



Radiometeorologia

Krzysztof Dąbrowski
OE1KDA



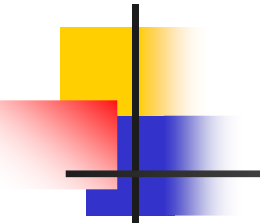
Źródła promieniowania elektromagnetycznego

- Sztuczne – aparatura stworzona przez człowieka
- Naturalne pozaziemskie – obiekty kosmiczne
 - Radioastronomia
- Naturalne ziemskie
 - Radiometeorologia

Wyładowania pochodzenia ziemskiego

- Wyładowania burzowe (pioruny)
- Ciche wyładowania atmosferyczne
- Bez widocznych błyskawic
- Stany przedburzowe
- Ruch mas powietrza i frontów atmosferycznych
 - Zimnych i zokludowanych

Wyładowania pochodzenia ziemskiego

- 
- Źródło fal radiowych o szerokim zakresie częstotliwości
 - Zakres i rozkład widma zależne od pochodzenia wyładowań
 - W widmie zawarte fale bardzo długie



Fale bardzo długie

- Możliwe odczuwanie przez zwierzęta
- Wpływ na ich zachowanie
- Możliwe odczuwanie przez ludzi i wpływ na ich organizmy
- Możliwa synchronizacja cyklu dobowego u ludzi
- Wpływ na materiały organiczne



Fale bardzo długie

- Niedostatecznie zbadane teorie
- Temat na oddzielne obszerne opracowania



Obserwacje wyładowań

- Obserwacje profesjonalne – wyładowania burzowe
- Dawniej prowadzone obserwacje radiometeorologiczne
 - Do połowy ubiegłego wieku
 - Obecnie zaniedbane



Zjawiska fizyczne

- Promieniowanie kosmiczne i resztkowe promieniowanie Ziemi przyczynami powstawania swobodnych nośników prądu w atmosferze
- Jonizacja silnie rośnie z wysokością
- Powyżej 50 km atmosfera stanowi dobry przewodnik



Zjawiska fizyczne

- Swobodne nośniki w stałym polu elektrycznym
- Przepływ prądu niosącego dodatni ładunek do Ziemi
- W warunkach normalnych prąd ładnej pogody – 10 pA/m^2
- Wyładowania atmosferyczne nie dopuszczają do stanu równowagi



Wyładowania burzowe

- Skomplikowany proces elektryzacji chmury - elektryzowanie się krupy lodowej
- Przestrzenny rozdział ładunków w chmurach
- Wyładowanie burzowe wielofazowe
 - Wyładowania inicjujące
 - Wyładowanie główne



Wyładowania burzowe

- Znaczna długość i średnica kanału wyładowania – anteny nadawczej
- Natężenie prądu – do setek kA
- Szybkość poruszania się impulsu prądowego $1/3$ szybkości światła
- Czas narastania – kilka μs
- Czas opadania – kilkadziesiąt μs



Wyładowania burzowe

- Oprócz wyładowań do ziemi także wyładowania do jonosfery
- Tylko w wysokich kłębiastych chmurach deszczowych
- Zaobserwowane stosunkowo najpóźniej



Wyładowania burzowe

- Burze letnie – charakter termiczny
- Burze związane z przejściem frontów atmosferycznych – o każdej porze roku
- W rejonach górskich spowodowane wznoszeniem się powietrza po napotkaniu przeszkody



Sygnaly pochodzenia naturalnego

- Sygnaly pochodzenia burzowego
- Wyładowania ciche
- Nie muszą poprzedzać burzy
- Spalanie meteorytów w atmosferze ziemskiej
- Trzęsienia ziemi

Sygnaly pochodzenia naturalnego

- Kształt przebiegu zależny od odległości od źródła
- W jego pobliżu impulsowy
- W większej odległości okresowy
- Zależny także od warunków propagacji
- Dyspersja na trasie propagacji (zależne od częstotliwości rozciągnięcie w czasie)



Widma sygnałów

- Wyładowania burzowe
 - Maksimum ok. 10 kHz
 - Składowe do wielu MHz
- Wyładowania ciche
 - Maksimum na falach długich, średnich a nawet krótkich
 - Krótkie kanały wyładowań



Cechy sygnałów burzowych

- Wyładowania burzowe silniejsze od wyładowań cichych
- Intensywność zależna od pory doby
- Najsilniejsze w porze popołudniowej
- Maksima w porze zachodu Słońca i około północy
- Minima nad ranem w porze wschodu Słońca



Cechy sygnałów burzowych

- Roczny cykl zmian
- Minimum w miesiącach zimowych
- Maksimum w miesiącach letnich
- Wpływ warunków propagacji na sygnały pochodzące z dalekich źródeł
- Pod ich wpływem z dalekich sygnałów powstają gwizdy, ćwierkania i chóry



Wyładowania ciche - źródła

- Wyładowania w chmurach
- Ścieranie się mas powietrza o różnych właściwościach fizycznych
- Ruch frontów atmosferycznych
 - Fronty zimne lub zokludowane
 - Związane z nimi prądy konwekcyjne



Wyładowania ciche - źródła

- Nie każda zmiana pogody wiąże się z wystąpieniem wyładowań
- Stosunkowo silne wyładowania sygnalizują zbliżanie się zmiany
- Turbulencje atmosferyczne
- Wiatry fenowe, w tym halny



Cechy sygnałów

- Wyładowania ciche często w seriach
- Sumaryczny czas trwania rzędu ms
- Brak zasadniczych zmian w cyklu dobowym
- Widmo sięga do fal krótkich (15 – 18 MHz)
- Halny – widmo do ponad 300 kHz



Cechy sygnałów

- Krótkie kanały wyładowań 40 – 100 m
- Średnice kanałów kilkadziesiąt cm
- Szybkość czoła rzędu 200 km/h
- Obserwacje w paśmie 300 kHz
- OE1KDA dodatkowo 3 i 5 MHz
- Także obserwacje w pasmach 20 – 30 kHz



Cechy sygnałów

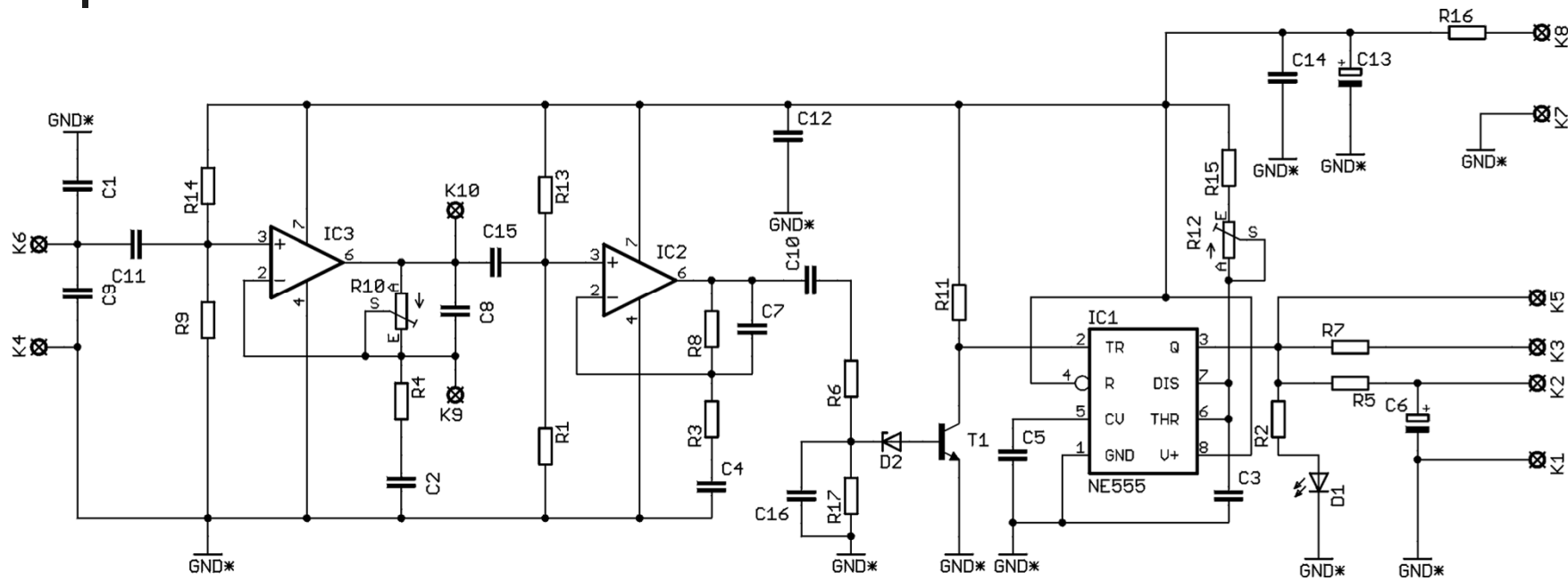
- Siła sygnału mniejsza aniżeli dla wyładowań burzowych
- Większa częstotliwość występowania
- Główne kryterium oceny intensywności
- Dobra pora do obserwacji – minimum dzienne wyładowań burzowych
- Około wschodu Słońca



Cechy sygnałów

- Niektórzy obserwatorzy wyróżniają szereg pasm częstotliwości na falach bardzo długich
- Nie potwierdza się to na spektrogramach i wskaźnikach wodospadowych
- Możliwe powiązanie z warunkami prowadzenia obserwacji

Odbiornik DG9WF



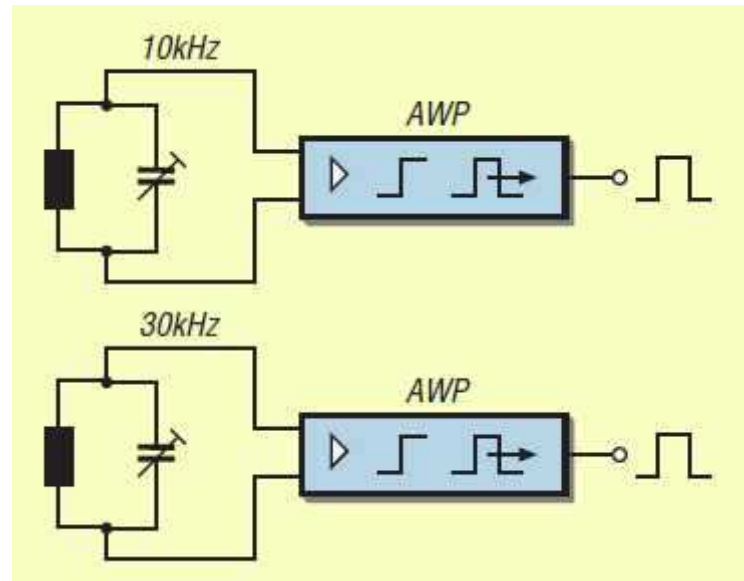
- Zakres 10 – 30 kHz
- Zliczanie impulsów lub pomiar średniego napięcia



Odbiornik DG9WF

- Obserwacja i zliczanie wyładowań burzowych
- Sygnalizator burz - ostrzeganie
- Rejestratory wielokanałowe:
 - Różne częstotliwości
 - Różne progi czułości
 - Różne kierunki anten

Odbiornik wielokanałowy



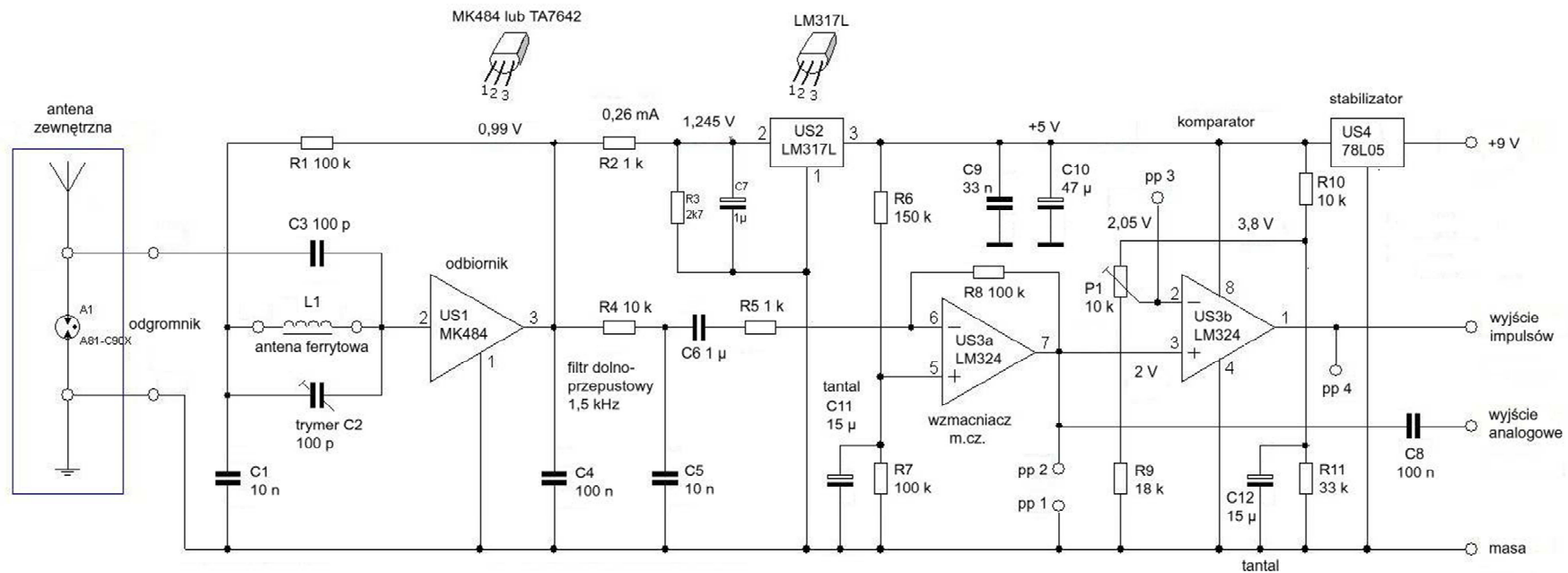
- Przykład dla 10 i 30 kHz



Odbiornik na pasmo 300 kHz

- Dowolna częstotliwość w zakresie 283,5 – 520 kHz nie zajęta przez radiolatarnie lotnicze itp.
- Układ na TA7642 (MK484, ZN414)
- Dostrojony do ok. 320 kHz
- Górna częstotliwość graniczna pozwala na pracę na 2 – 3 MHz

Odbiornik na pasmo 300 kHz



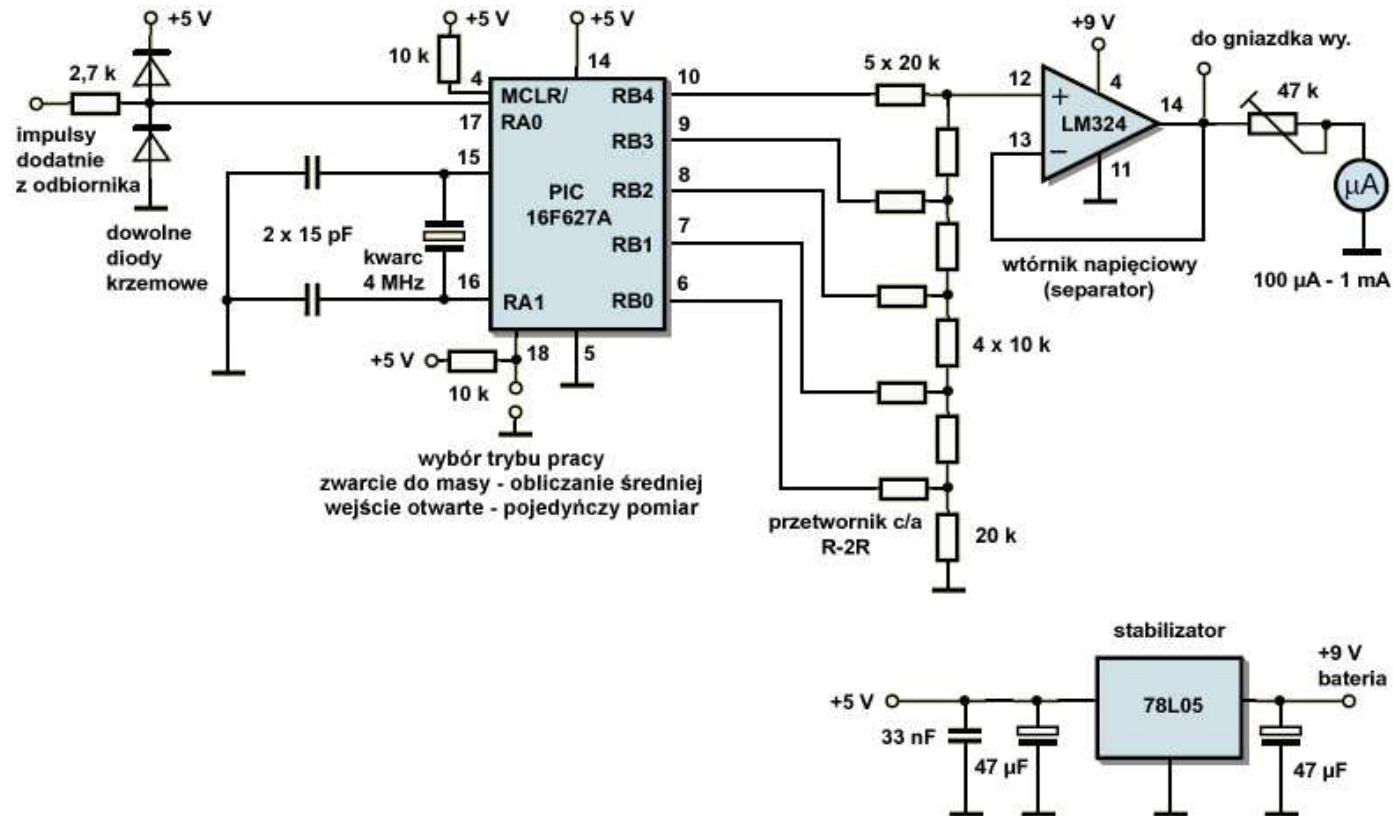
Odbiornik radiometeorologiczny na zakres 280-300 kHz



Odbiornik na pasmo 300 kHz

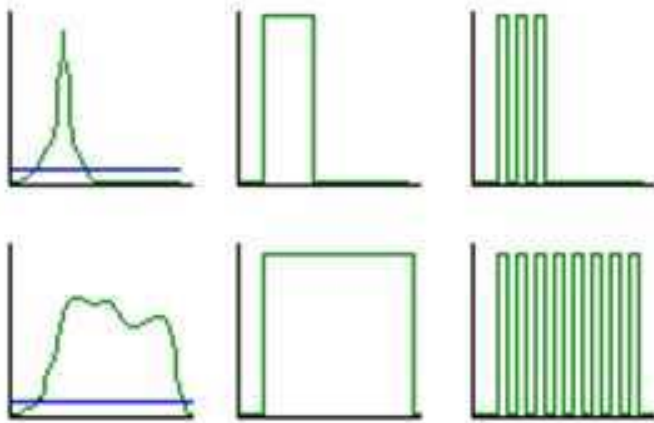
- Antena ferrytowa
- Odbiornik scalony
- Filtr dolnoprzepustowy 1,5 kHz
- Wzmacniacz x 100
- Komparator z regulowanym napięciem progowym (P1)
- Na wyjściu impulsy prostokątne

Układ pomiarowy



Miernik intensywności wyładowań do odbiornika długofalowego

Zasada pomiaru



- Pomiar sumarycznego czasu trwania impulsów
- Uwzględnia ich długość i częstotliwość występowania
- Długość zależna też od amplitudy



Układ pomiarowy

- Czas pomiaru 1 min.
- Częstotliwość impulsów pomiarowych 270 Hz lub 2700 Hz
- Logarytmiczna charakterystyka wskazań miernika



Układ pomiarowy

- Rozciągnięcie dolnej części zakresu – pomiaru słabych wyładowań radiometeorologicznych
- Kompresja górnej części – pomiaru wyładowań burzowych
- Do zastosowania w dowolnych odbiornikach

Układ pomiarowy



- Obecnie praktyczniejsze Arduino



Obserwacje

- Dominują obserwacje wyładowań burzowych i ich lokalizacja
- Obserwacje sygnałów innego pochodzenia ponownie zaczynają budzić zainteresowanie
- Pole do działania dla krótkofalowców



Lokalizacja wyładowań

- Radiopelengacja
 - Minimum dwie stacje z antenami kierunkowymi
- Pomiar różnicy czasów odbioru
 - Minimum cztery stacje
 - Anteny dookólne
 - Dokładny czas GPS



Lokalizacja wyładowań

- Obliczane 3 różnice czasów
- Lokalizacja na przecięciu trzech hiperbol
- Zasada stosowana w amatorskiej sieci *Blitzortung*



Obserwacje

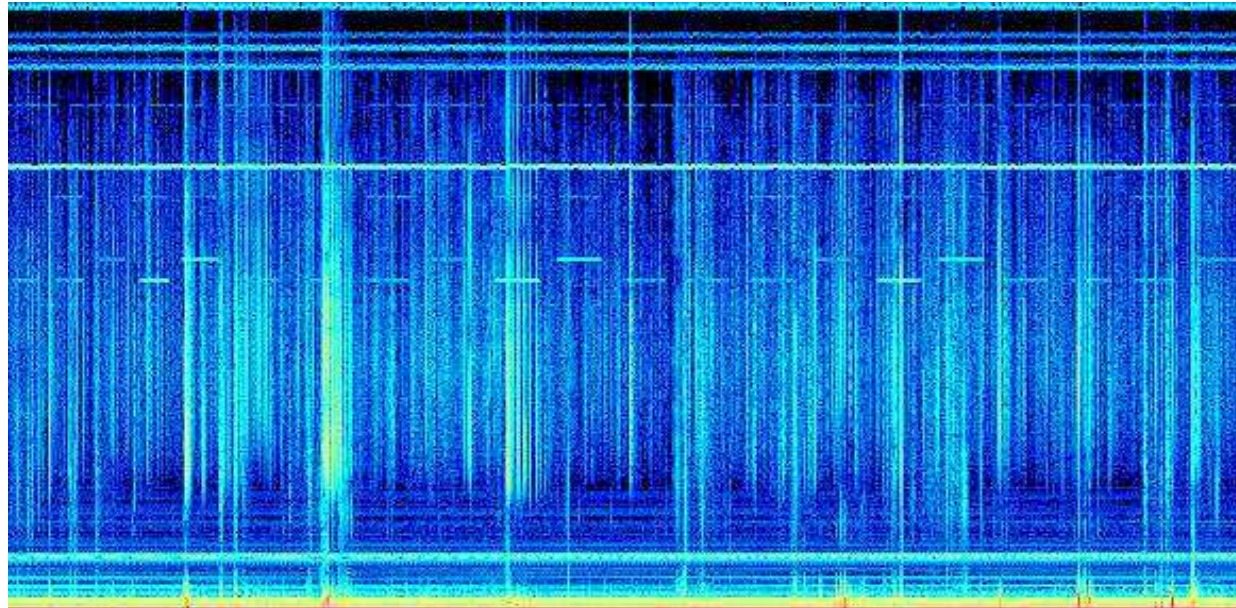
- Amatorska rejestracja i oscyloskopowa analiza przebiegów wyładowań
 - Szczególnie dogodna dla obserwacji wyładowań cichych (meteorologicznych)
- Obserwacja widm częstotliwości
 - Dla gwizdów, ćwierkania i podobnych sygnałów



Obserwacje

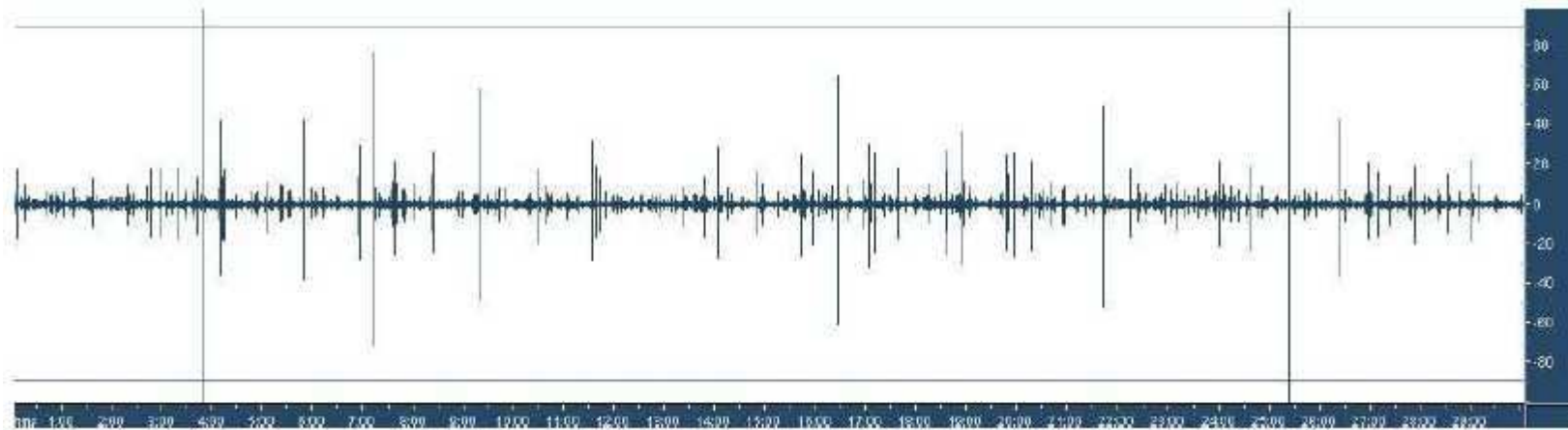
- Pomiar intensywności
- Amatorskie odbiorniki burzowe do sygnalizacji dźwiękowej lub optycznej
- Ostrzeżenia o zbliżających się burzach

Obserwacje



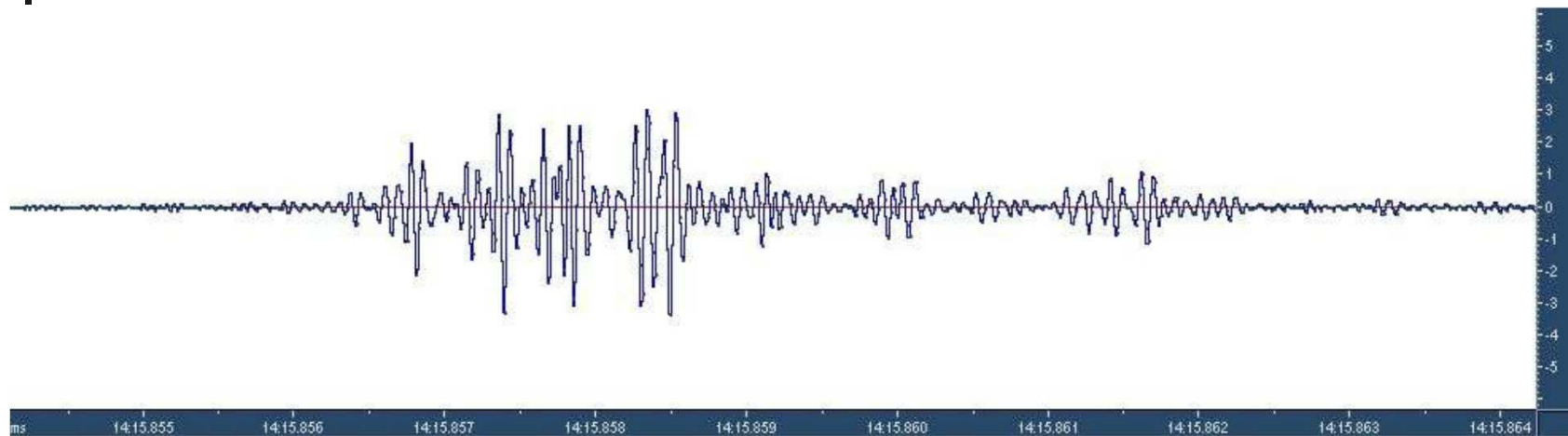
- Wskaźnik wodospadowy (Spectrum Lab)
- Zakres 0 – 22 kHz
- Wyładowania burzowe
- Źródło: *www.vlf.it*

Obserwacje



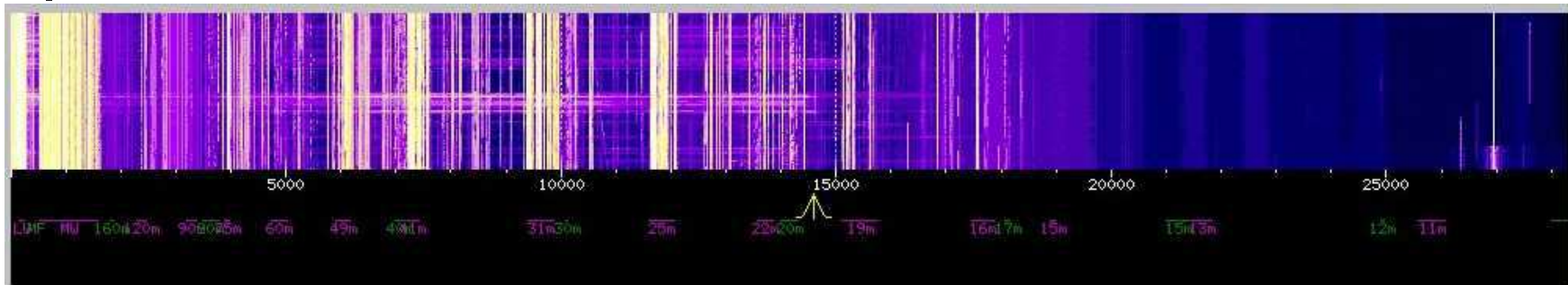
- Przebieg w funkcji czasu
- Źródło: *www.sfericsempfang.de*

Obserwacje



- Wyładowanie w chmurze
- Rozciągnięta skala czasu
- To samo źródło

Obserwacje



- Wyładowania radiometeorologiczne
- Odbiornik internetowy SDR
- Pasmo 0 – 29,1 MHz
- <http://websdr.ewi.utwente.nl:8901>



Obserwacje

- Korzystne także pasma 9 lub 11 MHz
- Dowolne puste miejsce w tych okolicach
- W momencie obserwacji brak było wyładowań burzowych



Obserwacje

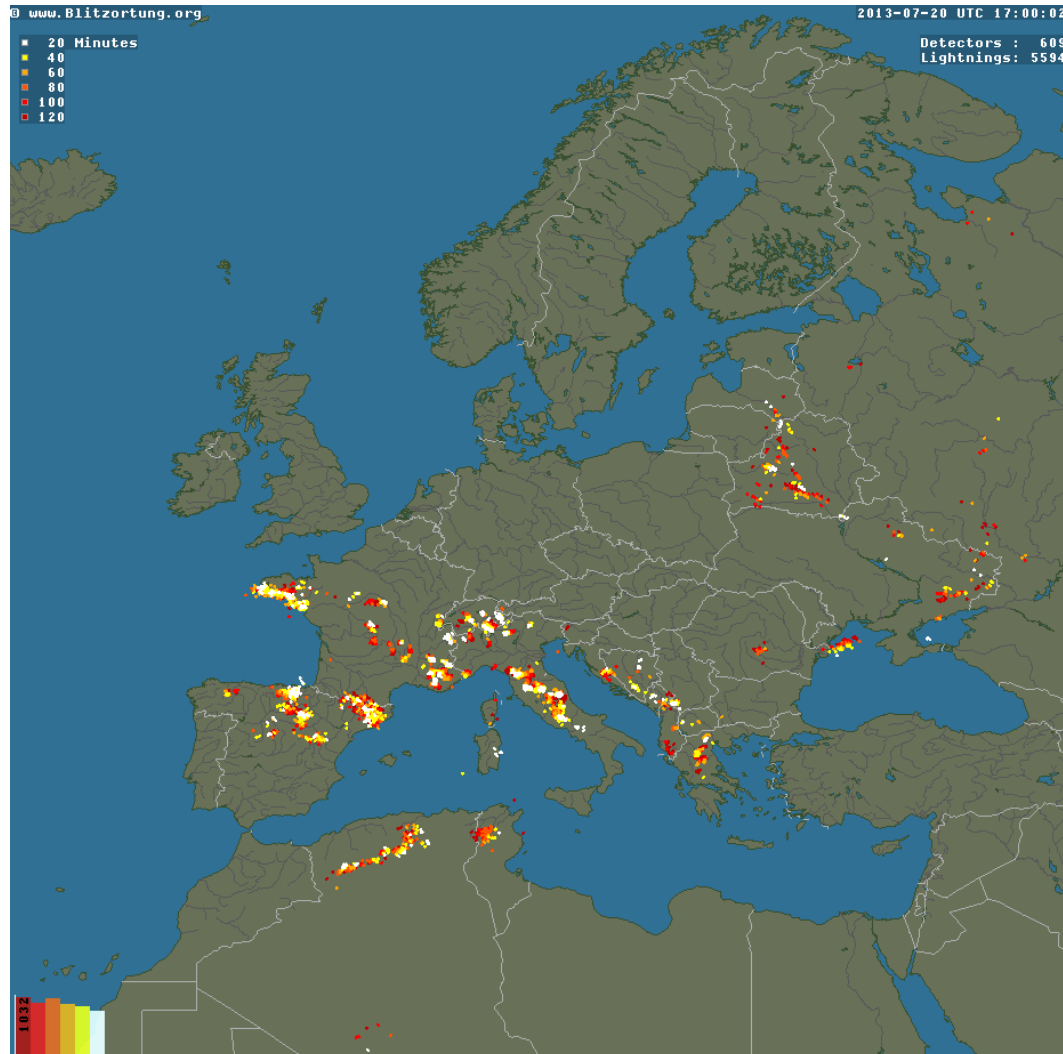
- Odbiór na słuch ~ 300 kHz, 3 MHz ...
- Liczenie wyładowań w ciągu minuty
- Dla ciągów liczba zastępcza 10
- $L_w = 10 L_c + L_1$
- Analogia do liczenia plam słonecznych
- W obu przypadkach element subiektywnej oceny



Obserwacje

- Odróżnienie zakłóceń o innym charakterze
 - Technicznych itp.
 - Stacji nadawczych
- Eliminacja ich wpływu
 - Korekta częstotliwości i kierunku anteny
 - Pominięcie w zliczaniu

Mapa wyładowań burzowych



■ www.blitzortung.org



„Blitzortung”

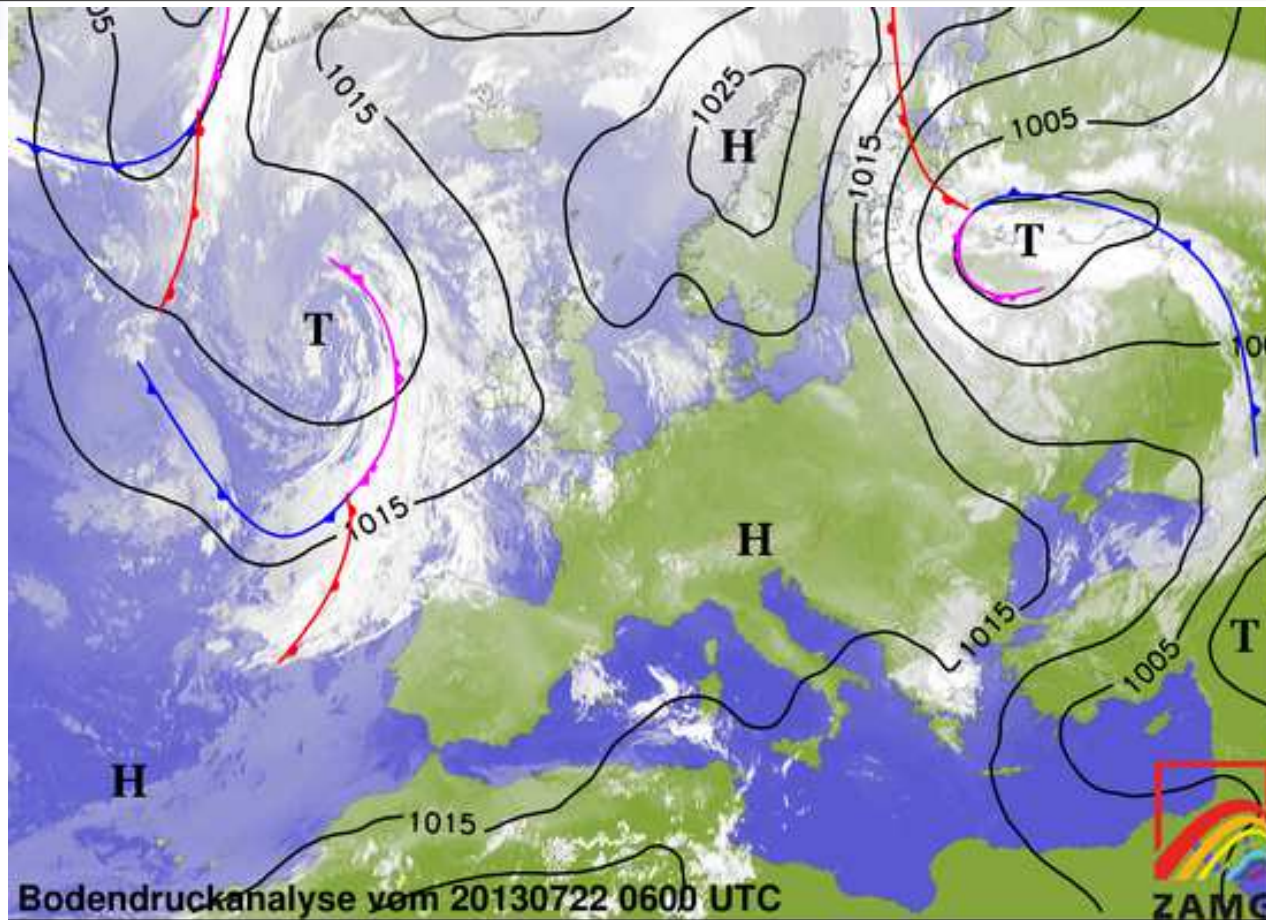
- Prywatna amatorska sieć
- Lokalizacja burz i wyładowań atmosferycznych
- Obserwacje w zakresie 3 – 30 kHz
- Ponad 500 stacji obserwacyjnych
- Lokalizacja wyładowań na zasadzie różnic czasowych



Mapy w internecie

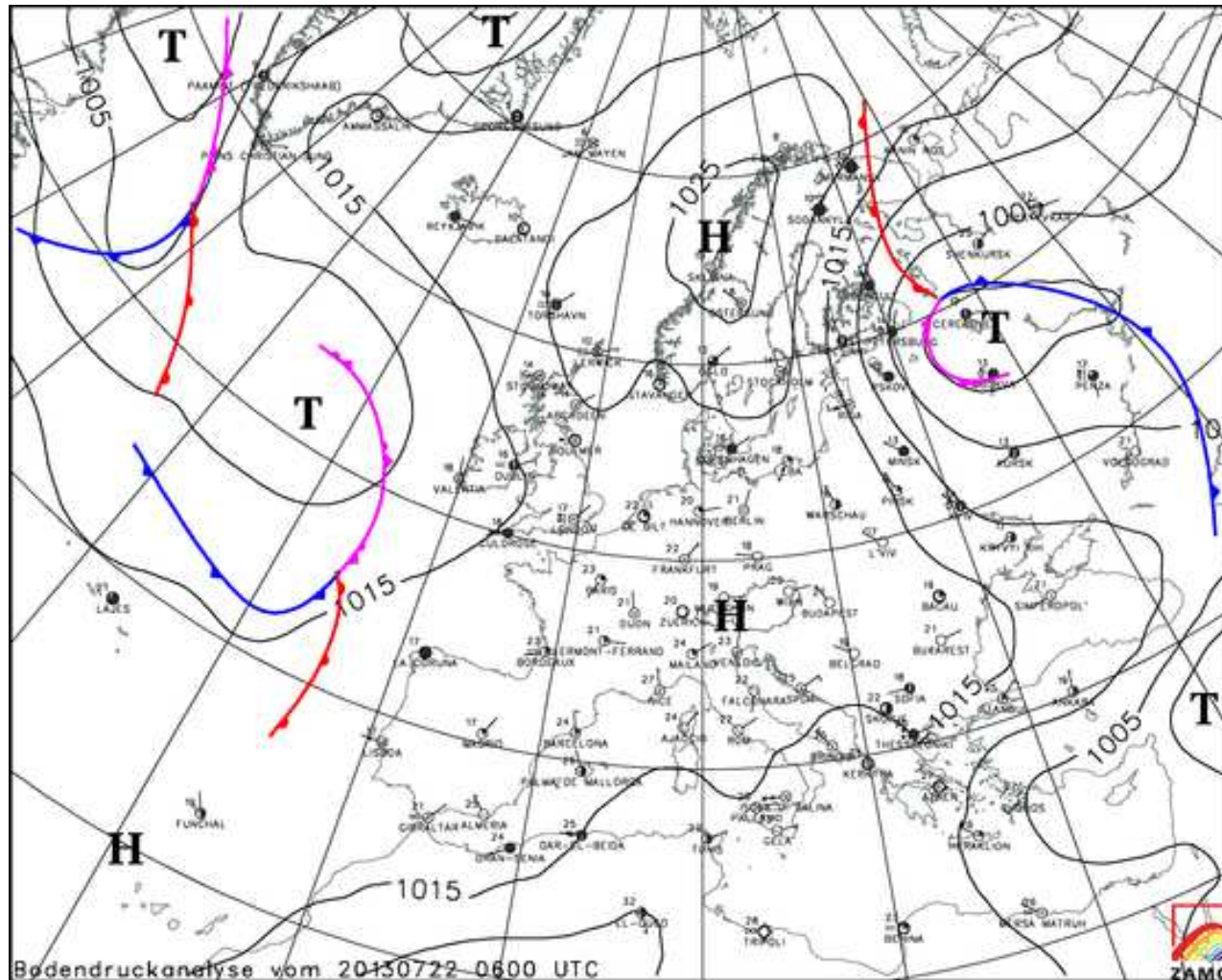
- burze.dzis.net
 - Polska witryna
 - Dane z „blitzortung” i „blids.de”
- www.blids.de
 - Służba profesjonalna
 - Wśród map – mapa Polski

Mapy synoptyczne



■ www.zamg.ac.at

Mapy synoptyczne





Mapy synoptyczne

- Porównywanie wyników obserwacji z sytuacją meteorologiczną
 - Położenie frontów
 - Rozkład ciśnienia (ścieranie się mas powietrza nie związanych z frontami)
 - Aktywność burzowa



Mapy synoptyczne

- Legenda:
 - H – wyż
 - T – niż
 - HTK – obszar przejściowy
 - Front zimny – niebieski
 - Front ciepły – czerwony
 - Front zokludowany – fioletowy

Mapy synoptyczne

	Aktuell	Wetter	Klima	Umwelt	Geophysik	Forschung	Produkte
Wetterwarnungen	Wetter / Wetter	Wetterwarnungen					
Wettervorhersage		Wettervorhersage					
Eventwetter	Aktuelle	Eventwetter					Archiv
Wetter aktuell		Wetter aktuell					
Wetterkarte	Wetterla	Wetterkarte					zur Wetterkarte mit Stations
Wetteranimation	An der Vor	Wetteranimation					Wirbels mit dem Kern über der Norwegischen-See
Satellitenbilder/Animation	Alpenraum	Satellitenbilder/Animation					stömung. Mit ihr erreicht warme Mittelmeerluft Ö
Produkte und Services	Die Temp	Produkte und Services					seiter. Zusätzlich entwickelt sich aber über dem Gol
News	Genau ein	News					westen Österreichs für viele Wolken und teils intensi
Team und Kontakte	Niederschl	Team und Kontakte					reicht eine Störung von Westen das Land und sorg
	ebenfalls für Regen. Auch über der Ostnaine steigt im Vorfeld dieser Störung die Gewitterneig						deutlich. Zweigeteiltes Wetter mit verbreitet Regen im Westen und Süden sowie Sonnenschein
	einige lokale Gewitter im Osten verspricht der Pfingstsonntag. Insgesamt bleibt es warm.						



Rozpowszechnianie wyników

- W postaci komunikatów APRS
- Widoczne na internetowych mapach APRS
 - aprs.fi
- Komunikaty generowane przez mikroprocesor
- Najwygodniej w postaci dla TNC



Rozpowszechnianie wyników

- Komunikaty DPRS
 - Czysty tekst doprowadzony do radiostacji D-Starowej
- Dowolne radiolatarnie małej mocy
 - CW
 - PSK31
 - Dalekopisowy system Hella



I to by było na tyle ...

BIBLIOTEKA
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA **16**

KRZYSZTOF DĄBROWSKI
OE1KDA

AMATORSKA
RADIOMETEOROLOGIA

WIEDENŃ 2013

■ www.swiatradio.com.pl