

# Pelengacja kontra echolokacja czyli tropienie nietoperzy

*Człowiek jako istota rozumna ma bardzo wysokie mniemanie o sobie. Tymczasem jest tylko jednym z elementów olbrzymiego ekosystemu, w którym żyją miliony gatunków różnych zwierząt. Wszystkie są w mniejszym lub większym stopniu powiązane ze sobą, wyginiecie jednych powoduje niemal natychmiastową zagładę innych. Dość powszechnie jest znana hipoteza mówiąca o tym, że ludzie będą istnieć tylko 4 lata od chwili wyginiecia pszczół. Warto więc dbać nawet o najmniejsze istoty zamieszkujące naszą planetę.*

Nietoperze to bardzo małe zwierzątka wzbudzające chyba u każdego olbrzymią sympatię. Dla nas, elektroników są szczególnie bliskie ze względu na system nawigacji i orientacji w przestrzeni jakim się posługują. System ten do złudzenia przypomina urządzenia techniczne budowane przez człowieka, chociaż zasadniczo należałoby powiedzieć, że to raczej my naśladujemy systemy biologiczne zwierząt.

Wszystkie gatunki nietoperzy żyjących w Polsce, a jest ich 25, objęte są ścisłą ochroną. Aby człowiek mógł im zagwarantować jak najlepsze warunki rozwoju i bytowania konieczne jest dokładne zbadanie zwyczajów, określenie populacji i granic występowania poszczególnych gatunków. Badania takie są prowadzone przez różne instytucje naukowe i organizacje przyrodnicze. Tematyką tą zajmują się m.in. pracownicy Centrum Badań Ekologicznych Polskiej Akademii Nauk, którzy od wielu lat prowadzą obserwacje i zimowe liczenia nietoperzy. Nie jest to praca łatwa, czasami wręcz niebezpieczna – nietoperze lubią przebywać w miejscach trudno dostępnych, żerują w porach wieczornych, są małe i dość ruchliwe. Z tego powodu ocenę liczebności prowadzi się w okresie zimowym, kiedy to zwierzęta po zgromadzeniu odpowiedniego zapasu tłuszczu przechodzą w stan hibernacji trwający do wczesnej wiosny. Ich temperatura spada w tym okresie do zaledwie 6...9°C. Poszukiwania nietoperzy są prowadzone w starych fortach, bunkrach, piwniczkach, sztolniach, jaskiniach itp. Spotykane w Polsce zimowiska w zależności od wielkości obiektu i jego lokalizacji liczą od kilku do kilku tysięcy. W największym polskim zimowisku, jakim są bunkry Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego, liczebność nietoperzy zimą przekracza 30 tysięcy. Zliczanie nietoperzy wymaga wiedzy na temat ich zwyczajów i wprawy w wyszukiwaniu tych małych zwierzątek zaszytych w wąskie szczeliny i otwory. Nierzadko dotarcie do kolonii wiąże się z zastosowaniem specjalistycznego oprzyrządowania, takiego jak wodery, a nawet sprzęt alpinistyczny. W stanie hibernacji nietoperze nie wydają charakterystycznych pisków, którymi posługują się do echolokacji podczas żerowania. Do poszukiwania nie będą zatem przydatne specjalne detektory ultradźwiękowe konwertujące częstotliwości dźwięków nietoperzy do pasma słyszalnego przez człowieka. Nie należy się też spodziewać wielkich korzyści z zastosowania kamer podczerwonych, gdyż temperatura zwierząt może tylko nieznacznie różnić się od temperatury otoczenia. Na tym etapie tropienia nietoperzy bar-

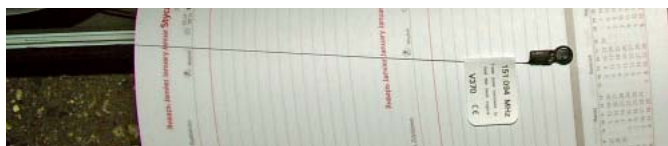


dzo pomocne są za to miniaturowe kamery inspekcyjne na sprężystych lub teleskopowych wysięgnikach, wyposażone we własny wyświetlacz LCD i podświetlacz ledowy.

## Detektory ultradźwiękowe

Wczesną wiosną nietoperze wychodzą ze stanu hibernacji i zaczynają „normalne”, ale można powiedzieć, dość monotonne życie. Do kolejnej zimy muszą zdążyć z prokreacją, wychowaniem potomstwa i zgromadzeniem tłuszczu na następną zimę. A zim takich w życiu nietoperzy może być nawet kilkadziesiąt. Samica rodzi zwykle jedno lub dwoje małych, więc biorąc pod uwagę różne przypadki losowe, przyrost populacji może być mocno ograniczony. Niektóre gatunki nietoperzy występujące w zachodniej Europie znalazły się już na granicy wymarcia. Sytuację ratuje trochę względnie długi czas życia tych zwierząt, zatem jedna samica może urodzić kilka młodych w swoim okresie rozrodczym.

Zmiana aktywności nietoperzy wiosną sprawia, że należy zmienić też metody ich obserwacji. Z pomocą przychodzi nam naturalny mechanizm, którym te zwierzęta posługują się do orientacji w terenie i do lokalizowania pożywienia. Przede wszystkim jest to znana dobrze elektronikom echolokacja. Nietoperze wydają sygnały o częstotliwościach mieszczących się w paśmie od kilkunastu kHz nawet do 200 kHz (spotykane w Polsce gatunki wysyłają dźwięki do ok. 120 kHz). Zakres ten oraz rodzaj wysyłanych impulsów zależy od gatunku. Między innymi na tej podstawie można określać, jaki nietoperz został namierzony. Problem jest w tym, że człowiek słyszy jedynie dość wąski fragment pasma nietoperzy. Dla nas jest to górny zakres słyszalności, dla nietoperzy dolny. W usłyszeniu nietoperzy przychodzi nam z pomocą technika. Jednym z podstawowych przyrządów każdego chiropterologa (specjalisty zajmującego się badaniem nietoperzy) jest detektor nietoperzy. Jest to specjalny konwerter przenoszący pasmo dźwięków wydawanych przez nietoperze do zakresu słyszalnego przez człowieka. Stosowane są dwie techniki konwersji, często implementowane w jednym urządzeniu. Pierwsza polega na



**Fotografia 1. Subminiaturowy nadajnik stosowany do badania nietoperzy gotowy do pracy**

zwykłym podzieleniu częstotliwości odebranego przez czuły mikrofon sygnału nietoperza. Stopień podziału i czułość są najczęściej ustawiane przełącznikiem i potencjometrem, co pozwala obserwatorowi dostrzec się do badanego gatunku. Należy jednak zwrócić uwagę na pewien techniczny szczegół tego rozwiązania mający jednak dla chiropterologa dość istotne znaczenie. Otóż podział częstotliwości odbywa się w zwykłym liczniku cyfrowym, co narzuca stosowanie na jego wejściu sygnału cyfrowego (fali prostokątnej). Przetworzenie do takiej postaci sygnału z mikrofonu jest bardzo proste, ale niestety obserwator traci informację o amplitudzie dźwięku wysyłanego przez nietoperza. Urządzenie tego typu może więc być wykorzystywane raczej tylko jako wskaźnik obecności tych miłych zwierzątek, wszak nie łatwo je wypatrzeć w warunkach nocnych. Bardziej zaawansowane detektory działające na tej zasadzie potrafią odtworzyć oryginalną amplitudę w przetworzonym sygnale.

Dużo bardziej naturalne wyniki, jeśli w ogóle można tak powiedzieć o sygnale poddawanym konwersji, uzyskuje się w detektorach superheterodynowych z podwójną przemianą. Częstotliwość pośrednia rzędu kilkuset kiloherców powstaje na skutek zmieszania częstotliwości sygnału z mikrofonu (po jego wzmocnieniu i odfiltrowaniu) z częstotliwością przestrajanego oscylatora. Dzięki temu dość dobrze zostaje wydzielony sygnał użyteczny z szumu i zakłóceń pochodzących z otoczenia. Drugi stopień przemiany przenosi dźwięki nietoperza do pasma akustycznego. Wybierając odpowiednio częstotliwość drugiego oscylatora można uzyskać przekonwertowane, a co ważniejsze nie odwrócone pasmo sygnału oryginalnego z zachowaniem parametrów amplitudowych. Najdroższe detektory umożliwiają ponadto rejestrację sygnałów na kartach Flash. Urządzenia te są wykorzystywane nie tylko do badania nietoperzy. Ultradźwiękami posługuje się duża grupa zwierząt. Przykłady przetworzonych dźwięków różnych zwierząt, m.in. nietoperzy można znaleźć na stronie [www.avisoft.com/sounds.htm#bats](http://www.avisoft.com/sounds.htm#bats).

## Pelengacja

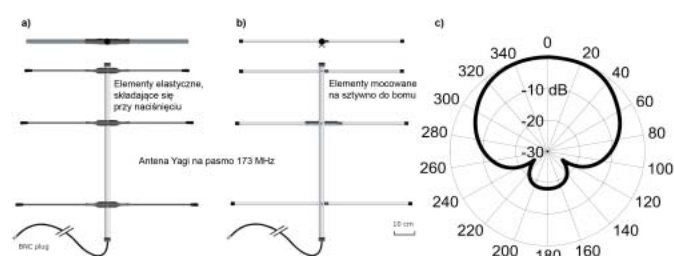
Jedną z bardziej odczuwalnych wad metody badania nietoperzy z zastosowaniem detektorów ultradźwiękowych jest stosunkowo mały zasięg ich działania. Niestety, jest tak pomimo zadziwiająco wysokiego poziomu dźwięku wysyłanego przez te małe zwierzątka, dochodzącego nawet do 100 dB. Liczne przeszkody terenowe na ogół dość skutecznie go tłumią i powodują sporo odbić. Nie ułatwia też pracy duża liczebność nietoperzy wysyłających jednocześnie swoje sygnały. Tu, przy okazji, należy wyrazić tylko podziw, jak one same sobie z tym radzą, jaki mechanizm zapewnia im rozróżnianie własnego echa od dźwięków pochodzących od innych osobników?

Większość gatunków nietoperzy występujących w Polsce wyszukuje sobie stałe miejsca dziennych kryjówek. W porze wieczornej dorosłe osobniki wylatują na żer, by ponownie wrócić do miejsca zamieszkania. Żerując nietoperze potrafią przemierzyć dystans kilku, a nawet kilkunastu kilometrów. Spotykane są również przypadki przelotów na odległość ok. 30 km. Badania umożliwiające określenie tras przelotów są prowadzone w oparciu o metodę pelengacyjną. Konieczne do tego było opracowanie specjalnych, subminiaturowych nadajników zakładanych na grzbiet złapanym osobnikom. Konstrukcja tych urządzeń stała się możliwa dzięki zastosowaniu zaawansowanej techniki wzbudzającej podziw nawet w oczach doświadczonych elektroników. Do śledzenia trasy przelotu konieczne jest rozstawienie kilku anten kierunkowych w wybranych punktach

terenu, mniej więcej pokrywającego obszar żerowania. Jeśli warunki terenowe pozwalają, to są również stosowane mobilne anteny zainstalowane na samochodach. Nadajniki mają kształt niewielkiej kapsułki z wystającą cienką antenką (**fotografia 1**). Wewnątrz mieści się układ elektroniczny generujący impulsy radiowe na ściśle przypisanej do danego egzemplarza częstotliwości. Dzięki temu możliwe jest instalowanie kilku nadajników osobnikom zamieszkującym jedną kryjówekę i prowadzenie symultanicznej obserwacji. Każde namierzenie nadajnika jest odnotowywane w dzienniku z uwzględnieniem miejsca, godziny i azymutu anteny kierunkowej. Na tej podstawie sporządzana jest później mapa tras każdego znakowanego nietoperza. Spotykane są też rozwiązania, w których kilka nadajników pracuje na jednej częstotliwości, wysyłają one natomiast unikatowe kody ID. Mała kapsułka nadajnika zawiera oczywiście również baterię tlenkowo-srebrną zapewniającą pracę urządzenia w czasie od 10 dni do dwóch miesięcy. Później, niestety urządzenie jest już bezużyteczne, a jego odzyskanie jest praktycznie niemożliwe. Czasami zdarzają się jednak przypadki wyczochrywania nadajników przez nietoperze w okolicach miejsca gniazdowania. Jeśli bateria nie została wyczerpana całkowicie, to istnieje niewielka szansa namierzenia i odzyskania takiego egzemplarza. Nadajniki w zależności od typu mają masę od 0,27 g do 1,35 g. Dobranie masy nadajnika w granicach ok. 3% masy ciała nietoperza nie stanowi dla niego wielkiego obciążenia, bardziej uciążliwa jest wystająca poza ogon antenka wykonana z dość twardego i sztywnego drutu. Nietoperze mają bardzo małe i ostre ząbki, zbyt miękka antena nie wytrzymałaby prawdopodobnie prób odgryzienia jej przez znakowanego osobnika.

Nadajniki są produkowane na pasma od 138,186 MHz do 173,999 MHz, podzielono je na 12 grup. Należy jednak zwrócić uwagę na dopuszczalność wybranych częstotliwości w kraju użytkownika. Nominalny błąd kalibracji częstotliwości nośnej jest nie większy od  $\pm 5$  kHz, a błąd temperaturowy nie przekracza 10 ppm. Nadajniki mogą pracować w temperaturze  $-10...+55^{\circ}\text{C}$ . Są to urządzenia pracujące impulsowo. Jest to oczywiste z uwagi na konieczność minimalizacji zużycia energii. Nadajnik generuje impuls o czasie trwania od 5 do 50 ms powtarzany z częstością 20...120 imp/min. W stanie aktywnym z baterii jest pobierany prąd o natężeniu ok. 1,8 mA. W stanie spoczynku natomiast nadajnik pobiera zaledwie 2...3  $\mu\text{A}$ . Ustawienie małej częstości powtarzania impulsów korzystnie wpływa na trwałość baterii, natomiast utrudnia prowadzenie pelengacji, szczególnie wtedy, gdy nietoperze wykazują dużą ruchliwość.

Pelengacja jest prowadzona z zastosowaniem kierunkowych anten dipolowych. Przykładową konstrukcję przystosowaną do pracy w paśmie 138...230 MHz przedstawiono na **rysunku 2**. Antena ta ma zysk ok. 6 dB. Jej charakterystykę kierunkową przedstawiono na rysunku 2c. 3-decybelowy kąt widzenia tej anteny jest równy  $80^{\circ}$ , a różnica poziomów pomiędzy sygnałem odbieranym z przodu i z tyłu wynosi 18 dB. Antena jest sprzedawana w wersji ze składanymi prętami i z prętami zamocowanymi na sztywno. W warunkach terenowych, gdzie często może dochodzić do zawadzania prętami o drzewa, rozwiązanie pierwsze jest zdecydowanie bardziej bezpieczne i godne polecenia.



**Rysunek 2. Przykładowe konstrukcje anten kierunkowych używanych do badania nietoperzy a) antena dipolowa z elastycznie mocowanymi prętami, b) antena dipolowa z prętami mocowanymi na sztywno, c) charakterystyka kierunkowa anten**



## Przygoda

Dzięki uprzejmości pracowników Centrum Badań Ekologicznych Polskiej Akademii Nauk miałem przyjemność odbycia fascynującej przygody podczas nocnego tropienia nietoperzy z zastosowaniem metody pelengacyjnej. Pierwszy etap badań polegał na odłowieniu kilku nietoperzy w siatkę nylonową w celu założenia im mikronadajników. Jest to operacja całkowicie niegroźna dla tych zwierząt, natomiast badacze muszą zachować ostrożność, gdyż ugryzienie przez nietoperza nie jest przyjemne. Dlatego większość prac jest wykonywana w rękawicach (fotografia 3). Każdy okaz jest drobiazgowo badany. Rozpoznawana jest jego płeć, jest mierzony i ważony (fotografia 4 i 5). Następnie na grzbiecie nietoperza jest naklejany nadajnik (fotografia 6). Jego parametry pracy są skrupulatnie notowane, gdyż będą istotne w dalszej części badań. Do klejenia jest stosowany specjalny klej, który po pewnym czasie traci swoje właściwości i pozwala wyswobodzić się od przeszkadzającego nietoperzowi balastu. Po kilku minutach nietoperz jest

już gotowy do badań, i po upewnieniu się, że klej wysechł, a nadajnik trzyma się mocno, osobnik może zostać wypuszczony (fotografia 7). Teraz pozostaje już tylko każdego kolejnego wieczoru pojawiać się w miejscu żerowania znakowanych osobników i oczekiwać, że wylecą na kolację (fotografia 8).

Opisana antena dość dobrze sprawdza się otwartym terenie, ale jej parametry na obszarze zasłoniętym, z licznymi przeszkodami pozostawiają jednak pewien niedosyt. W najbliższym czasie planowana jest więc budowa we własnym zakresie dużo większej 11-elementowej anteny również typu Yagi. Czas pokaże, na ile poprawi ona jakość pracy.

Parametry techniczne nadajników i anten pochodzą ze strony [www.biotrack.co.uk](http://www.biotrack.co.uk)

**Jarosław Doliński, EP**  
[jaroslaw.dolinski@ep.com.pl](mailto:jaroslaw.dolinski@ep.com.pl)



Fotografia 3. Nietoperz wyciągnięty z siatki, przygotowywany do naklejenia nadajnika



Fotografia 4. Pomiar „wzrostu” nietoperza przed naklejeniem nadajnika



Fotografia 5. Ważenie osobnika



Fotografia 6. Naklejenie nadajnika



Fotografia 7. Nietoperz z nadajnikiem gotowy do wypuszczenia



Fotografia 8. Namierzanie znakowanego nietoperza