

Pomoc do programu „Generator Skew-T”

Krzysztof Ostrowski (krzysio.ostrowski@gmail.com)

Program służy do generowania diagramów Skew-T i Stuve oraz pionowych profilów wiatru na podstawie sondażu aerologicznych. Jest on pomocny w prognozowaniu gwałtownych zjawisk burzowych dzięki tworzonemu grafikom i bardzo szerokiego wachlarzowi dostępnych parametrów.

Wczytywanie/edycja sondażu

Istnieje kilka możliwości stworzenia diagramu Skew-T. Naciskając guzik „Wczytaj sondaż” mamy opcje oddzielone zakładkami:

- 1) Wczytanie wykonanego sondażu z dowolnej lokalizacji i daty. Dla ułatwienia najbardziej przydatne miasta są wpisane w liście rozwijanej.
- 2) Stworzenie własnego diagramu wpisując w kolejnych wierszach parametry pomiarów (ciśnienie, wysokość, temp, p. Rosy, wiatr) – patrz przycisk „Przykład danych”
- 3) Stworzenie własnego diagramu wypełniając tabelę – nie trzeba wypełniać wszystkich tam zdefiniowanych poziomów, wystarczy uzupełnić część z nich – należy jednak uwzględnić górne poziomy (300, 250 hPa), by program wykonywał wszystkie operacje poprawnie
- 4) Wyszukiwanie sondażu – na podstawie wybranej stacji, roku i miesiący program pobiera wszystkie pomiary tam dokonane w danych miesiącach. Mogą one być wyświetlone chronologicznie, malejąco względem MUCAPE lub CAPESHEAR. Program podaje również średnią chwiejność notowaną w miesiącu na danej stacji. Istnieje również opcja filtrowania „załadowanych karabinów” (ang. *loaded gun sounding*). Następnie można wybrać dowolny z sondażu (listbox po prawej) do wyświetlenia w programie wybierając go i klikając „Zatwierdź zmiany”. Ta opcja działa wolniej niż wczytanie pojedynczego sondażu, może też częściej pojawiać się błąd wczytania danych (zazwyczaj trzeba wtedy powtarzać operację aż do skutku, chyba że serwer w Wyoming „padł”).
- 5) Prognozy sondażu NOAA – aby skorzystać z tej opcji należy uruchomić narzędzie NOAA do prognoz sondażu <http://www-frd.fsl.noaa.gov/soundings/java/>. Po wybraniu opcji GFS i interesujących nas współrzędnych geograficznych i terminu, otrzymujemy sondaż. Wybierając dostępną pod wykresem opcję „getText”, dostajemy surowe dane z sondażu, które następnie (tylko tabelkę) kopiujemy do okna Generatora Skew-T i po zatwierdzeniu otrzymujemy sondaż wraz z wszystkimi parametrami w generatorze.

Możliwe jest również edytowanie sondażu (przycisk „Edytuj sondaż”). Są wówczas dostępne opcje 2 i 3 z powyższej listy. Edycja może być szczególnie przydatna przy modyfikowaniu sondażu danymi pomiarowymi z innych stacji (położonych z miarę niedaleko).

W opcjach wykresu można ustawić rodzaj diagramy (skew-t, stuve) oraz ustalić elementy wyświetlane na diagramie (krzywa stanu CAPE, obszar DCAPE oraz effective inflow layer). Po wczytaniu sondażu i stworzeniu diagramu są dostępne różnego rodzaju opcje i parametry, które zostały opisane poniżej.

Liczenie parametrów cząstki

Obliczanie podstawowych parametrów konwekcyjnych wznoszącej się cząstki powietrza (takich jak CAPE, CIN, LI, LCL itd.).

Cząstka z poziomu (m) – brane jest powietrze z konkretnego poziomu w troposferze (wyrażonego w metrach nad ziemią) i unoszone do góry. Wybór opcji „ziemia” oznacza unoszenie powietrza z samej powierzchni (pozwala to obliczać SBCAPE).

Uśredniona cząstka z dolnych (m) – najpierw liczona jest uśredniona cząstka z dolnej warstwy o pewnej grubości (wyrażonej w metrach). Parametry podlegające uśrednianiu to temperatura potencjalna i stosunek mieszania. Następnie taka cząstka jest unoszona do góry. W taki sposób możemy policzyć np. MLCAPE.

Najbardziej niestabilna cząstka – z dolnych 3 km troposfery wyszukiwane jest powietrze o największej temperaturze ekwiwalentno-potencjalnej (θ_e). Uniesienie takiej cząstki powietrza daje nam w rezultacie największą z możliwych do uzyskania chwiejności. Dzieje się tak ponieważ większa θ_e wiąże się z większą wypornością wznoszącego się, nasyconego parą wodną powietrza czyli bardziej „odchyloną” na prawo adiabatą wilgotną, którą przebiega krzywa stanu wznoszącej się cząstki. Mówiąc krótko, za pomocą tej opcji liczymy MUCAPE.

Podstawowe parametry cząstki

CAPE – energia konwekcji prądów wstępujących

CIN – warstwa hamująca konwekcję

LI – lifted index, czyli wyporność cząstki na poziomie 500 hPa

LCL – poziom kondensacji z uniesienia chmur kłębiastych – teoretyczny poziom podstawy chmury

LFC – poziom swobodnej konwekcji (początek CAPE)

EL – poziom równowagi (koniec CAPE) – teoretyczny poziom kowadeł (nie wierzchołków)

0-3 CAPE – energia konwekcji dostępna dla prądów wstępujących w dolnych 3 km troposfery

Pozostałe parametry termodynamiczne

MUCAPE – energia konwekcji najbardziej niestabilnej cząstki

MUCIN – warstwa hamująca konwekcję dla najbardziej niestabilnej cząstki.

MULI – lifted index najbardziej niestabilnej cząstki

ICAPE – zintegrowane w pionie CAPE

ICIN – zintegrowane w pionie CIN

Parcel layer depth – grubość chwiejnych warstw mocno nie hamowanych ($CAPE > 50$, $|CIN| < 50$)

LR 0-1 km AGL – pionowy gradient temperatury z dolnego kilometra troposfery

LR 2-4 km AGL – średni pionowy gradient temperatury z warstwy 2-4 km nad ziemią

Precipitable water – wodność troposfery

0 height – wysokość izotermi 0

Wet bulb 0 height – wysokość izotermi 0 uwzględniając ochładzanie przez parowanie.

Avg m. ratio 500 m – średni stosunek mieszania z dolnych 500 metrów troposfery

Delta θ_e – różnica między temperaturą θ_e przy ziemi, a najniższą w warstwie tworzenia się prądów zstępujących (800-500 hPa). Wartości 20 i więcej w warunkach podwyższonej chwiejności dają szansę na zjawiska *downburst*.

Cold pool strength – z warstwy 800-500 hPa wybierana jest cząstka o najniższej temperaturze θ_e (θ_w). Wynik to różnica między temperaturą przy ziemi, a temperaturą θ_e wspomnianej cząstki (sprowadzonej do ciśnienia przy powierzchni ziemi). Wartości 10 i więcej są znaczne i świadczą o potencjale silniejszych prądów zstępujących.

DCAPE – energia konwekcji prądów zstępujących. Uśrednianie prądu zstępującego (temp. potencjalna i stosunek mieszania) obejmuje warstwę 800-500 hPa. Powietrze sprowadzane jest w dół z poziomu 600 hPa. Wartości 500 J/kg należy uznać za umiarkowane, natomiast 1000 J/kg za duże i sprzyjające tworzeniu się bardzo silnych prądów zstępujących (zakładając obecność odpowiedniego CAPE).

Inflow layer bottom – dolna granica efektywnej warstwy napływu ($CAPE > 100$, $|CIN| < 250$).

Inflow layer top – górna granica efektywnej warstwy napływu

½ of storm depth – połowa grubości chmury burzowej. Liczona jako średnia *MU EL* (poziom równowagi najbardziej niestabilnej cząstki) oraz *Inflow layer bottom*.

Wind index – parametr szacujący maksymalną prędkość porywów w czasie zjawisk *microburst*.

WMSI – ang. *Wet microburst severity index* – określa ryzyko wystąpienia mokrych *microburstów*.

Bierze pod uwagę delta theta-e oraz SBCAPE. Wartości powyżej 50 to porywy ponad 18 m/s, wartości powyżej 80, to porywy ponad 25 m/s.

HMI – ang. *Hybrid microburst index* – szacuje szanse wystąpienia hybrydowych *microburstów*.

Szanse na *downburst* występują przy $HMI > 8$ (w parze z wysokim WMSI), a rosną szczególnie przy HMI powyżej 16.

UWAGA! Do indeksów wiatrowych i prędkości przez nich podawanych należy podchodzić z pewną ostrożnością. Po pierwsze, nie można liczyć na ich wielką precyzję, po drugie nie uwzględniają one czynników kinematycznych (odgrywających rolę przy obecności silniejszego przepływu w troposferze).

Uskoki prędkościowe wiatru

Do dyspozycji jest cały zestaw prędkościowych uskoków wiatru z różnych warstw troposfery

x-y km shear – uskok wiatru z warstwy (x-y) mówi nam jak zmienia się wiatr pomiędzy x kilometrami nad ziemią oraz y nad ziemią. Uskok oblicza się jako różnicę wektorów wiatrów między poziomami x oraz y. Wynikiem jest długość tak otrzymanego wektora.

0-6 km shear – inaczej DLS, jest miarą potencjału do organizacji komórek burzowych. Wartości 10 m/s i mniejsze zwykle nie są wystarczające do utworzenia zorganizowanych struktur konwekcyjnych. Prawdopodobieństwo organizacji w groźne układy wielokomórkowe wzrasta przy wartościach 15 m/s i więcej. Utworzenie się superkomórek jest szczególnie prawdopodobne dla wartości 20 m/s i większych.

0-3 km shear – uskok wiatru z dolnych kilometrów troposfery wpływa na rozwój układów burzowych z rozwiniętym frontem szkwałowy (zwykle w formie liniowej). Wartości 10 m/s uznaje się zwykle za pewne minimum, wartości 15 m/s i więcej szczególnie sprzyjają formowaniu się linii szkwałowych i *bow echo* (zakładając obecność pozostałych czynników potrzebnych do ich rozwoju, takich jak odpowiednia chwiejność, obecność strefy frontowej i adwekcja ciepła).

0-1 km shear - uskok wiatru w warstwie granicznej osiągający duże wartości (10 m/s i więcej) może faworyzować rozwój trąb powietrznych.

0-8 km shear – duże wartości tego parametru (30 m/s) korespondują zwykle z obecnością prądu strumieniowego w wyższych warstwach troposfery. Ze względu na dobrą ewakuację opadu z rdzenia prądu wstępującego burzy, takie wartości mogą sprzyjać długo istniejącym superkomórkom burzowym, które stwarzają większe zagrożenie gwałtownymi zjawiskami.

Effective shear – uskok wiatru z dolnej połowy grubości chmury burzowej. Elastyczny w zależności od sytuacji (konwekcja uniesiona, bardzo niskie/bardzo wysokie chmury Cb). Nie operuje na stałej warstwie (0-6 km). Pełni rolę analogiczną do *0-6 km shear* (DLS).

BRN shear – kwadrat różnicy między średnim wiatrem (0-6 km), a średnim wiatrem w dolnych 500 m. Wartości 35-40 m²/s² i większe sprzyjają rozwojowi superkomórek.

Średnie wiatry i ruch chmur burzowych

0-6 km mean wind – średni wiatr z dolnych 6 km troposfery liczony jako średnia wektorów wiatrów z wielu poziomów w warstwie (0-6 km) nad ziemią, przybliża ruch zwykłych komórek burzowych.

Corfidi mean wind – średni wiatr Corfidiego z warstwy chmurowej (średnia wektorów wiatru z poziomu 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa oraz 300 hPa).

Corfidi I vector – pierwszy wektor Corfidiego, obliczany jako różnica wektorów: *Corfidi mean wind* i wiatru na 850 hPa. Przybliża ruch układów MCS propagujących pod wiatr (ang. *upwind propagating MCS*), tak poruszają się niektóre klastry wielokomórkowe.

Corfidi II vector – drugi wektor Corfidiego, obliczany jako suma wektorów *Corfidi I vector* i *Corfidi mean wind*. Przybliża ruch układów MCS propagujących z wiatrem (ang. *downwind propagating MCS*) takich jak linie szkwału i bow echo. Większe prędkości układów burzowych to większe ryzyko silnych porywów wiatru w czasie ich przechodzenia.

Supercell RM – obliczony za pomocą algorytmu ID (ang. *ID method*) ruch superkomórek prawoskrętnych (ang. *right-mover*).

Supercell LM – obliczony za pomocą algorytmu ID (ang. *ID method*) ruch superkomórek lewoskrętnych (ang. *left-mover*).

Uskoki kierunkowe wiatru

Program umożliwia wyliczenie parametru SRH (ang. *storm relative helicity*) z warstw (0-1 km) nad ziemią oraz (0-3 km) nad ziemią. Można wyliczyć skrętność dostępną w dolnej troposferze zarówno dla zwykłych komórek burzowych, jak i dla superkomórek. Do obliczenia SRH jest potrzebny ruch burzy. Do oceny ruchu zwykłej komórki wykorzystany jest średni wiatr z dolnych 6 km troposfery. Ruch superkomórek oceniany jest za pomocą metody ID.

SRH (0-3 km) RM –skrętność dostępna w warstwie (0-3 km) nad ziemią dla superkomórek prawoskrętnych. Wartości powyżej 100 uznaje się za marginalnie sprzyjające superkomórkom, wartości ponad 250 uznaje się już za duże i sprzyjające również trąbom powietrznym.

SRH (0-3 km) LM - skrętność dostępna w warstwie (0-3 km) nad ziemią dla superkomórek lewoskrętnych

SRH (0-1 km) RM -skrętność dostępna w warstwie (0-1 km) nad ziemią dla superkomórek prawoskrętnych. Wartości powyżej 100 uznaje się za sprzyjające rozwojowi trąb powietrznych.

SRH (0-1 km) LM - skrętność dostępna w warstwie (0-1 km) nad ziemią dla superkomórek lewoskrętnych

Effective SRH RM – skrętność dostępna w efektywnej warstwie napływu dla superkomórek prawoskrętnych. Pełni rolę taką jak SRH3 oraz SRH1.

Effective SRH LM – skrętność dostępna w efektywnej warstwie napływu dla superkomórek lewoskrętnych. Pełni rolę taką jak SRH3 oraz SRH1.

Wiatry wiejące względem burzy

Dostępne są wyniki obliczania tych wiatrów (ang. *storm relative winds*, *SR winds*) dla środkowej i górnej troposfery. Oznaczają one z jaką prędkością wiatr dmucha w poruszającą się burzę na danym poziomie troposfery. Do obliczeń potrzebna jest ocena ruchu burzy. Parametr ten ma szczególne znaczenie dla superkomórek, więc oblicza się tu ruch superkomórki prawoskrętnej (metoda ID).

500 hPa SR wind – wiatr wiejący w superkomórkę na poziomie 500 hPa. Przy wartościach poniżej 8 m/s rozwój tornad superkomórkowych jest mniej prawdopodobny.

300 hPa SR wind – wiatr wiejący w superkomórkę na poziomie 300 hPa. Poniżej 18 m/s można spodziewać się superkomórek HP, między 18 a 30 m/s superkomórek klasycznych, natomiast powyżej 30 m/s superkomórek LP.

Parametry kompozytowe

CapeShear/1000 – parametr będący iloczynem MUCAPE i *0-6 km shear*, wyrażonym w tysiącach. Określa potencjał do występowania gwałtownych zjawisk burzowych wszelkiego rodzaju (trąby powietrzne, duży grad, silny wiatr). Najsilniejsze incydenty burzowe zwykle idą w parze z wysokimi wartościami CapeShear (często 30 tysięcy lub więcej).

SCP new (RM, LM) – ang. *Supercell composite parameter* – parametr superkomórkowy w nowszej wersji, odpowiednio dla superkomórek prawo- i lewoskrętnych. Bierze pod uwagę MUCAPE, effective SRH oraz effective Shear.

SCP old (RM, LM) – parametr superkomórkowy w starszej wersji, odpowiednio dla superkomórek prawo- i lewoskrętnych. Bierze pod uwagę MUCAPE, SRH3 oraz BRN Shear.

STP eff (RM, LM) – ang. *Significant tornado parameter* – parametr tornadowy w nowszej wersji dla superkomórek prawo- i lewo skrętnych. Bierze pod uwagę MLCAPE (0-1 km), effective SRH, effective shear, MLLCL (0-1 km) oraz MLCIN (0-1 km). Warstwa efektywna ma zaostrome kryterium ($CAPE > 500$ J/kg, $|CIN| < 250$ J/kg) i mu się zaczynać od ziemi, by STP było niezerowe.

STP fix (RM, LM) – parametr tornadowy w starszej wersji biorący pod uwagę stałe warstwy i cząstkę z ziemi. Uwzględnia on SBCAPE, SRH1, 0-6 km shear, SBLCL oraz SBCIN.

EHI – ang. Energy helicity index – iloczyn SBCAPE i SRH (0-1 km) lub SRH (0-3 km), pomocny przy prognozowaniu superkomórek i trąb powietrznych.

DCP – ang. Derecho composite parameter – parametr silnych nawałnic na skalę derecho.

Uwzględnia on MUCAPE, DCAPE, 0-6 km mean wind oraz 0-6 km shear.

SHIP – ang. Significant hail parameter – parametr opadów wielkiego gradu (5 cm+). Bierze on pod uwagę MUCAPE, 0-6 km shear, pionowy gradient temperatury (warstwa 700-500 hPa), stosunek zmieszania najbardziej niestabilnej cząstki oraz temperaturę na wysokości 500 hPa. W USA wartości około 1,5 dobrze dyskryminują pomiędzy przypadkami dużego, a wielkiego (5 cm+) gradu.

Ogólnie wartości powyższych parametrów zbliżające się do 1 i większe powinny zwracać uwagę.

Pionowy profil wiatru

Podczas wyświetlania profilu pionowego wiatru (ang. Hodograph) możliwe jest dodawanie do rysunku różnego rodzaju dodatków, oto dostępne opcje:

0-6 km mean wind – kreślony jest wektor średniego wiatru z dolnych 6 km troposfery (zielona strzałka podpisana przy grocie Vśr).

Corfidi – kreślony jest wektor średniego wiatru Corfidiego z warstwy chmurowej (zielona strzałka podpisana Vm), pierwszy wektor Corfidiego (czerwona strzałka podpisana Cor I) oraz drugi wektor Corfidiego (niebieska strzałka podpisana Cor II).

Supercells – kreślony jest wektor ruchu superkomórek prawoskrętnych (czerwona strzałka podpisana RM) oraz lewoskrętnych (czerwona strzałka podpisana LM). Użyta jest metoda ID.

SRH (0-3 km) RM – na żółto cieniowany jest obszar odpowiadający dostępnemu SRH w dolnych 3 km troposfery dla superkomórki prawoskrętnej.

SR Winds – kreślone są wektory wiatrów wiejących względem superkomórki prawoskrętnej na poziomach 500 oraz 300 hPa. Strzałki są pomarańczowe (podpisane 500 SR oraz 300 SR).

Effective SRH3 RM – na pomarańczowo cieniowana jest skrętność w warstwie efektywnej dla superkomórek prawoskrętnych.

x- y km shear – za pomocą żółtych strzałek można kreślić uskoki wiatru z różnych warstw.

Effective shear – efektywny, prędkościowy uskok wiatru, kreślony również żółtą strzałką.

Eksport do pliku

Zarówno diagram skew-t, jak i pionowy profil wiatru można wyeksportować do pliku. Po chwili oczekiwania zostaje wygenerowany link do obrazka na serwerze, który można ściągnąć na lokalny komputer.

UWAGA! Więcej informacji na temat wykorzystanych w programie wskaźników (i nie tylko) można znaleźć pod adresem:

http://www.lowcyburz.pl/data/severe_weather/przewodnik_po_prognozach_konwekcyjnych.pdf

Informacje o effective inflow layer, effective shear i effective SRH są tutaj:

<http://forum.lowcyburz.pl/viewtopic.php?f=694&t=4242>

©Krzysztof Ostrowski