**ZUT w Eterze, odcinek 15 – „Jak działa naturalny GPS, czyli ryby i magnetyzm”**

**Rafał Molenda:** Na ziemi pojawiły się około 480 milionów lat temu, stanowią dziś najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną grupę kręgowców choć w środowisku w którym żyją nie ma dróg, ani drogowskazów, potrafią pokonać tysiące mil i bezbłędnie dotrzeć do celu. Czy ryby potrafią wyczuć magnetyzm ziemi?

To jest podkast Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego.

Dzień dobry witamy w kolejnym odcinku naszego podkastu. Rafał Molenda serdecznie witam  nie jestem sam, bowiem jest ze mną profesor doktor habilitowany inżynier Krzysztof Formicki dzień dobry.

**Krzysztof Formicki:** Dzień dobry.

**Rafał Molenda:** I profesor doktor habilitowany inżynier Adam Tański.

**Adam Tański:** Dzień dobry, bardzo mi miło.

**Rafał Molenda:** Panowie z Wydziału Nauk o Żywności i Rybactwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. A dziś będziemy rozmawiać o …. Choć inaczej, dziś na początek zanurkujemy i zobaczymy, co tam się pod wodą dzieje.

Czego szukamy?

**Krzysztof Formicki:** Szukamy przede wszystkim pozytywnego oddziaływania pola magnetycznego. Bo wiadomo, jak każdy czynnik, tak i pole magnetyczne,  oddziałuje. Jeśli  będzie bardzo wysokiej częstotliwości, bądź będzie bardzo silne powstanie efekt negatywny. O wiele trudniej jest znaleźć te wartości pola, które działają w sposób pozytywny bądź są neutralne, bądź efekt jest trudny do uchwycenia, mało zauważalny, ale na tym polega nauka, żeby go znaleźć. Jeśli chodzi o pozytywne efekty to przede wszystkim  orientacja wielu organizmów żywych. Mechanizmy są różne ale zasada jest taka, że wiele organizmów począwszy od bakterii a skończywszy na ssakach z wyłączeniem ludzi, potrafi orientować się w środowisku dzięki naturalnemu magnetycznemu polu ziemi. U rekinów jest to doskonale wykształcone, u ryb łososiowatych, u węgorzy, wielorybów. Pole magnetyczne jest wykorzystywane i ono świetnie działa.

**Rafał Molenda:** Jak wykorzystujemy to zjawisko, czy w jakiś sposób można wpływać na zachowanie organizmów żywych? Jak wykorzystujemy to,  że one wyczuwają  natężenie pola magnetycznego?

**Krzysztof Formicki:** Prowadzimy badania, które dotyczą, np. gamet wczesnych stadiów rozwojowych ryb, rozwoju zarodkowego, rozwoju larwalnego i odpowiednia wartość pola powoduje, że np. plemniki, które umieszczane są w polu magnetycznym dłużej zachowują żywotność , szybciej się poruszają. To bardzo pozytywny efekt, który można wykorzystać w hodowli organizmów wodnych szczególnie w hodowli ryb.

**Rafał Molenda:** Czy to tak samo działa na organizmy ludzkie?

**Krzysztof Formicki:** Nie robiliśmy takich badań, ale jeśli chodzi o ryby to taki efekt jest bezsprzeczny. Podobnie jeśli chodzi o zapłodnienie, tu procent zapłodnienia jest większy w polu magnetycznym o określonej wartości. Są mniejsze straty w okresie rozwoju stadium larwalnego i zarodkowego w polu magnetycznym,  a jeśli chodzi o orientacje organizmów wyższych to Pan profesor Tański może powiedzieć o węgorzach, bo to jest jego przedmiot badań.

**Adam Tański:** Jeżeli chodzi o ryby generalnie dzielimy je na dwie grupy: ryby wędrowne i niewędrowne, chociaż jest to z naszego – ichtiologicznego- punktu widzenia chyba błędny podział, bo nie ma organizmów niewędrownych. Nawet przysłowiowa płotka, która znajduje się w jeziorze, możemy wyróżnić zmiany jej położenia  w ciągu doby, czy w ciągu sezonu,  w ciągi roku, odbywa wędrówki pokarmowe, rozrodcze, więc przyjmijmy, że wszystkie organizmy w pewien sposób wędrują. Najbardziej spektakularne migracje to chyba każdy wie, odbywają łososie i węgorze. Jeszcze parę lat temu, kiedy spotykaliśmy się z młodzieżą i omawialiśmy  sposób rozrodu tych ryb podczas organizowanych przez nas warsztatów, wiele osób było bardzo zdziwionych, że w  naszych wodach w Polsce są łososie, które wędrują i migrują i że budują gniazda. Temu zjawisku towarzyszy dosyć długa, niebezpieczna i mordercza wędrówka, ponieważ te ryby są rybami dwuśrodowiskowymi, migrują z morza na tarło do wód słodkich, odnajdują rzeki, w których przyszły na świat, później wracają do morza, wzrastają.  W przypadku węgorzy ta wędrówka jest jeszcze bardziej spektakularna, ponieważ rozradzają się w jedynym miejscu na świecie jest to Morze Sargasowe w trójkącie bermudzkim, tam gdzie znikają samoloty. Ten fakt jeszcze bardziej rozpala naszą wyobraźnię. Tam te ryby rozradzają się, a na czas wzrostu i dojrzewania przybywają do naszych wód. Ta wędrówka trwa kilka lat w pewnym jej fragmencie można powiedzieć, że te ryby  kierują się polem magnetycznym. Jeżeli spływają dojrzałe węgorze w kierunku morza z naszych rzek, to przecież  nie trzeba mieć dużego  zmysłu orientacji, ponieważ spływają z prądem, nurtem rzek. Kiedy wpływają do Bałtyku różnica zasoleń pozwala im na orientację  i powiedźmy dopłyną do Cieśnin Duńskich. Ale jeżeli wpłyną do oceanu to rzeczywiście oddziaływanie pól magnetycznych jest jednym ze wskaźników, w którym kierunku maja podążać. Dowiedliśmy tego podczas naszych badań ze studentami, kiedy kilka lat temu robiliśmy bardzo ciekawe doświadczenie. Na niedużych ciekach stawialiśmy przyrządy rybackie, przed którymi stawialiśmy magnes. Co noc zmienialiśmy je, bo węgorze głównie migrowały w nocy. Okazało się, że spływające węgorze bardzo reagują na pole magnetyczne.

**Rafał Molenda:** W jaki sposób?

**Adam Tański:** W ten sposób, że wpływały do sprzętu pułapkowego do przestaw węgorzowych, właśnie tam, gdzie były magnesy, kiedy w trakcie kolejnych nocy zmieniliśmy ustawienie magnesów to węgorze wpływały znowu do tych przestaw, które miały magnesy. Na przykład tej reakcji, takiej kierunkowej, nie odnotowaliśmy u narybku węgorza, ale  u innych gatunków migrujących, łososia, troci taka zależność była. Okazało się, że tutaj z pomocą tej młodzieży węgorzowej przyszły po prostu prądy morskie i ewolucja, natura nie jest przecież rozrzutna i na tym etapie np. u młodych węgorzy ten zmysł magnetyczny jest po prostu jeszcze nie potrzebny, ponieważ one wpływają po tarle w Morzu Sargasowym do mas ogromnego prądu morskiego i ten prąd po prostu je niesie do wybrzeży Europy. Później oczywiście zdane są na siebie i wówczas ten instynkt migracji jest tak silny, że wykorzystywane są wszystkie czynniki miedzy innymi też pole magnetyczne. Stąd to działanie pola magnetycznego przy orientacji w przypadku węgorza jest wybiórcze.

Według najnowszej systematyki to mamy ponad trzydzieści tysięcy gatunków ryb, więc nie można wszystkich przebadać. Ale te występujące w naszych wodach przebadaliśmy w większości. Wspomnieliśmy o podziale na ryby wędrowne i niewędrowne. Ten podział nie wziął się w niczego bo na przykład  badaliśmy ryby powszechnie uznawane za mniej wędrowne i tutaj reakcji kierunkowych w różnych etapach życia nie stwierdzaliśmy. Podczas rozwoju zarodkowego, o którym mówił Pan profesor na samym początku okazuje się, że przyłożenie pola magnetycznego wywołuje bardzo specyficzne reakcje np. zmianę rytmu pracy serca, ruchliwość zarodków w jaju. Ja sam badałem ułożenie zarodków we wnętrzu rozwijających się jaj i okazało się, że te ciała zarodków układają się zgodnie z liniami sił pola magnetycznego tak jak byśmy to zrobili na lekcji fizyki między magnesami rozsypali opiłki metalu, które jak wiemy ułożą się w charakterystyczne wygięte linie. I te rozwijające się zarodki układały się właśnie wzdłuż linii północ - południe.  I nie dotyczyło to jedynie tych gatunków, które migrują po to by odbyć tarło gdzieś bardzo daleko, ale np. wzdręgi. W badaniach naukowych, które prowadzimy wcale nie trzeba dowodzić tego, czy coś jest leprze, czy się opłaca, wystarczy, że wykażemy, że są jakieś tendencje. W przypadku ustawiania się ciała zarodków w odpowiednim polu magnetycznym, później w specjalnych zestawach badawczych w labiryntach, badaliśmy reakcję ryb w kierunku wybierania przez nie tych korytarzy, w których oddziaływanie pól magnetycznych było większe. Konsekwencją naszych  badań, było zastosowanie później naszych wyników w połowach, konkretnie w narzędziach połowowych. Podczas tych badań okazało się jeszcze, że tam gdzie przykładaliśmy magnesy odnotowywaliśmy mniejsze straty spowodowanych występowaniem pleśni w okresach inkubacji. Jednym też z naszych wyników, jest wykazanie, że odpowiednie wartości pól magnetycznych mogą stymulować rozwój zarodkowy właśnie przez ograniczanie rozwoju organizmów grzybopodobnych, powodujących znaczne straty w wylęgarniach.

**Rafał Molenda:** Zmieniamy nieco skalę i przejdźmy do tych mikroorganizmów, czy z nimi jest podobnie jak z rybami?

**Krzysztof Formicki:** jeśli chodzi o bakterie, to samo ich odkrycie magnetotaktycznych bo tak się nazywają, czyli zachowują się odpowiednio taktycznie w polu magnetycznym było zupełnie przypadkowe. One zostały odkryte w Stanach Zjednoczonych w jednym z trzech wielkich ośrodków oceanograficznych na wschodnim wybrzeżu. To bardzo duże jednostki naukowe i jeden z magistrantów na wschodnim wybrzeżu zostawił na płytce Petriego bakterie, obok leżał magnes. Przychodząc rano dostrzegł, że ciemny muł na płytce jest przy  jednej ściance. Oczywiście mógł całą zawartość płytki wylać do zlewu i może do tej pory nie wiedzielibyśmy, że takie bakterie w ogóle istnieją. Odkrycie to miało miejsce w latach siedemdziesiątych. Weźmy jeszcze pod uwagę, że bakteriami zajmują się tysiące ośrodków i badaczy na całym świecie. Odkrywca przyjrzał się dokładnie temu zjawisku i znalazł bakterie, które reagują raz w sposób bierny i sposób aktywny w polu magnetycznym ziemi. Te bakterie nazywane również częściowo mulistymi, bo występują w mule one zawsze płyną zgodnie z kierunkiem pola w dół, aby znaleźć się na dole mułu i oczywiście występują w wielu miejscach na świecie, w tym również w Morzu Bałtyckim. Bakterie zachowują się jak małe magnesy i można je przemagnesować silnym impulsem magnetycznym szczególnie jak płyną w jednym kierunku pod wpływem impulsu, mogą zmienić kierunek poruszania się.

**Rafał Molenda:** Jak możemy wykorzystać te zdolności i wiedzę dotyczącą ich reakcji na pole magnetyczne?

**Krzysztof Formicki:** Jeśli chodzi o bakterie to możemy nimi sterować w sposób dowolny. Ich zachowanie podobne do biernych magnesików jest w pełni zależne od biegunów magnetycznych, to powiedzieliśmy już. Trudno jest mi jednak powiedzieć w jaki sposób możemy ten fakt wykorzystać. Ale wiem, że są badania dotyczące umieszczania leków w określonych miejscach, te konkretne miejsca wskazywane być mogą przez bakterie właśnie poruszające się zgodnie z kierunkami wyznaczonymi przez bieguny magnesu. Jeśli jednak pyta Pan konkretnie o te bakterie, to na razie badania zawiązane z ich właściwościami są czysto poznawcze.

**Rafał Molenda:** Jesteśmy w basenie z rekinami fascynujące drapieżniki do końca chyba nie poznane  i cały czas badane. Badania nad rekinami trwają kilkadziesiąt lat to miało związek z II Wojną Światową i z wypadkami morskimi i lotniczymi nad oceanem. Jaki stan wiedzy mamy na dziś jeśli chodzi właśnie o rekiny?

**Krzysztof Formicki:** Tak jak Pan powiedział w czasie wojny na Pacyfiku, który jest w miarę ciepłym akwenem można było w wodzie przebywać przez długi czas. Problemem wówczas były rzeczywiście rekiny, które reagowały na krew rozbitków, przecież w trakcie katastrofy, podczas opuszczania okrętu odniesienie ran było nieuniknione. Krew zwabiała duże ilości rekinów, stąd dość istotne straty wśród rozbitków. Stosowano co prawda jakieś środki, w tym farby, które miały maskować krew, mimo tego rekiny dawały sobie radę. Rekin ma zmysł elektryczny, ma ampułki Renciniego, to niezwykle czuły receptor elektryczny, próg wrażliwości jest niesamowity, trzeba mieć świetną aparaturę, żeby zmierzyć taki próg wrażliwości. To 5 nanowoltów na centymetr - to dziesięć do minus dziewiątej wolta, to poziom wyczuwania pola elektrycznego skrajnie niski i żeby to zmierzyć musimy mieś bardzo dobrą i czułą aparaturę. Rekiny zatem mają bardzo duży próg wrażliwości, co powoduje, że są w stanie znaleźć zdobycz, choć mogą jej nie widzieć i nie czuć.  Każdy organizm żywy emituje bardzo słabe pole elektryczne i to pole wyczuwane jest przez rekina w sposób bardzo dokładny. Dzięki temu rekin będąc w bliskiej odległości doskonale lokalizuje zdobycz. Rekiny wykorzystują pola elektryczne płaszczek zakopanych na dnie i niewidocznych, rekin jest w stanie ją odnaleźć i zjeść. Były robione doświadczenia z naśladowaniem pola elektrycznego żywej zdobyczy. Dwie elektrody oddalane od siebie o parę centymetrów i odpowiednia wartość pola elektrycznego powoduje powstanie słabego prądu, rekin będzie atakował miejsca gdzie je odczuwa. I muszę Panu oraz Państwu powiedzieć, że te ataki są bardzo spektakularne bo przez szczeliny skrzelowe ten żwir z dna wyskakuje jak wystrzelony. Rekin nie jest oczywiście na tyle niemądry i po dwóch może trzech próbach już nie atakuje tego miejsca.

**Rafał Molenda:** Czy wykorzystujemy do własnej ochrony to odkrycie?

**Krzysztof Formicki:** Są specjalne urządzenia, które emitują pole elektryczne i odstraszają rekiny.

**Rafał Molenda:** Panie profesorze jaki jest mechanizm detekcji tego pola?

**Krzysztof Formicki:** Są to w zasadzie dwa mechanizmy; pierwszy u rekinów jest przewrotny, ponieważ rekiny nie odbierają sensu stricte samego pola magnetycznego ale mają niezwykle czułe elektroreceptory o bardzo niskim progu wrażliwości i przemieszczający się rekin w oceanie, a jest to słona woda w której indukowane prądy mogą się zamykać. W czasie aktywnego przemieszczania generują się określone pola elektryczne i na podstawie wyczuwania tego pola, w czasie przepływania przez linie pola magnetycznego ziemi rekin, jest w stanie określić, w którym kierunku ma płynąć. Jeśli przepłynie dany akwen zapamiętuje wszystkie minimalne zmiany pola magnetycznego i wie gdzie jest. Czyli ma GPS! Poza tym ma kompas, wie, w którym kierunku płynie. Nie musi płynąc wcale aktywnie, może być unoszony biernie przez prądy morskie, jednocześnie przesuwając jego ciało przez linie pola magnetycznego ziemi. To mechanizm występujący u wszystkich ryb chrzęstnoszkieletowych  rekiny są tu sztandarowym przykładem. Drugi mechanizm występuje u innych ryb np. u węgorzy i łososi. Opary jest na magnetycie. To kryształy magnetytu zlokalizowane w wielu komórkach, które zachowują się jak maleńkie magnesiki. W błonach komórkowych są kanały jonowe, które jak się zmienia i otwiera  taki kanał, to zmienia się polaryzacja wewnątrz komórki, natomiast istnieją połączenia pomiędzy magnesikami, czyli kryształami magnetytu a samymi kanałami jonowymi, które na skutek zmiany pozycji kryształków powodują otwieranie bądź zamykanie kanałów jonowych w błonach. Jeśli zmienia się wartość pola magnetycznego kanał się otwiera bądź zamyka, mechanicznie, przy pomocy microtubul zmienia się polaryzacja, organizm wie w którym kierunku się przemieszcza.

**Rafał Molenda:** W jaki sposób to jest zbadane?

**Krzysztof Formicki:** Te badania zapoczątkowano w Kalifornii  w Pasadenie. Tam po raz pierwszy odkryto kryształki magnetytu w komórkach, to bardzo ciężka i żmudna robota, żeby to znaleźć, ponieważ to niezwykle małe drobinki, które trzeba znaleźć, określić pod mikroskopem. Dalej trzeba znaleźć i wykryć te połączenia.

**Rafał Molenda:** Myślę, że powoli możemy wynurzać się z zatoki rekinów i wracamy do laboratorium. Wracamy z pytaniem, co znajduje się obecnie w centrum Panów zainteresowań i badań?

**Krzysztof Formicki:** Po pierwsze książka „Fish histology”, pierwsze wydanie na świecie. Napisanie jej zajęło nam dużo czasu. I ukazały się jeszcze dwa takie review: pierwsze dotyczące pola magnetycznego i wpływu na organizmy żywe, ze szczególnym uwzględnieniem przede wszystkim ryb i drugie to wpływ pól antropogenicznych na wczesne stadia rozwojowe ryb.

**Rafał Molenda:** Antropogenicznych pól, czyli jakich?

**Krzysztof Formicki:** Czyli takich, które generuje człowiek.

**Adam Tański:** Pan profesor powiedział tutaj o naszych osiągnięciach, jeżeli chodzi o katedrę i wydział,  ja zejdę do warsztatu. U nas w katedrze zawsze skupialiśmy studentów zainteresowanych tymi badaniami. Mamy wspaniałą pracownię akwarystyczną. Nie zawsze jednak pływają tam ryby ozdobne. Czasami to okazy przywożone przez nas z terenów, na których prowadzimy badania. My  obserwujemy ich reakcje w polu magnetycznym. W tej chwili w sali akwariowej mamy rozstawiony labirynt. Do niego wstawiamy ryby. Przed chwilą skończyliśmy doświadczenia z inwazyjnymi gatunkami miedzy innymi sumiki karłowate, sprawdzaliśmy ich reakcje na pole magnetyczne. W tej chwili nasz kolega w katedrze robi doświadczenie z błazenkiem, który jest wędrowną rybą w pewnym etapie swojego życia . Mamy podejrzenia, że jako gatunek wykorzystuje pole magnetyczne.

**Rafał Molenda:** Rozumiem, że te wszystkie odkrycia, mają jakieś przełożenie na codzienność, czy  magnesy można sobie zastosować przy wędkowaniu. Oprócz przynęty mogę na haczyku zamontować sobie mały magnesik i dzięki temu jest szansa, że moje połowy będą bardziej obfite?

**Adam Tański:** Tutaj muszę się przyznać, że byłem niepokornym studentem i w trakcie wędkowania jako obciążniki, zamiast ołowiu stosowałem magnesy przelotowe. W trakcie takiego wędkowania oczywiście prowadziłem notatki, kto wie, czy nie wrócę do tego zagadnienia.

**Rafał Molenda:** Eksperymenty i badania w terenie, ale też na samym wydziale możemy sporo znaleźć. Bo kto do Panów trafi, tego czeka spora niespodzianka.

**Krzysztof Formicki:** Na wydziale funkcjonuje centrum edukacji: „Podwodny Świat” w jego skład wchodzi: muzeum ichtiologiczne, zbiory mamy jedne z największych w Polsce, bo wydział istnieje od siedemdziesięciu lat, w trakcie których zbiory z całego świata były pieczołowicie gromadzone.

**Rafał Molenda:** W wśród tych zbiorów znajdziemy…

**Krzysztof Formicki:** Rekina polarnego, o długości pięciu metrów i jest to ryba, która ma czterysta lat. To najdłużej żyjące organizmy na ziemi. Rekiny polarne żyją bardzo długo, słyszałem o osobniku złapanym, którego wiek oszacowano na pięćset lat.  Nasz egzemplarz jest oczywiście autentyczny. Mamy jeszcze homary, które są wielkości metra, bardzo ładne osobniki, nie życzyłbym nikomu, żeby włożył palec w szczypce. Nasza wystawa zaczęła działać w sposób zorganizowany kilka miesięcy przed pandemią, zainteresowanie nią było ogromne.

**Rafał Molenda:** O tym fascynującym świecie, sterowanym magnesem opowiadali: prof. dr hab. inż. Krzysztof Formicki i prof. dr hab. inż. Adam Tański w Wydziału Nauk o Żywności i Rybactwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Bardzo dziękuję, i powoli wynurzamy się z tych wód oceanu.

**Krzysztof Formicki:** Dziękujemy bardzo.

**Adam Tański:** Dziękujemy bardzo.

**Rafał Molenda:** To jest podcast ZUTU.