

# Niszczycielskie burze w Polsce – gwałtowne wiatry i trąby powietrzne

- Ogólnie przedstawienie zagadnienia trąb powietrznych i silnych wiatrów pochodzenia konwekcyjnego.
- Warunki atmosferyczne sprzyjające rozwojowi niszczących, burzowych porywów wiatru i trąb powietrznych w Polsce
- Omówienie niebezpiecznych zjawisk burzowych, które wystąpiły w ostatnich latach na terenie Polski



*Stowarzyszenie Skywarn Polska*  
*Lipiec 2010*

---

---

# Rodzaje konwekcyjnych zjawisk wiatrowych w Polsce

## Wiatry wirowe

- Trąby powietrzne związane z mezocyklonem
- Trąby powietrzne nie związane z mezocyklonem
  - lądowe (ang. *landspout*)
  - wodne (ang. *waterspout*)
- Gustnado

## Wiatry prostoliniowe

- Podmuchy wywołane przez silne prądy zstępujące (*downburst*):
  - a) *Microburst* (zasięg < 4 km)
    - *wet microburst* (postać mokra)
    - *dry microburst* (postać sucha)
    - *hybrid microburst* (postać hybrydowa)
  - b) *Macroburst* (zasięg > 4 km)
- Szeroko rozprzestrzenione porywy wiatru spowodowane przez zorganizowane układy burzowe (linie szkwału, *bow echo*).

# Trąby powietrzne związane z mezocykonem

- Ich występowanie w Polsce jest dość rzadkie (średnio kilkanaście zdarzeń rocznie)
  - Są rejony w Polsce, w których częściej dochodzi do ich formowania się
  - Wiatry w trąbie powietrznej osiągają prędkość nawet do 300 – 400 km/h (w USA notowano wiatry do 511 km/h)
  - Rozwijają się w specyficznych warunkach atmosferycznych sprzyjających rozwojowi superkomórek burzowych
  - Szlak zniszczeń ma kilka – kilkanaście km długości, w skrajnych przypadkach ponad 100 km. Szerokość szlaku waha się od kilku metrów do nawet 2 – 4 km.
- 
-

# Trąby powietrzne a warunki atmosferyczne

Warunki faworyzujące rozwój gwałtownych burz, zwłaszcza superkomórek:

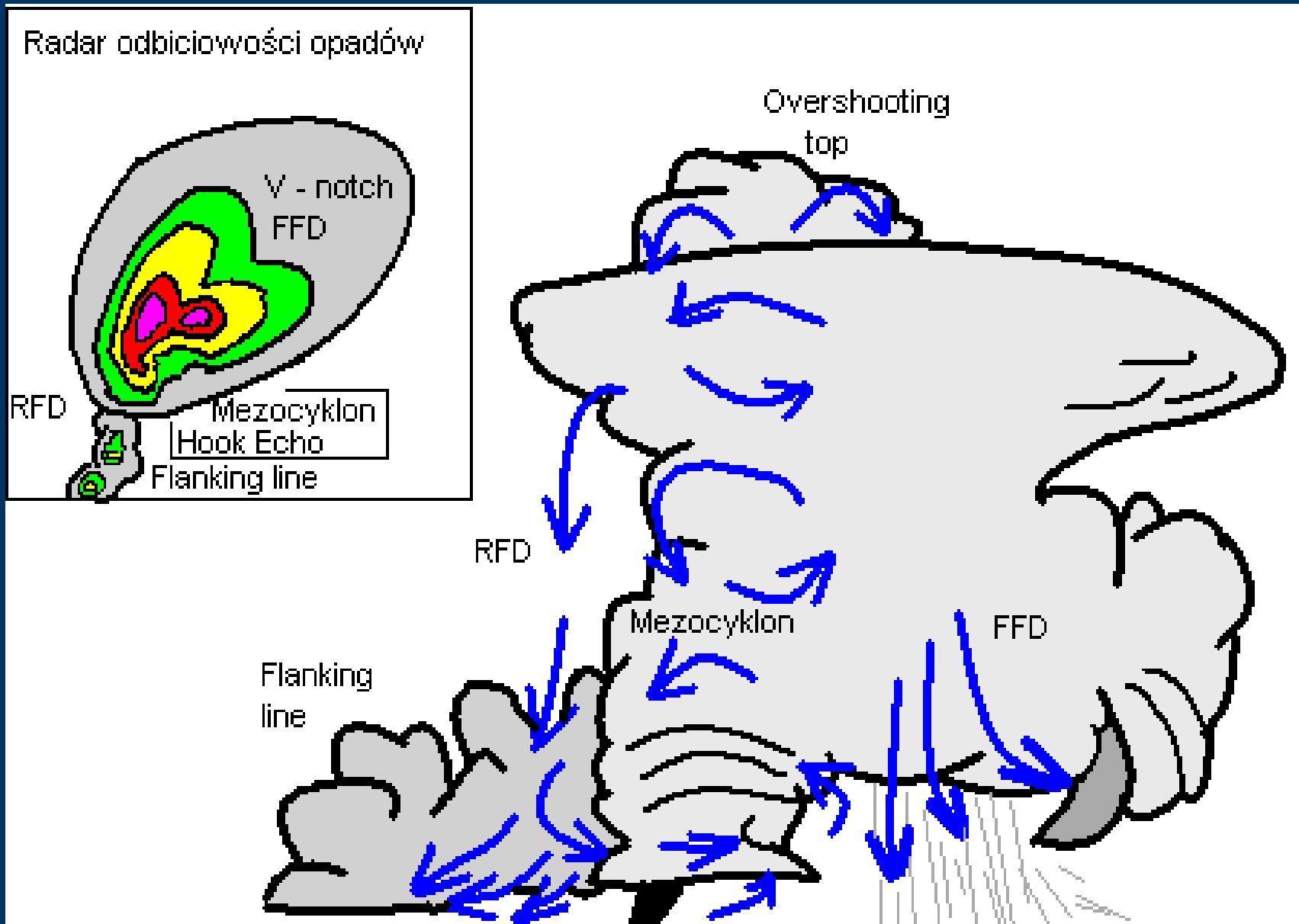
- Zderzenie się dwóch znacznie zróżnicowanych termicznie mas powietrza: obecność chłodnego lub pofalowanego frontu atmosferycznego, na którym dochodzi do cyklogenezy.
  - Istnienie fal górnych (zwłaszcza krótkich) – sprzyja to falowaniu frontu atmosferycznego, cyklogenezie i wspomaga proces konwekcji
  - Silny i rosnący wraz z wysokością przepływ w troposferze (występujący zwykle na granicy dwóch mas), obecność prądu strumieniowego, skręt wiatru w dolnych 2-3 kilometrach troposfery → duże pionowe uskoki wiatru (*0-6 km shear, 0-8 km shear, SRH (0-3)*)
  - Wysoka zawartość pary wodnej w warstwie granicznej i znaczne pionowe gradienty temperatury: czynniki zwiększające chwiejność
- 
-

# Trąby powietrzne a warunki atmosferyczne - cd

Czynniki sprzyjające rozwojowi trąb powietrznych w przypadku utworzenia się superkomórek

- Duża wilgotność względna w warstwie granicznej i związany z nią niski poziom kondensacji (*LCL*)
  - Energia chwiejności dostępna dla prądu wstępującego burzy w dolnych 3 km troposfery – nisko położony poziom swobodnej konwekcji (*LFC*).
  - Brak znaczącej warstwy hamującej – małe *CIN*
  - Znaczne pionowe uskoki wiatru oraz skrętność w warstwie granicznej (*0-1 km shear*, *SRH (0-1 km)*).
- 
-

# Schemat superkomórki burzowej



# *Superkomórka burzowa z dala*

*(Lubliniec, 24.08.2010, fot. Artur Surowiecki)*





# *Superkomórka burzowa z bliska*

*(na północ od Tarnowa, 12.06.2010, fot. Szymon Poręba)*





# Skale siły trąb powietrznych

- Skala Fujity – F0 (najśłabsze) do F5 (najsilniejsze)
  - Poprawiona skala Fujity (*Enhanced Fujita Scale*) – EF0 (najśłabsze) do EF5 (najsilniejsze) – obowiązuje tylko na terenie USA
  - Skala Torro – T0 (najśłabsze) do T11 (najsilniejsze) – zalecana do oceniania siły trąb powietrznych i wiatrów w Europie.
- 
-

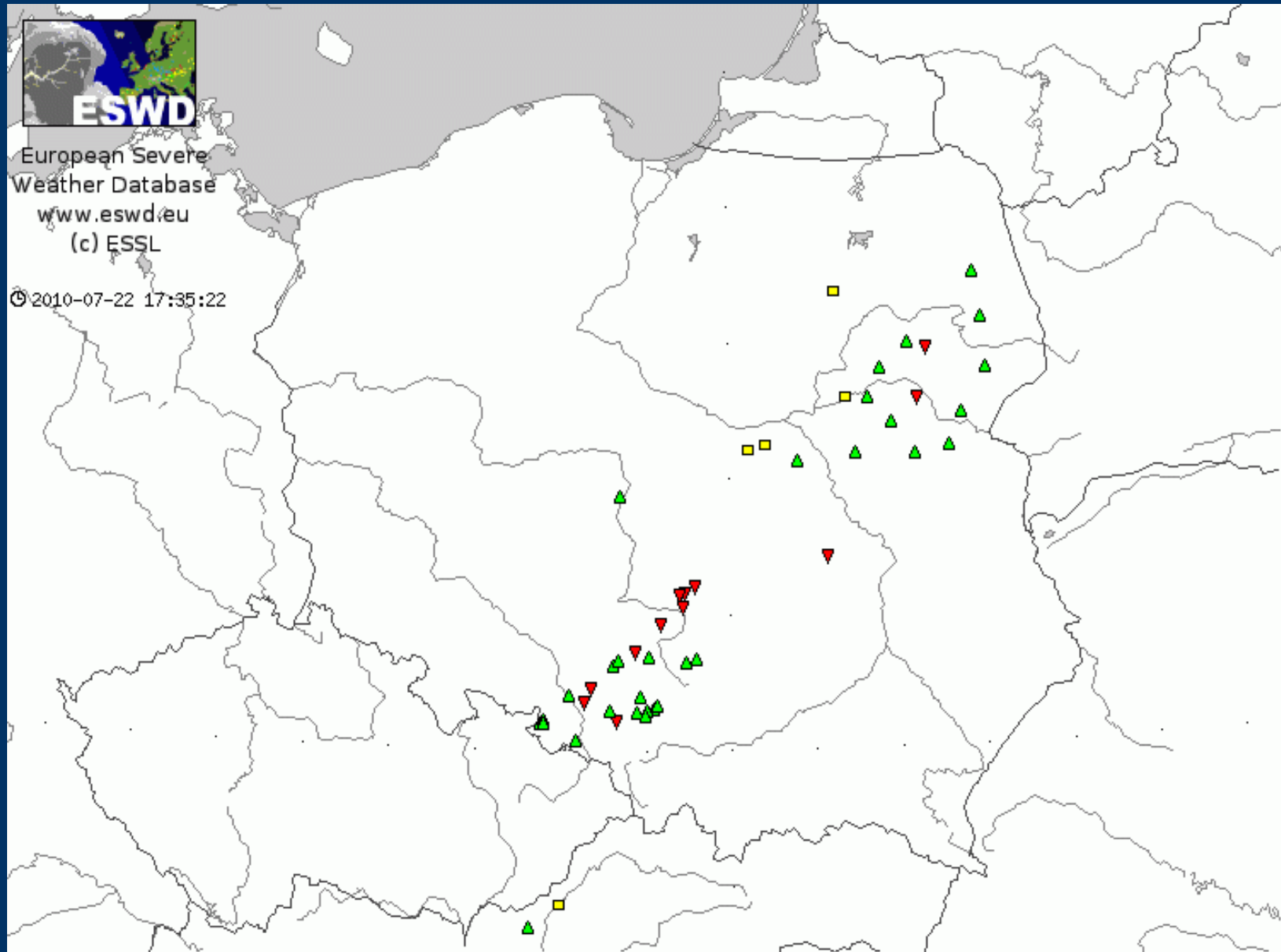
# Przykłady występowania trąb powietrznych na terenie Polski

- 20 lipca 2007 - Rejon Częstochowy, gmina Kłomnice, F3 / T6 (T7)
  - 22 lipca 2007 – Lubelszczyzna – zanotowano kilka trąb powietrznych o sile do F1 / T3
  - 16 kwietnia 2008 – rejon Grudziądza (Dolna Grupa i okolice) – F2 / T4
  - 15 i 16 sierpnia 2008 – woj. opolskie, śląskie, łódzkie, mazowieckie i podlaskie. W sumie zanotowano co najmniej 8 trąb powietrznych, najsilniejszą w rejonie Strzelec Opolskich – F3 / T7
  - 18 maja 2010 – Suwalszczyzna, gmina Rutka Tartak, F2 / T4
- 
-

# Trąby powietrzne 15 - 16.08.2008

- Zasięg: woj. opolskie, śląskie, łódzkie, mazowieckie, podlaskie
  - 12 trąb powietrznych raportowanych, 8 potwierdzonych, większość zrodziła się z jednej cyklicznej (długo istniejącej) superkomórki burzowej.
  - Siła: od F1/T2 do F3/T7
  - Szkody szacowane na ok. 100 mln zł.
  - Najpoważniejszy incydent burzowy z udziałem trąb powietrznych na terenie Polski w ostatnich kilkunastu latach.
- 
-

# Trąby powietrzne 15 – 16.08.2008

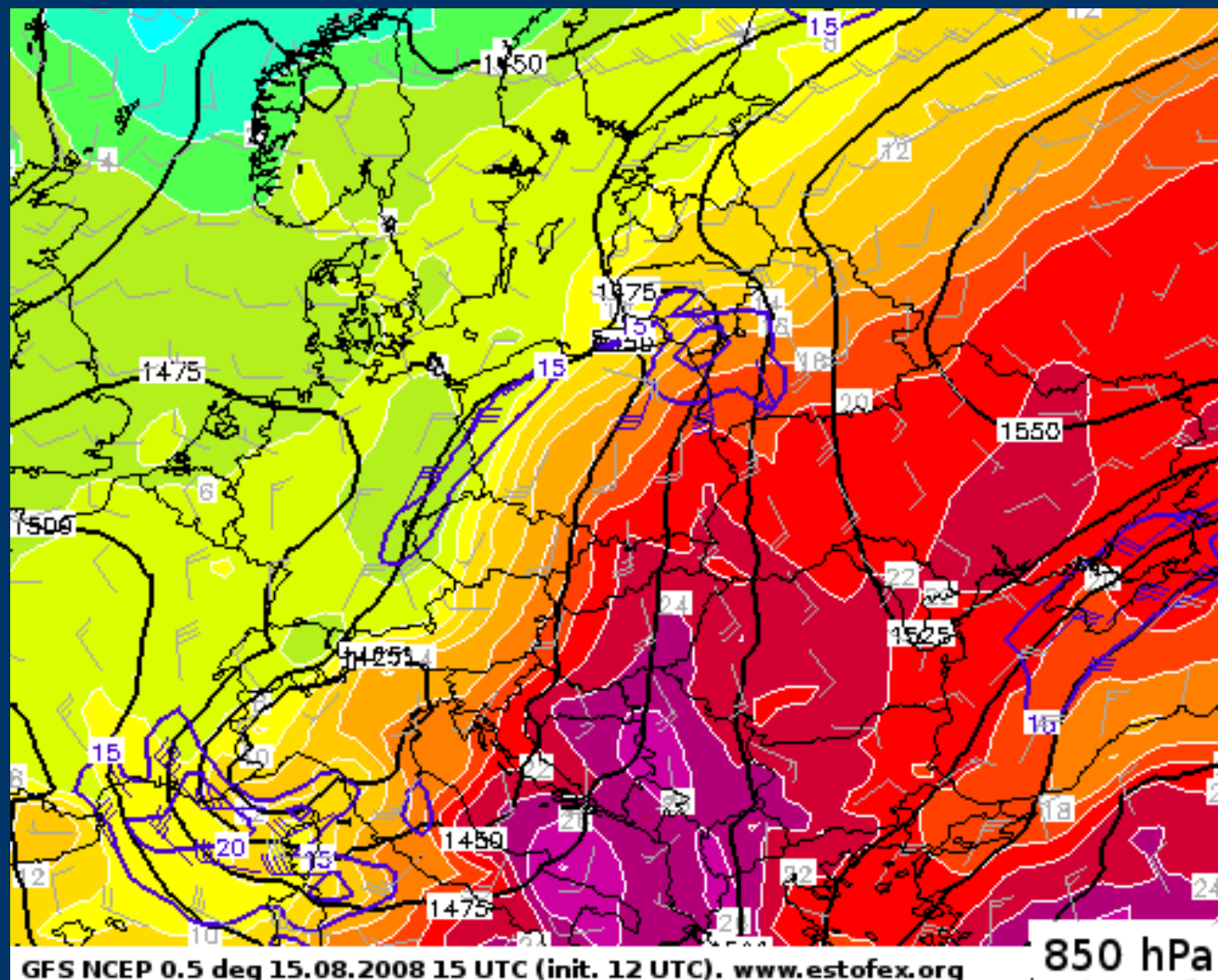


# Trąby powietrzne 15 - 16.08.2008



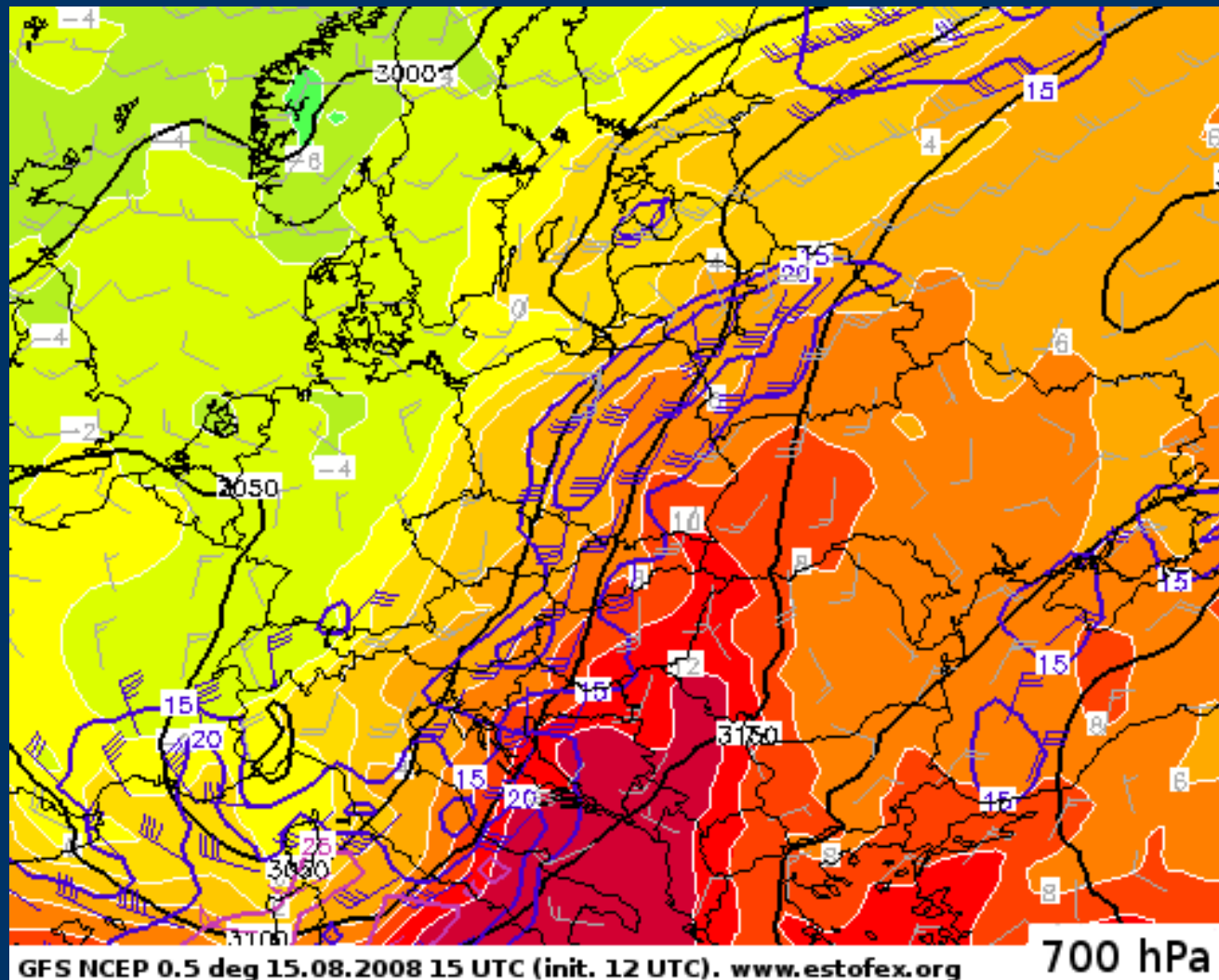
nto.pl

# 15.08.2008 15 UTC - prognoza GFS

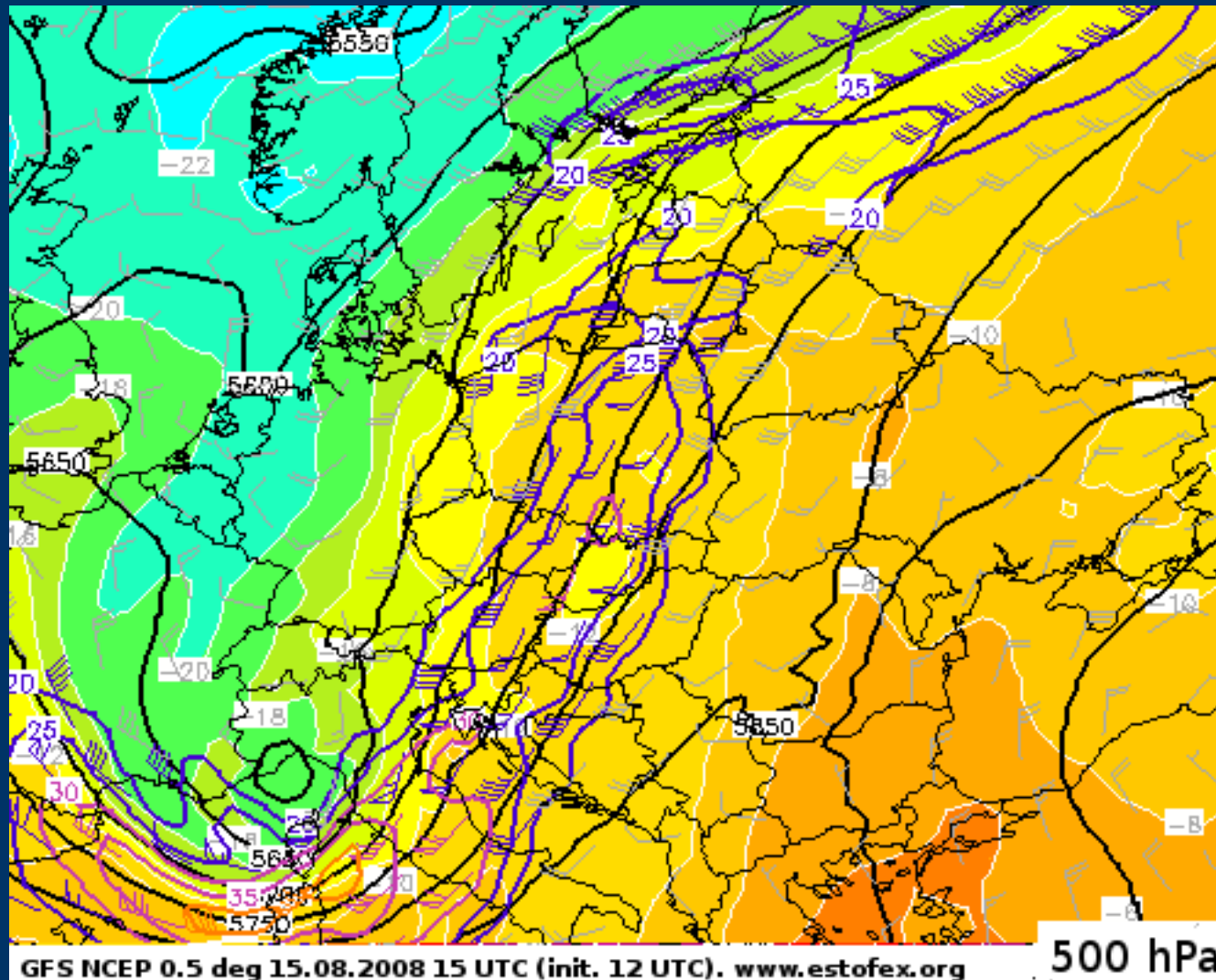




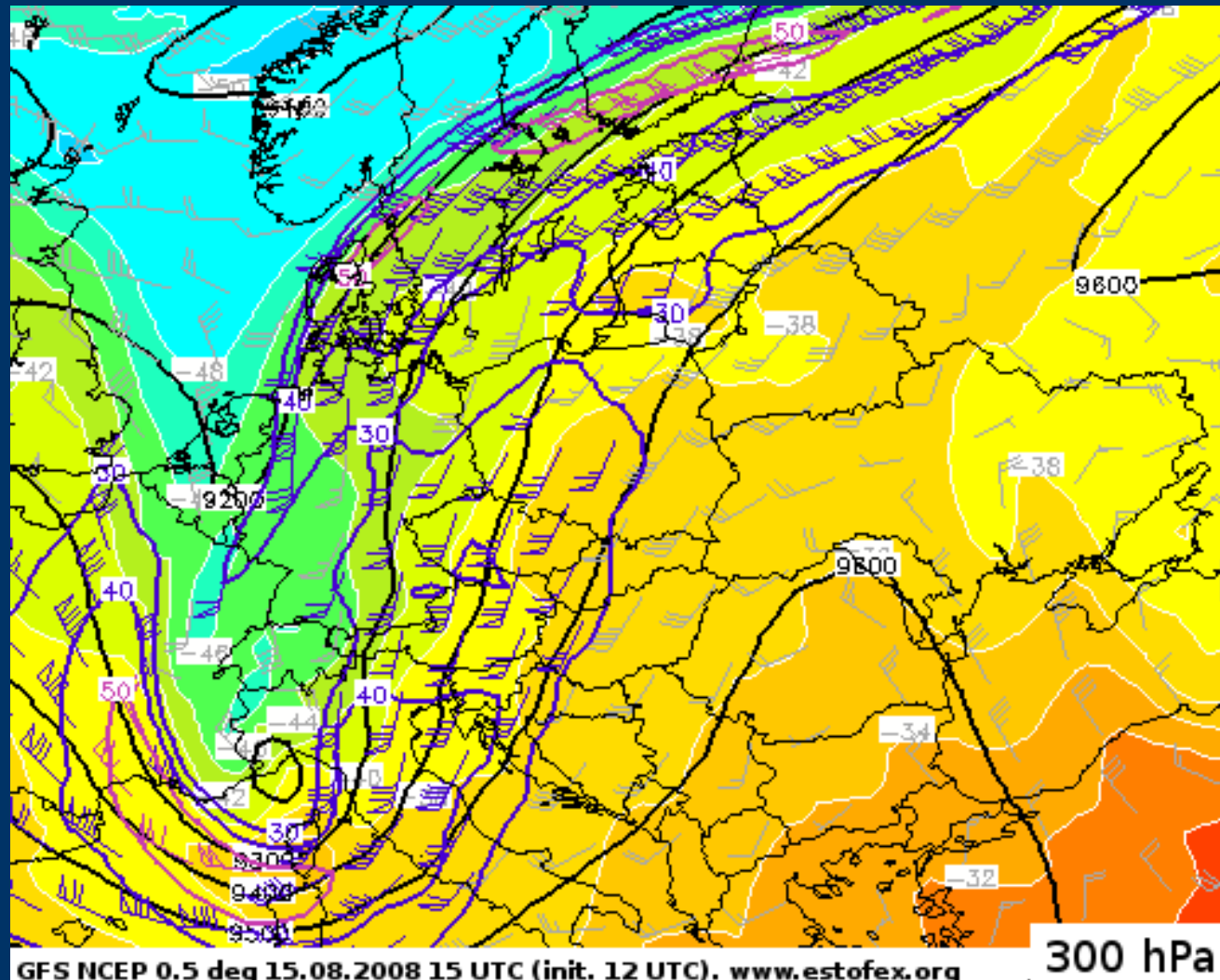
# 15.08.2008 15 UTC prognoza GFS c.d.



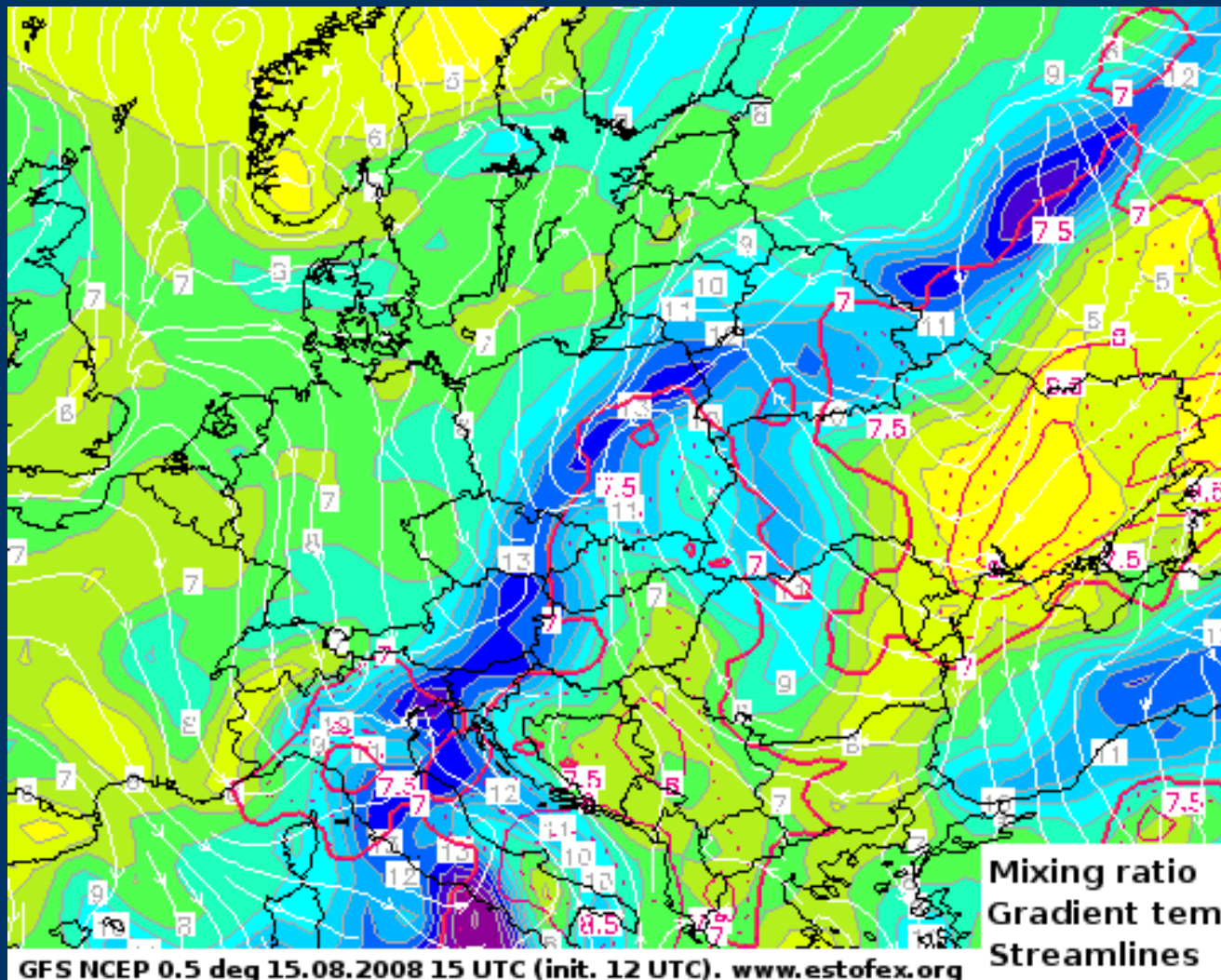
# 15.08.2008 15 UTC prognoza GFS c.d.



# 15.08.2008 15 UTC prognoza GFS c.d.

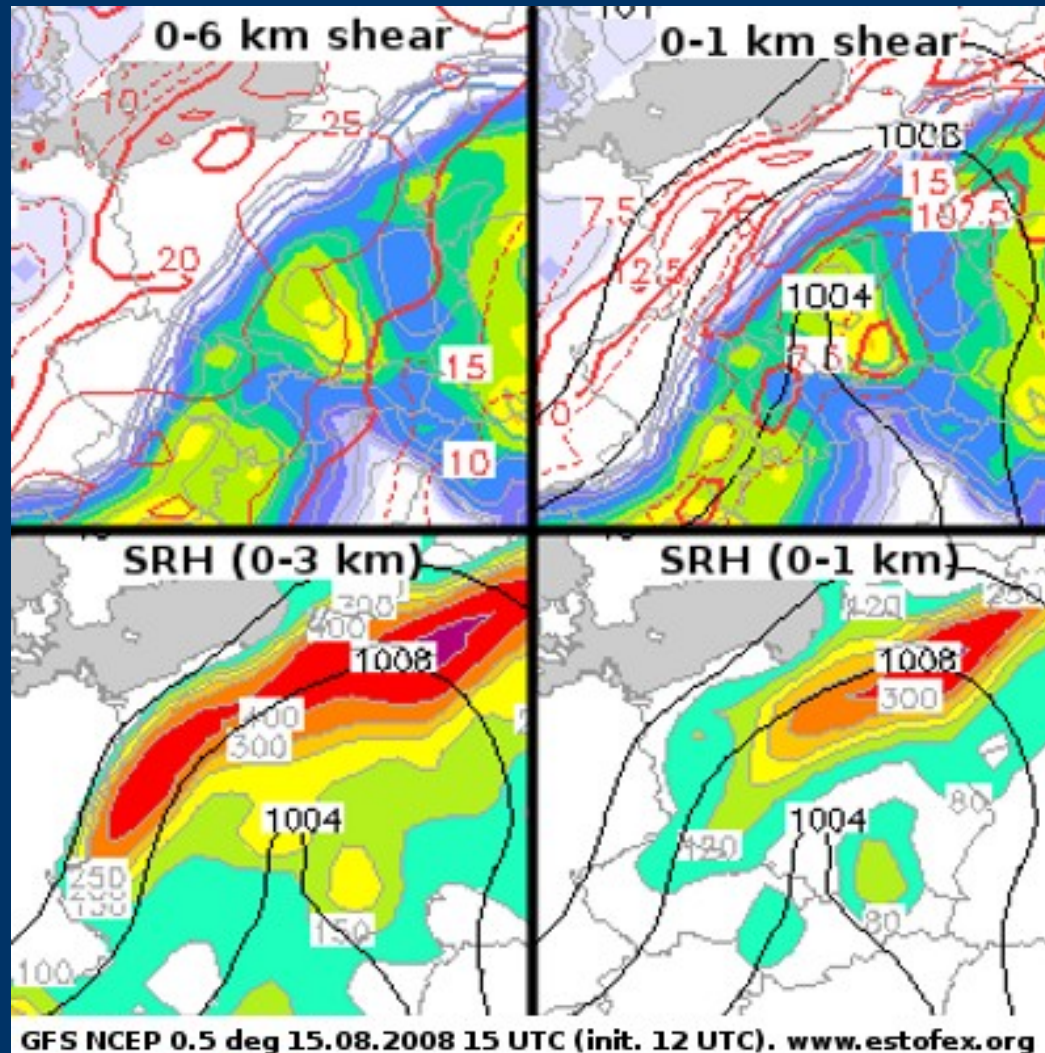


# 15.08.2008 15 UTC prognoza GFS c.d.





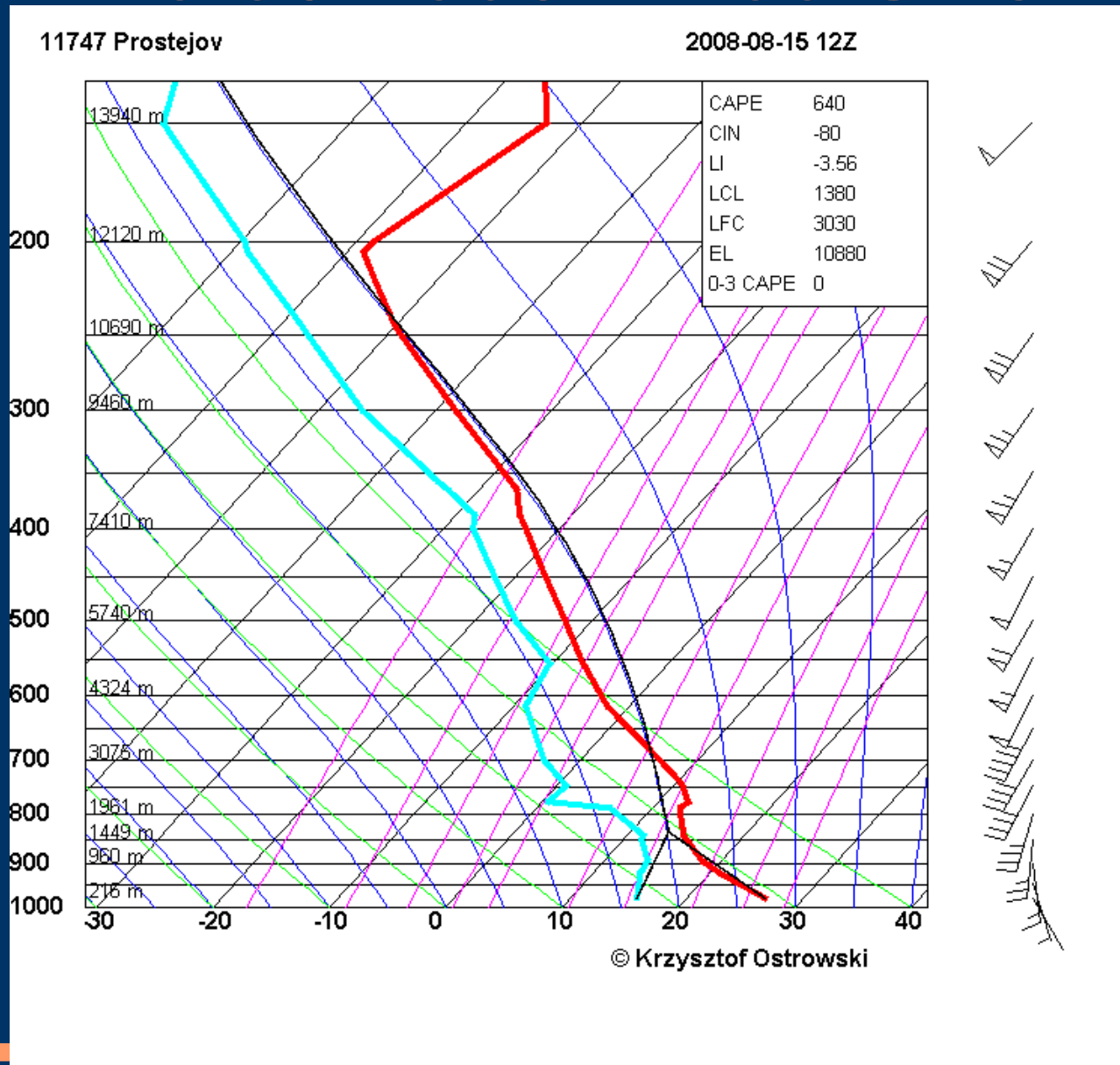
# 15.08.2008 15 UTC prognoza GFS c.d.





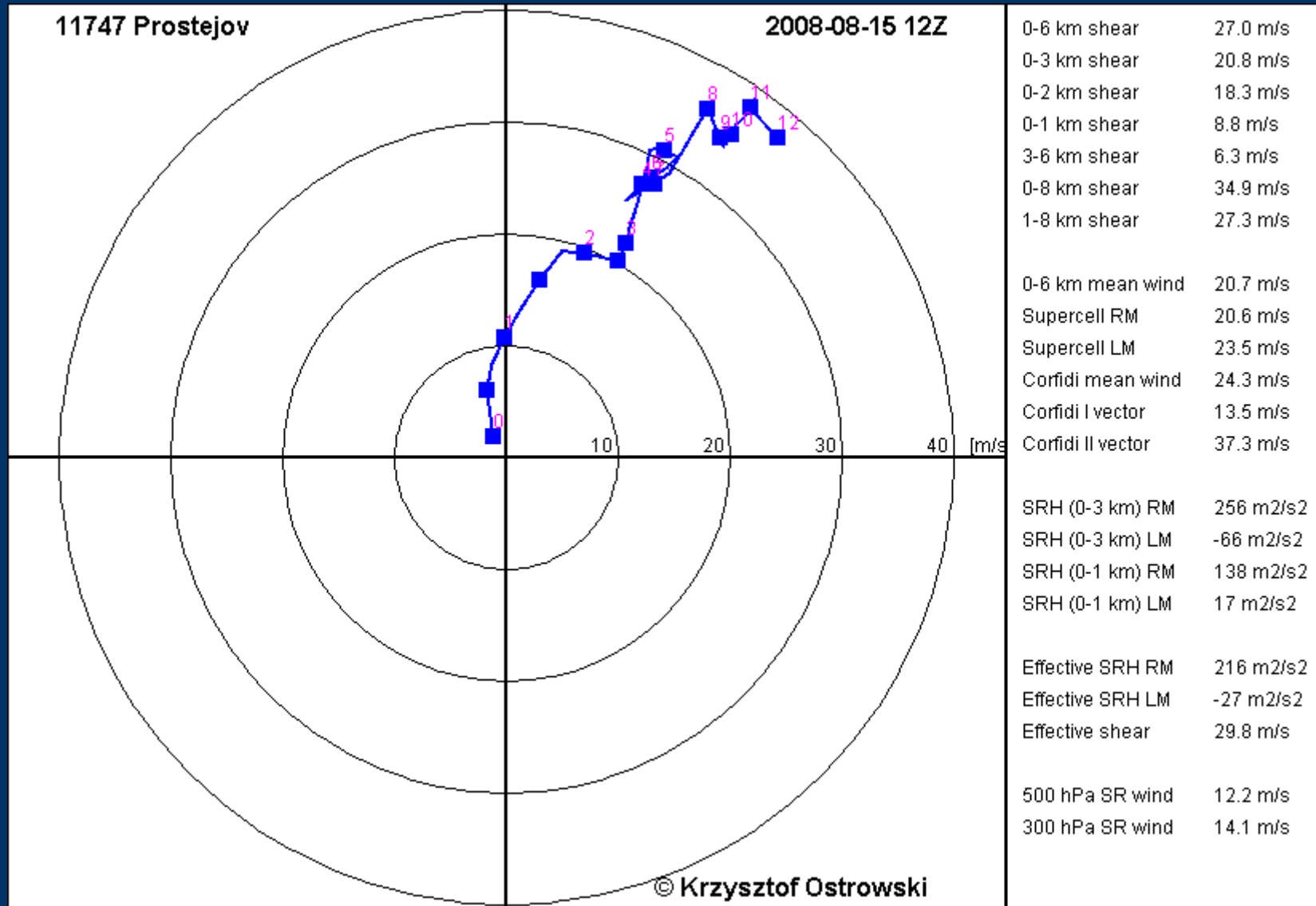


# Sondaż troposfery, Prostejov 15.08.2008 12:00 UTC

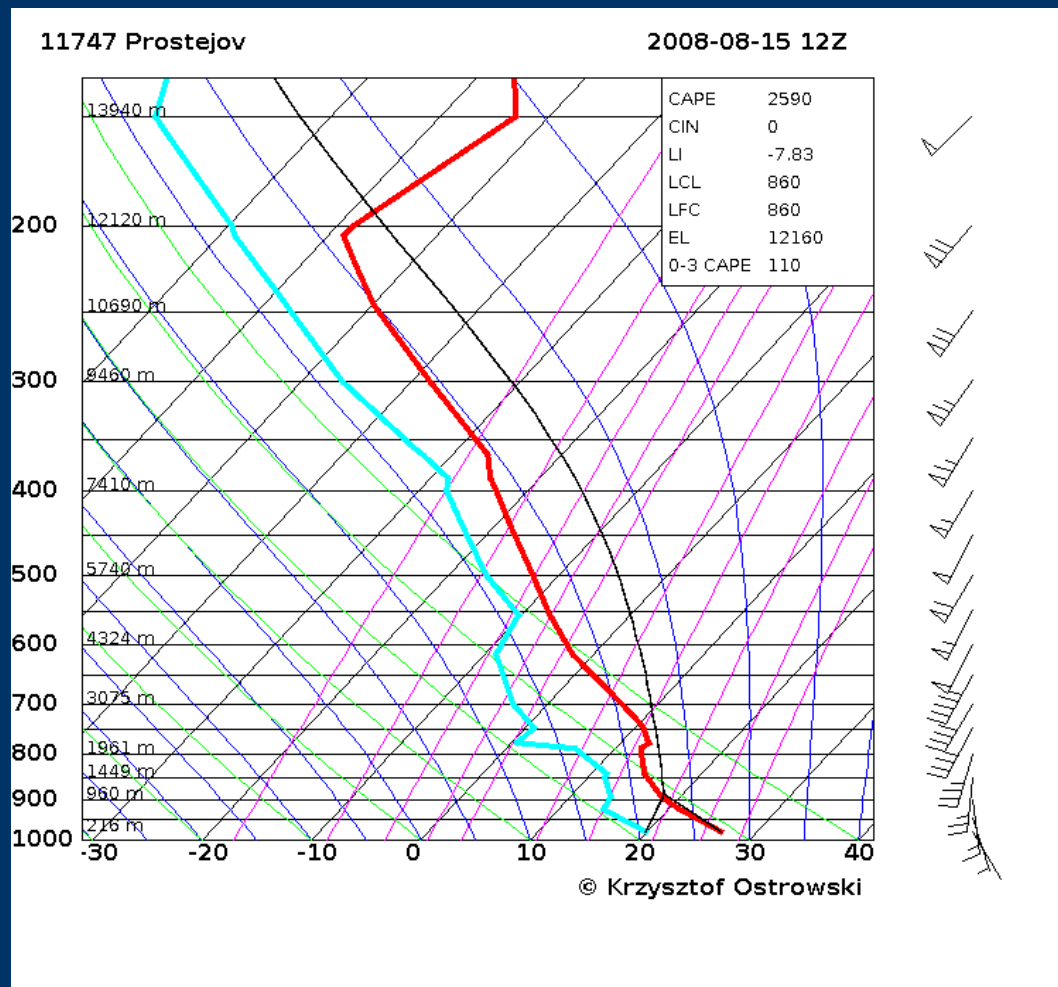


# Sondaż troposfery, Prostejov

## 15.08.2008 12:00 UTC

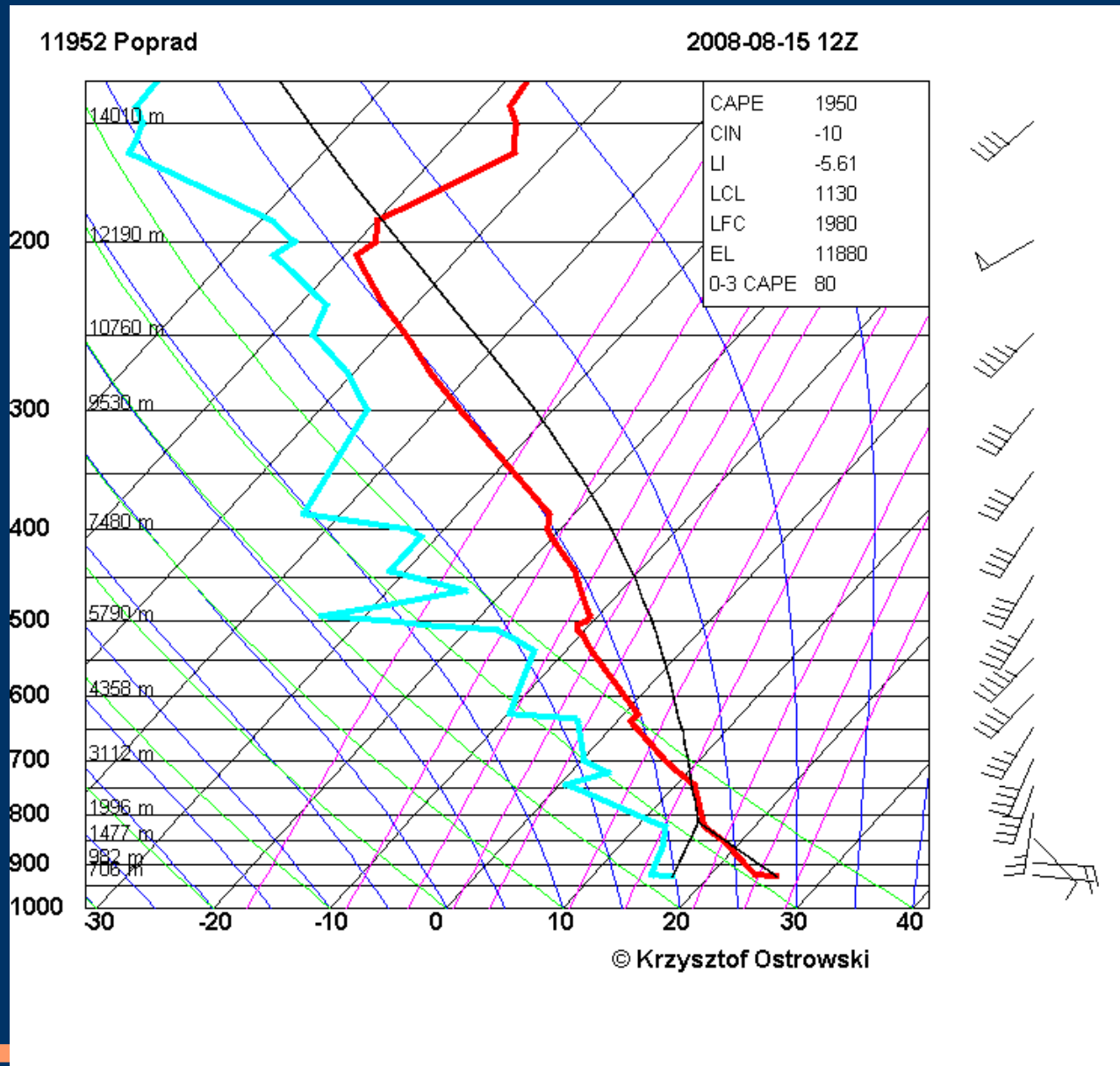


# Modyfikacja sondażu z Prostejova



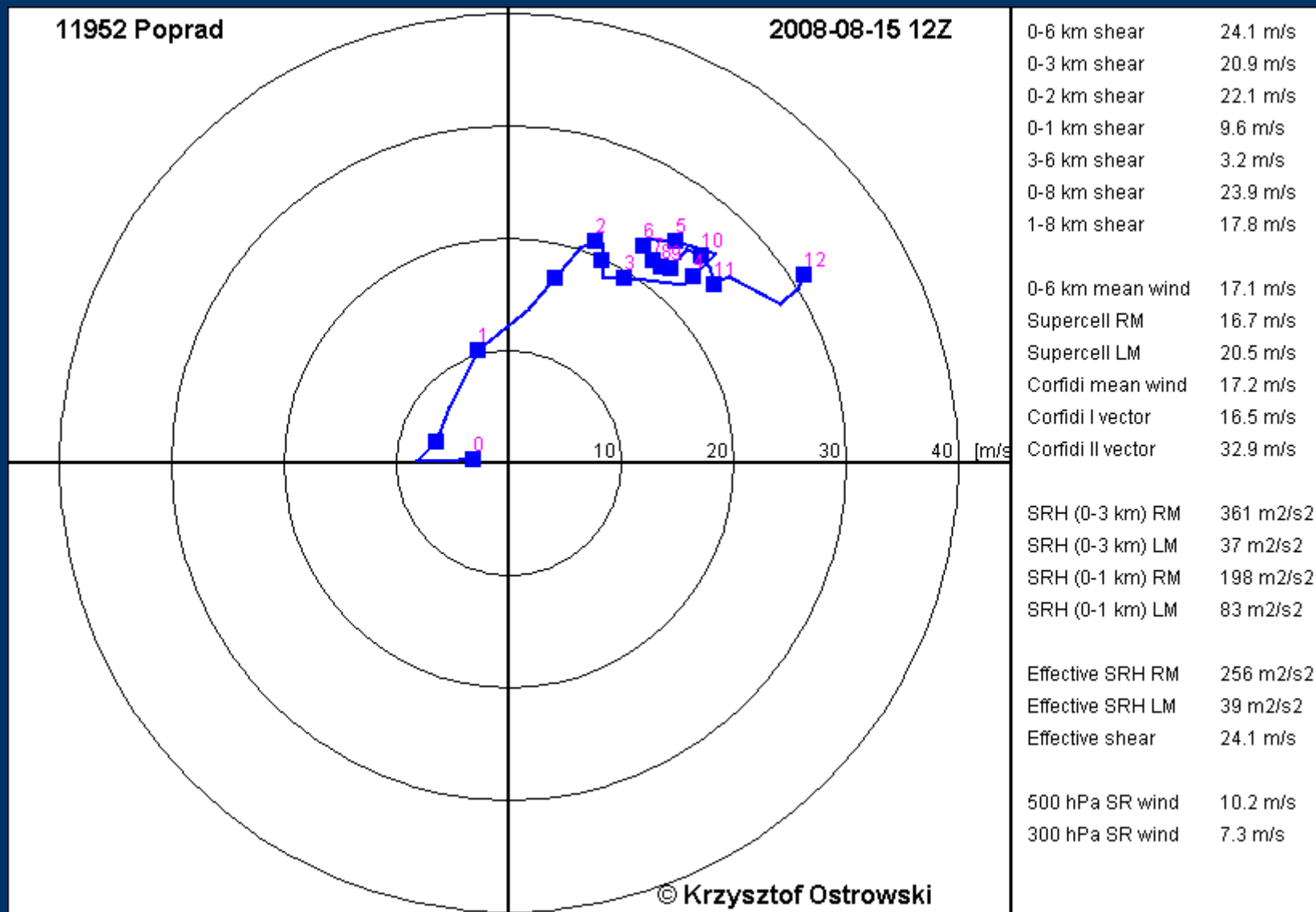
- Czeskie stacje meteo (Holesov i Brno) położone w pobliżu Prostejova (<50 km) notowały o 12 UTC punkty rosy rzędu 19-21 stopni (przy podobnej temperaturze)
- Modyfikując sondaż (p. rosy => 20) widać, że w tym rejonie wystąpiła znaczna chwiejność (SBCAPE rzędu 2000-3000 J/kg).

# Sondaż troposfery, Poprad 15.08.2008 12:00 UTC

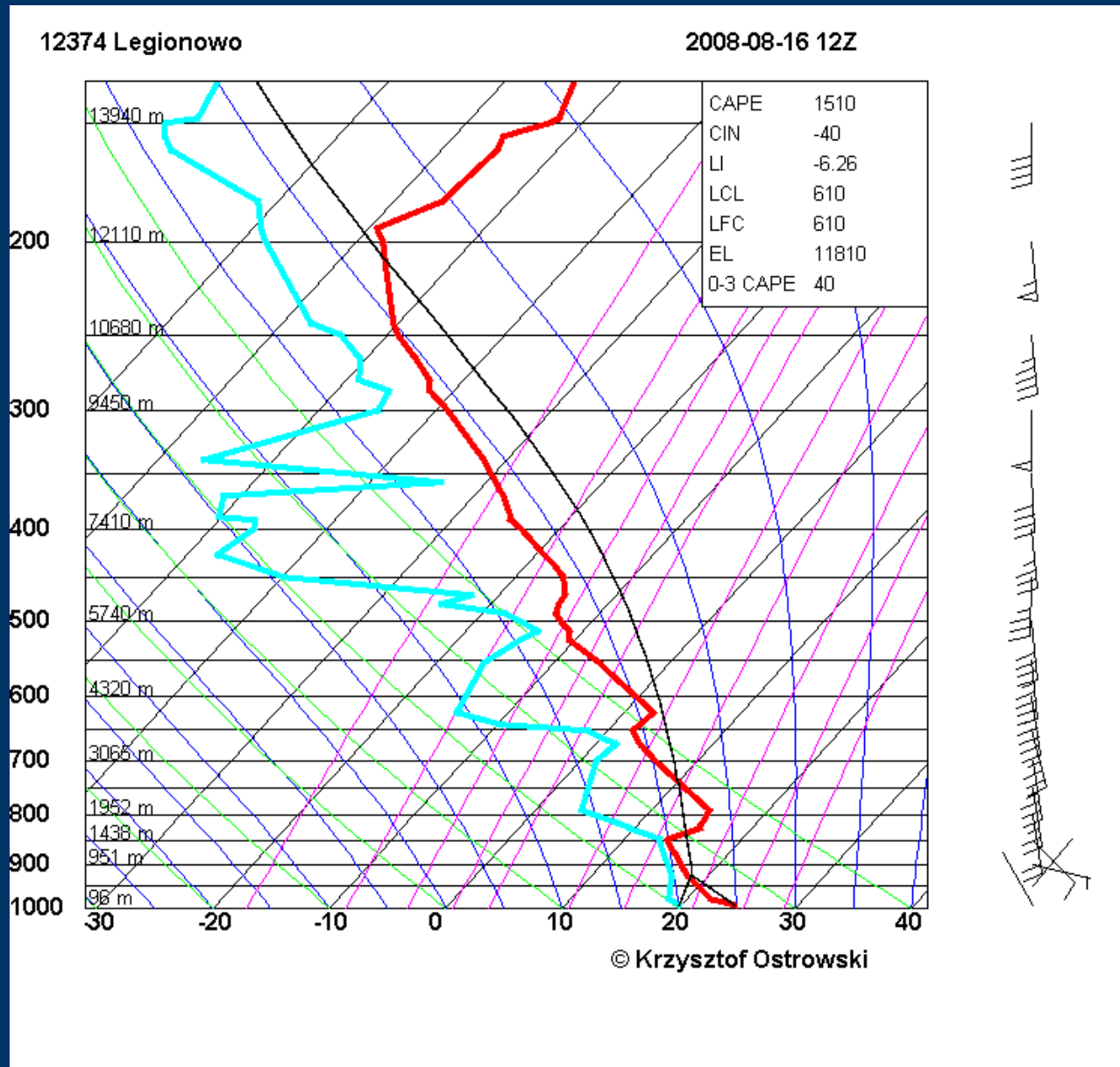


# Sondaż troposfery, Poprad

## 15.08.2008 12:00 UTC



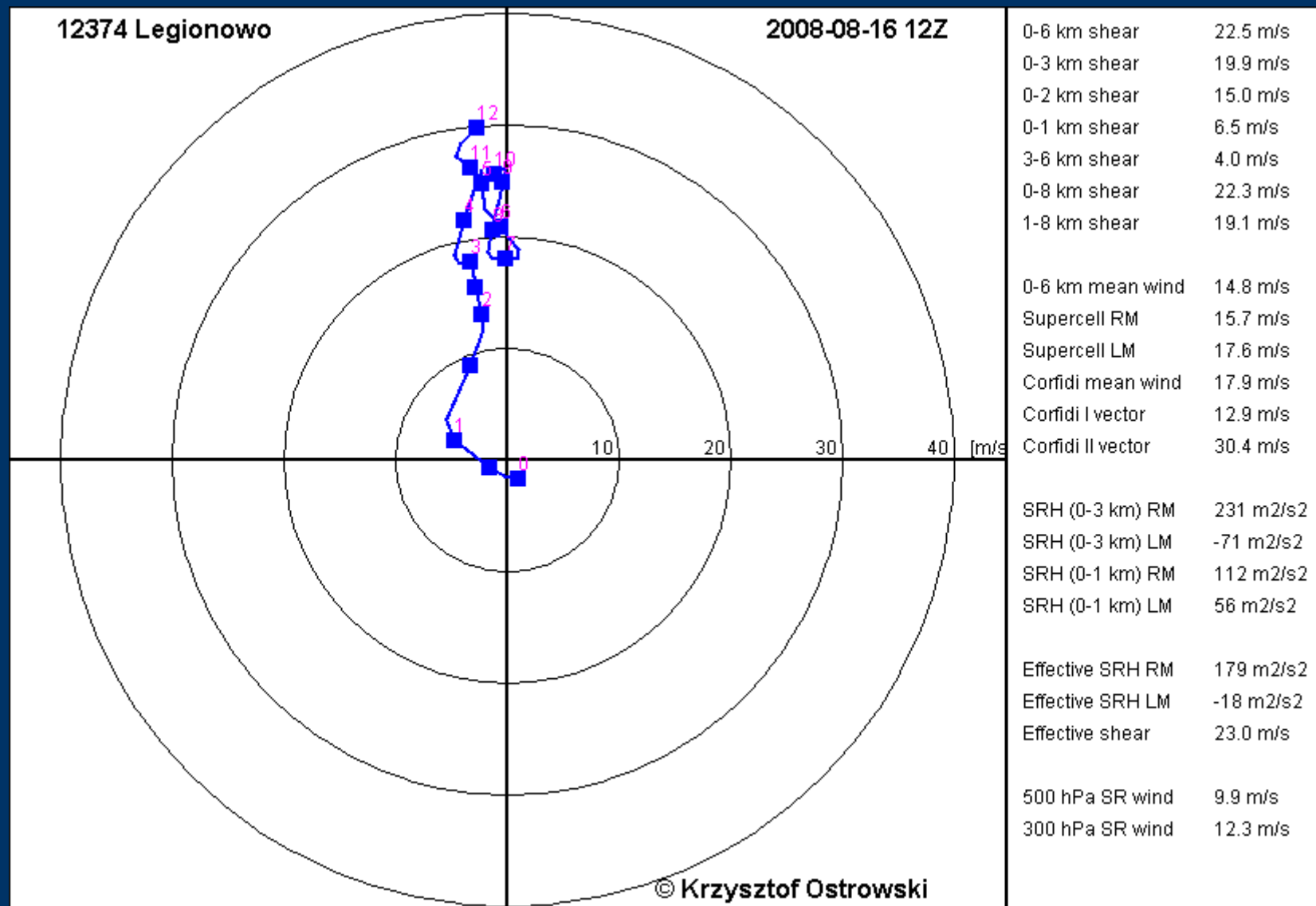
# Sondaż troposfery, Legionowo 16.08.2008 12:00 UTC



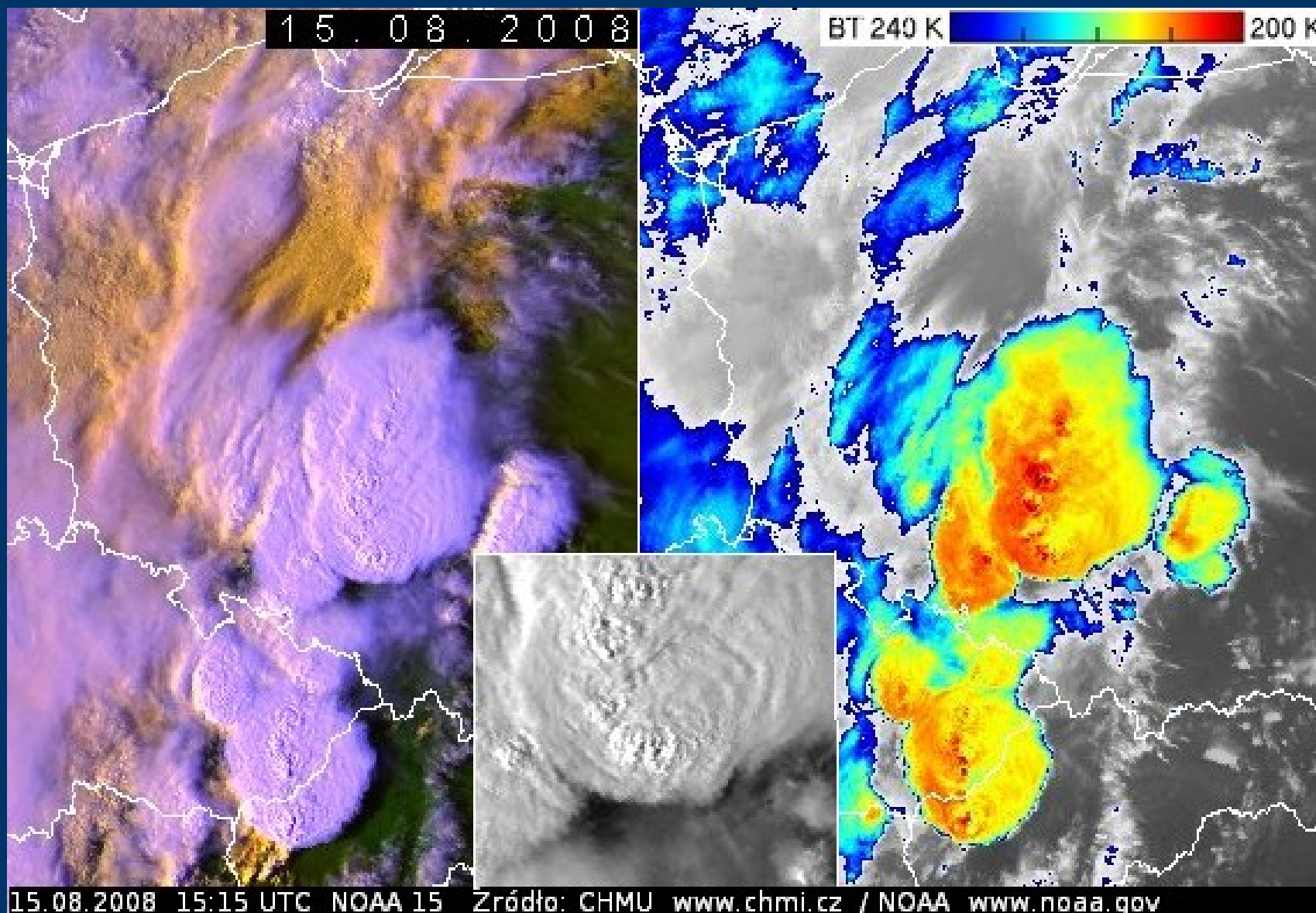


# Sondaż troposfery, Legionowo

## 16.08.2008 12:00 UTC



# 15.08.2008 – Zdjęcia satelitarne



# Niszczące wiatry prostoliniowe na terenie Polski

- Mają różną przyczynę – mogą być związane ze zjawiskami konwekcyjnymi bądź przechodzeniem gwałtownych, głębokich układów niżowych, a w górach są powodowane przez zjawisko fenowe.
  - W przypadku burz, wielkość komórki / układu burzowego nie ma żadnego wpływu na rozwój wiatrów prostoliniowych. Decydującym czynnikiem są warunki atmosferyczne, które sprzyjają powstawaniu silnych prądów zstępujących wewnątrz komórek / układów burzowych.
  - Duże, zorganizowane układy burzowe mogą przynosić niszczące porywy wiatru na obszarze kilku województw, podczas gdy małe, pojedyncze komórki burzowe generują gwałtowne wiatry na skalę lokalną (nawałnica występuje na terenie 1 – 2 powiatów, czasem dotyka tylko kilka wsi).
- 
-

# Warunki do rozwoju burz z niszczącymi porywami wiatru

## Wariant I (głównie lato)

- Duża, lub przynajmniej umiarkowana chwiejność termodynamiczna
- Warunki do rozwoju zorganizowanych lub niezorganizowanych układów burzowych (wzmoczony przepływ powietrza w troposferze lub jego brak)
- Występowanie suchych warstw w środkowej i dolnej troposferze, duże pionowe gradienty temperatury, wysoki poziom LCL (1500 – 3000 m),

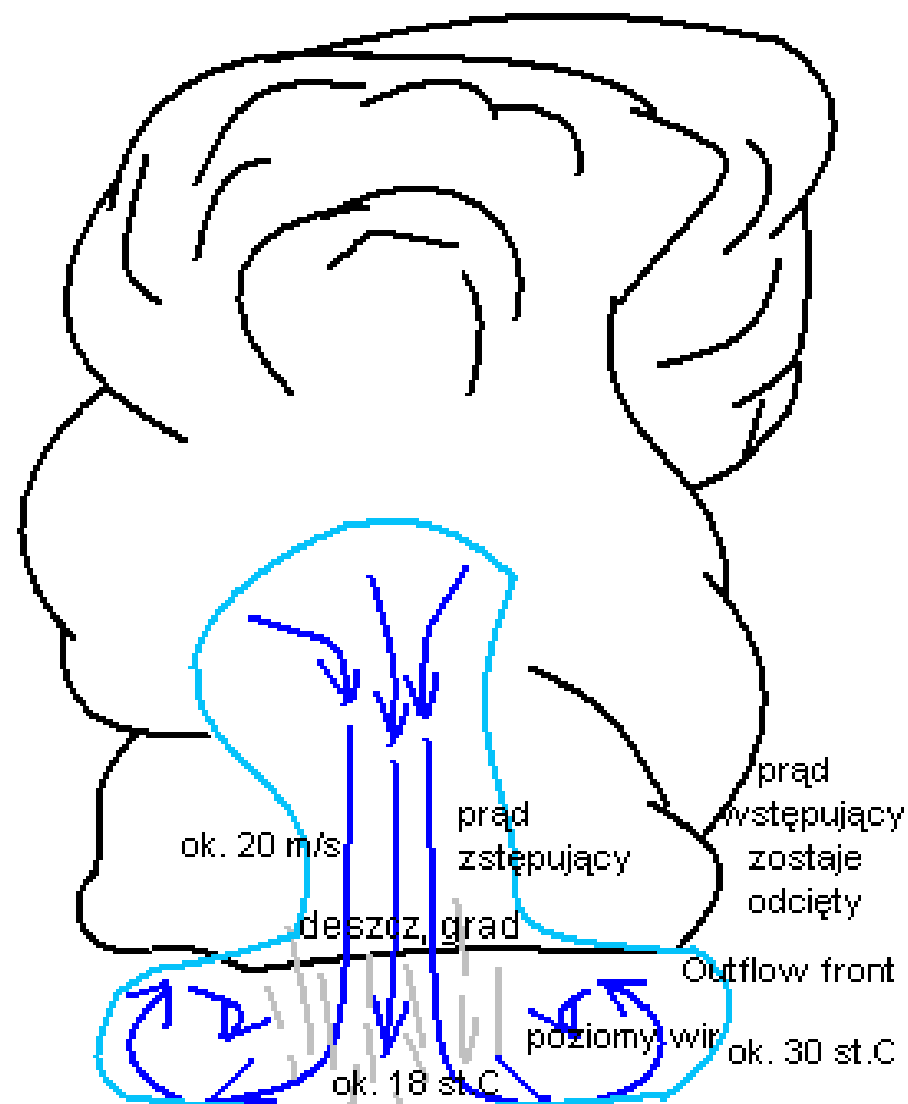
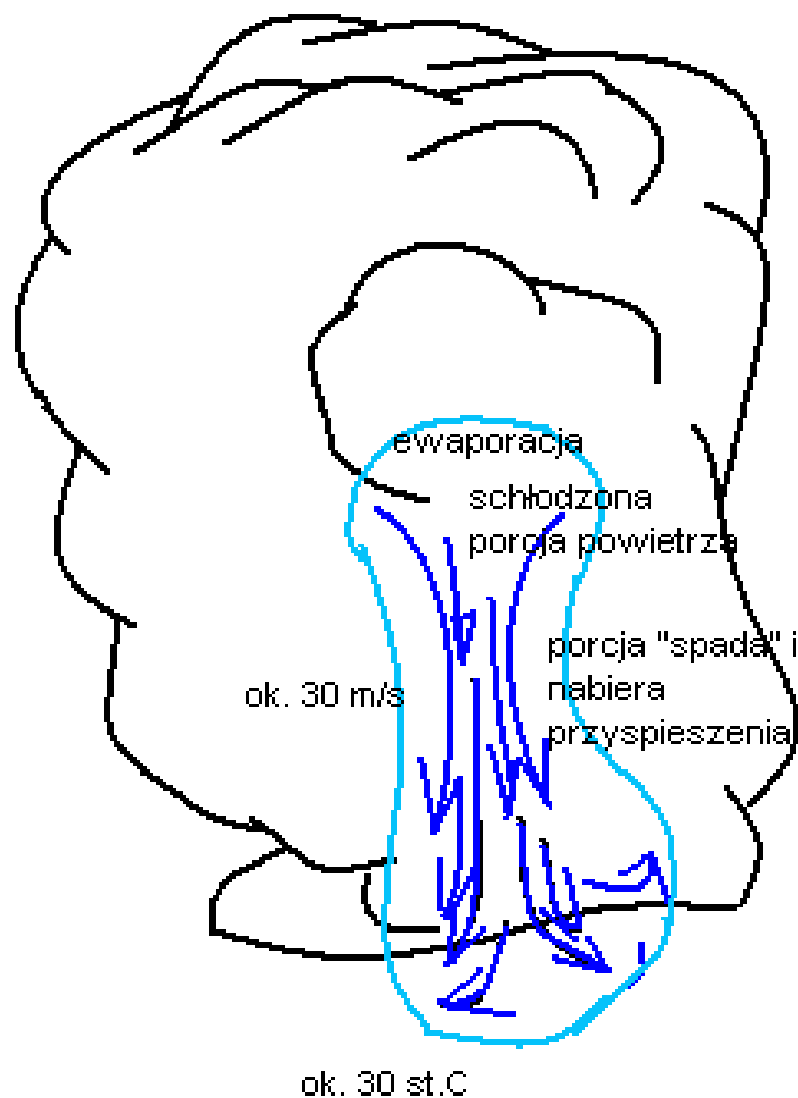
## Wariant II „silne wymuszanie”

- Niewielka / umiarkowana chwiejność
- Silny poziomy przepływ powietrza w troposferze (jet stream) → bardzo duże uskoki pionowe wiatru
- Głęboki układ niżowy lub dynamiczna krótka fala górna i fala na froncie → gwałtowna cyklogeneza i silne wielkoskalowe unoszenie powietrza → wspomaganie konwekcji.

# Zjawiska downburst

- W zależności od rodzaju burzy i jej wielkości, mają różny zasięg
  - Występują, gdy istnieją dogodne warunki dla formowania się silnych prądów zstępujących w komórce burzowej – istnieją suche warstwy w dolnej i w środkowej warstwie troposfery (duże *DCAPE*, *delta theta -e* > 20 K). Kropelki wody tworzące chmurę parują i pobierają ciepło z otoczenia -> porcja schłodzonego przez parowanie powietrza jest cięższa (gęstsza) i zaczyna „spadać” → im więcej suchego powietrza w dolnych 5 – 6 km troposfery, tym większa jest energia prądów zstępujących (tym zjawiska downburst mogą być silniejsze).
  - W Polsce występuje głównie forma wet (przy dużym CAPE) lub hybrid. Sucha forma dowburst (dry) jest bardzo rzadka. Przy formie wet downburst należy dodatkowo brać pod uwagę obciążenie opadem.
- 
-

# Zjawisko downburst



# Układy burzowe MCS (Mezoskalowe układy konwekcyjne)

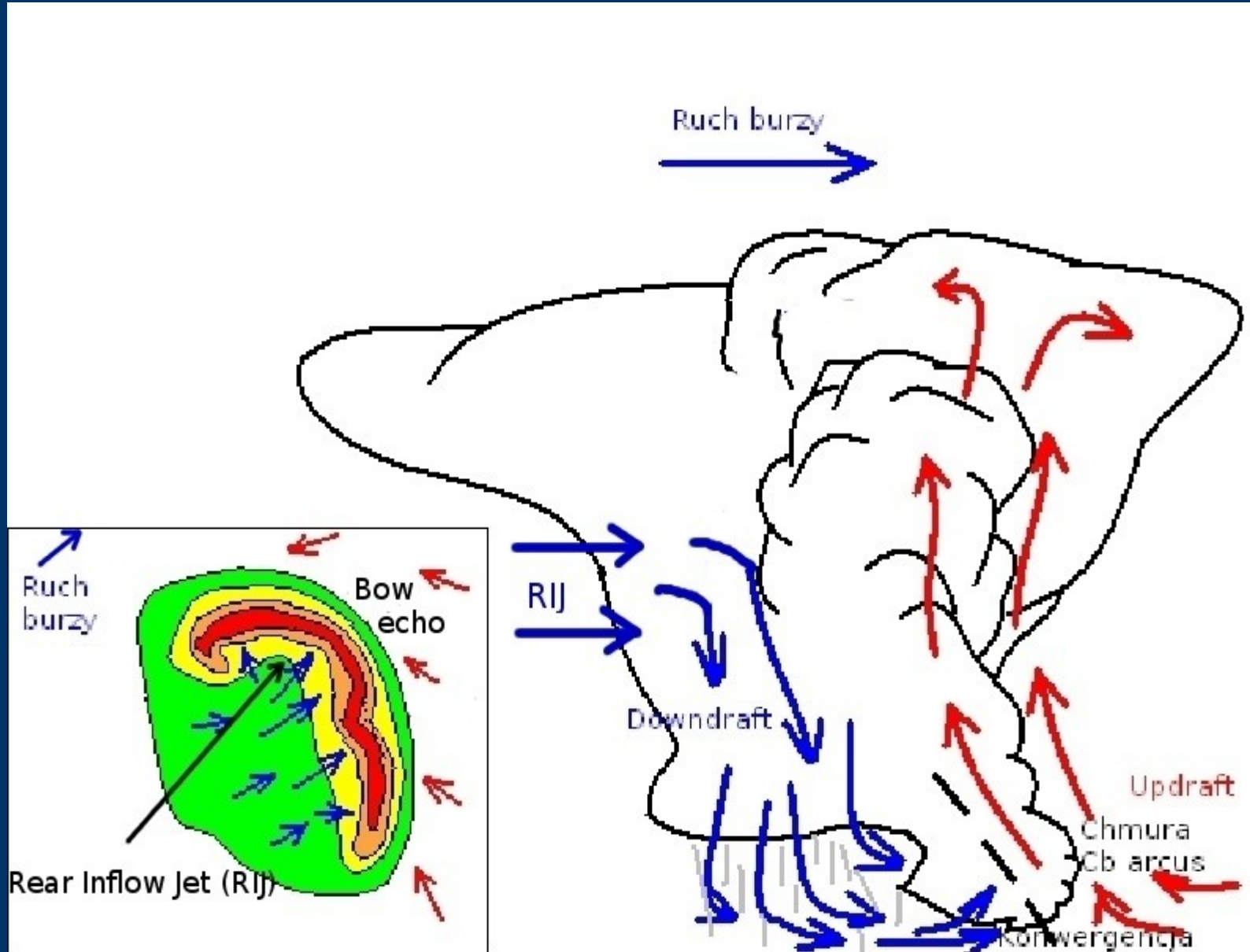
- Powstają w Europie Środkowej niemal o każdej porze roku. Zdarzają się nawet w zimie (raz na kilka lat) - wtedy związane są z silnymi układami niżowymi (variant II).
  - W Polsce występuje co najmniej kilka takich burz w ciągu roku.
  - Zorganizowane układy MCS mają niszczący potencjał; wywołują gwałtowne, szeroko rozprzestrzenione porywy wiatru, ulewne opady deszczu, a lokalnie opady gradu i trąby powietrzne. Szczególnie groźną (jeśli chodzi o zjawiska wiatrowe) odmianą tych układów jest Forward Propagating MCS, zwykle w postaci linii szkwału z układami *bow echo* i LEWP.
- 
-

# Układy *bow echo*

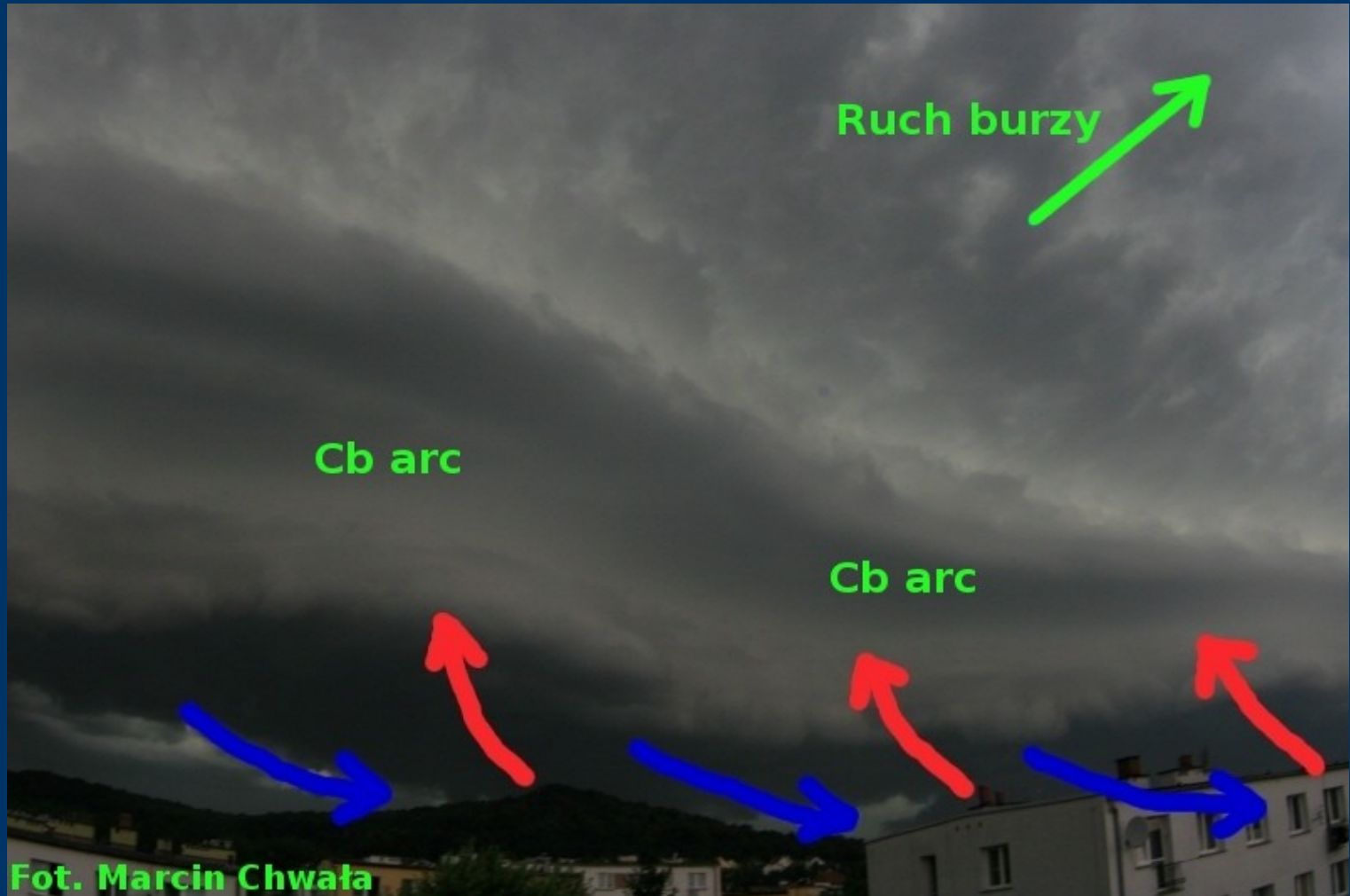
- Układy MCS o największym potencjale wiatrowym znane z wytwarzania niszczących szkwałów na znacznym obszarze
  - Kształt łuku na mapach odbiciowości radarowej
  - Intensyfikacja podmuchów związana z uformowaniem się tylnego prądu powietrznego (ang. *rear inflow jet, RIJ*).
  - W USA najsilniejsze burze wiatrowe (określane mianem *derecho*) potrafiły za jednym razem pozbawić prądu 2 000 000 mieszkańców lub zniszczyć 400 000 hektarów lasu. Większość strat była spowodowana przez *bow echo*.
  - W naszym regionie Europy występują głównie latem, sprzyja im m. in. bardzo duża chwiejność termodynamiczna i silne pionowe uskoki wiatru (szczególnie w dolnych 3 kilometrach troposfery)
- 
-



# Bow echo jako przykład *forward Propagating MCS*

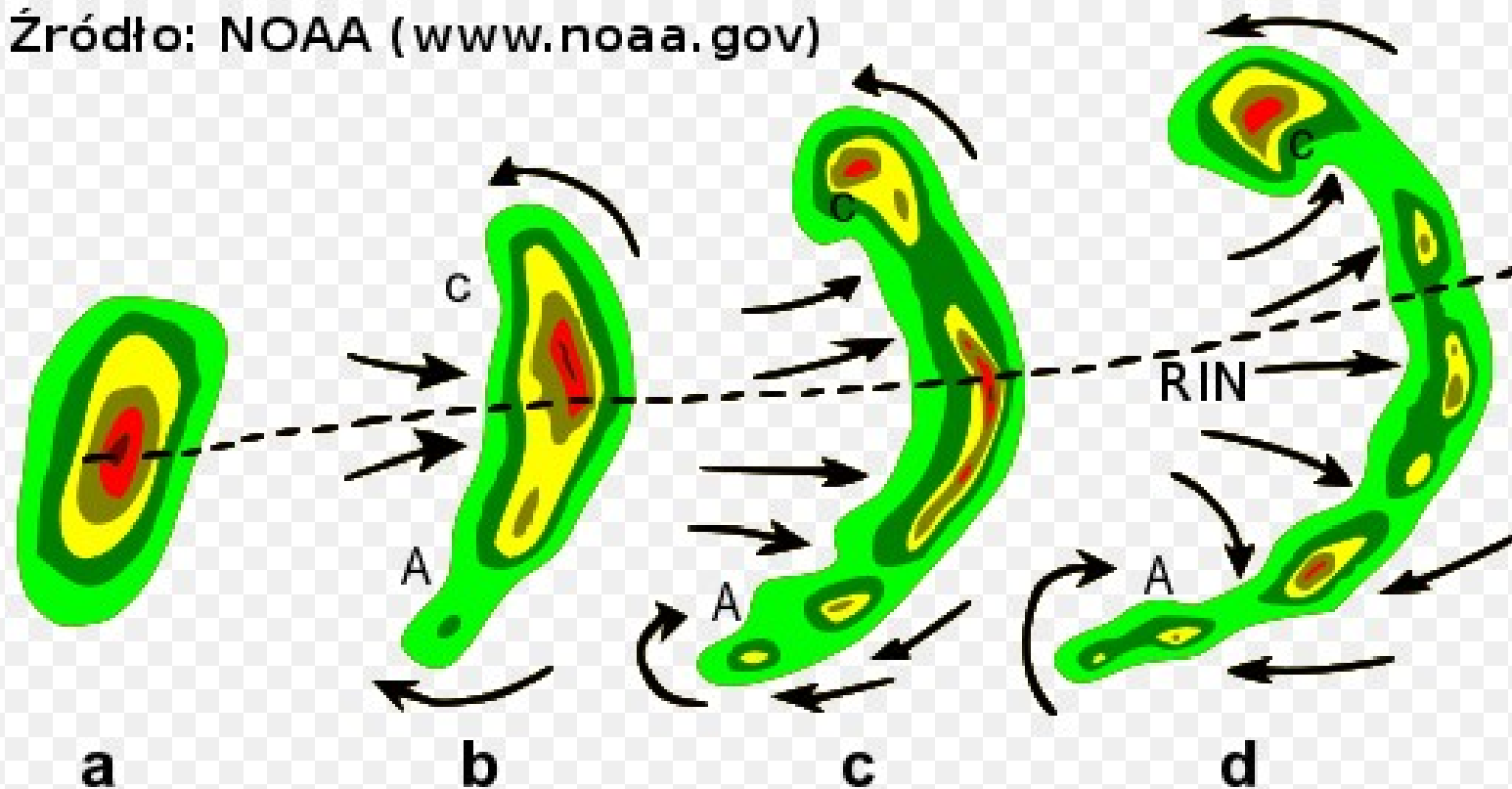


# Widok z przodu



# Cykl życia *bow echo*

Źródło: NOAA ([www.noaa.gov](http://www.noaa.gov))



# *Derecho*

- Jeżeli układ burzowy:
    - 1) wytwarza niszczące porywy wiatru ( $> 26$  m/s) na ciągłym pasie o długości przynajmniej 460 km
    - 2) znane są w tym pasie przynajmniej 3 miejsca (oddalone od siebie o co najmniej o 74 km), gdzie wiatr osiągnął siłę 33 m/s (lub F1 w skali Fujity),  
to wtedy taki MCS jest określany jako *derecho*.
  - Wystąpienie *derecho* wiąże się z ogromnymi szkodami wiatrowymi,
  - Duża większość przypadków *derecho* wiązała się z wystąpieniem układów *bow echo*.
- 
-

# Czynniki sprzyjające rozwojowi *derecho*

- Obecność frontu chłodnego lub pofalowanego
  - Adwekcja ciepła na drodze układu burzowego
  - Duża chwiejność termodynamiczna
  - Zwiększony potencjał do wytwarzania silnych prądów zstępujących – suche warstwy i znaczne pionowe gradienty temperatury w troposferze
  - Duże pionowe uskoki wiatru
  - Silny przepływ w środkowej i dolnej troposferze
- 
-

# Przykłady *derecho*

- *The Independence Day Derecho* (USA, 04.07.1977) – zniszczone 400 000 ha lasu, zmierzono podmuch 185 km/h, w niektórych rejonach wiatr mógł przekraczać 200 km/h.
- *Southern Great Lakes Derecho of 1998* (USA, 30-31.05.1998) – burza przemierzyła ponad 1500 km ze średnią prędkością 105 km/h powodując straty na 300 mln USD i pozbawiając 2 mln ludzi prądu
- Dokumentowano *derecho* również w Europie (wschodnie Niemcy 10.07.2002, Finlandia 05.07.2002, Czechy i Polska – 23.07. 2009\*).
- We wszystkich tych przypadkach za większość zniszczeń wiatrowych odpowiadało *bow echo*.

\*A. Surowiecki, K. Ostrowski – Zjawisko *derecho* w Polsce jako rozległa i niszcząca burza ze szczególnym uwzględnieniem przypadku z 23.07.2009, Stowarzyszenie Skywarn Polska, 2010.



# Burze z niszczącymi porywami wiatru w Polsce

- Ze względu na zasięg zniszczeń i skalę zjawiska, w prezentacji omówimy przypadek burzy wiatrowej związanej z układem MCS.
- Pojedynczych, niezorganizowanych komórek burzowych w odpowiednich warunkach atmosferycznych jednak nie wolno lekceważyć – punktowo mogą powodować silniejsze wiatry prostoliniowe niż MCS.

# Najsilniejsze burze z gwałtownym wiatrem prostoliniowym na terenie Polski w ostatnich latach.

- 4 lipca 2002 – potężna burza wiatrowa – linia szkwału z wbudowanym *bow echo* – przechodzi przez Puszcę Piską, kieruje się na Kraje Bałtyckie i dochodzi aż do Finlandii. Możliwe *derecho*. Straty w lasach na skalę niespotykaną.
  - 29 lipca 2005 – silna nawałnica z gwałtownym wiatrem prostoliniowym przechodzi przez część Mazowsza, w tym Warszawę
  - 18/19 stycznia 2007 – burza związana z orkanem Kyrill – *derecho* seryjne, niszczące porywy wiatru i trąby powietrzne.
  - 21 sierpnia 2007 – nawałnica z wbudowanym *bow echo* na Mazurach, ginie 12 osób. Błędna nazwa zjawiska „biały szkwał”.
  - 23 lipca 2009 – *derecho* typu hybrydowego przechodzi przez Czechy, południowo – wschodnie Niemcy i przez znaczną część Polski, ginie 10 osób (8 w Polsce), ponad 100 rannych.
- 
-

# Derecho w Polsce 23 lipca 2009

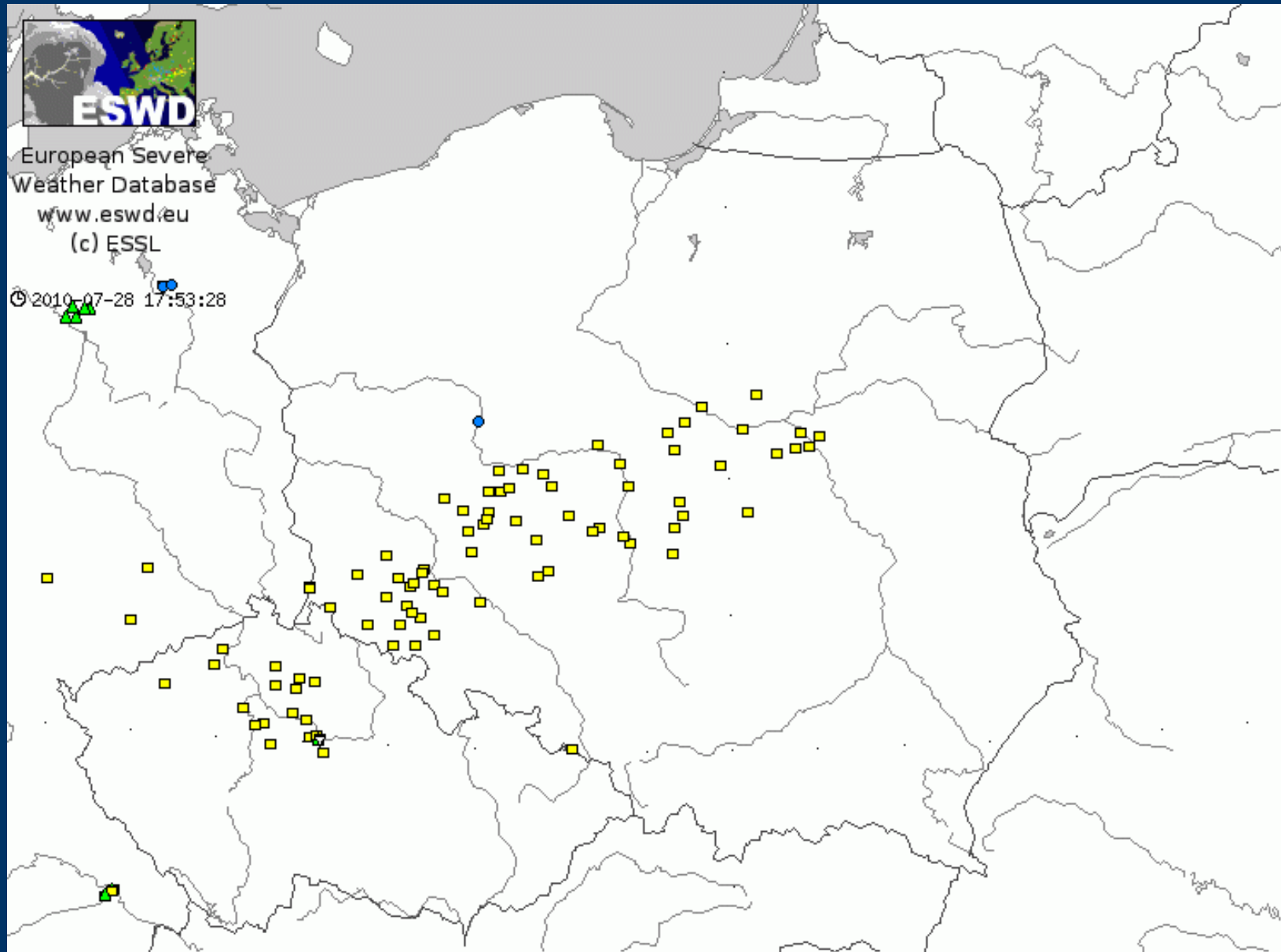
- Początek burzy – zachodnie Czechy, godz. 17:00 – początkowo niewielka linia szkwału złączona z dezorganizowaną superkomórką na płd. - zach. Czech.
- Godz. 18:50 – gwałtowne porywy wiatru związane z *rear inflow jet* w Legnicy, tworzy się *bow echo*.
- Godz. 22:30 – Burza dociera do okolic Warszawy, dając bardzo silne porywy wiatru. Wkracza w końcowe stadium, front szkwałowy (*outflow boundary*) wyprzedza pozostałą część burzy, odcinając prąd wstępujący. Burza się kończy.
- Na drodze burzy raportowano szkody po wiatrach o sile F1/T3, lokalnie nie wyklucza się F2/T4. Stacja meteo. w Legnicy notowała porywy 36 m/s.
- Długość szlaku burzy – 500 – 550 km. Czas trwania ok. 6 godzin. Prędkość przemieszczania się linii burz ok. 90 km/h. 10 ofiar, ponad 100 rannych

**SIŁA I ZASIĘG BURZY KLASYFIKUJĄ JĄ JAKO DERECHO**

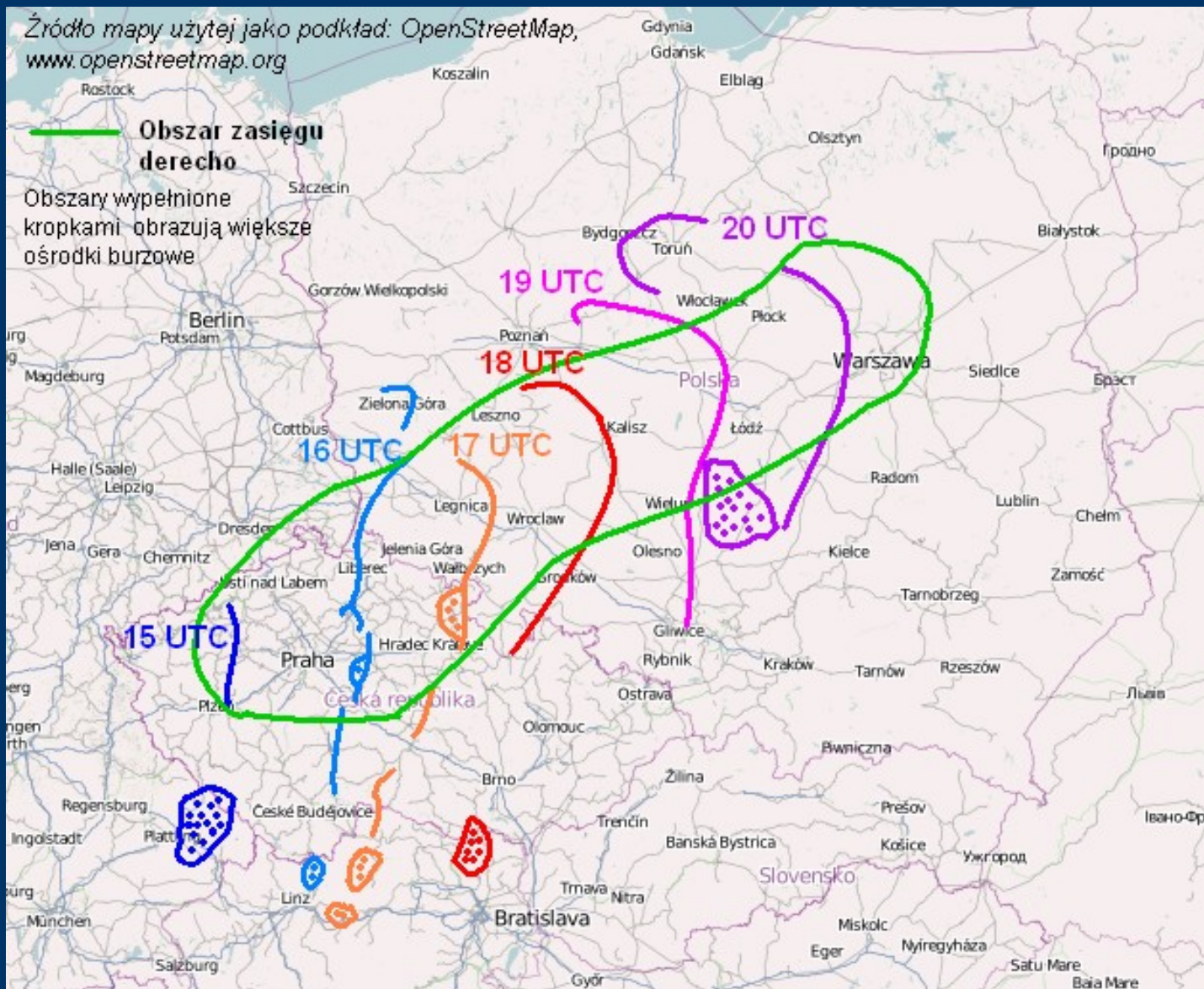
---

---

# Derecho 23 lipca 2009



# Derecho w Polsce 23 lipca 2009





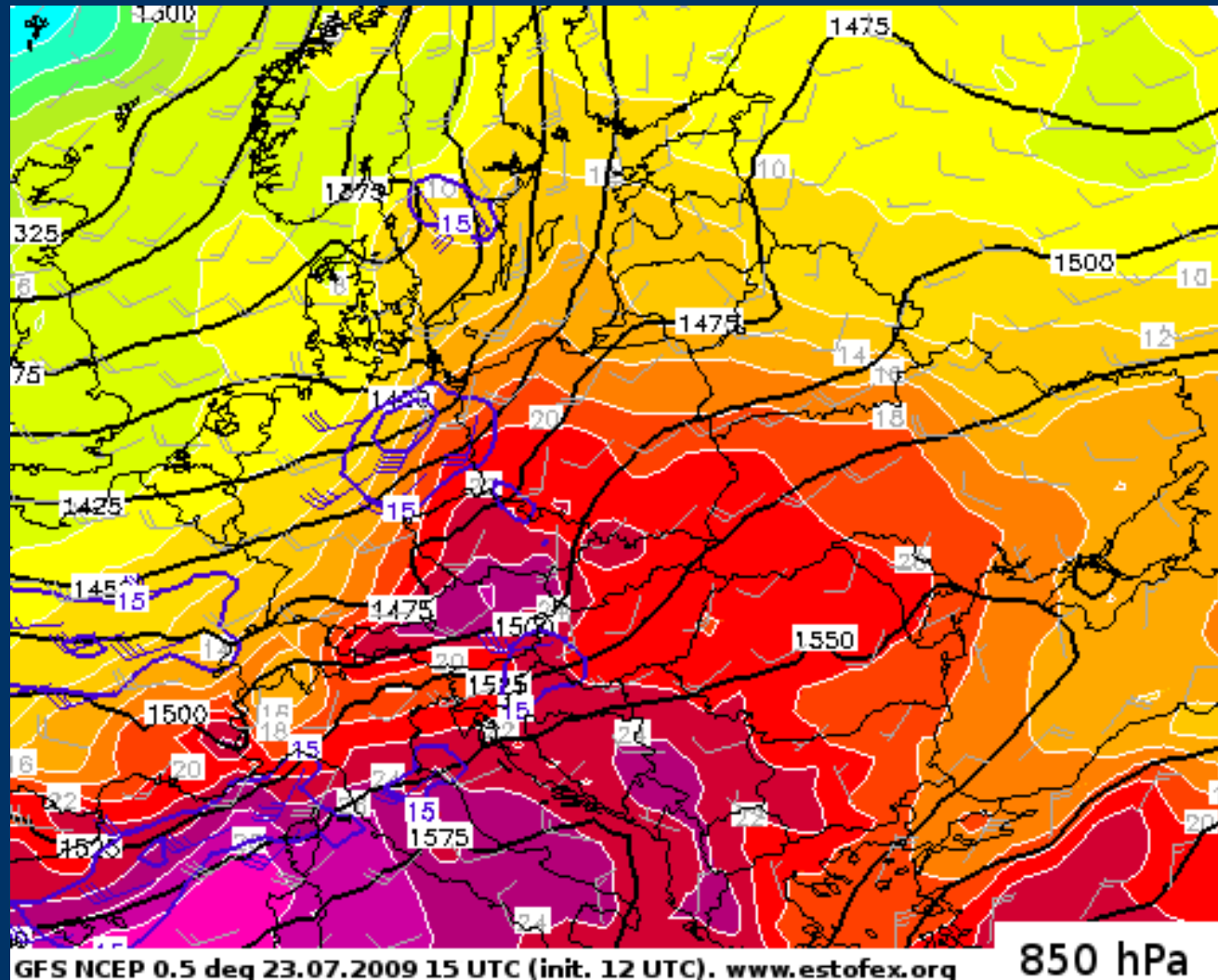
# Derecho w Polsce – 23 lipca 2009

*(fot. Wojciech Mazur, RDLP Wrocław)*

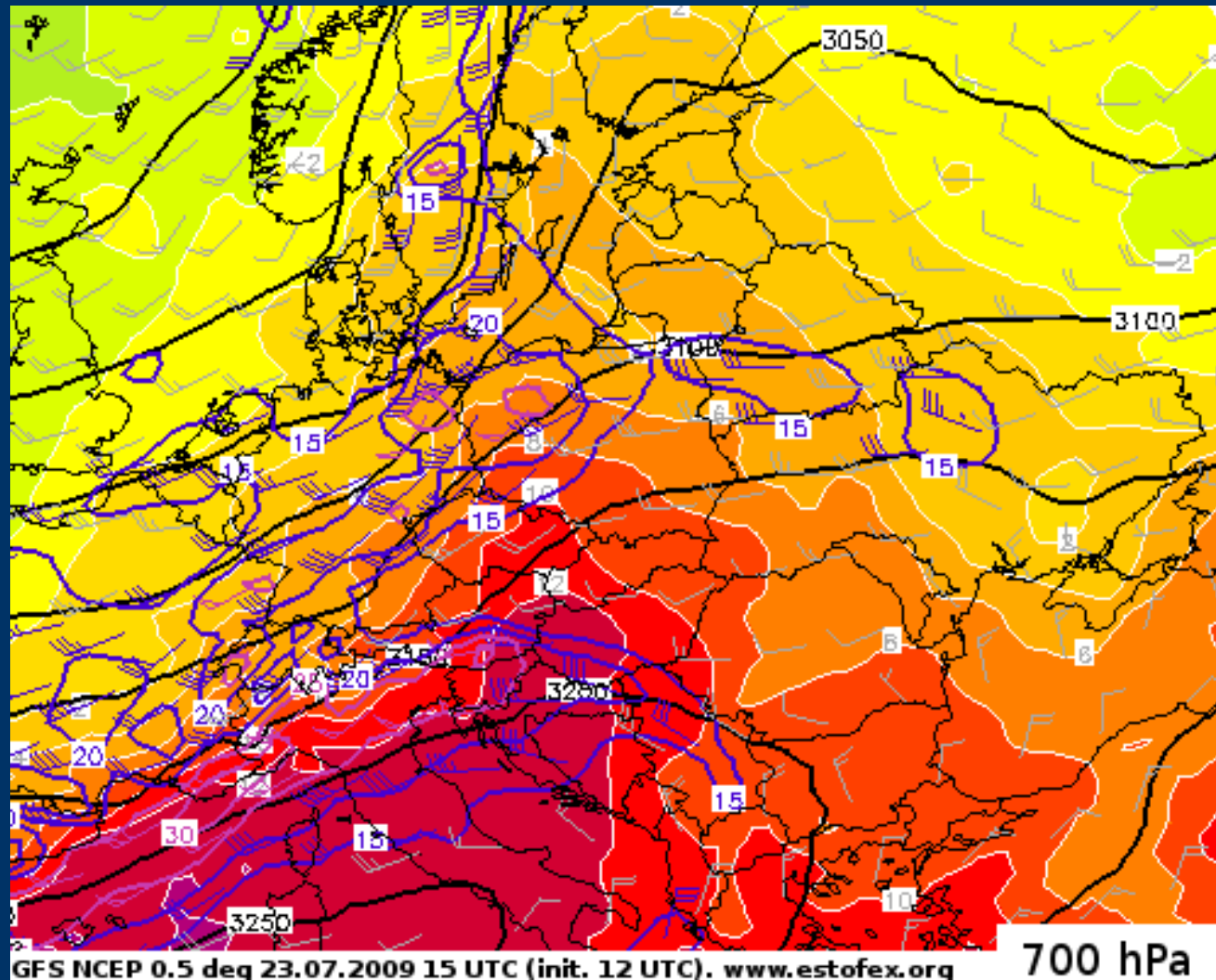




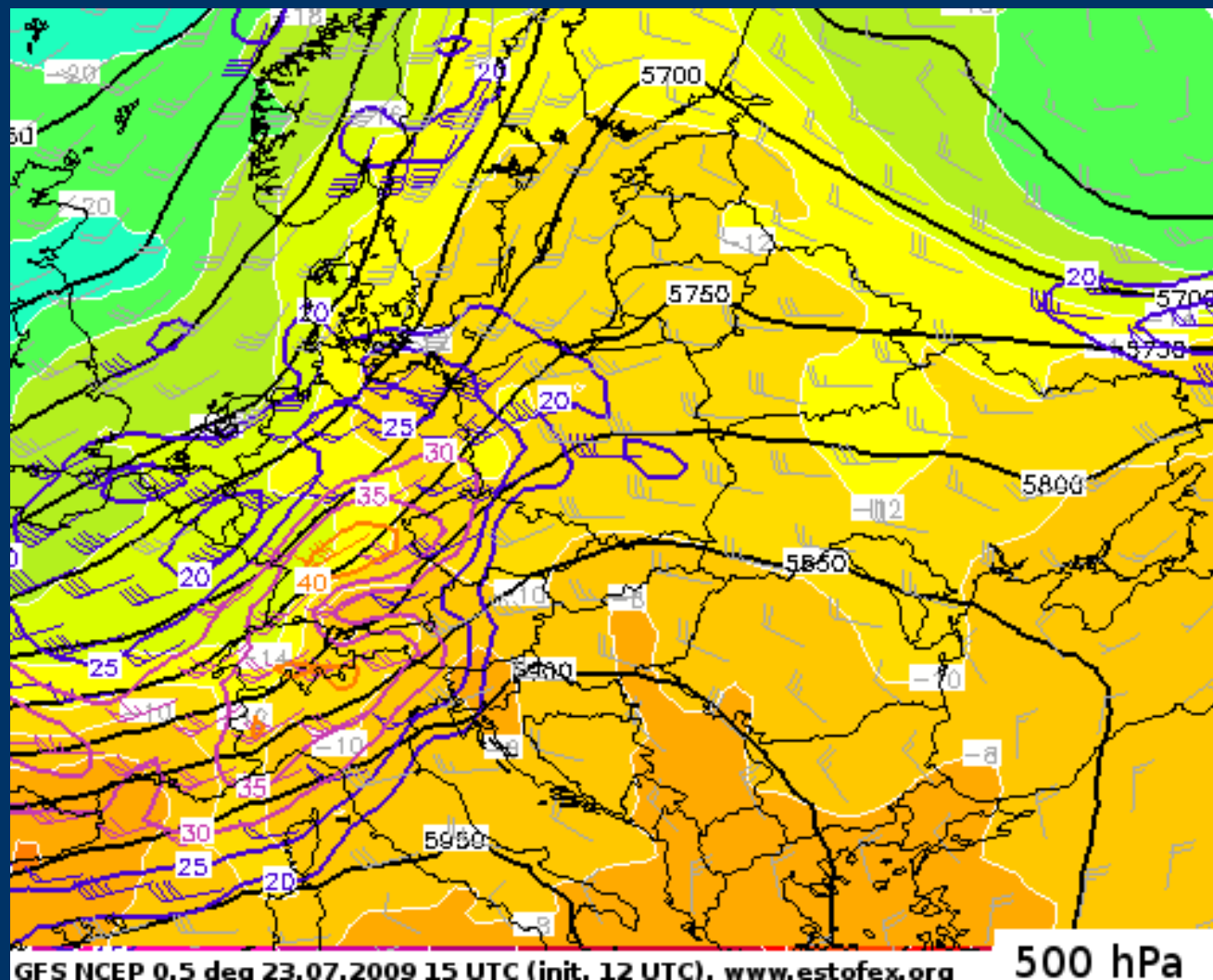
# 23.07.2009 15 UTC – prognoza GFS



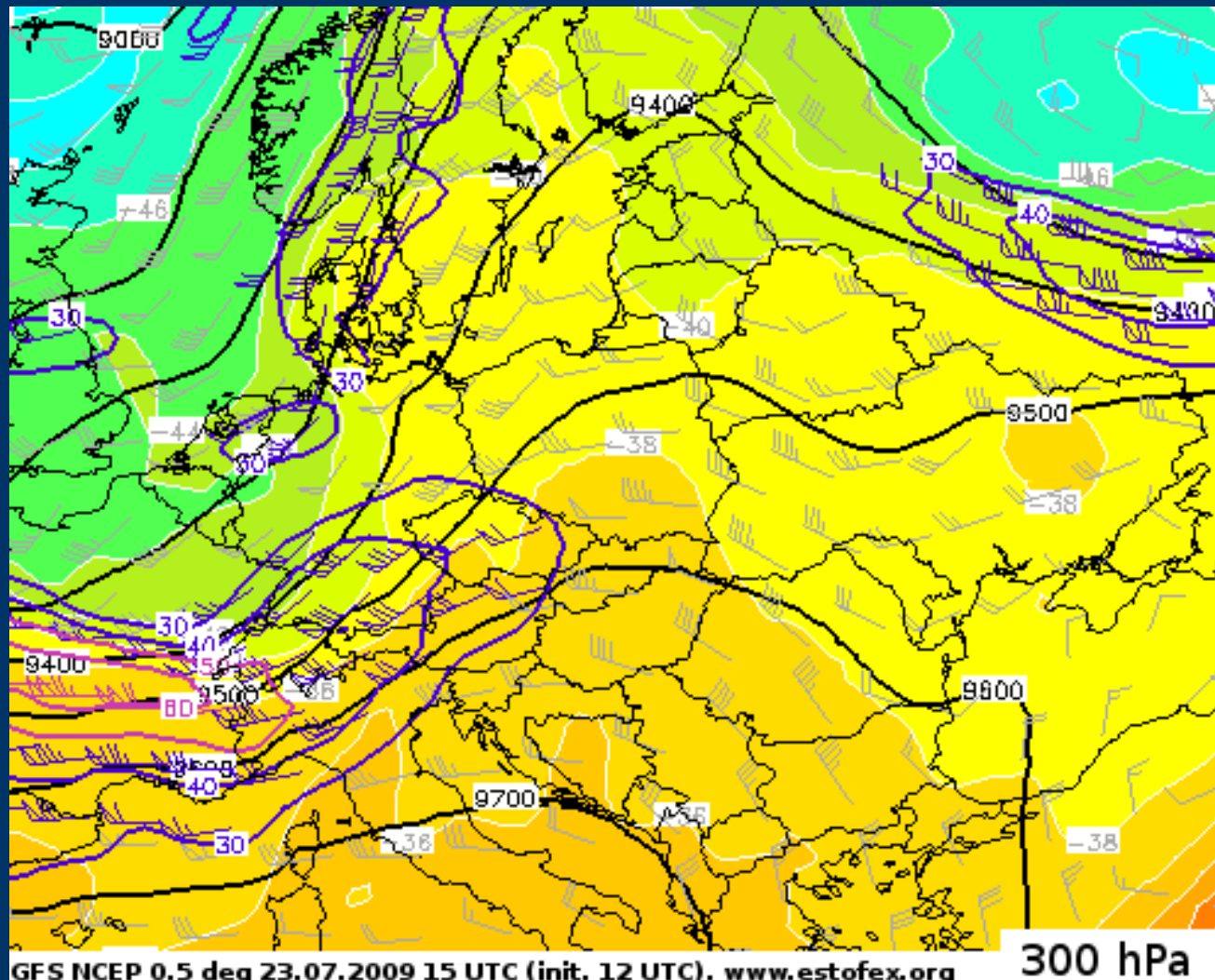
# 23.07.2009 15 UTC prognoza GFS c.d.



# 23.07.2009 15 UTC prognoza GFS c.d.

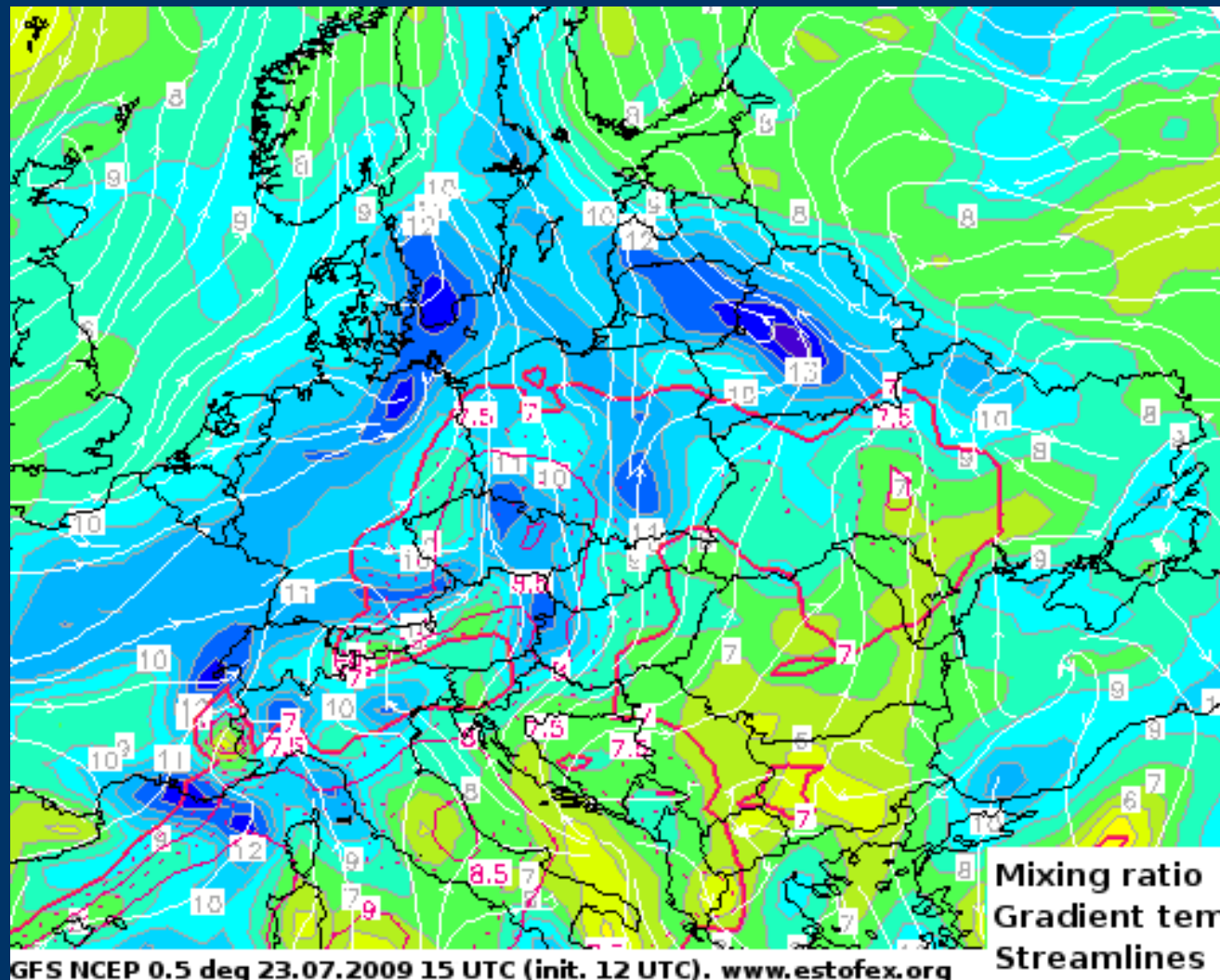


# 23.07.2009 15 UTC prognoza GFS c.d.

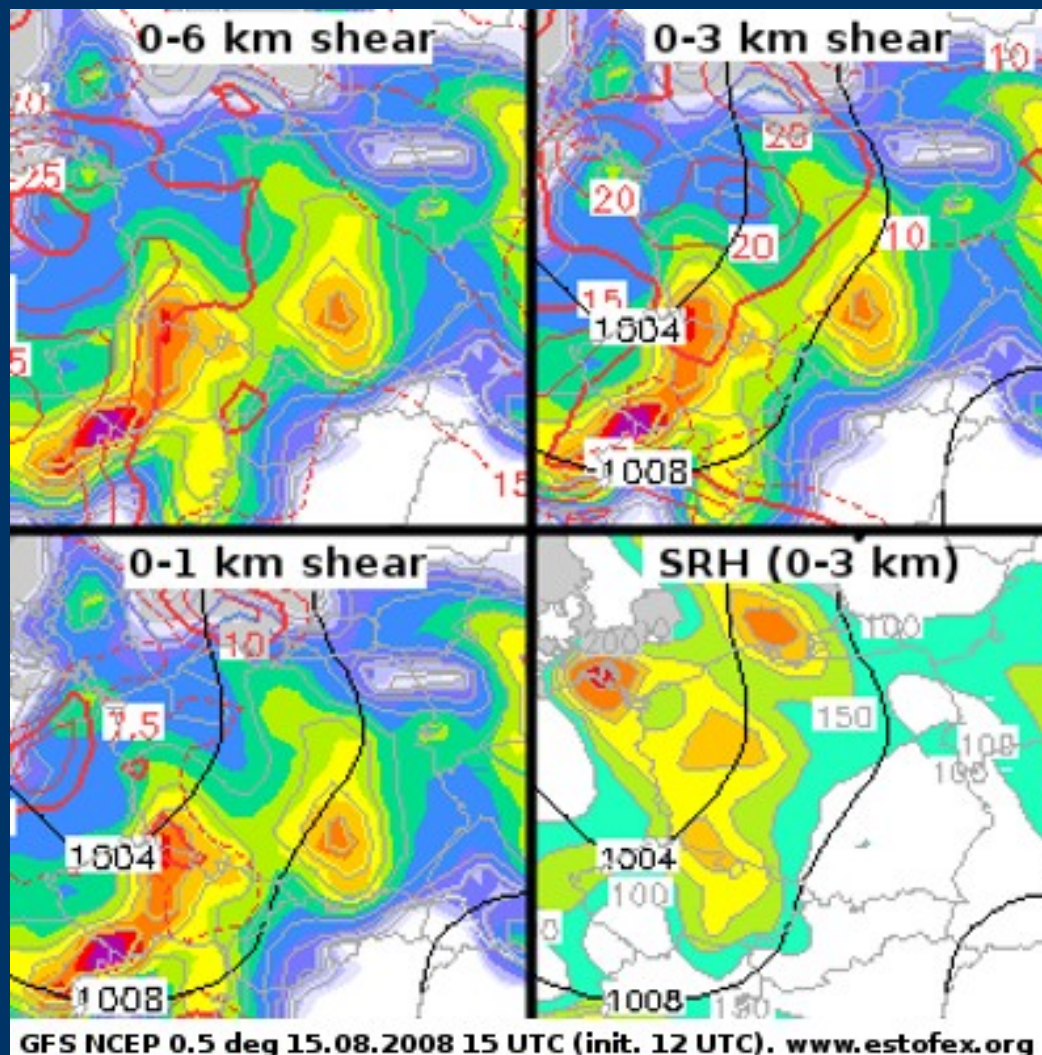




# 23.07.2009 15 UTC prognoza GFS c.d.

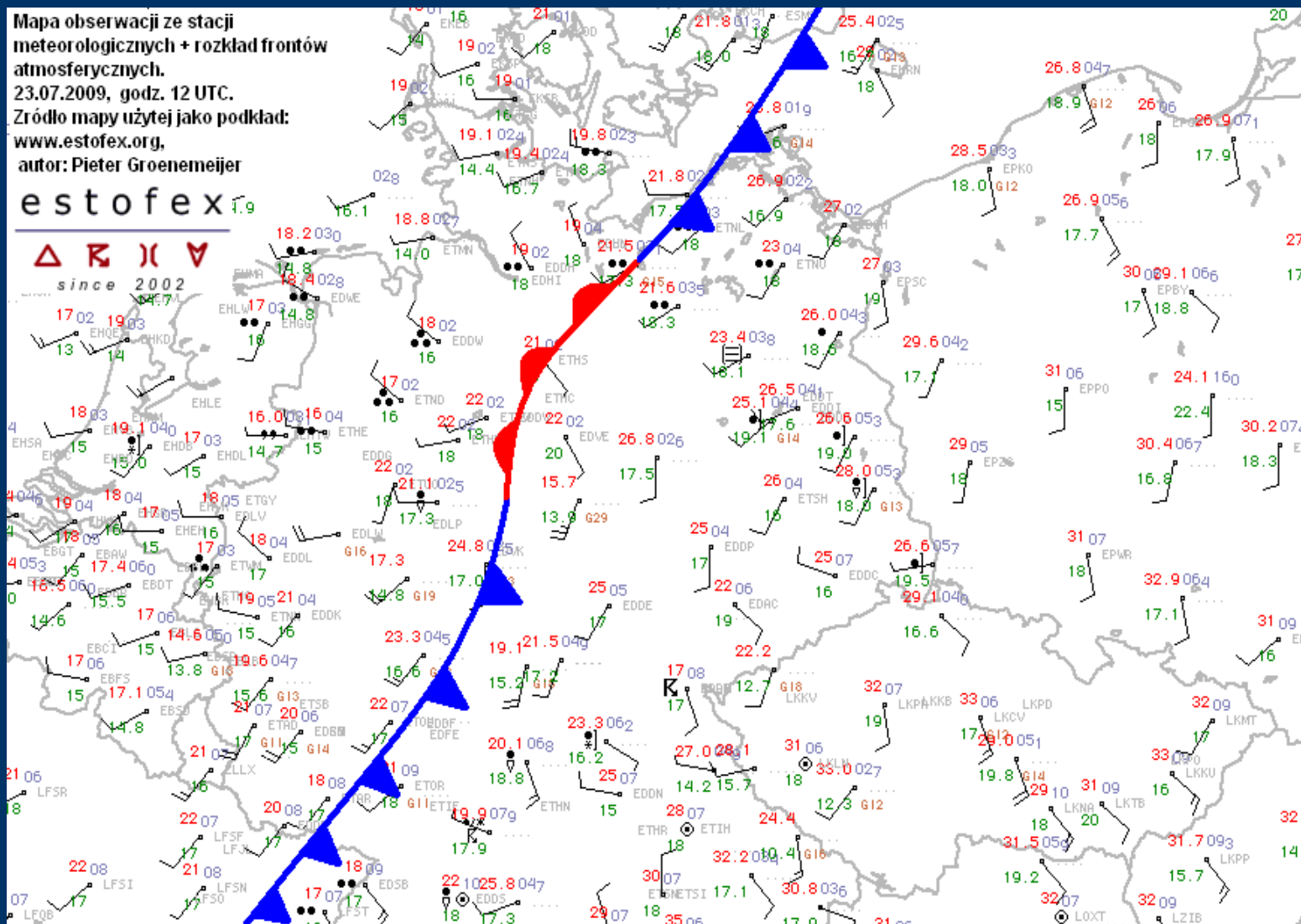


# 23.07.2009 15 UTC prognoza GFS c.d.

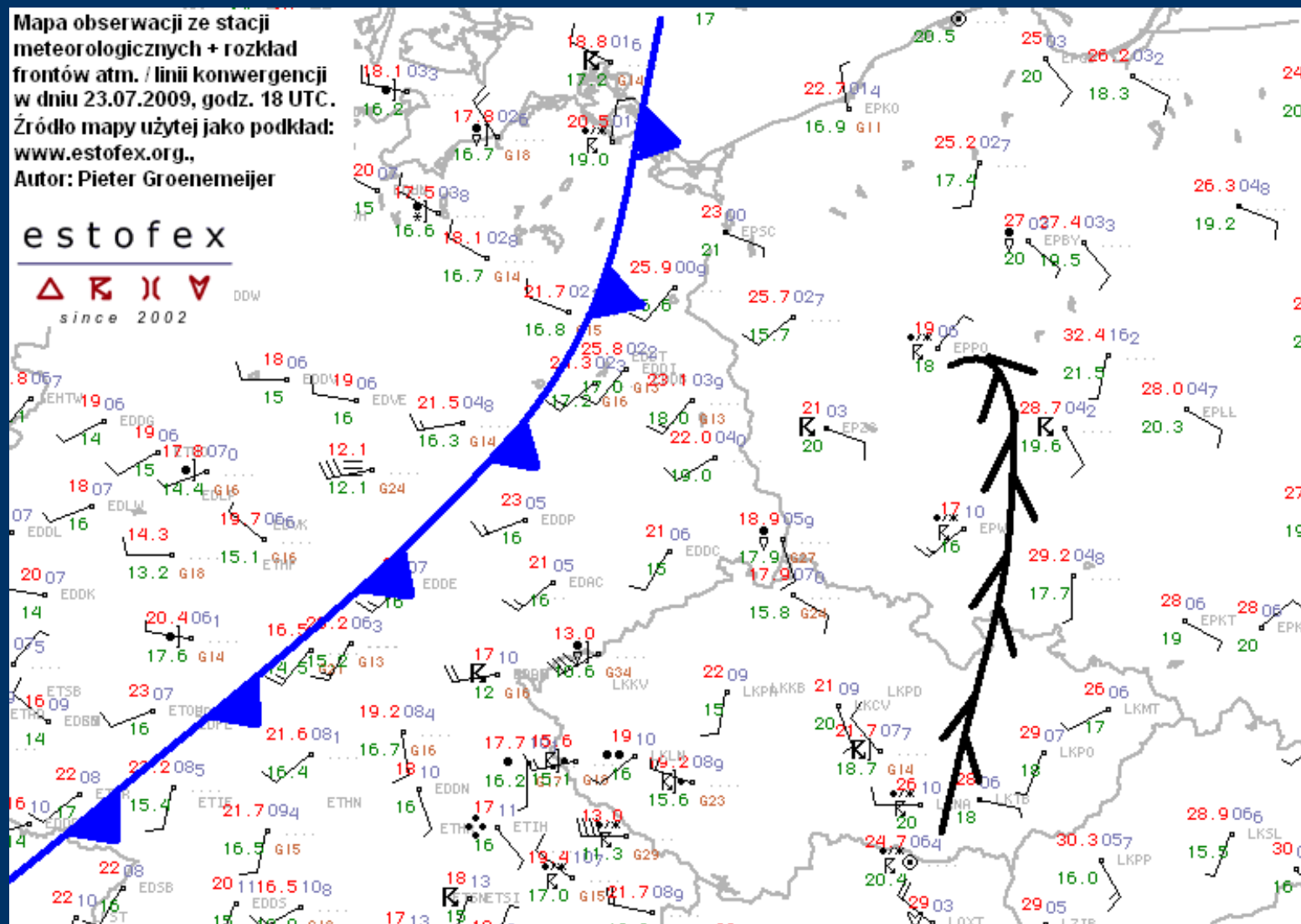




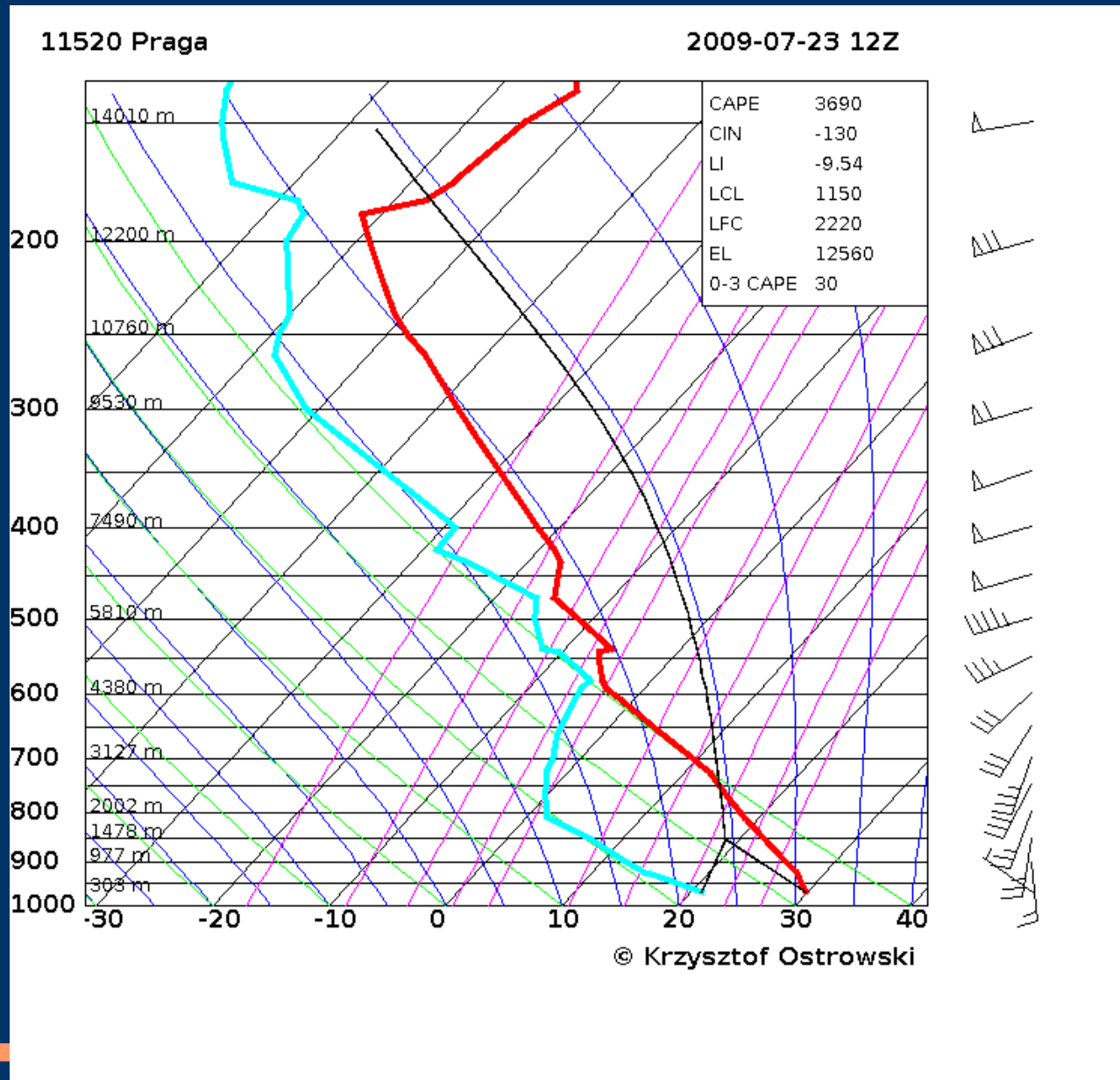
# Obserwacje meteorologiczne – 23.07.2009, 12:00 UTC



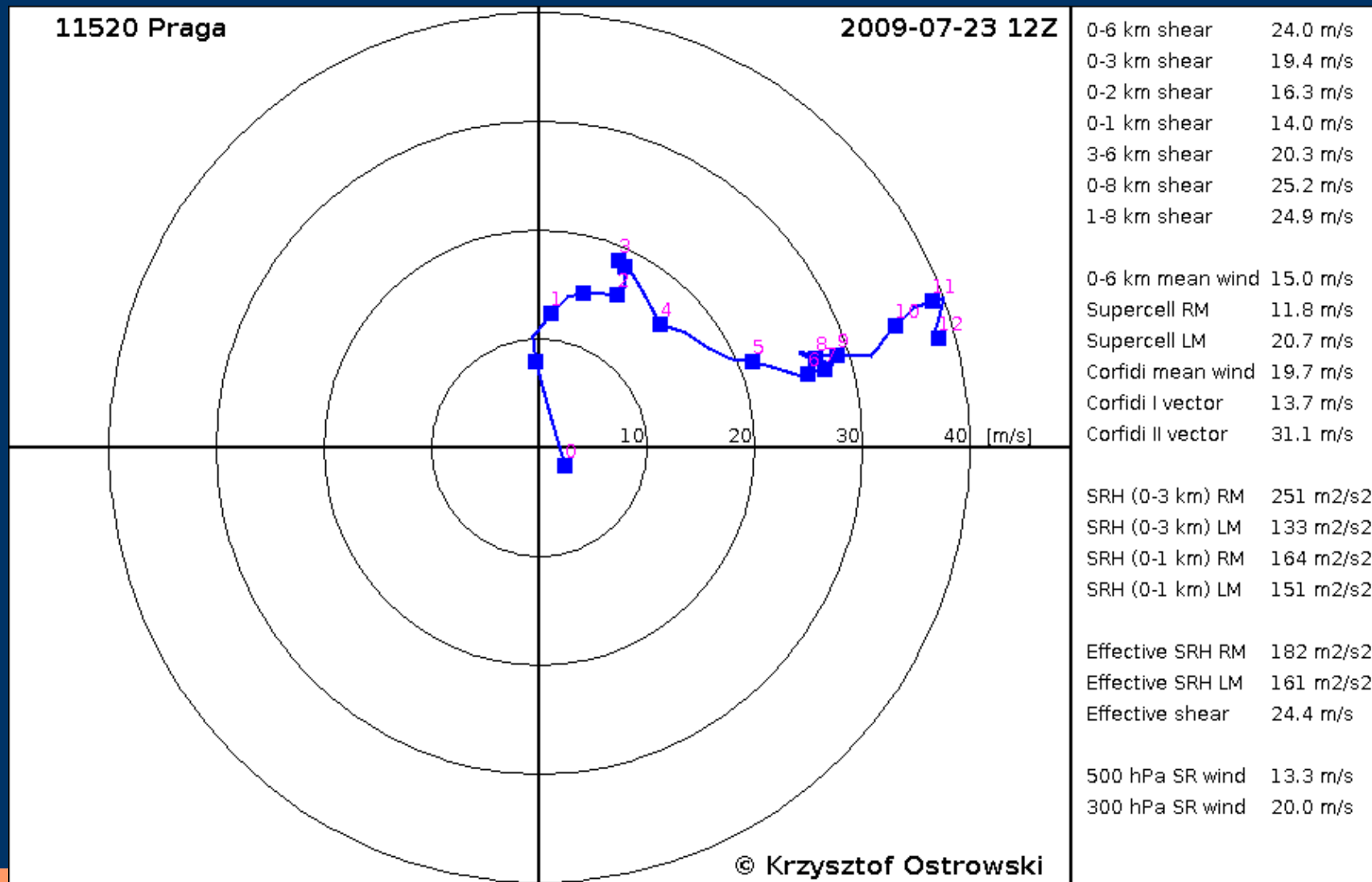
# Obserwacje meteorologiczne – 23.07.2009, 18:00 UTC



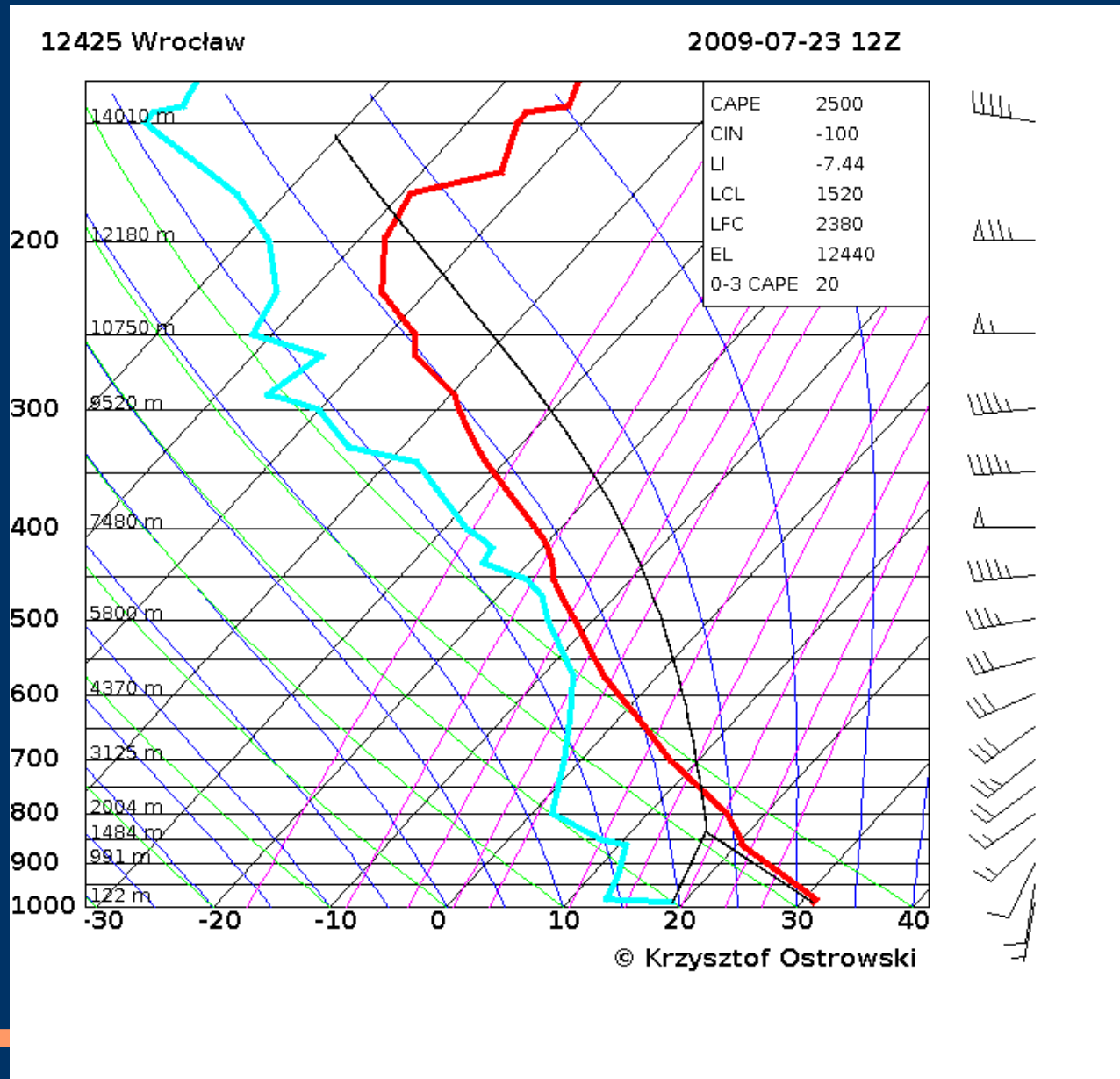
# Sondaż troposfery – Praga, 23.07.2009 12:00 UTC



# Sondaż troposfery – Praga, 23.07.2009 12:00 UTC

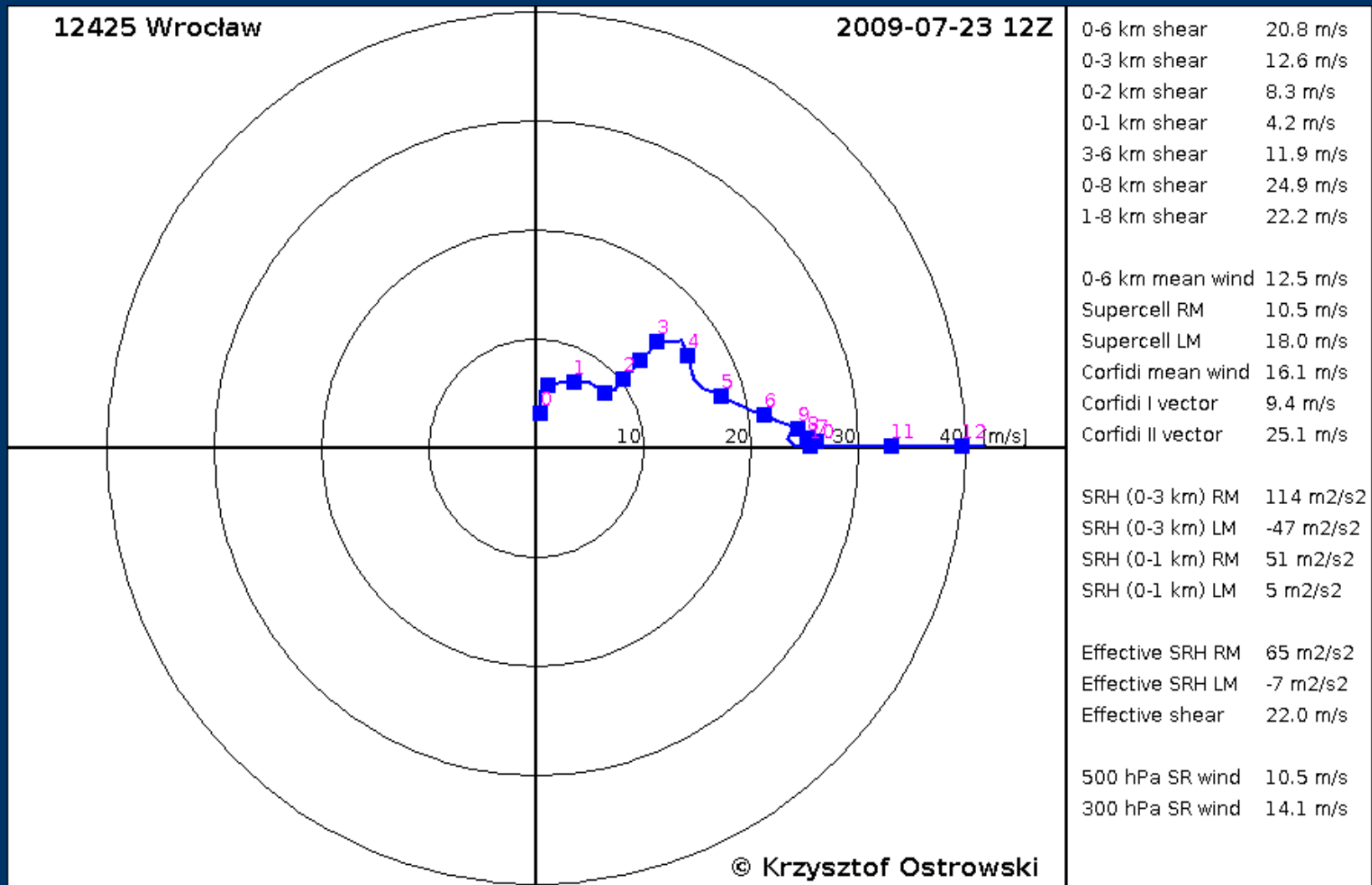


# Sondaż troposfery – Wrocław 23.07.2009 12:00 UTC



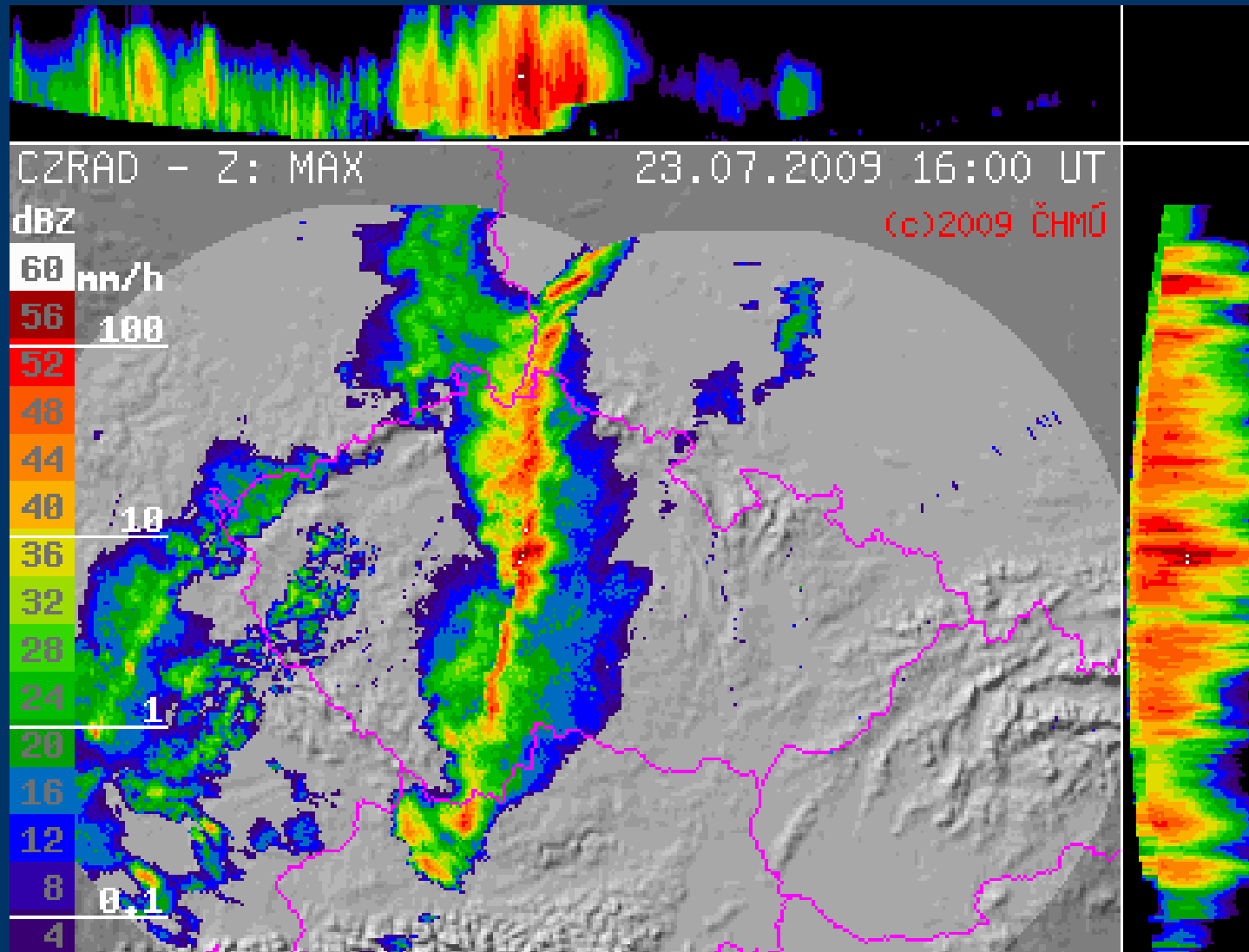
# Sondaż troposfery – Wrocław

## 23.07.2009 12:00 UTC

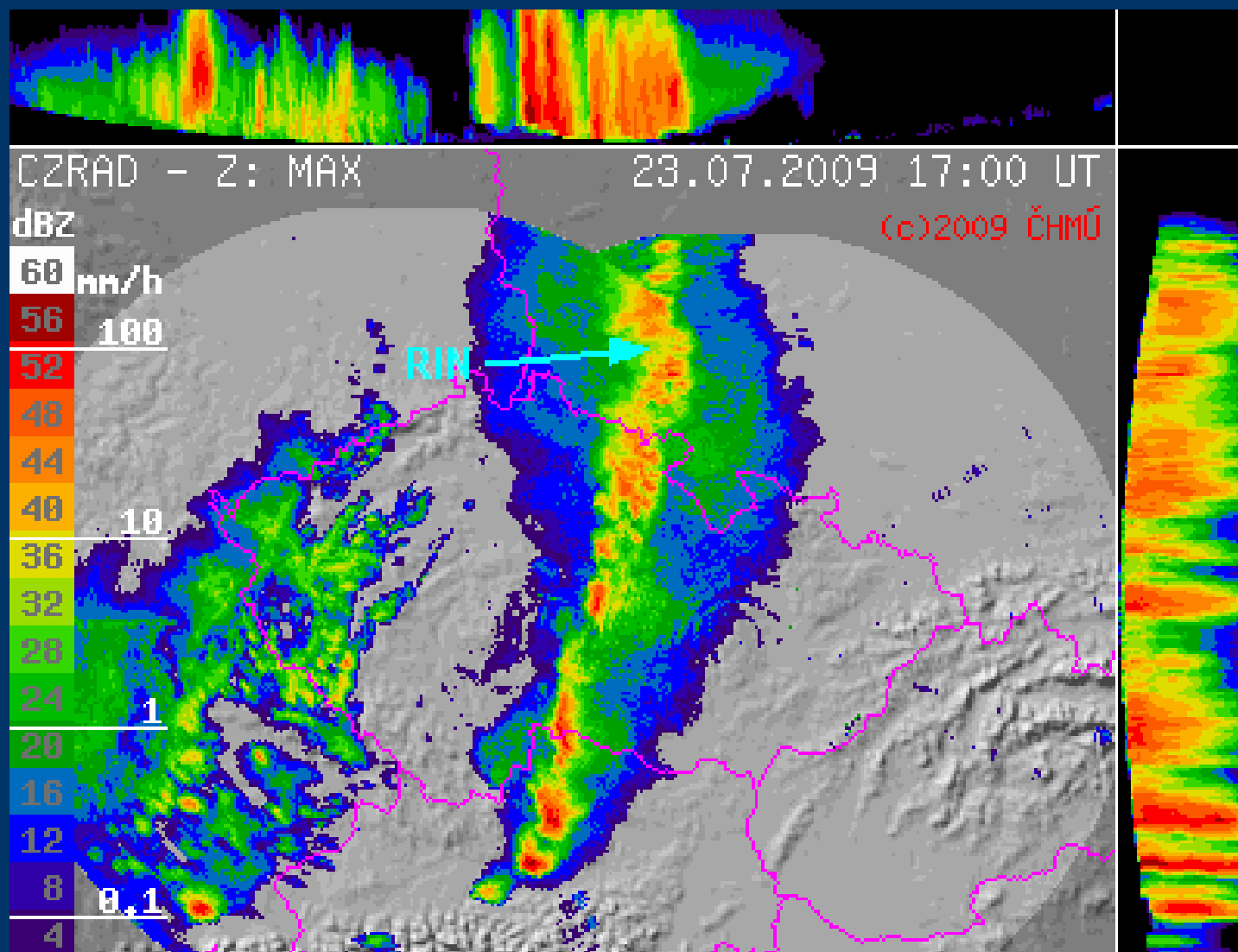




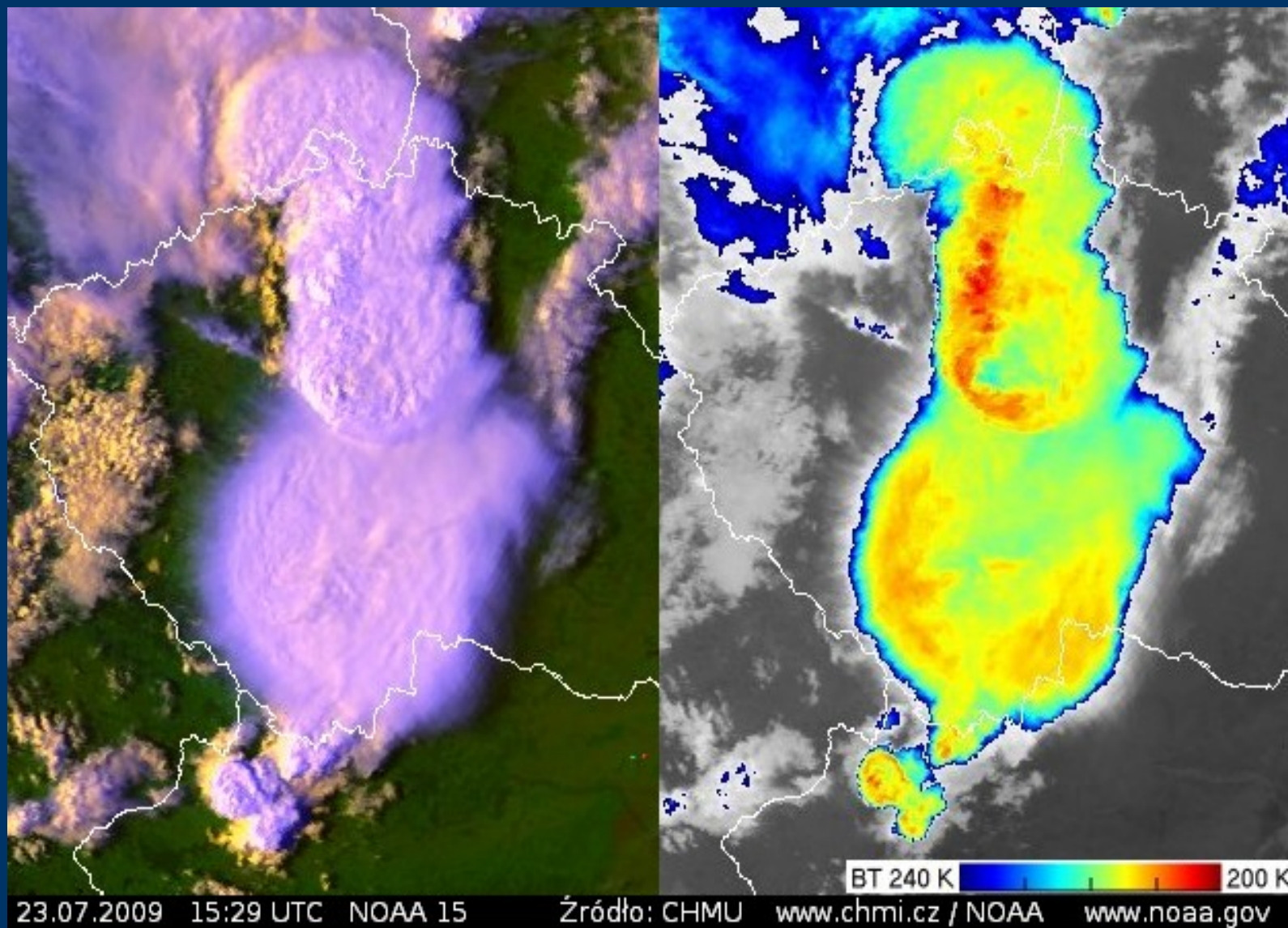
# Derecho w Polsce – 23 lipca 2009. Obraz radarowy



# Derecho w Polsce – 23 lipca 2009. Obraz radarowy

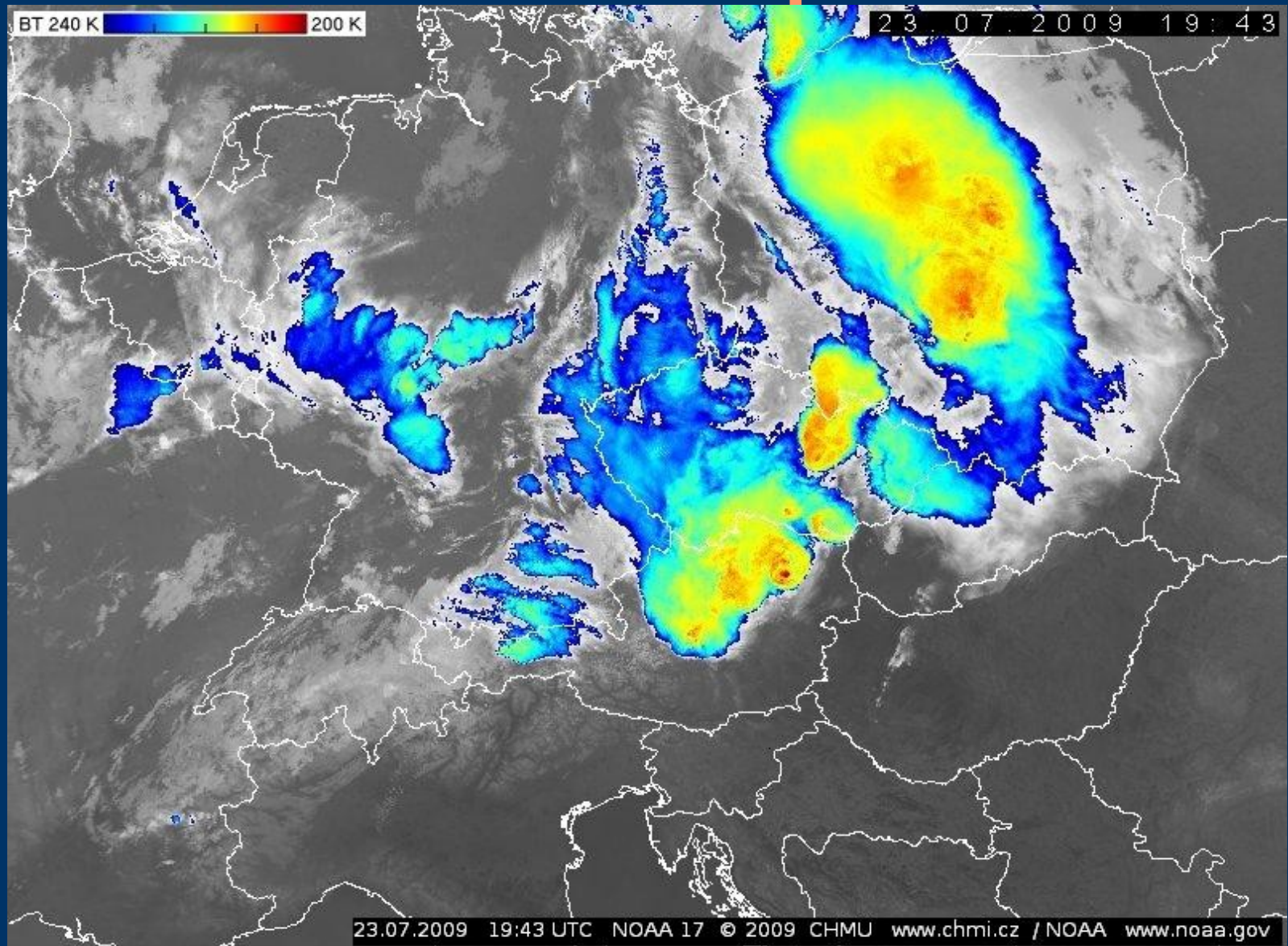


# Zdjęcia satelitarne – *derecho* w Polsce - 23 lipca 2009





# Zdjęcia satelitarne – *derecho* w Polsce - 23 lipca 2009



# *Derecho Composite Parameter*

- **Formuła:**  $DCP = (DCAPE/980) * (MUCAPE/2000) * (0-6 \text{ km shear}/20 \text{ kts}) * (0-6 \text{ km mean wind}/16 \text{ kts})$
  - W Polsce wartości DCP ponad 1,00, szczególnie nocami, oznaczają zagrożenie ze strony dobrze zorganizowanych burz wielokomórkowych i superkomórek, które mogą doprowadzać do gwałtownych porywów wiatru.
  - W Europie Środkowej wartości osiągające ponad 2,00 są wartościami alarmowymi, bardzo często przy takich wartościach występowały nawałnice z niszczącymi wiatrami i z dużym gradem
  - W dniu 23 lipca 2009 w czeskiej Pradze zanotowano rekordowe dla Europy DCP = 8,39, natomiast we Wrocławiu DCP = 4,18
  - W dniu 16 sierpnia 2008 DCP w Warszawie również był wysoki - 1,91
- 
-

# Możliwości przewidzenia gwałtownych burz w przyszłości.

- Położenie geograficzne Polski sprzyja silnym zjawiskom burzowym, nawet zimą. Klimat umiarkowany przejściowy.
  - Czynnikiem ograniczającym ryzyko silnych burz w Polsce są pasma górskie – Alpy i Karpaty – które często znacznie osłabiają strumień wyjątkowo nagrzanego powietrza zwrotnikowego. Zderzenie z masą powietrza polarnego (zwłaszcza polarnomorskiego) lub arktycznego odbywa się łagodniej, niż w USA, gdzie pasma górskie i równiny położone są południkowo.
  - Są jednak przypadki, gdy **gwałtowne zderzenie się mas powietrza, duża dynamika przepływu powietrza w troposferze oraz znaczna chwiejność termodynamiczna występują nad Polską**, co doprowadza do gwałtownych burz z dużym gradem, niszczącym wiatrem i z silnymi trąbami powietrznymi. Tak było w dniach: 15 – 16.08.2008, 23.07.2009. Kiedy to znów się powtórzy ? – nie wiemy... może za tydzień, może za 3 lata. **Wiadomo, że w niedalekiej przyszłości niszczące nawałnice znów uderzą w Polskę.**
- 
-





Dziękujemy  
za uwagę

