



Konferencja:
Eksploatacja bezzałogowych systemów latających

Instytut Lotnictwa
Warszawa, 6 marzec 2019

*Kształcenie operatorów
bezzałogowych systemów latających*

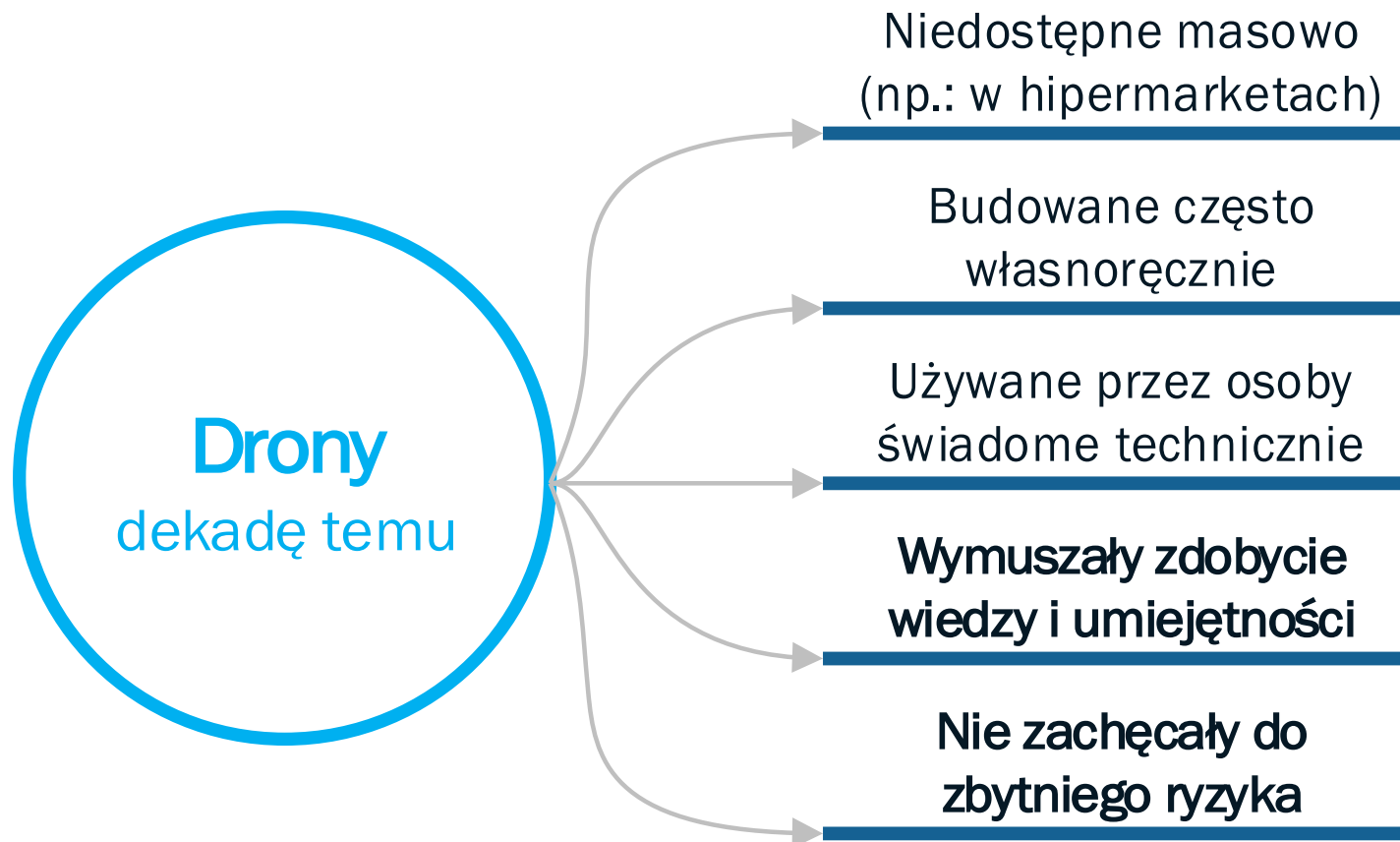
Piotr Kleczyński

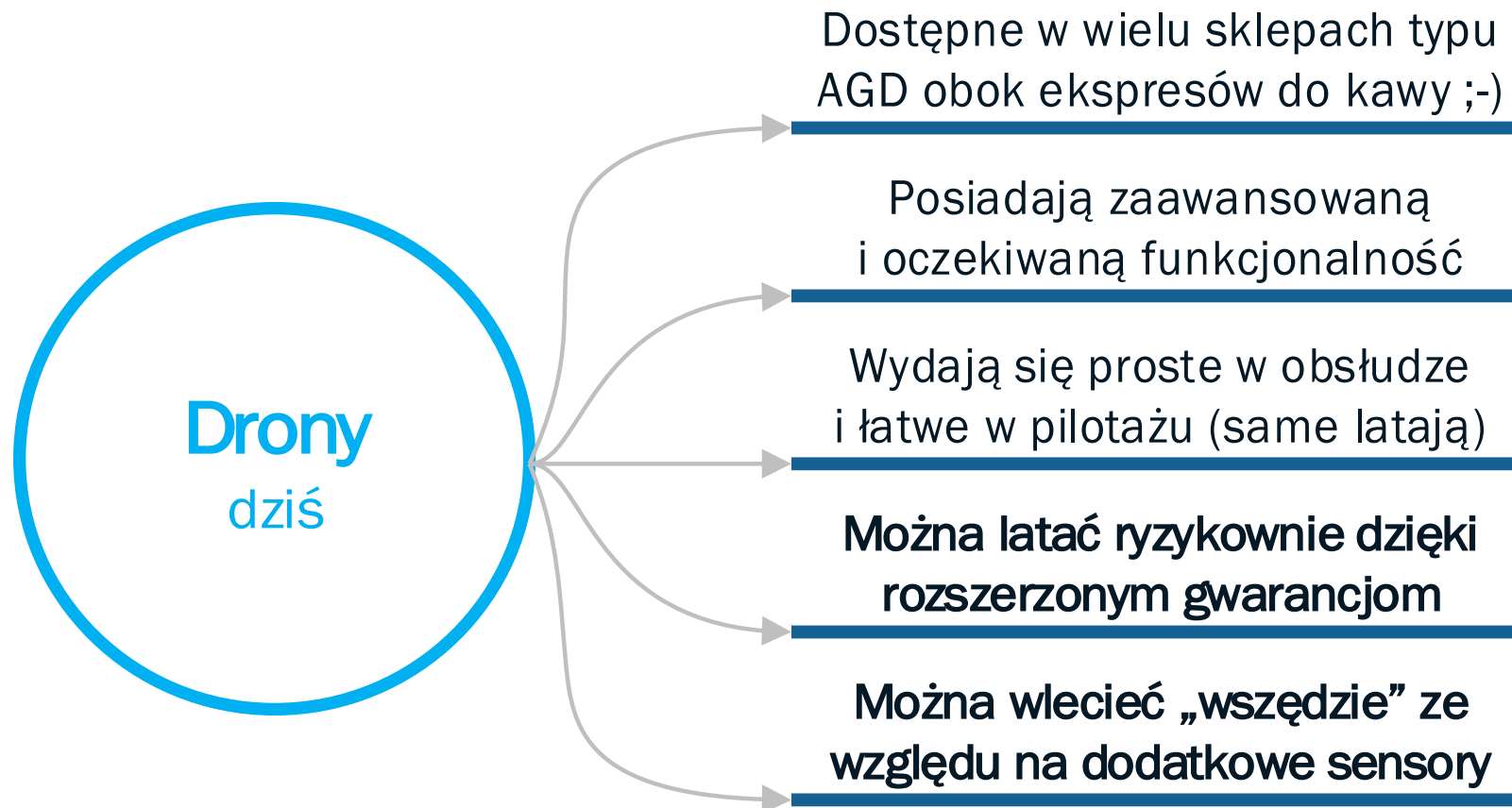
Zaledwie dekadę temu wielowirnikowymi platformami latającymi (zwanymi dzisiaj potocznie dronami) latały osoby, które je samodzielnie budowały. Były też liczne próby wykorzystania modelarskiego hobby do działalności komercyjnej.

Zajmowało się tym jednak **wąskie grono pasjonatów** zdalnie sterowanych modeli RC, często w najtrudniejszej śmigłowcowej postaci.

Brak znajomości zagadnień technicznych było sporą barierą wejścia do branży bezzałogowych statków powietrznych dla osób które nie zajmowały się modelarstwem RC.

Sytuacja ta zaczęła się zmieniać, gdy pojawiły się pierwsze zestawy dronów **ARF** (np.: **Mikrokopter**), a efekt kuli śnieżnej w branży zapoczątkowała firma DJI modelem **RTF** o nazwie **Phantom**.

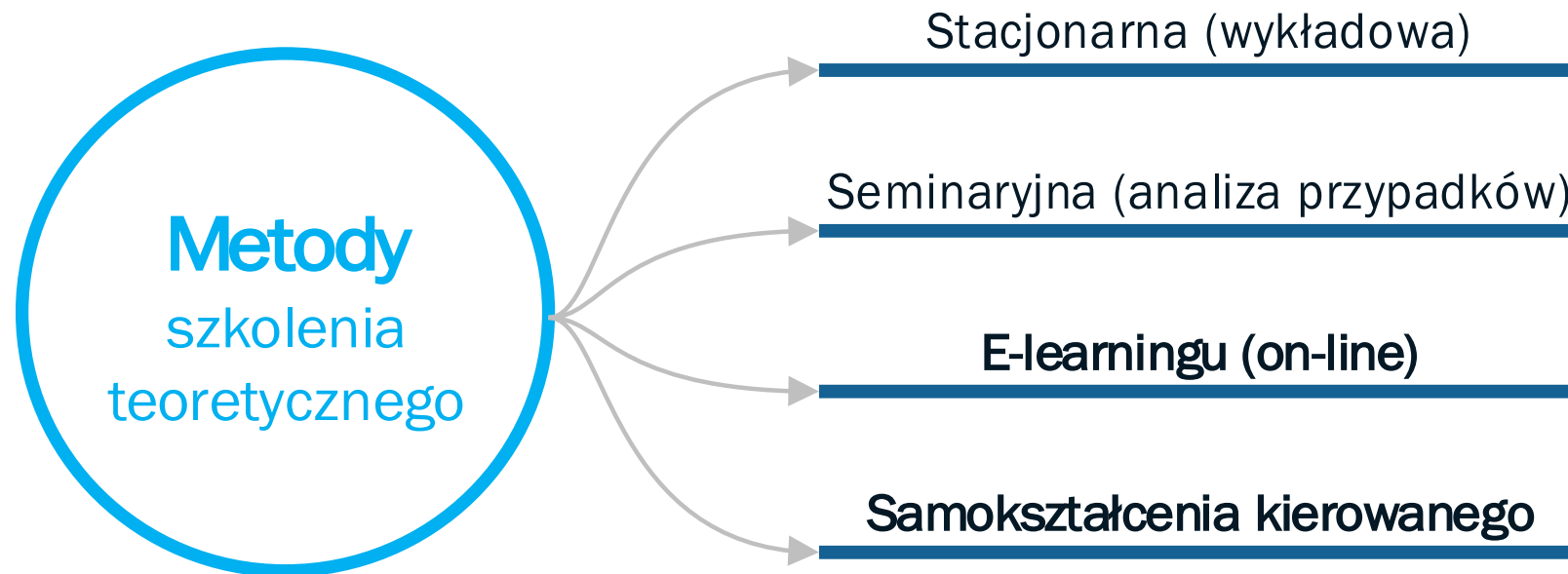




Podmiot szkolący jest miejscem, w którym **MOŻNA i TRZEBA** skutecznie **budować świadomość** operatorów w szerokim zakresie tematów, jeśli w polskiej przestrzeni powietrznej dalej ma być bezpiecznie, a Polska nadal pretendować do lidera w branży BSP w Unii Europejskiej i na świecie.

To wymaga jednak odpowiedniej wyszkolonej kadry instruktorskiej, która jest zaangażowana w proces szkolenia, szczególnie w zakresie praktyki lotniczej.

Proces szkolenia musi być spójny a jego metodyka powinna być odpowiednio dobrana do szkolonej grupy osób. Najlepiej, żeby całe szkolenie teoretyczne do uzyskania świadectwa kwalifikacji UAVO korzystało, nie z jednej a ze wszystkim dopuszczonych metod nauki. Takie podejście daje bardzo dobre efekty.



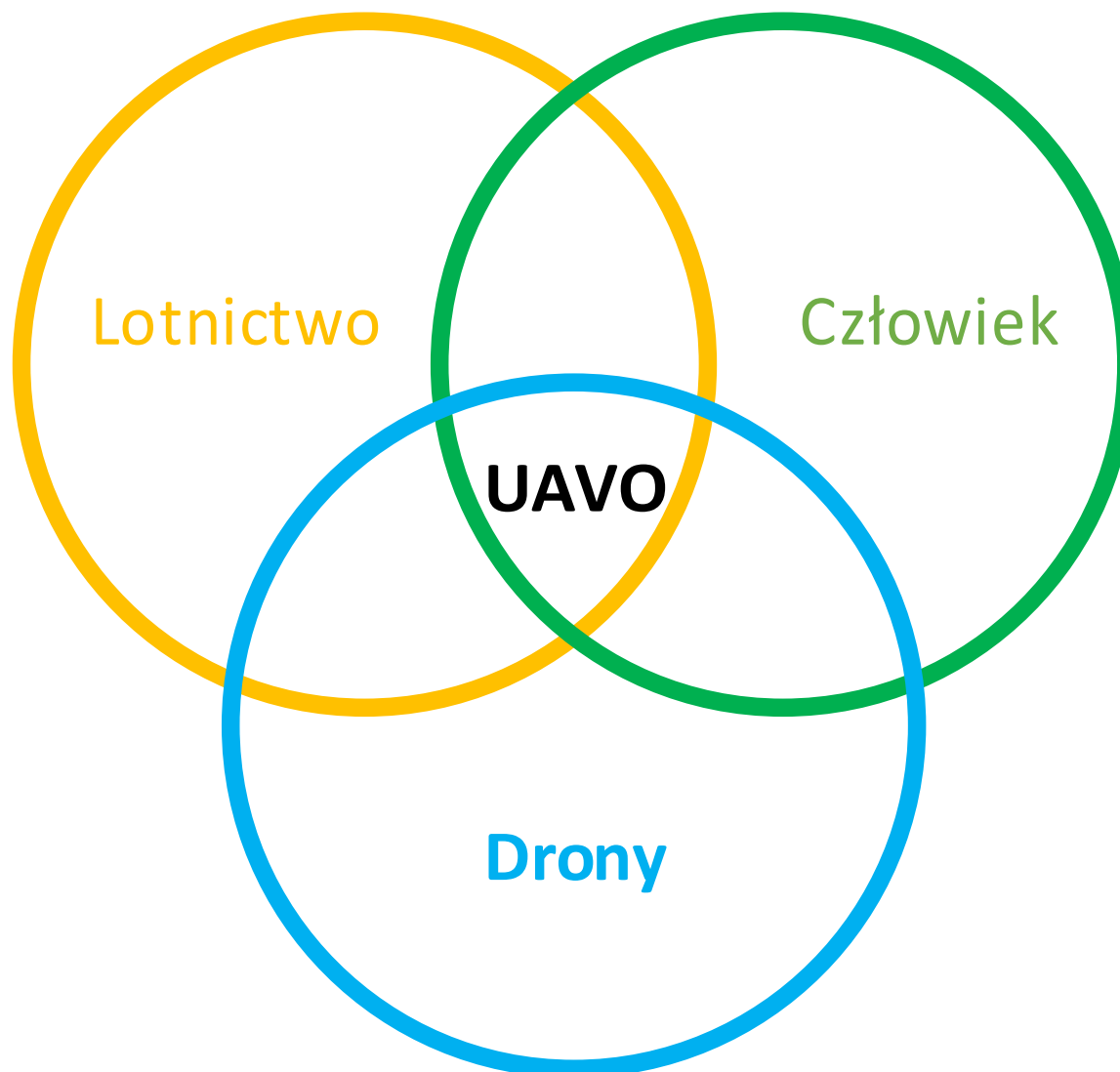


Materiały dostarczane przez podmiot szkolący:

- Skrypty
- Podręczniki
- Źródłowe teksty rozporządzeń
- Analiza przypadków
- Wnioski PAŻP

Wszystkie materiały muszą być na dane szkolenie aktualne!

Dziedziny składające się na UAVO



Rozporządzenie wyłączające zastosowanie niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków, z dnia 17 stycznia 2019 roku, w rozdziale 3 załącznika 6a jasno określa obowiązki i odpowiedzialność operatora:

3. Operator:

- 1) zachowuje szczególną ostrożność, unika wszelkiego działania lub zaniechania, które mogłyby:
 - a) spowodować zagrożenie bezpieczeństwa, w tym zagrożenie bezpieczeństwa ruchu lotniczego,
 - b) utrudniać ruch lotniczy,
 - c) zakłócić spokój lub porządek publiczny, oraz
 - d) narazić kogokolwiek na szkodę;
- 2) steruje bezzałogowym statkiem powietrznym w sposób umożliwiający uniknięcie kolizji z innym statkiem powietrznym;
- 3) **zapewnia, że bezzałogowy statek powietrzny, którym wykonuje lot, daje pierwszeństwo drogi załogowym statkom powietrznym;**
- 4) **ponosi odpowiedzialność za decyzję o wykonaniu lotu oraz jego poprawność**, a wyznaczenie i udział obserwatora w wykonywaniu lotów nie zwalnia go z odpowiedzialności za bezpieczeństwo wykonywanych operacji lotniczych;

Operator:

...

5) **używa** bezzałogowego statku powietrznego oraz urządzeń sterujących **zgodnie z zaleceniami i ograniczeniami** określonymi przez producenta, jeżeli zostały opublikowane;

Ograniczenia BSP podane przez producenta



DJI Phantom 4 PRO			
#	Parametr	Tryb lotu	
		S-mode (tryb SPORT z GPS)	P-mode (tryb GPS)
1	Maks. prędkość wznoszenia (ang. Max Ascent Speed)	6 m/s	5 m/s
2	Maks. prędkość opadania (ang. Max Descent Speed)	4 m/s	3 m/s
3	Maks. prędkość postępową (ang. Max Speed)	72 km/h (20 m/s)	50 km/h (~13,89 m/s)

Operator:

...

6) przed lotem **dokonuje kontroli stanu technicznego** bezzałogowego statku powietrznego;

7) **wykonuje loty** bezzałogowym **statkiem** powietrznym, **który jest sprawny technicznie.**

Lista czynności kontrolnych dokonywanych przed startem

A. Operator przed lotem:

- Czy jestem zdolny do lotu?
- Czy jestem trzeźwy?
- Czy mam kamizelkę odblaskową?
- Czy mam czapkę z daszkiem?
- Czy mam okulary?
- Czy mam coś do picia?
- Czy mam świadectwo kwalifikacji?
- Czy uprawnienia wpisane w świadectwo kwalifikacji są ważne?
- Czy mam przy sobie dokument ze zdjęciem (np.: dowód osobisty)?
- Czy mam ważne orzeczenie lotniczo-lekarskie (tylko jeżeli TOM drona przekracza 5kg)?
- Czy mam ważne ubezpieczenie OC do wykonywania lotów innych niż rekreacyjne lub sportowe z sumą gwarancyjną min. 3000SDR?

B. Środowisko w miejscu wykonywania lotu:

- Czy otoczenie jest bezpieczne?
- Czy wyznaczyłem strefę do lądowania z odpowiednim marginesem (np.: 10mx10m)?
- Czy są jakieś przeszkody terenowe, które trzeba wziąć pod uwagę?
- Czy wiem, z jakiego kierunku wieje wiatr?
- **Czy są jakieś elementy mogące zakłócać wskazania magnetometru?**
- **Czy sprawdziłem wartość indeksu Kp (większy niż 4 = STORM!)?**
- **Czy sprawdziłem aktywność słoneczną (rozbłyski poniżej M/X)?**

Instrukcja operacyjna INOP – kontrola BSP

Przed rozpoczęciem każdego lotu operator jest **ZOBOWIĄZANY** skontrolować bezzałogowy statek powietrzny przy pomocy listy kontrolnej (*check list*): **CZYNNOŚCI KONTROLNE WYKONYWANE PRZED LOTEM BSP**

1) Sprawdzenie BSP

- Sprawdź, czy silniki obracają się bez zacięć.
- Sprawdź, czy śmigła nie uległy poluzowaniu.
- Sprawdź, czy ramiona są pewnie przymocowane do korpusu.
- Upewnij się, że gimbal obraca się bez przeszkód.
- Upewnij się, że podpory do lądowania są pewnie przymocowane do korpusu.
- Sprawdź, czy ich zawleczki zabezpieczające znajdują się na swoim miejscu i czy nie są luźne.
- Upewnij się, że osłona karty SD oraz tylna osłona są zamknięte.
- Mocując górnego gimbała upewnij się, że okablowanie jest przymocowane, aby nie doszło do kontaktu ze śmigłami.
- Podczas korzystania z górnego gimbała konieczne jest zastosowanie zewnętrznego modułu GPS.
- Upewnij się, że kabel GPS jest podłączony do tylnego portu, oraz że jest właściwie przymocowany.

2) Sprawdzenie i przygotowanie aparatury

- Czy drążki sterownicze poruszają się bez zacięć?
- Czy przełączniki można przełączyć we wszystkie pozycje?
- Czy przyciski po wciśnięciu wracają samoistnie do pierwotnej pozycji?
- Czy akumulator w aparaturze jest w pełni naładowany?
- Czy anteny zostały rozłożone zgodnie z instrukcją?
- Czy anteny nie są uszkodzone?
- Czy przewód doprowadzający sygnał nie jest przetarty?

3) Sprawdzenie i przygotowanie akumulatorów

- Czy akumulator jest w pełni naładowany?
- Czy akumulator nie jest uszkodzony mechanicznie?
- Czy cele akumulatora nie są spuchnięte?

4) Sprawdzenie tabletu realizującego funkcje stacji bazowej

- Czy akumulator tabletu jest naładowany do pełna?
- Czy przewód USB łączy tablet z aparaturą?
- Czy tablet samoistnie nie opada? Jeśli opada należy przykręcić śrubę uchwytu korzystając z monety.

5) Włączenie zasilania:

- najpierw aparatury RC
- następnie BSP

6) Czynności po włączeniu zasilania:

- Zaprogramuj „Fail Safe“ stosownie do miejsca lotu
- Sprawdź siłę sygnału RSSI
- Sprawdź liczbę widocznych satelit GPS
- Sprawdź jakość sygnałów z czujników przed startem



Kluczowymi elementami komputera pokładowego są sensory:

- **prędkości kątowej** (potocznie **żyroskop**)
- **przyspieszeń liniowych** (potocznie **akcelerometr**)
- **ziemskiego pola magnetycznego** (potocznie **kompas**)
- ciśnienia statycznego (barometrycznego)

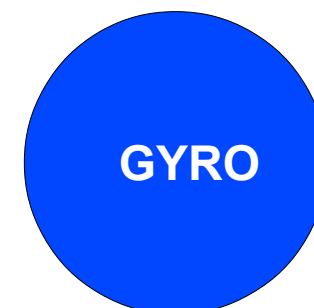
Żyroskopy i akcelerometry to mikro-mechaniczne półprzewodnikowe czujniki inercyjne MEMS (ang. Micro Electro Mechanical System). Pomiar z tych sensorów pozwalają obliczyć parametry potrzebne do stabilizacji lotu, takie jak:

- przyspieszenia liniowe i prędkości kątowe (IMU)
- kąty orientacji przestrzennej (AHRS)

Czujnik prędkości kątowej

Trój osiowy czujnik prędkości kątowej:

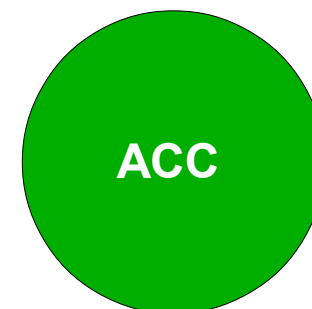
- **jest podatny na wibracje**
- ma wskazanie niestabilne w czasie (dryf, offset)
- zaawansowaną matematyką można estymować dryf
- to źródło informacji o prędkościach, dzięki którym w procesie całkowania numerycznego można określić trzy kąty orientacji przestrzennej



Czujnik przyspieszenia liniowego

Trój osiowy czujnik przyspieszenia liniowego:

- **jest podatny na wibracje**
- **wymaga kalibracji**
- może korygować wskazania gyro tylko w statycznych warunkach w trakcie lotu
- może być wykorzystany do pomiaru jedynie 2 kątów orientacji przestrzennej
- jest źródłem informacji o odchyleniu od pionu



Czujnik ziemskiego pola magnetycznego

Trój osiowy czujnik ziemskiego pola magnetycznego:

- jest podatny na zakłócenia od zewnętrznych

pól elektromagnetycznych EM

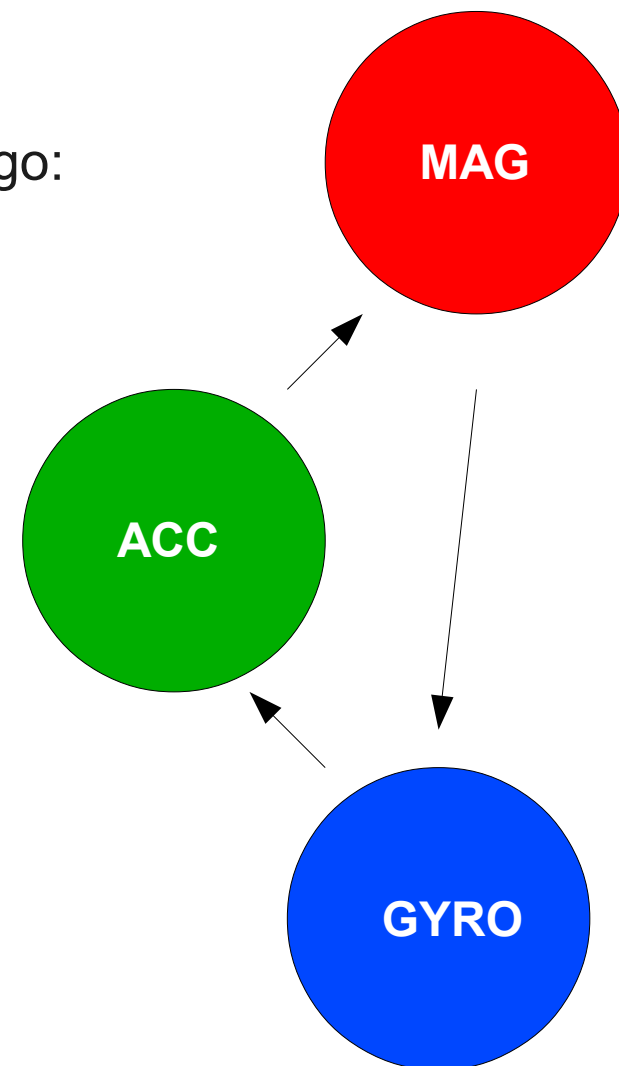
- wymaga **STARANNEJ** kalibracji

- to podstawowe źródło informacji o kursie

- jest wykorzystany do uzupełnienia informacji

z czujnika przyspieszenia liniowego i obliczenia

wszystkich trzech kątów orientacji przestrzennej



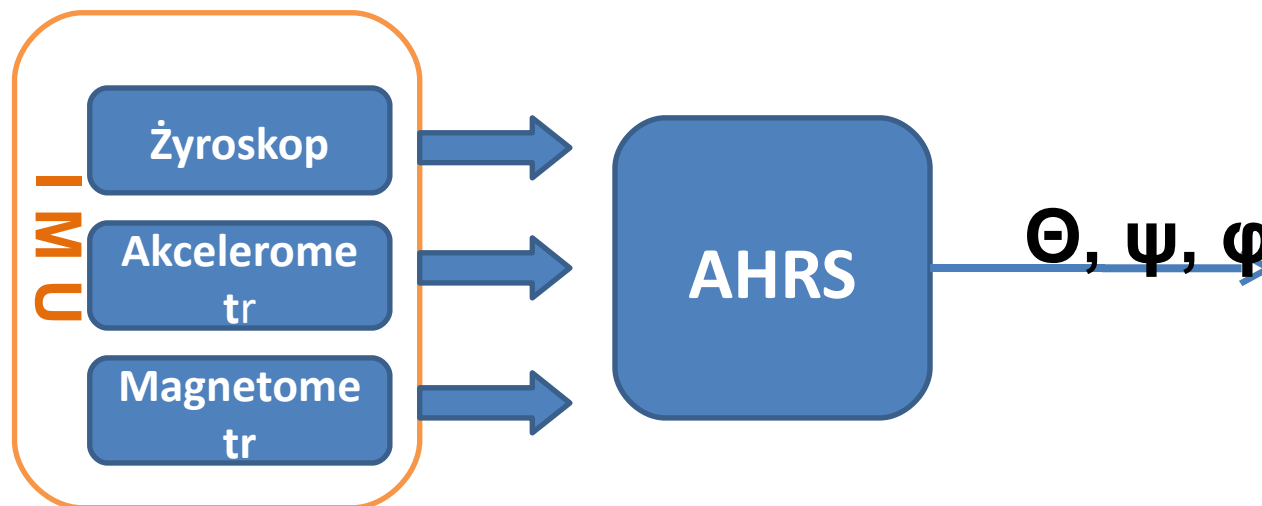
Czujnik ciśnienia statycznego

Czujnik ciśnienia statycznego:

- **jest podatny na zakłócenia ciśnienia**
- **to pośrednie źródło informacji o wysokości**
- jest wykorzystany do stabilizacji wysokości (wzdłuż osi YAW)
- jest źródłem danych dla stabilizatora wysokości, ale konieczne jest uzupełnienia o pomiar wypadkowego przyspieszenia wzdłuż osi YAW
- ma rozdzielczość 1mbar co daje 10cm określania wysokości

Przy pomocy tego czujnika można oprogramować komputer pokładowy tak, żeby wielowirnikowy dron automatycznie utrzymywał wysokość (tryb ALH, ATTI).

System integracji pomiarów z sensorów inercyjnych i magnetometru pozwala na realizację jednostki AHRS (ang. Attitude and Heading Reference System). Jednostka AHRS wyznacza trzy kąty orientacji przestrzennej. Są one podstawą wszelkich obliczeń nawigacyjnych (tryby lotu: CFF, CF, CL, GHP, WPM, **RTH**).



Autopilot i kompas

Dobłą praktyką jest sprawdzanie indeksu planetarnego Kp. Jeśli jego wartość jest większa lub równa 4, jest to klasyfikowane jako burza geomagnetyczna (STORM!) na słońcu. Związane jest to ze do zjawiskiem protuberancji słonecznej.

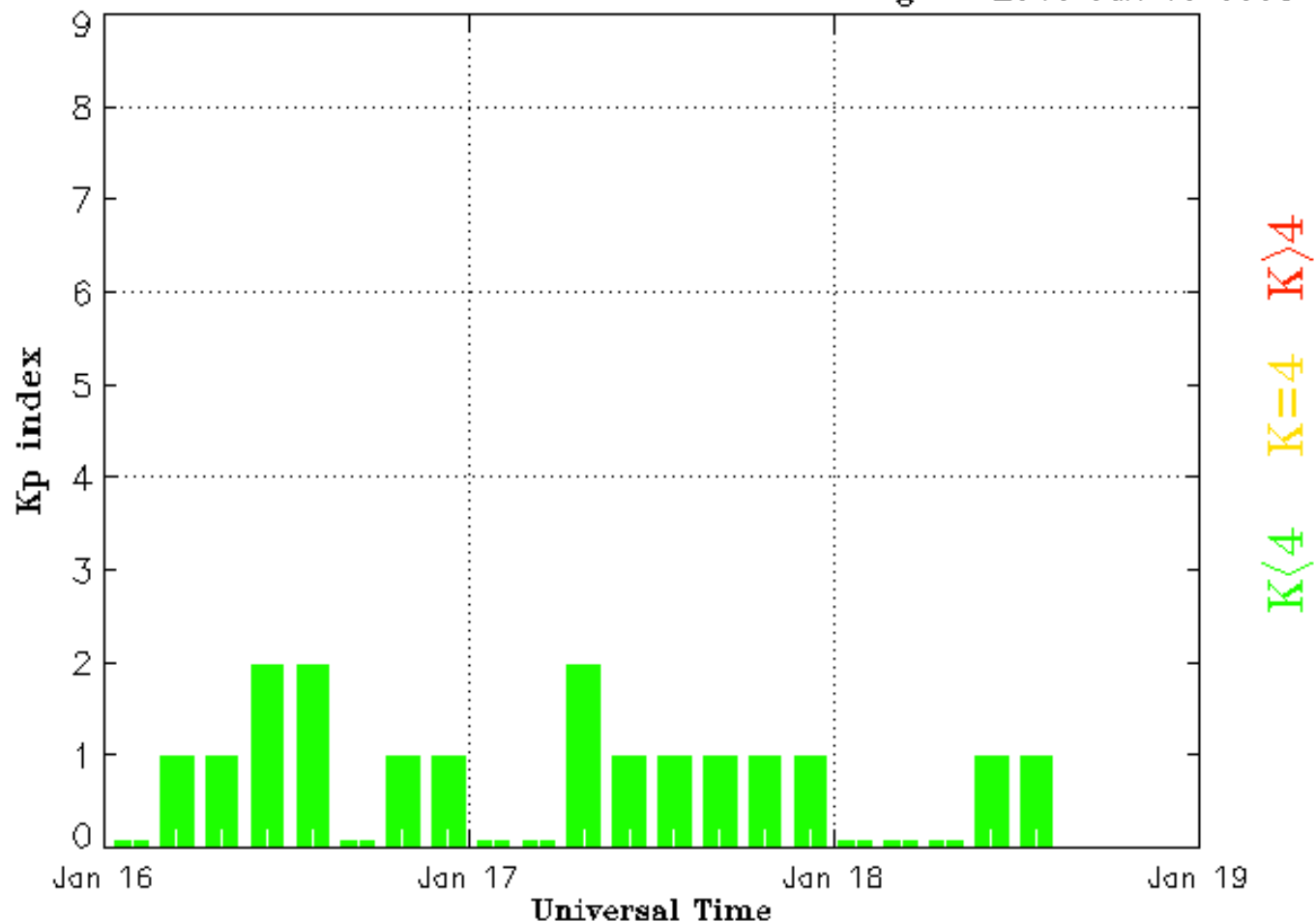
System autopilota, który opiera się o wskazania kursu przez magnetometr może działać nieprawidłowo i w pewnych sytuacjach spowodować utratę kontroli nad wielowirnikowym dronem i jego rozbitcie.

Aktualną aktywność słońca można sprawdzić pod adresem:

<http://www.n3kl.org/sun/noaa.html>

Kp nie budzące zastrzeżeń

Estimated Planetary K index (3 hour data) Begin: 2016 Jan 16 0000 UTC

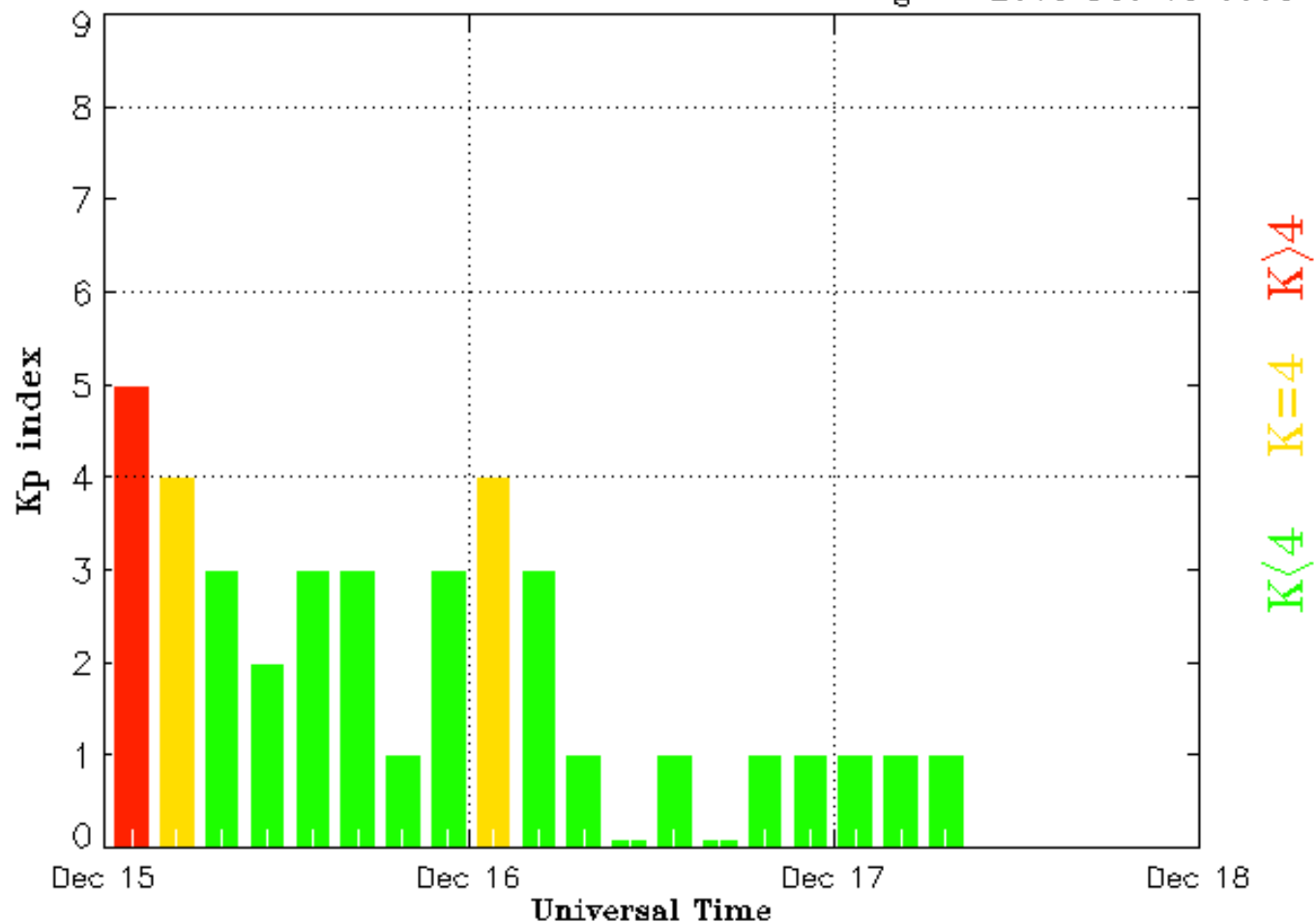


Updated 2016 Jan 18 15:15:02 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Kp powyżej 4 (!STORM)

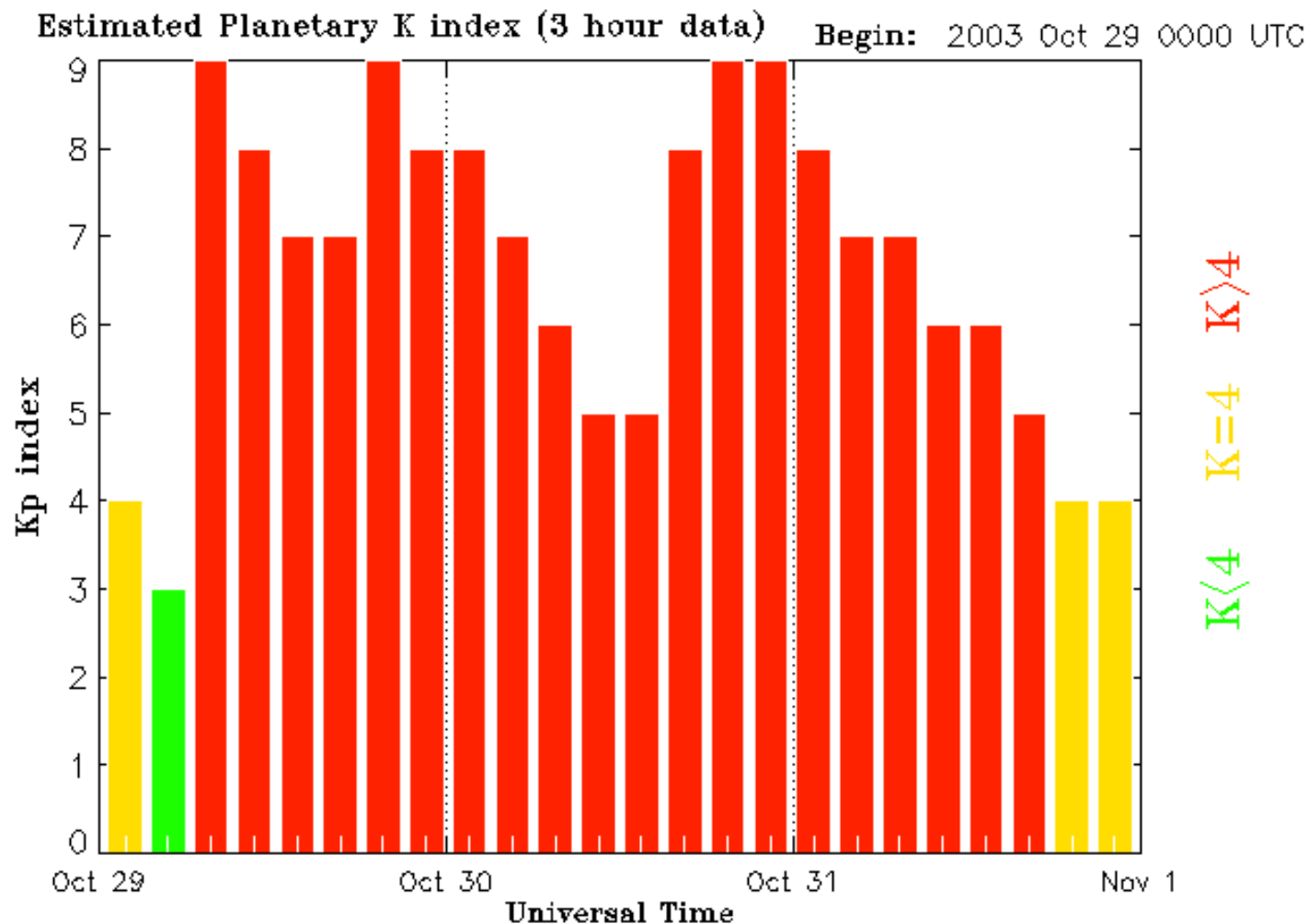
Estimated Planetary K index (3 hour data) Begin: 2015 Dec 15 0000 UTC



Updated 2015 Dec 17 09:30:02 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Kp które może zakłócić pracę BSP



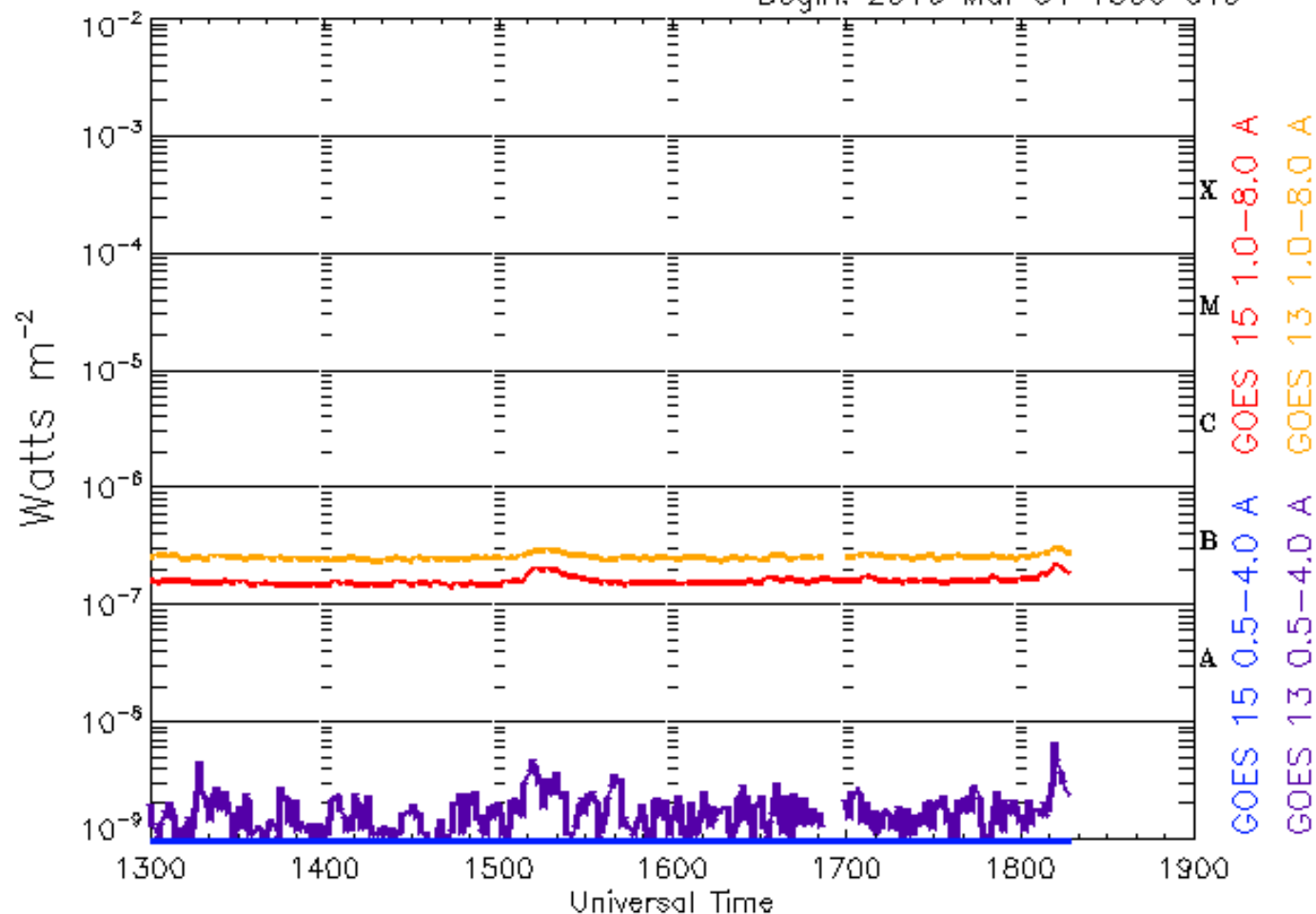
Updated 2003 Nov 1 02:45:03 UTC

NOAA/SEC Boulder, CO USA

Aktywność słoneczna

GOES X-ray Flux (1 minute data)

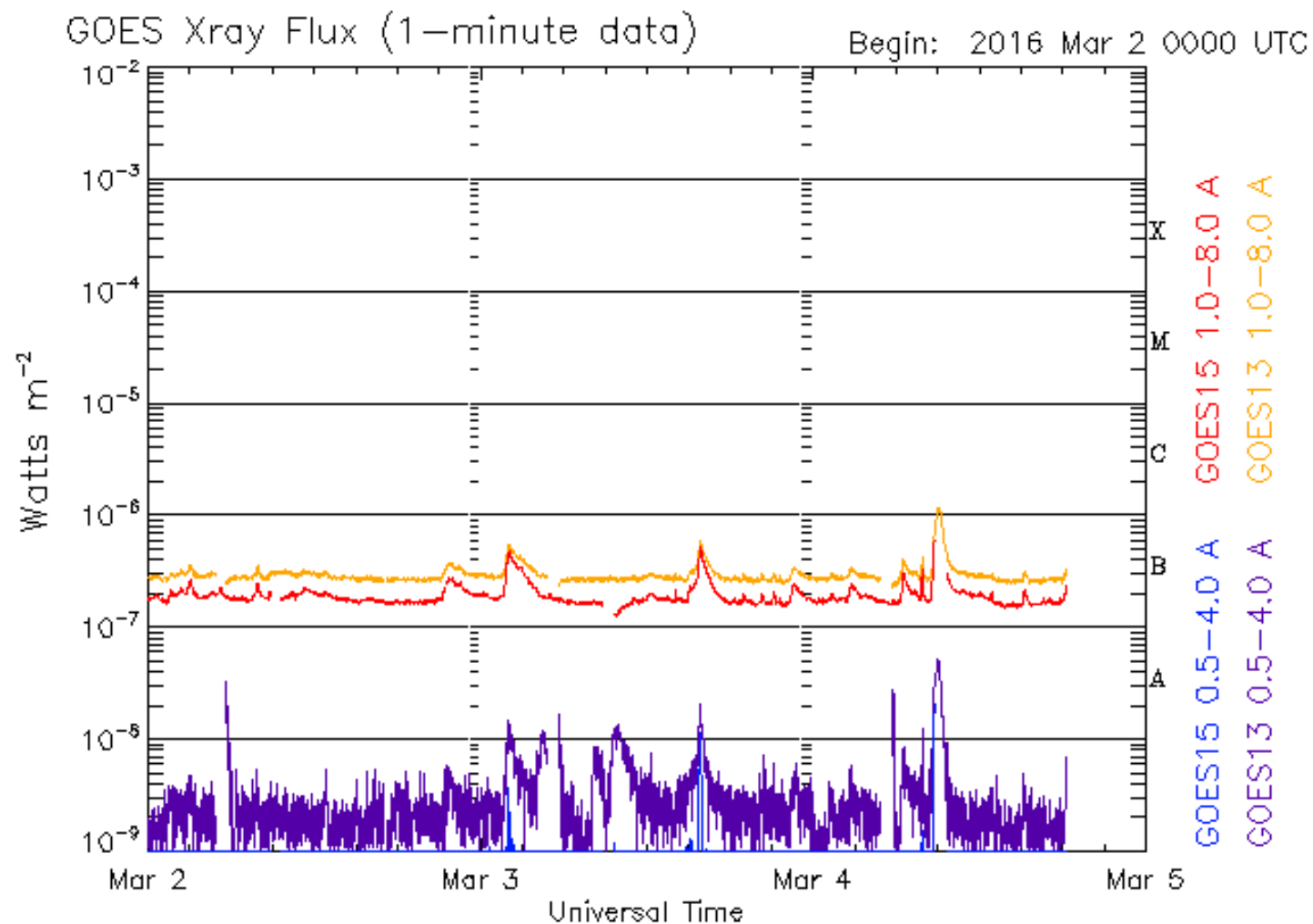
Begin: 2016 Mar 04 1300 UTC



Updated 2016 Mar 4 1818 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

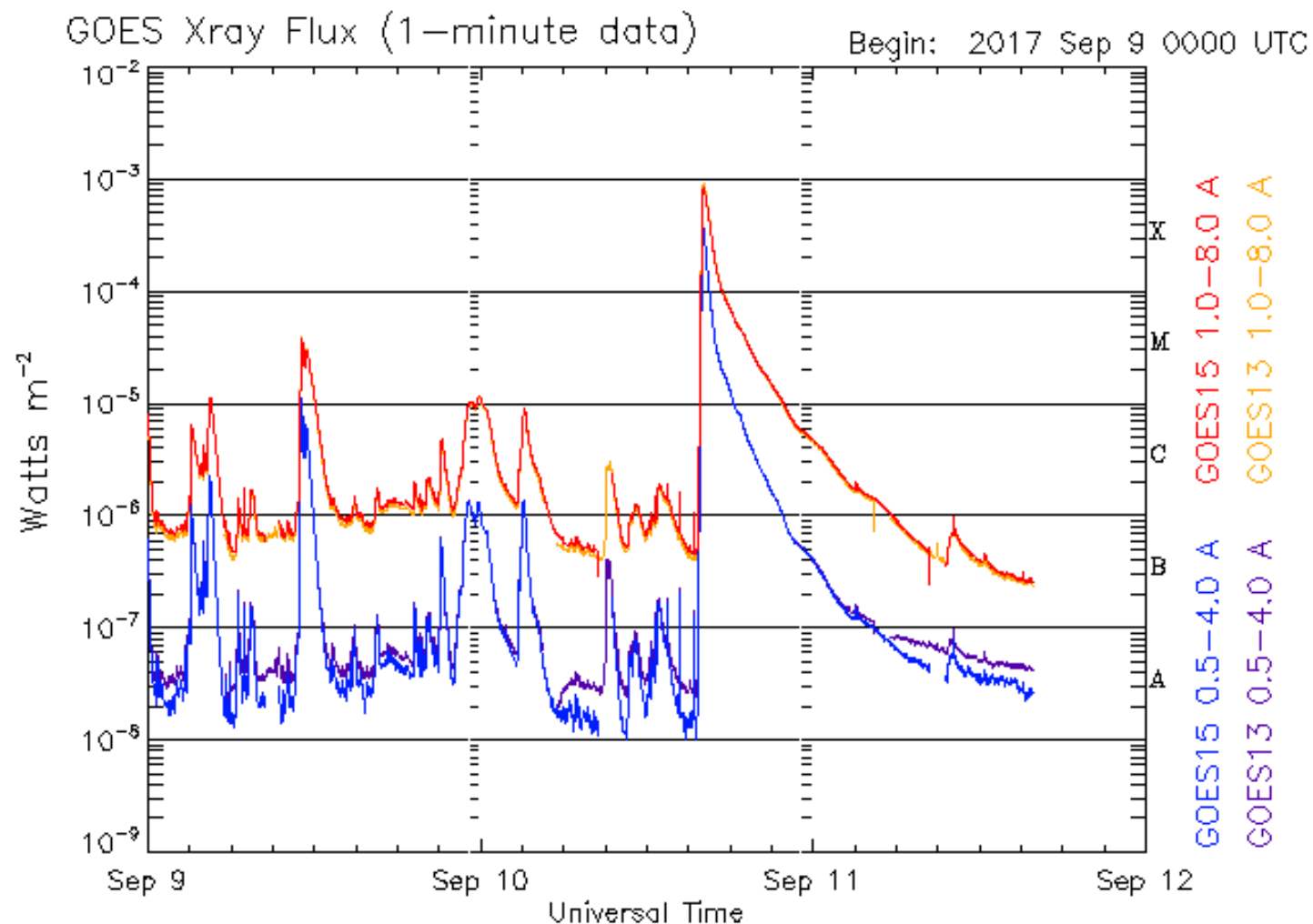
Aktywność słoneczna podwyższona



Updated 2016 Mar 4 18:17:12 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Aktywność słoneczna - rozbłysk o wartości X9



Updated 2017 Sep 11 15:51:12 UTC

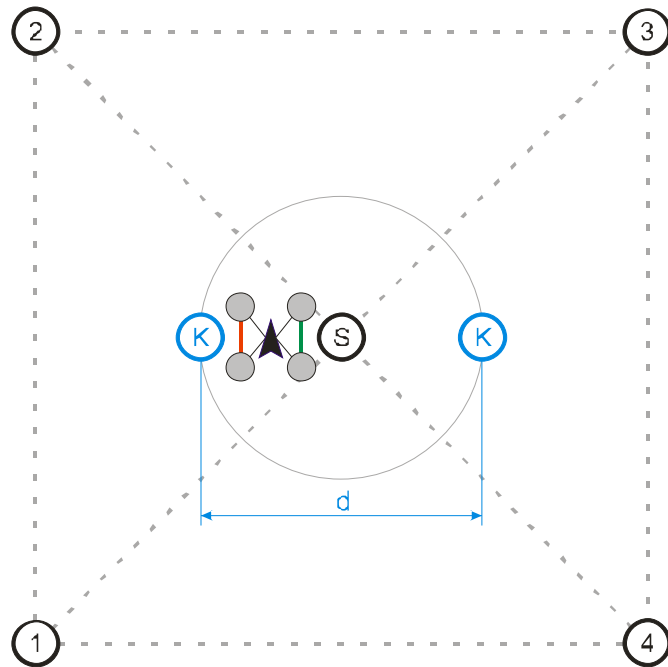
NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Akumulatory DJI

Akumulatory firmy DJI są **inteligentne ;-)**, to znaczy, że same dbają o siebie (kontrolują napięcia na celach, mierzą temperaturę).

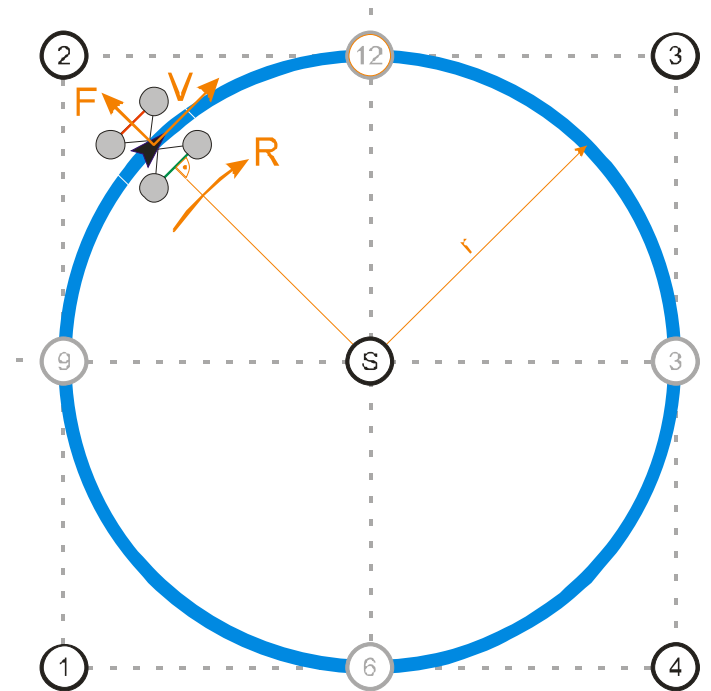
W akumulator DJI wbudowany jest fragment ładowarki zwany balancerem. Dzięki temu po zaprogramowanym czasie same się rozładowują, przechodząc w tryb storage (3,8V na jedną celę).

Nadmiar energii w akumulatorze wytracany jest w ciepło. Żeby automatyczne rozładowanie było skuteczne akumulatory nie mogą znajdować się w oryginalnym plecaku, ponieważ jego wkładki działają jak termos!



Wydzielona strefa lotu

Nieprzekraczalna linia bezpieczeństwa



Wydzielona strefa lotu

Nieprzekraczalna linia bezpieczeństwa



Dziękuję za uwagę!

Piotr Kleczyński

Zawodowe szkolenia UAV: kurs@drony.pl

Egzaminy państwowe: egzamin@drony.pl

*Zerkaj w **niebo...** Drony latają wszędzie!* TM

