Łądka Zdroju. W Karpatach skupiono się głównie na pienińskim pasie skałkowym, płaszczynie śląskiej i magurskiej. Niektóre punkty terenowe posłużyły w kolejnych rozdziałach pracy jako przykłady bardzo dobrych stanowisk geoturystycznych i w związku z tym zostały bardziej szczegółowo opracowane. Inne użyto jako przykłady do opisu cyklu Wilsona. Części stanowisk nie wykorzystano powtórnie, jednak umieszczenie ich w tabeli ma służyć do wskazania lokalizacji istotnych z punktu widzenia tematyki pracy.

Z pośród licznych stanowisk, ze względu na wyjątkowe walory edukacyjne wybrano poniższe obiekty geoturystyczne do scharakteryzowania cyklu Wilsona:

- kamieniołom „Gruszka” przedstawiający utwory deponowane w obrębie pasywnej krawędzi kontynentu, a następnie przetransportowane w formie olistolitów w głębsze partie zbiornika,
- Nýznerovské Vodopády będące elementem ofiolitu utożsamianego ze skorupą oceanu Rei,
- wzgórze Wapienica jako przypuszczalny zapis etapu zamykania się basenu załukowego,
- jaskinie na Pomezí i na Špičáku interpretowane jako element sekwencji synryftowej,
- Ślęża jako przykład zespołu ofiolitowego,
- Szklary jako człon zespołu ofiolitowego. Punkt ten ze względu na wysoką perspektywiczność dla rozwoju geoturystyki w regionie, zaprezentowano koncepcje jego zagospodarowania,

- przełęcz Srebrna Góra jako przykład osadów deponowanych wzdłuż krawędzi aktywnego tektonicznie brzegu,
- kamieniołom Vycpálek gdzie granity postorogeniczne reprezentują ostatni etap cyklu Wilsona związany z postorogeniczną ekstensją orogenu,
- kaskady Wieprzówki reprezentują głębokowodne mułowce i iłowce a lokalnie piaskowce drobnoziarniste deponowane w obrębie poszerzającego się basenu protośląskiego,
- skałka bazaltowa i rezerwat Białej Wody jako pozostałość po grzbiecie czorsztyńskim i wapienne olistolity Pienińskiego Pasa Skałkowego,
- Mosorny potok gdzie gruboławicowe piaskowce interpretowane są jako wynik postępującej pryzmy akrecyjnej.

W dalszej części pracy przedstawiono kolejne etapy cyklu Wilsona w Sudetach i Karpatach.

W Sudetach cykl ten opisuje okres od wczesnego kambru po górny karbon. Uogólniając, powstanie Sudetów związane jest z cyklem superkontynentalnym zapoczątkowanym rozpadem superkontynentu Pannocji w kambrze po utworzenie się Pangei w karbonie. W okresie tym otworzyły się i zamknęły dwa duże oceany, to jest Iapetus i Rei, oraz utworzyły się liczne kontynenty, takie jak: Laurencja, Syberia, Bałtyka, Gondwana, Laurazja i Oldredia. Efektem zamknięcia się oceanu Rei, i w związku z tym kolizji Gondwany z Laurazją, było powstanie orogenu waryscyjskiego ciągnącego się od Meksyku po Europę wschodnią, którego częścią są Sudety.

Jako punkt wyjściowy dla opisywanego cyklu przyjmuje się zakończenie orogenezy kadomskiej na przełomie neoproterozoiku i kambru. Etap ten zapisał się poprzez liczne intruzje granitoidowe czego przykładem mogą być kambryjskie granity łużyckie zidentyfikowane w Sudetach zachodnich. Następnie miało miejsce tworzenie się wczesnej domeny oceanicznej postępująca aktywność ryftu oceanu Rei. Aktywność ta bardzo czytelnie odzwierciedlona została się w Sudetach w obszarze jednostki kaczawskiej. Występujące tam wczesnopaleozoiczne skały w jednoznaczny sposób świadczą o poszerzaniu i pogłębianiu się oceanu. Ocean Rei osiągnął największą szerokość w sylurze. Szacuje się, że wynosiła ona około 4000 kilometrów. Etap ten reprezentowany jest prawdopodobnie przez dolnopaleozoiczne drobnoziarniste osady występujące w formie olistolitów w synorogenicznym kompleksie jednostki bardzkiej. Otwarcie się basenu załukowego nastąpiło w konsekwencji powstania strefy subdukcji pod południową krawędzią Laurosji. Zaskutkowało to powstaniem łuku wysp na kształt dzisiejszych wysp japońskich, które oddzielały nowopowstały basen (tak zwany ocean renohercyński) od oceanu Rei. Basen załukowy ulegał wypełnieniu osadami klastycznymi jak i węglanowymi. Przykładem mogą być marmury jednostki Brannej, a z obszaru polskich Sudetów, płytkowodne wapienie w jednostce Świebodziec. W efekcie późnodewońskiej kolizji terranów

nastąpiła depozycja typowych osadów synorogenicznych reprezentowanych przez utwory jednostki Świebodziec oraz jednostki bardzkiej. Zamknięcie się basenu załukowego nastąpiło najprawdopodobniej w najniższym późnym karbonie. W efekcie kolizji Gondwany z Laurosją powstała znacznych rozmiarów pryzma akrecyjna. Podczas tworzenia się pryzmy akrecyjnej doszło do obdukcji fragmentów skorupy oceanicznej basenu załukowego, czego najlepszym przykładem jest ofiolit śródsudecki. W końcowej fazie doszło do intruzji licznych granitoidów zarówno syn- jak i postorogenicznych, które licznie występują zarówno w Sudetach zachodnich, środkowych jak i wschodnich. Najbardziej spektakularnym przykładem jest masyw granitoidowy Karkonoszy, masyw Strzegomia czy masyw Żulowej. Na przełomie karbonu i permu na wskutek erozji orogenu deponowana była miąższa molasa, widoczna między innymi w jednostce kaczawskiej.

Cykl Wilsona w Karpatach rozpoczął się powstaniem Tetydy Alpejskiej w środkowej jurze. Częścią tej domeny oceanicznej był basen magepieniński. Kolejnym etapem jest utworzenie się w kredzie ryftu początkującego powstanie basenu protośląskiego. Pozostałością tego stadium są cieszynity obecne w jednostce śląskiej. Kolejny etap cyklu Wilsona w Karpatach obejmuje okres od górnej kredy po paleocen, w trakcie, którego miało miejsce utworzenie się wzdłuż aktywnej krawędzi kontynentu strefy subdukcji, a tym samym powolne zamykanie się oceanu Tetydy. W tym samym czasie w obrębie pasywnej krawędzi miało miejsce osadzanie się głębokomorskich utworów wykształconych w formie fliszu. Ruch płyt związany z powolnym zamykaniem się zbiornika skutkowało powstawaniem olistostrom. Etap tworzenia się postępującej pryzmy akrecyjnej trwał od eocenu po wczesny miocen. Postępująca subdukcja dostarczała nowego materiału sedymentacyjnego do zbiornika. Ostatni etap cyklu Wilsona w Karpatach obejmuje kolizję terranów karpackich z kratonem wschodnioeuropejskim. Po niej następuje wypiętrzenie i powstanie postkolizyjnego łuku wulkanicznego, a następnie dalszą sedymentację osadów. Etap ten miał miejsce w miocenie.

Omawiany teren, a w szczególności Sudety, ma niewątpliwie bardzo wysoki potencjał geoturystyczny. Jest to efekt dużego nagromadzenia bardzo zróżnicowanych, łatwo dostępnych sztucznych i naturalnych odsłoneń, z których przedstawiono jedynie niewielką część. Większość opisanych odsłoneń nie wymaga skomplikowanego i kosztownego przygotowania do celów turystycznych. Autorka uważa, że połączenie budowy geologicznej omawianego terenu z etapami cyklu Wilsona narzuca się samoistnie. Dzięki takiemu podejściu poszczególne elementy budowy geologicznej wydają się być bardziej zrozumiałe dla przeciętnego odbiorcy niż „tradycyjne” przedstawienie geologii w oderwaniu od kontekstu paleogeograficznego.

Według autora, wprowadzenie wycieczek o charakterze geoturystycznym do programu szkolnego w dużym stopniu przyczyniłoby się do urozmaicenia zajęć, jak również pozwoliłoby na wyrobienie

nawyku obserwacji i wnioskowania. Niewątpliwie, również wypłynęłyby to na świadomość ekologiczną młodzieży jak i wzrostem znajomości regionu.