

ČESKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

# Polarimetrická radarová měření v síti CZRAD

RNDr. Petr Novák, PhD., petr.novak@chmi.cz

[www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)

Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 412-Komořany

tel.: +420 244 031 111, e-mail: [chmi@chmi.cz](mailto:chmi@chmi.cz)

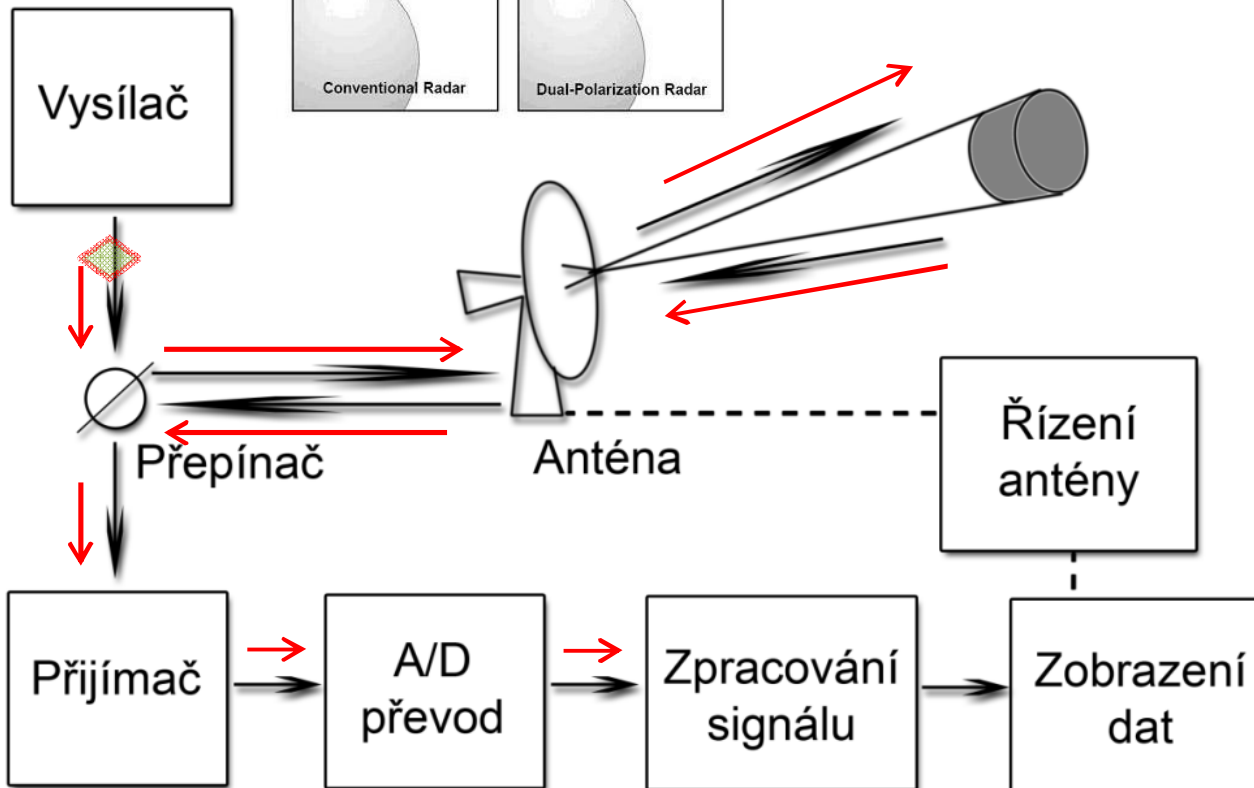
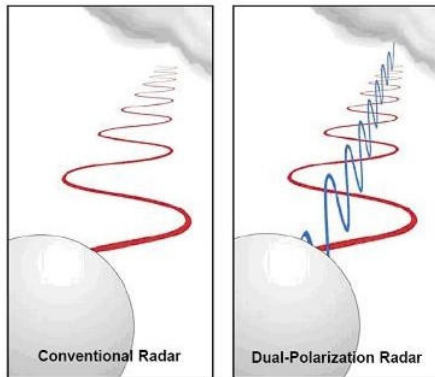
# Realizace veřejné zakázky „Komplexní obnova srážkoměrných radarů sítě CZRAD“ v roce 2015

na radaru Brdy i Skalky nainstalovány nové moderní polarimetrické dopplerovské radary Vaisala WRM-200 a obnova serverů a SW v radarovém centru

- ❑ Spolufinancováno z prostředků Operačního programu Životní prostředí.
- ❑ Modernizace byla důležitá pro zachování kontinuity měření kvalitních radarových dat v ČR.
- ❑ Nové radary jsou moderní přístroje, zcela srovnatelné s radary instalovanými v poslední době jinde v Evropě. Hlavním rozdílem v porovnání s předchozí generací radarů je zlepšení signálního zpracování a možnost polarimetrických měření.
- ❑ Polarimetrická měření poskytují nové typy dat, které lze využívat přímo pro rozlišení typu radarových cílů, ale zejména pro zkvalitnění standardních dat radarové odrazivosti a z nich počítaných odhadů srážek díky účinnější eliminaci nemeteorologických cílů a korekci útlumu radarového paprsku v silných srážkách. Radarová odrazivost zůstává nejdůležitější měřenou veličinou.



# CZRAD 2015



# CZRAD 2015

## Parametry radarových stanic ČHMÚ

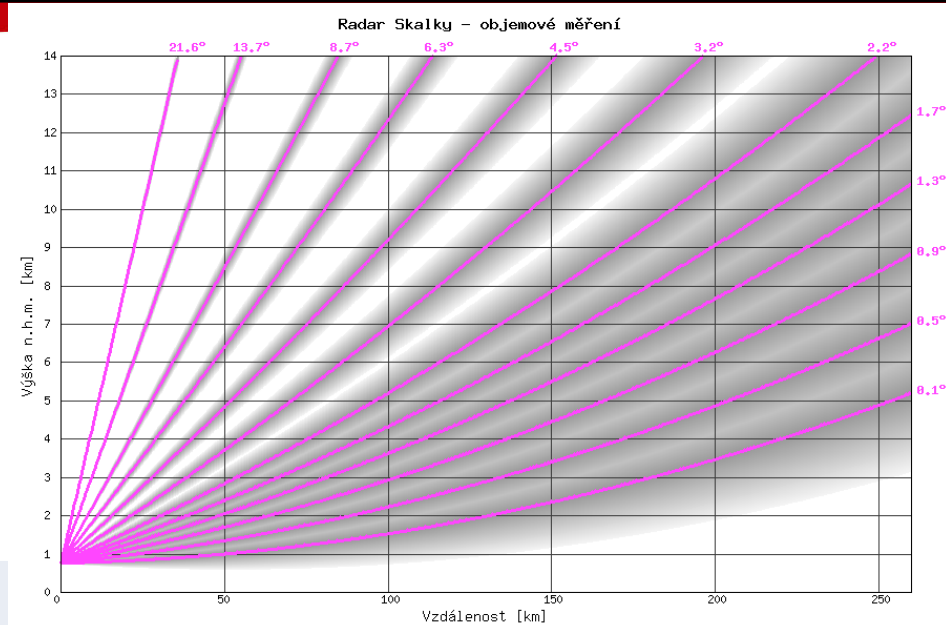


	Brdy – Praha	Skalky u Protivanova
Oblast	střední Čechy	střední Morava
WMO indikativ	11480	11718
Zeměpisná šířka	49° 39' 29,9" N ( 49,6583 N )	49° 30' 3,9" N ( 49,5011 N )
Zeměpisná délka	13° 49' 04,1" E ( 13,8178 E )	16° 47' 18,6" E ( 16,7885 E )
Nadmořská výška	860 m	730 m
Výška antény nad mořem	916 m	767 m
V provozu	od 1999	od 1995
Provozní vysílací frekvence (určená ČTÚ)	5630 MHz	5645 MHz



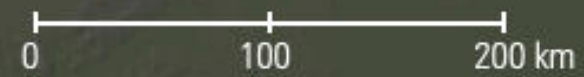
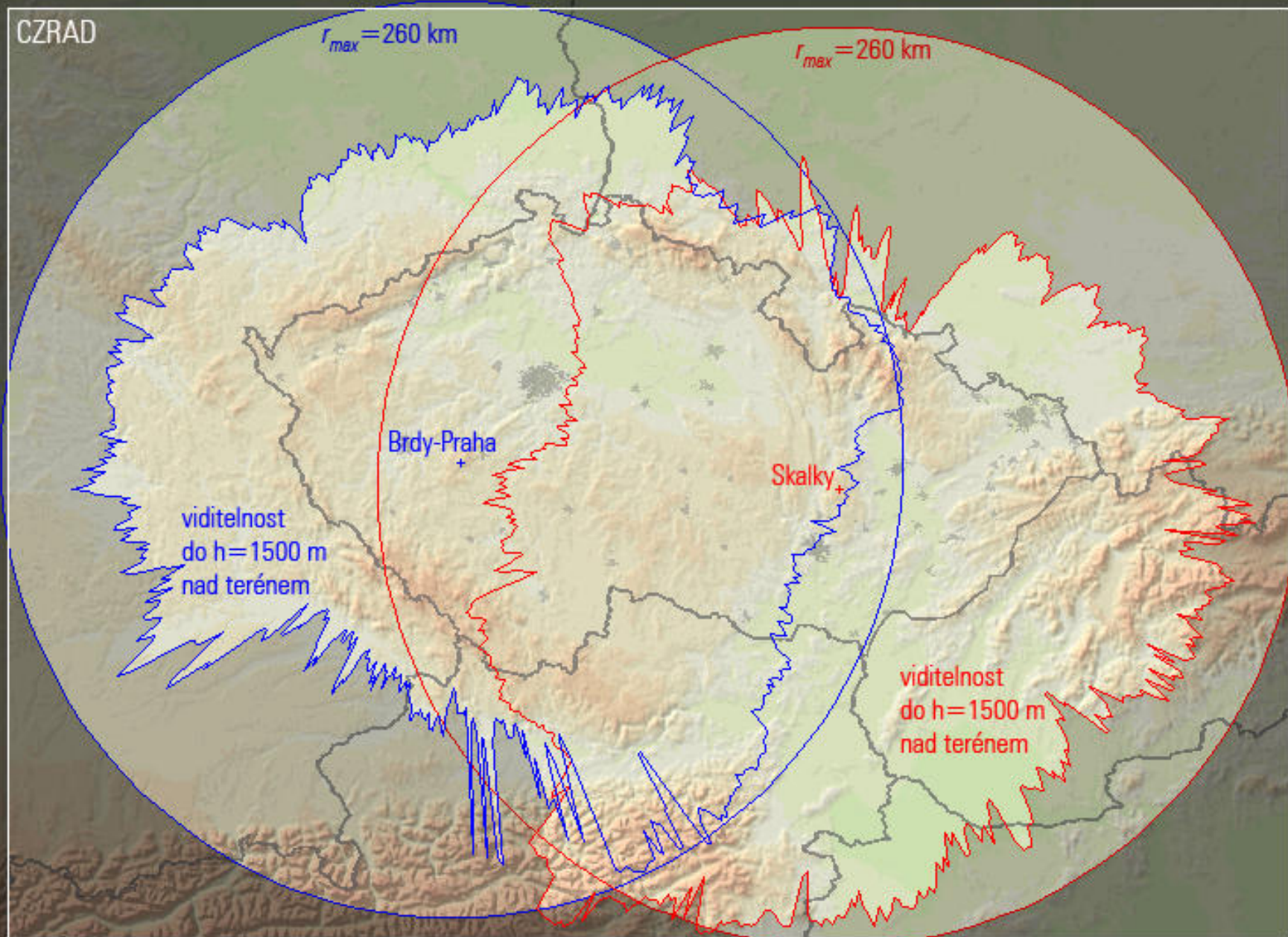
# CZRAD 2015

Index	Elevační úhel [°]	Vysílací mód	Délka pulsu [μs]	Opakovací frekvence [Hz]	Dosah [km]	Rozlišení vzdálenostní [m]	Rozlišení azimutální [°]	Rychlost otáčení antény [°/s]	Počet průměrovaných vzorků	Maximální určitel dopplerovská rych [m/s]
CZRAD3_Main (1x za 5 min.)										
1	21,6	H+V	0,8	1490	100	200	1	37,25	40	19,9
2	13,7	H+V	0,8	1490	100	200	1	37,25	40	19,9
3	8,7	H+V	0,8	1490	100	200	1	37,25	40	19,9
4	6,3	H+V	1,0	990	151	400	1	28,29	35	13,2
5	4,5	H+V	1,0	990	151	400	1	28,29	35	13,2
6	3,2	H+V	2,0	576	260	400	1	16,46	35	7,7
7	2,2	H+V	2,0	576	260	400	1	16,46	35	7,7
8	1,7	H+V	2,0	576	260	400	1	16,46	35	7,7
9	1,3	H+V	2,0	576	260	400	1	16,46	35	7,7
10	0,9	H+V	2,0	576	260	400	1	16,46	35	7,7
11	0,5	H+V	2,0	576	260	400	1	14,40	40	7,7
12	0,1	H+V	2,0	576	260	400	1	14,40	40	7,7
CZRAD3_Dop (1x za 10 min.)										
1	0,3	H+V	1,0	830/622	180	200	1	23,7	30	33,2



Parametry operativního  
objemového měření  
meteorologických radarů v síti  
CZRAD





# Zpracování radarových dat v ČHMÚ

- Pro tvorbu produktů pro koncové uživatele je v operativním provozu využíván softwarový balík RVD/RPD, vyvinutý v radarovém oddělení ČHMÚ. Využíván již pro zpracování objemových dat z předchozí generace radarů; díky tomu nedošlo po výměně radarů pro uživatele k žádným změnám ve formátu a přístupu k radarovým datům.
- Obdobně jako u předchozích radarů jsou naměřená objemová data ještě na radarových stanicích konvertována do interního formátu ČHMÚ RVD a odeslána do centra v Praze-Libuši (a na Řízení letového provozu) k dalšímu zpracování.
- Pro začlenění dat z nových radarů bylo třeba provést úpravy konverzních programů. Nejdříve konverze standardních dat (odrazivost , dopplerovská rychlost), následně doplněno zpracování i dalších polarimetrických veličin.
- V současnosti k dispozici 11 různých měřených veličin:
  - z , v , u , w , sqi , u<sub>v</sub> , zdr , rhohv , phidp , kdp , hclass



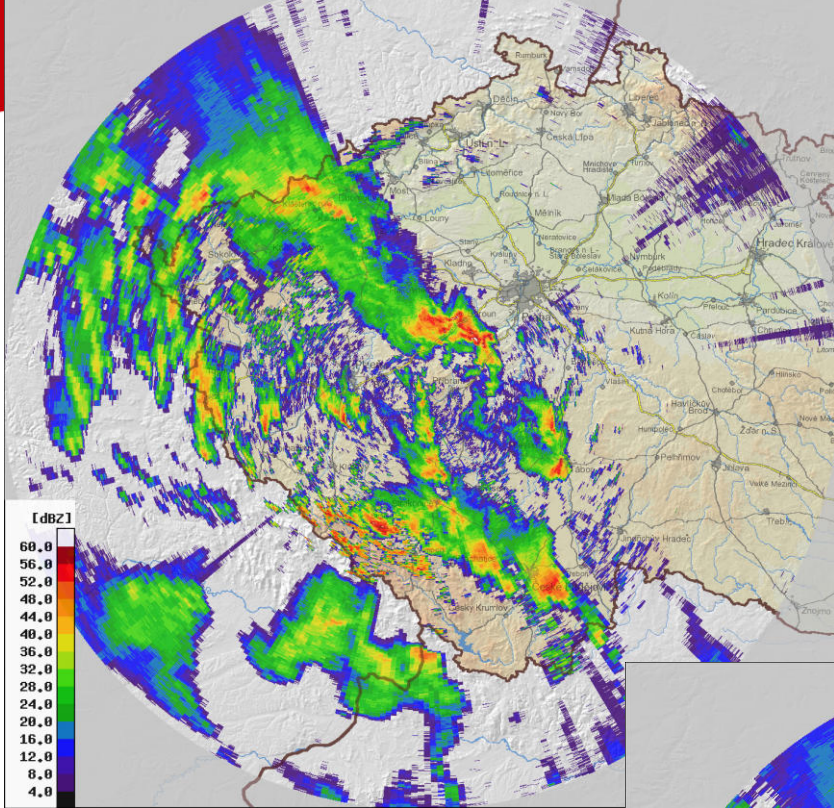
# Dostupné radarové veličiny

- $Z$  ( $Z_h$  - *horizontal reflectivity*) – (korigovaná) horizontální radarová odrazivost – odpovídá síle přijatého signálu s horizontální polarizací při vyslání horizontálně polarizovaného radarového pulzu. Po eliminaci pozemních odrazů, WIFL, korekci útlumu ...
- $Z_v$  (*vertical reflectivity*) – (korigovaná) vertikální radarová odrazivost – odpovídá síle přijatého signálu s vertikální polarizací při vyslání vertikálně polarizovaného radarového pulzu. Po eliminaci pozemních odrazů-WIFL, ... analogická veličina k  $Z_h$ .
- $U$  ( $U_h, T, Th$  – *uncorrected horizontal reflectivity/ total power*) – nekorigovaná horizontální radarová odrazivost – odpovídá síle přijatého signálu s horizontální polarizací při vyslání horizontálně polarizovaného radarového pulzu.
- $U_v$  ( $T_v$  *uncorrected vertical reflectivity/ vertical total power*) – vertikální radarová odrazivost – odpovídá síle přijatého signálu s vertikální polarizací při vyslání vertikálně polarizovaného radarového pulzu. Je to analogická veličina k  $U_h$ .

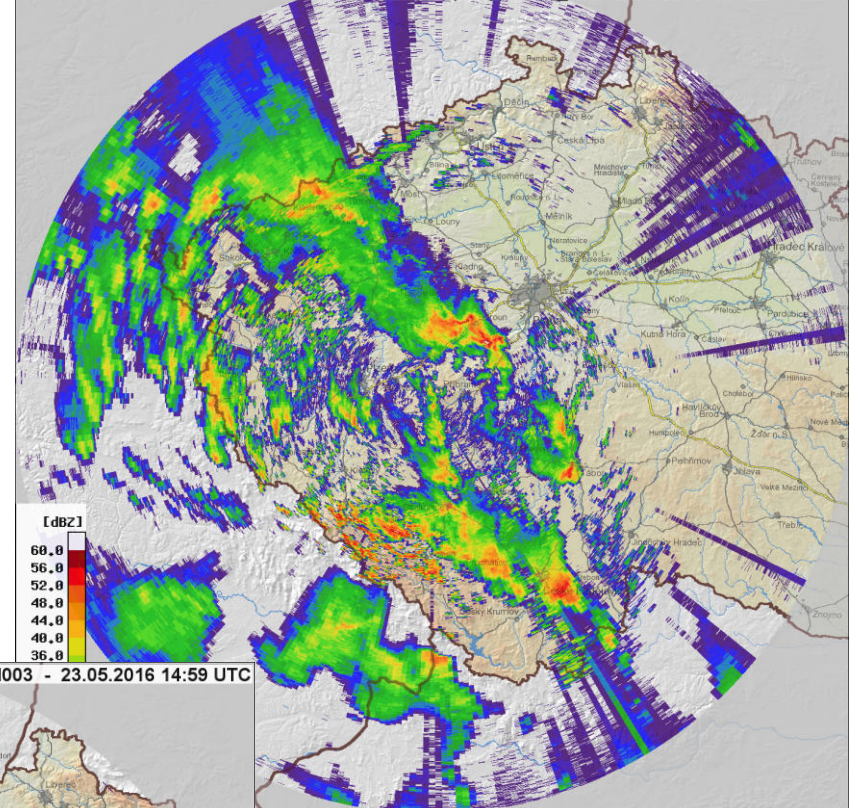




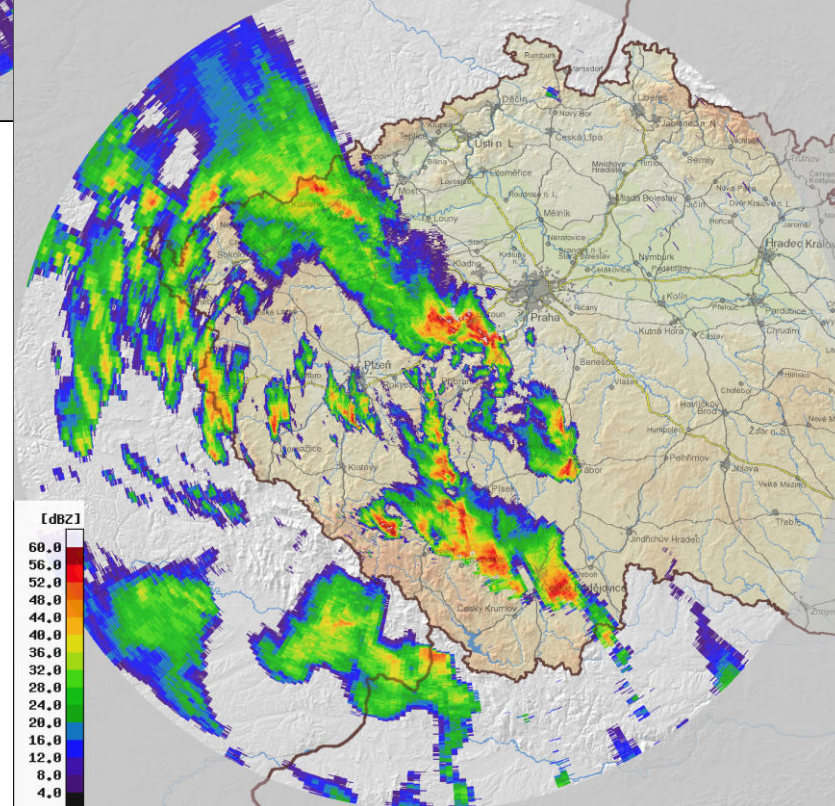
CZRAD (Brdy) - U\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



CZRAD (Brdy) - UV\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



CZRAD (Brdy) - Z\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC

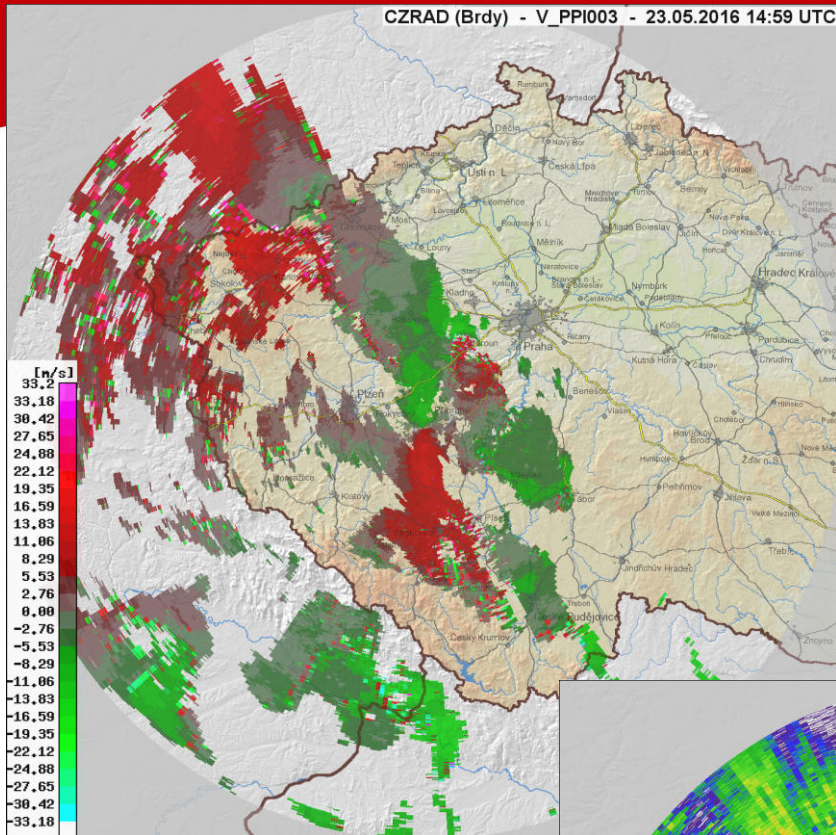


# Dostupné radarové veličiny

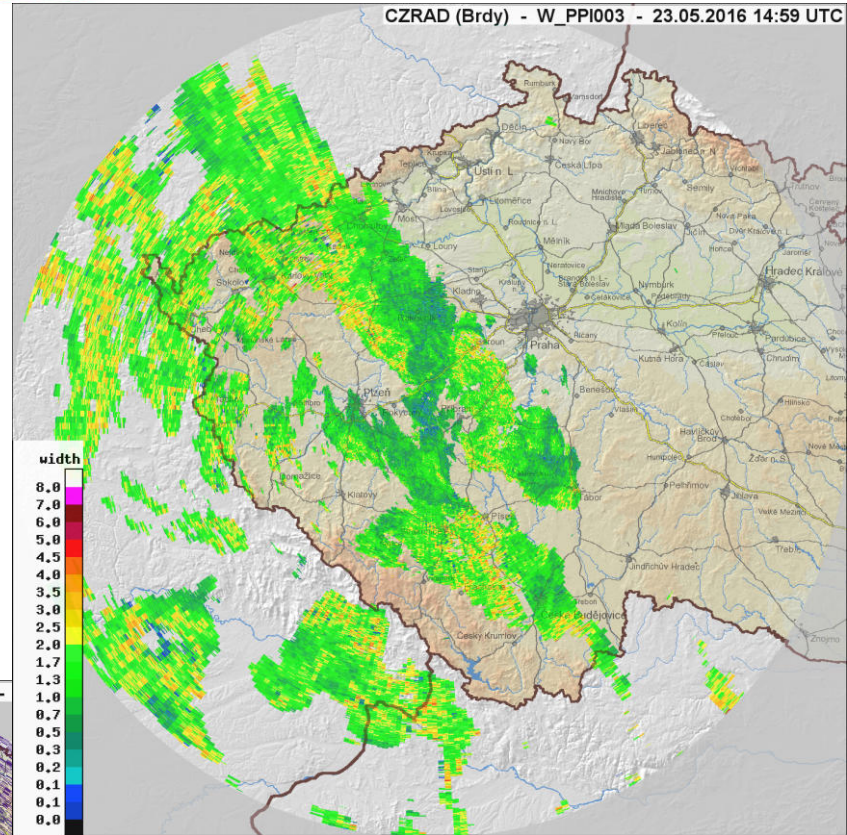
- *V (Doppler velocity)* – dopplerovská radiální rychlost – odpovídá změně frekvence přijatého signálu vůči vyslanému způsobenou pohybem radarového cíle.
- *W (Spectral width)* – šířka spektra – šířka frekvenčního spektra přijatého signálu – úměrná spektru rychlosti jednotlivých cílů v objemu radarového pulsu
- *SQL (Signal Quality Index)* – index kvality signálu – nízký pro slabé signály a/nebo pro signál s velkou šířkou spektra – může být využit k prahování/filtraci ostatních veličin



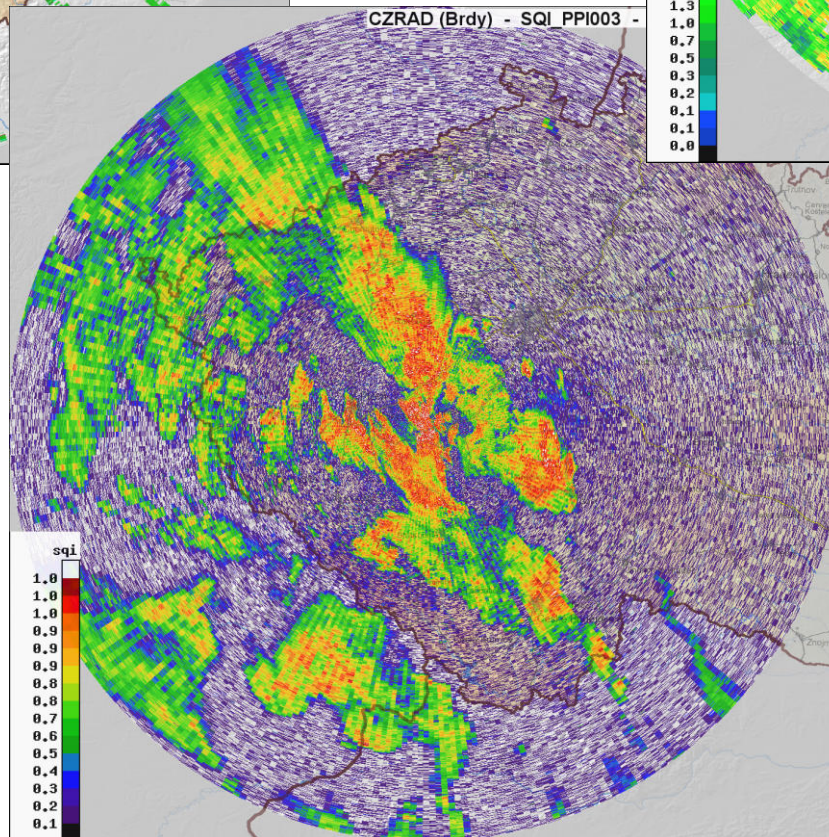
CZRAD (Brdy) - V\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



CZRAD (Brdy) - W\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



CZRAD (Brdy) - SQI\_PPI003 -

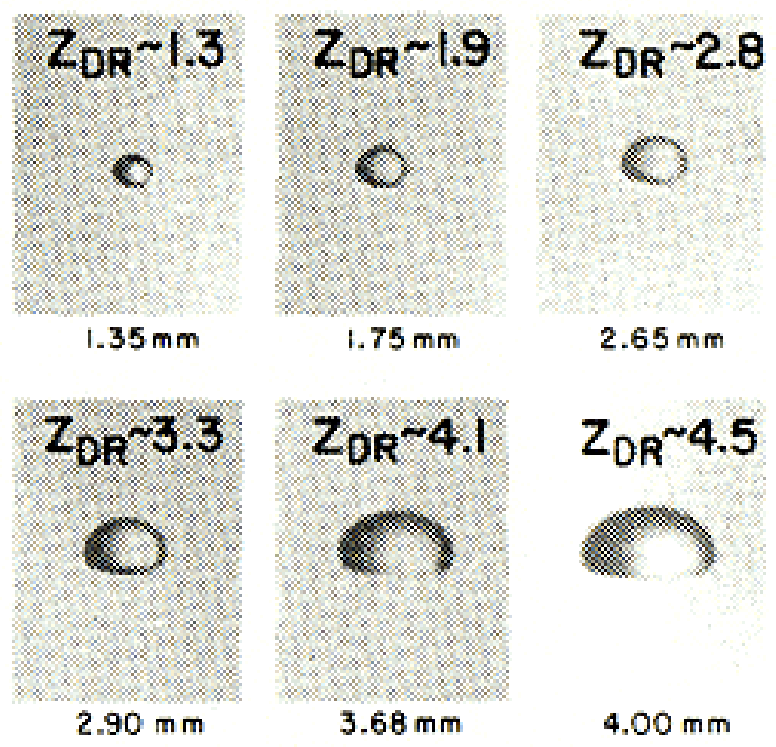
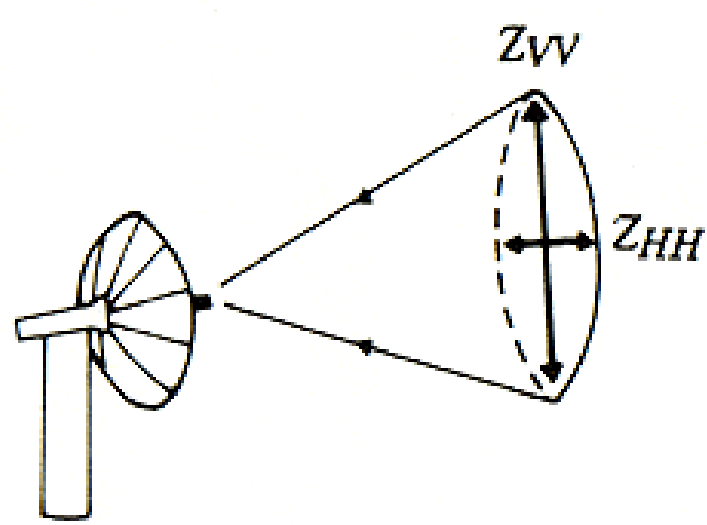


# Dostupné radarové veličiny

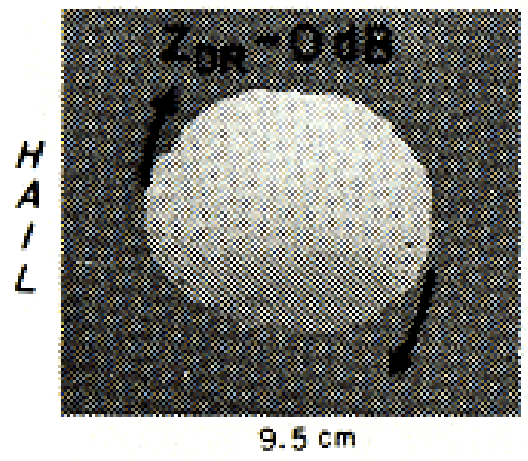
- *ZDR (differential reflectivity)* – rozdílová odrazivost, někdy též označována jako diferenciální odrazivost – odpovídá logaritmu podílu horizontální odrazivosti  $Z_h$  a vertikální odrazivosti  $Z_v$ . Vzhledem k tomu, že oblačné částice mají v důsledku odporu vzduchu při pádu větší horizontální rozměr než vertikální, případně jsou přibližně stejně velké, se hodnoty *ZDR* pohybují přibližně v rozmezí 0dB – +4dB s tím, že pro kapalně oblačné částice přibližně sféricky symetrické nebo větší v horizontálním směru *ZDR* nabývá kladných hodnot; pro kroupy, krupky či sníh se může *ZDR* pohybovat kolem nuly nebo být i záporná.
- *LDR (linear depolarization ratio)* – lineární depolarizační poměr – odpovídá logaritmu podílu síly signálu přijatého ve vertikálním a horizontálním kanálu při vysílání pouze v horizontálním kanálu. U sféricky symetrických částic je depolarizace zanedbatelná, výrazná je v oblastech s přítomností nesymetrických částic různě orientovaných – např. vrstva, kde dochází k tání oblačných částic (tzv. *bright band*) nebo oblasti výskytu krup.



Raindrops < 0.3 mm → Z<sub>DR</sub> ~ 0 dB



$$Z_{DR} = 10 \log_{10} (Z_{HH}/Z_{VV})$$



# Dostupné radarové veličiny

- *PhiDP (differential phase)* – rozdílová fáze – integrovaná veličina, která udává rozdíl mezi fázemi přijatého horizontálně a vertikálně polarizovaného radarového signálu. Statisticky jsou oblačné částice větší v horizontálním směru, proto horizontálně polarizovaný radarový puls typicky vykazuje větší fázový posun během šíření v atmosféře než vertikálně polarizovaný puls a *PhiDP* tak obvykle neklesá s rostoucí vzdáleností od radaru.
- *KDP (specific differential phase)* – specifická rozdílová fáze – derivace *PhiDP*, udává změny *PhiDP* s rostoucí vzdáleností od radaru. *KDP* je veličina, která se v publikacích věnovaným kvantitativním odhadům srážek z radarových měření často uvádí jako vhodný doplněk k obvykle používané radarové odrazivosti *Zh*. Mezi její výhody patří, že z principu není závislá na útlumu či částečném blokování radarového pulsu např. orografickými překážkami.

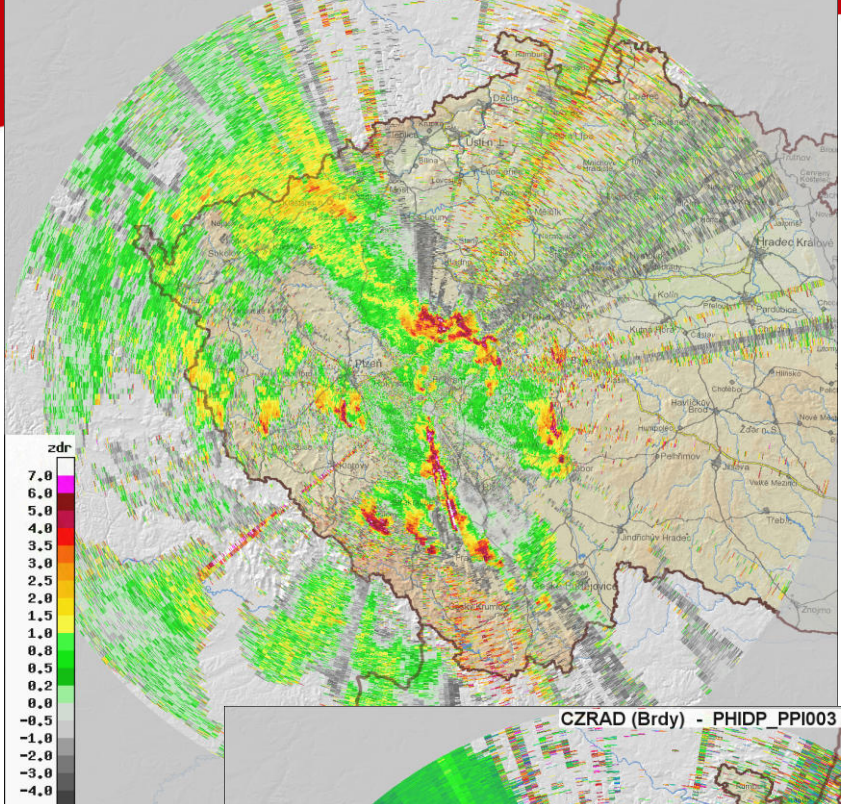


# Dostupné radarové veličiny

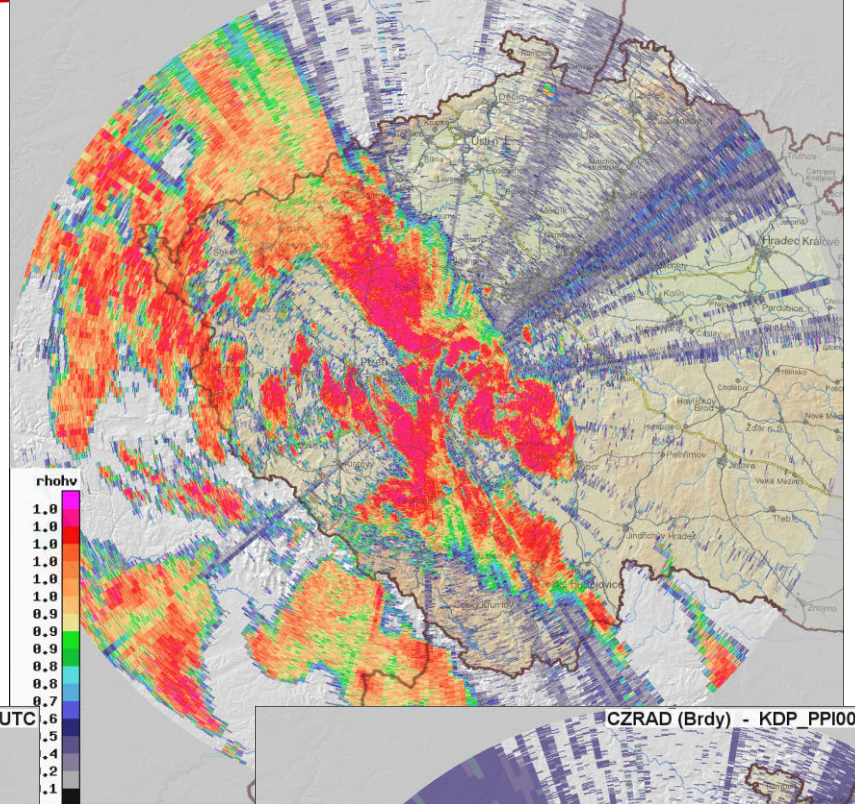
- *RhoHV (correlation between H and V channels)* – korelace mezi signály, přijatými z horizontálního a vertikálního kanálu. Je tím větší, čím je rozložení velikosti a typu částic v měřeném objemu homogennější. Tedy vyšších hodnot dosahuje např. v oblasti obsahující čistě vodní menší kapky nebo pouze sněhové vločky; v přechodové vrstvě, kde dochází k tání v přítomnosti různých typů částic a při přítomnosti velkých a nepravidelných částic je *RhoHV* nižší. Ještě nižších hodnot pak může dosáhnout v případě detekce některých nemeteorologických cílů.
- *HydroClass* – klasifikační algoritmus Vaisala, který kombinuje jednotlivé polarimetrické veličiny metodou „fuzzy logic“. Je kombinací více veřejně publikovaných klasifikačních metod. HydroClass umožňuje primárně rozlišovat nemeteorologické cíle, déšť, déšť se sněhem, sníh, krupky, a kroupy.



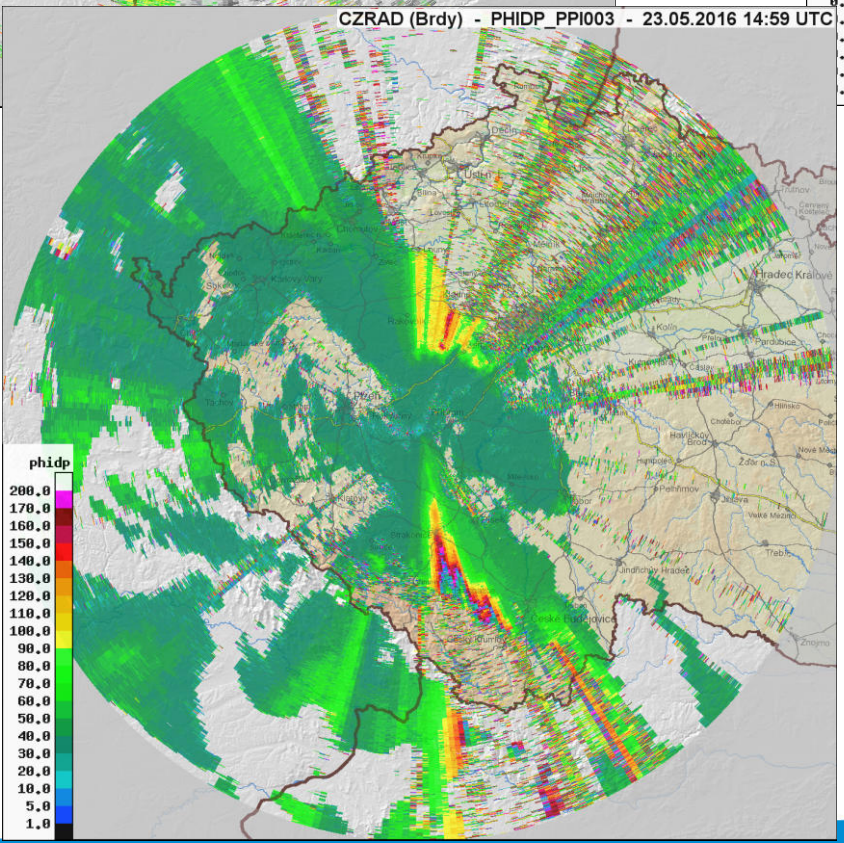
CZRAD (Brdy) - ZDR\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



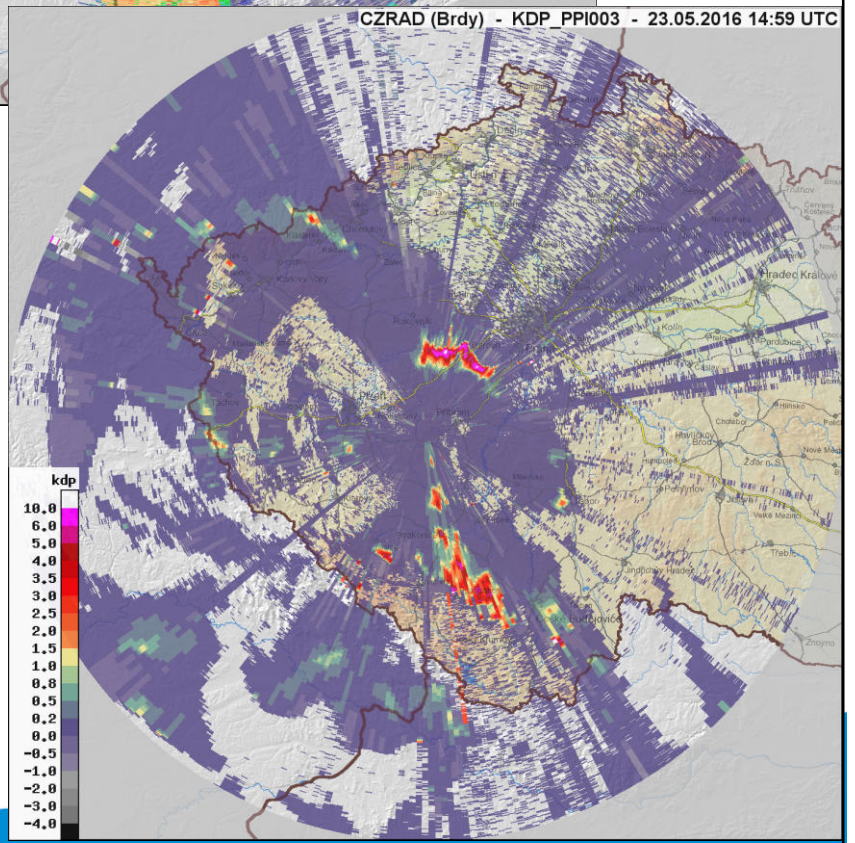
CZRAD (Brdy) - RHOHV\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



CZRAD (Brdy) - PHIDP\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



CZRAD (Brdy) - KDP\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



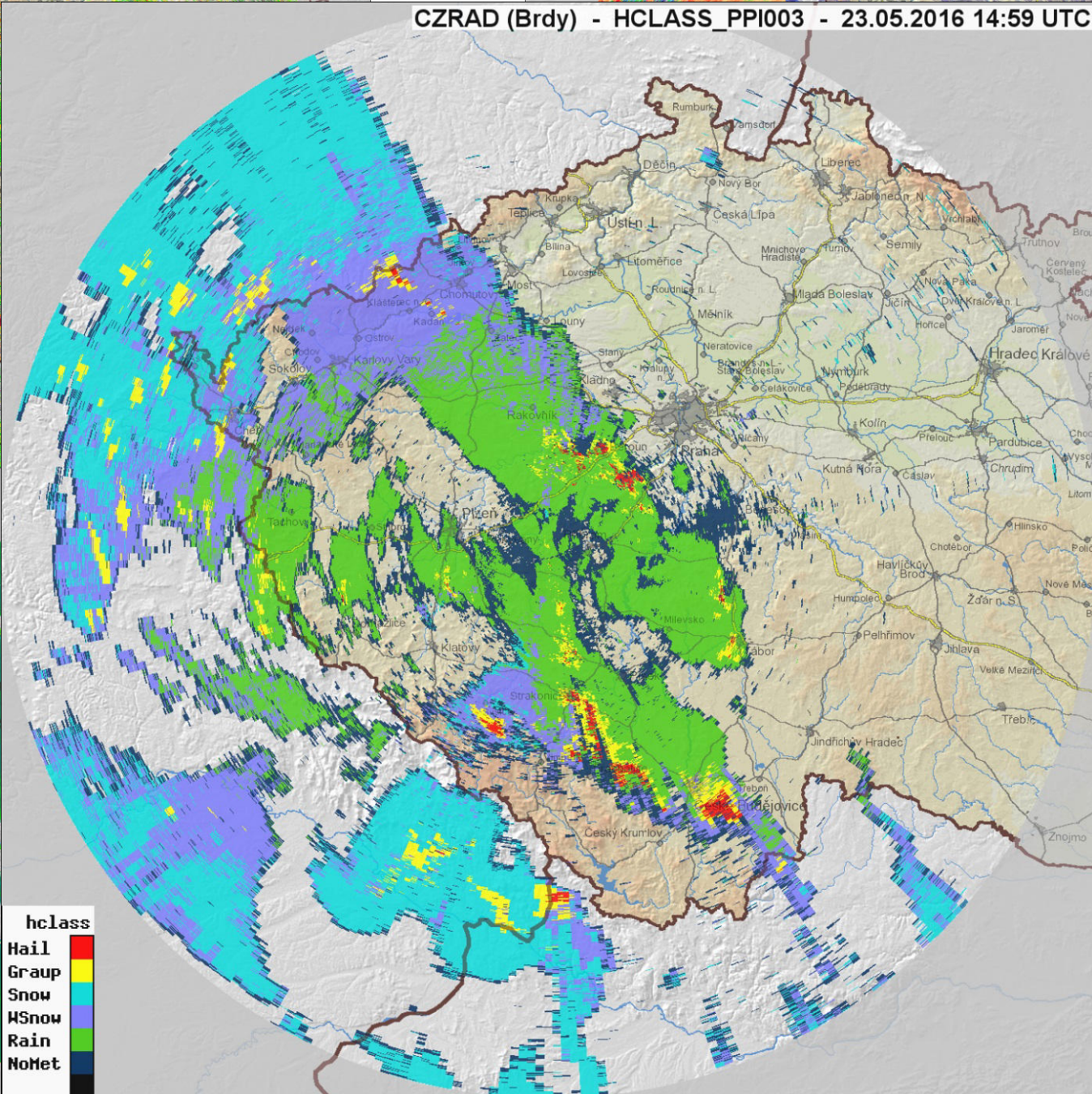
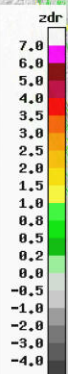


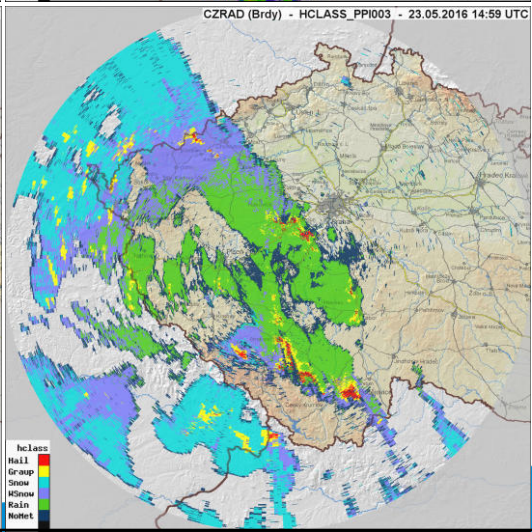
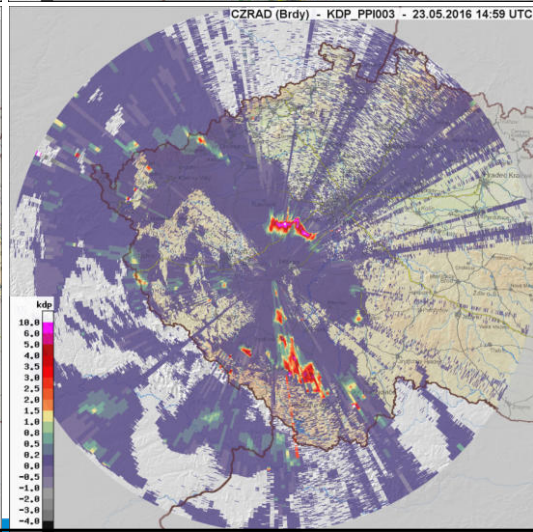
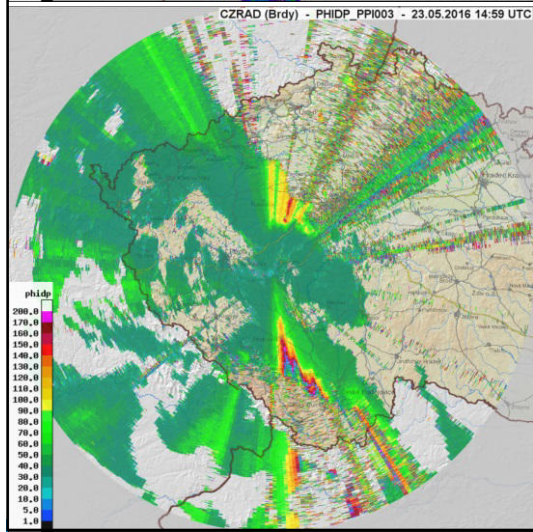
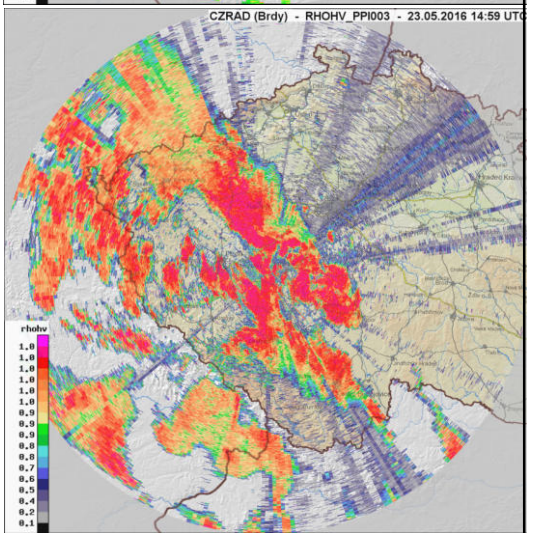
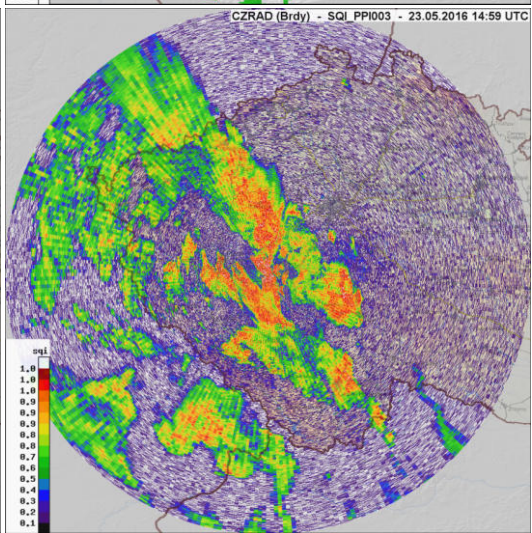
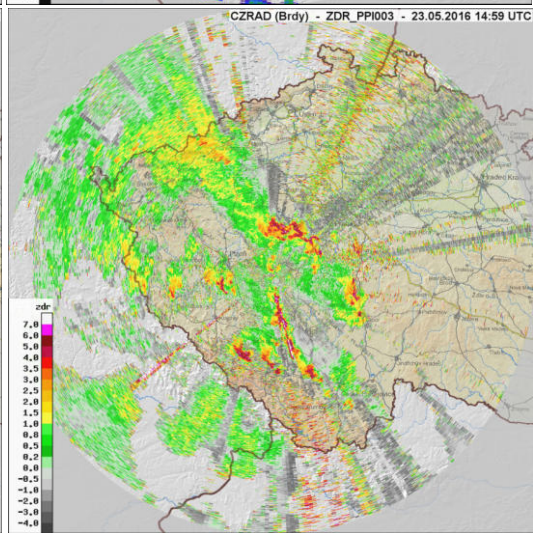
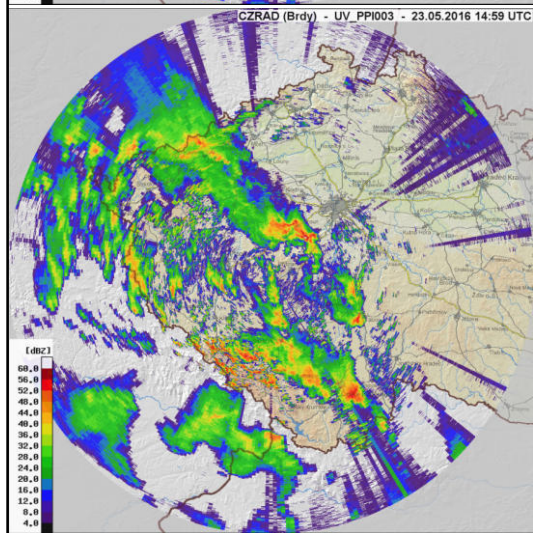
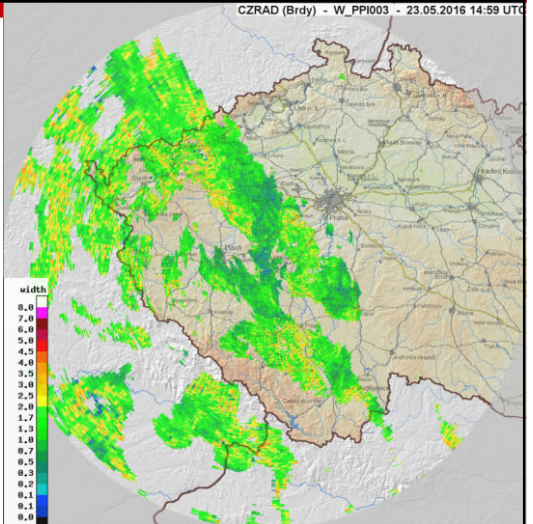
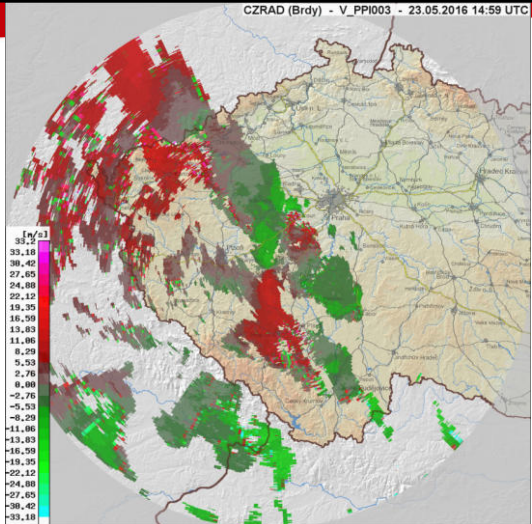
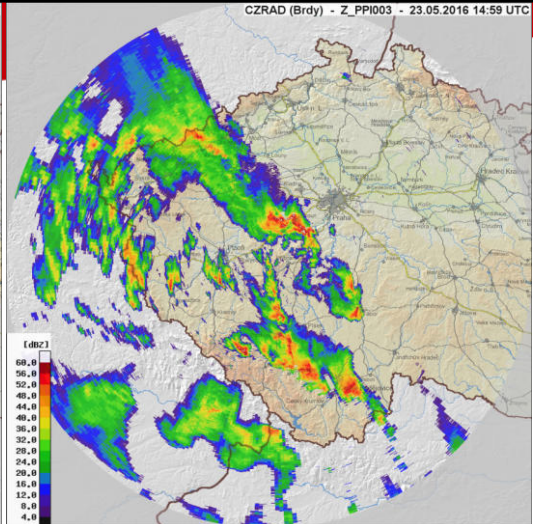
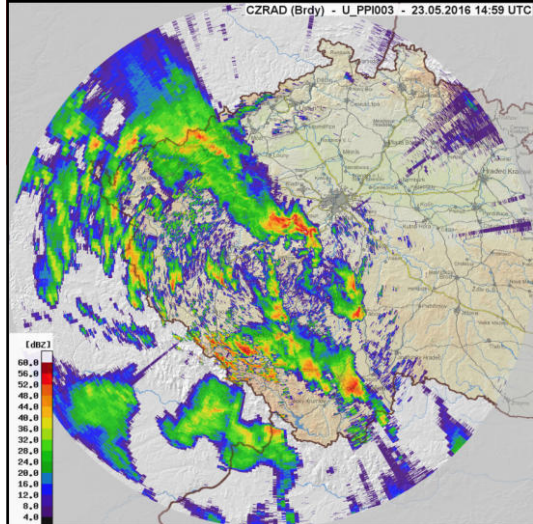
CZRAD (Brdy) - ZDR\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC

CZRAD (Brdy) - RHOHV\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC

CZRAD (Brdy) - HCLASS\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC

CZRAD (Brdy) - KDP\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC

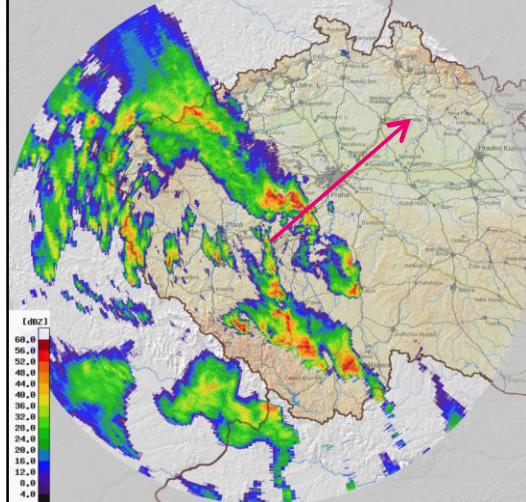




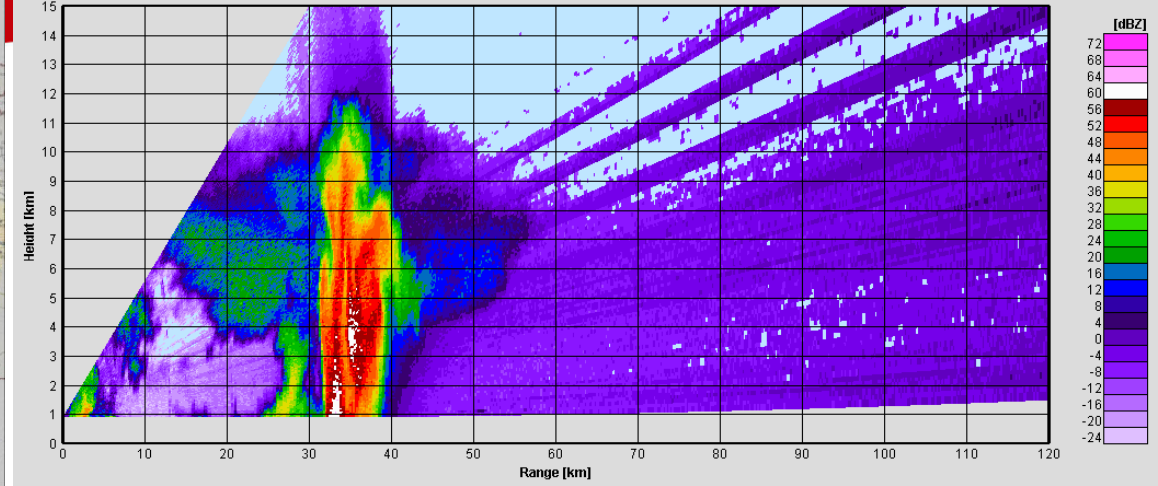
Všechny dostupné veličiny (momenty)



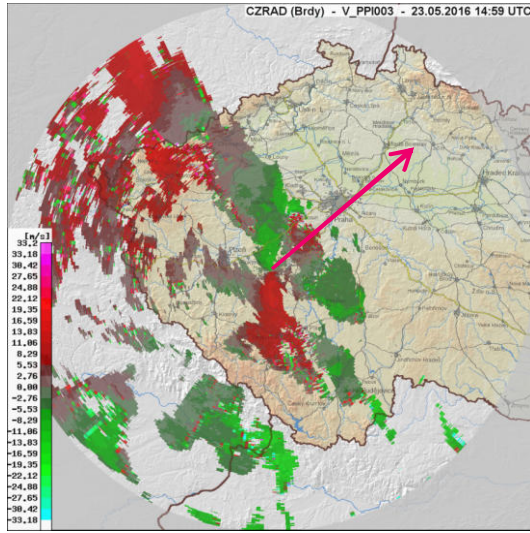
CZRAD (Brdy) - Z\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



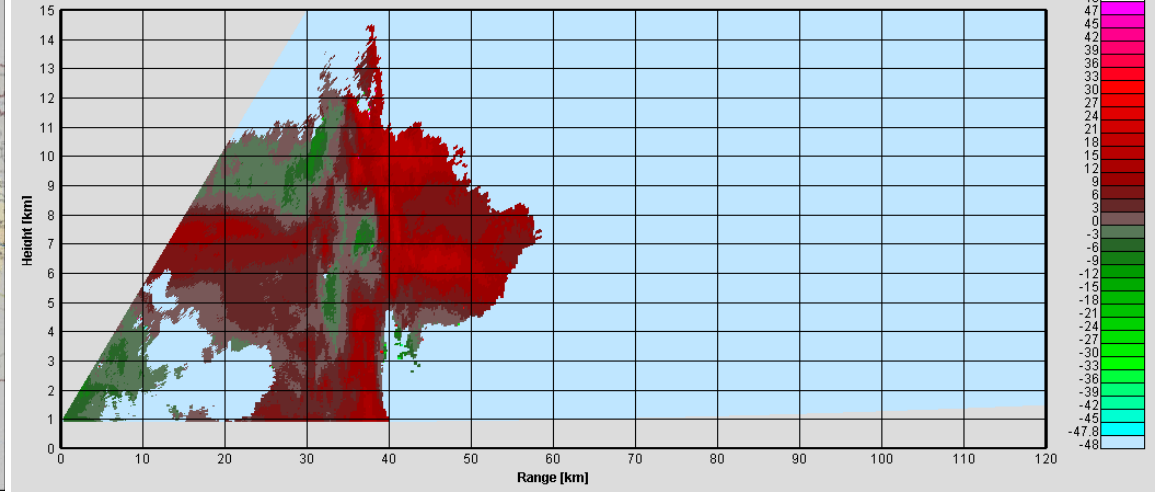
Radar Brdy RHI scan - az : 49.0deg. - moment : u - date : 23.05.2016 14:54 UTC



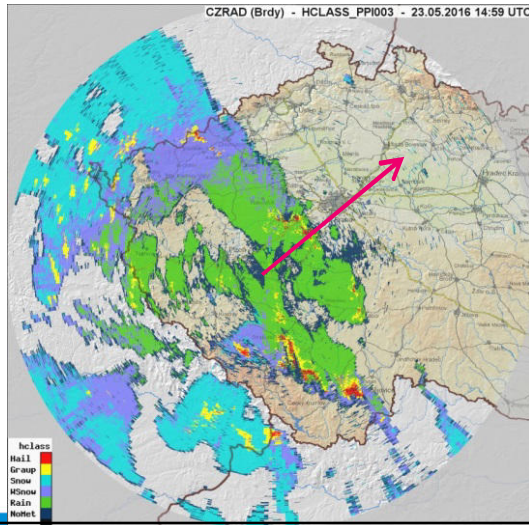
CZRAD (Brdy) - V\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



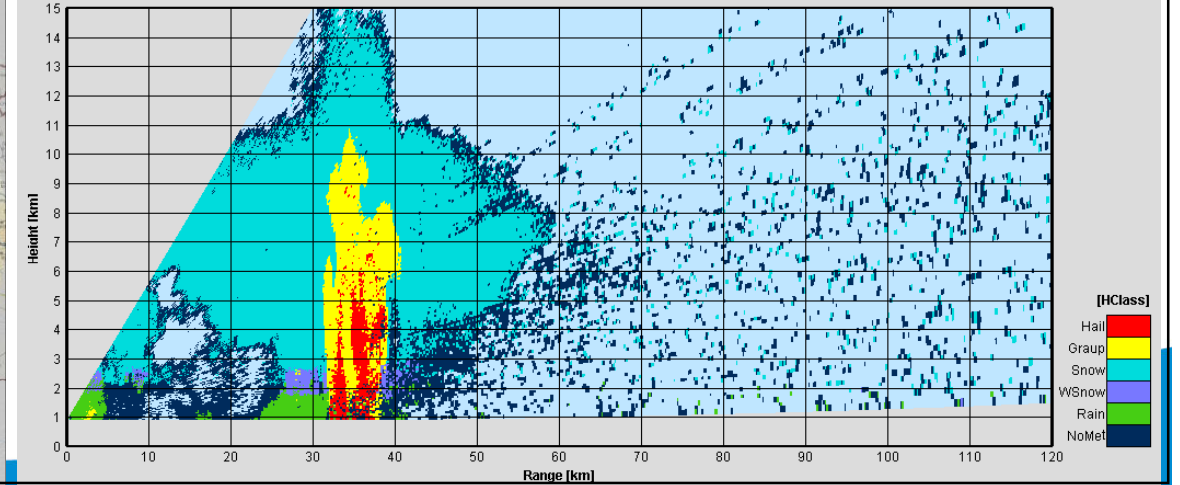
Radar Brdy RHI scan - az : 49.0deg. - moment : v - date : 23.05.2016 14:54 UTC



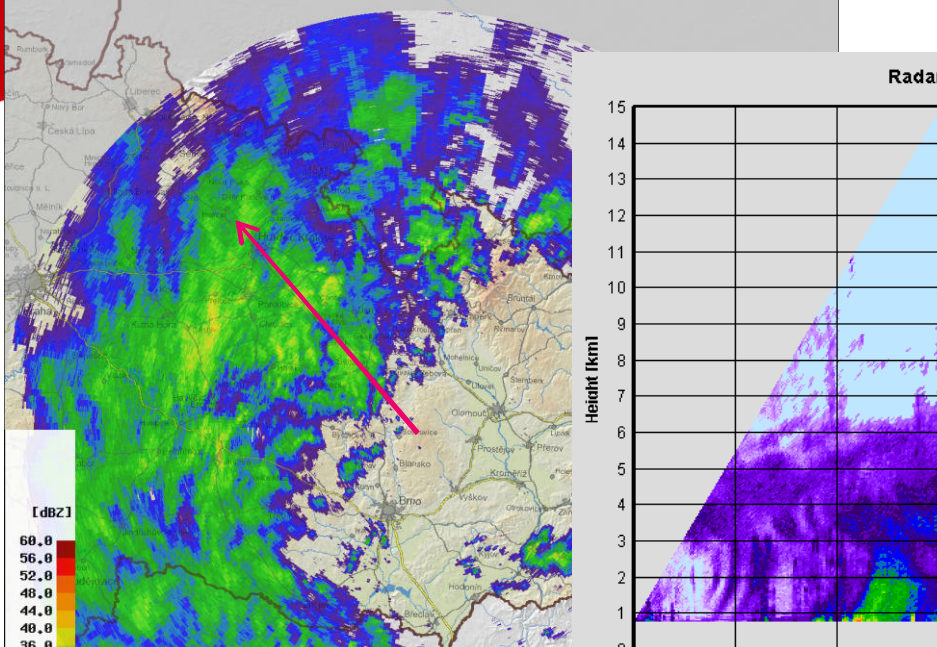
CZRAD (Brdy) - HCLASS\_PPI003 - 23.05.2016 14:59 UTC



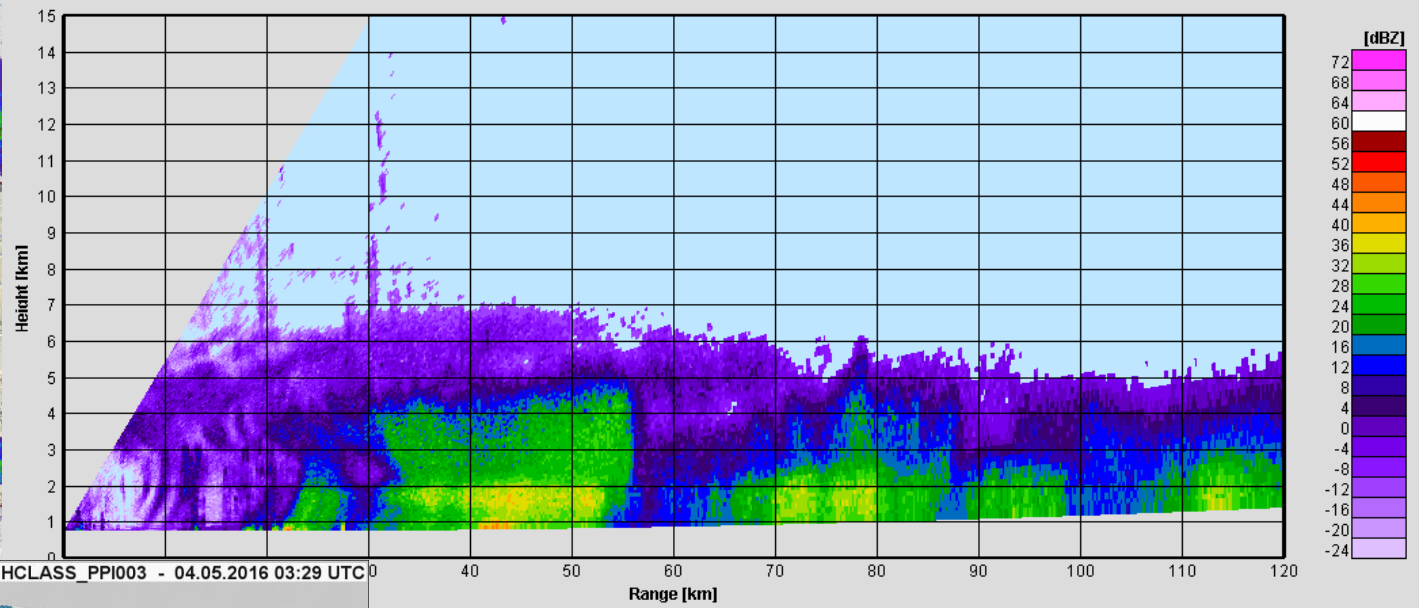
Radar Brdy RHI scan - az : 49.0deg. - moment : hclass - date : 23.05.2016 14:54 UTC



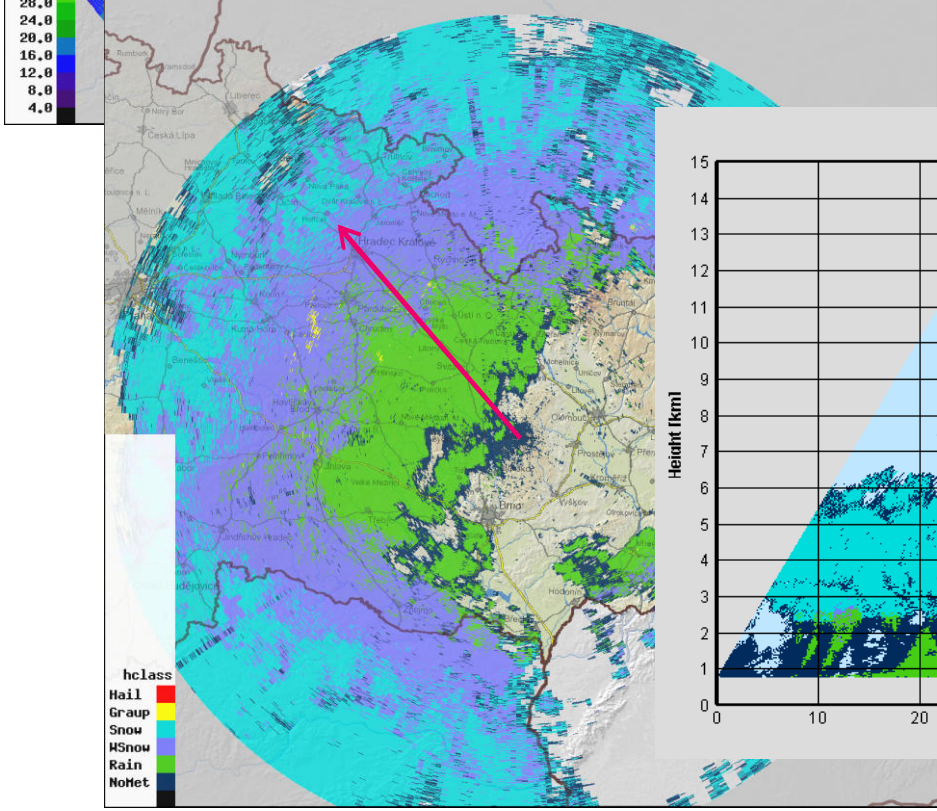
CZRAD (Skalky) - Z\_PPI003 - 04.05.2016 03:29 UTC



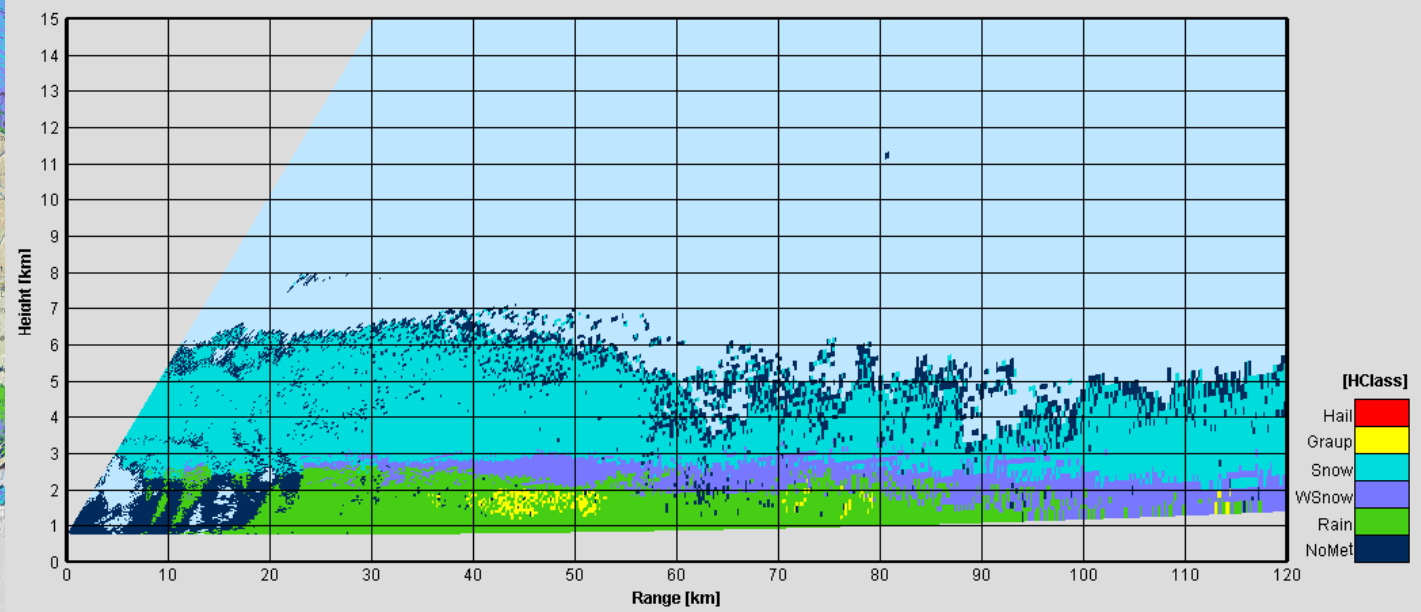
Radar Skalky RHI scan - az : 320.0deg. - moment : u - date : 04.05.2016 03:24 UTC



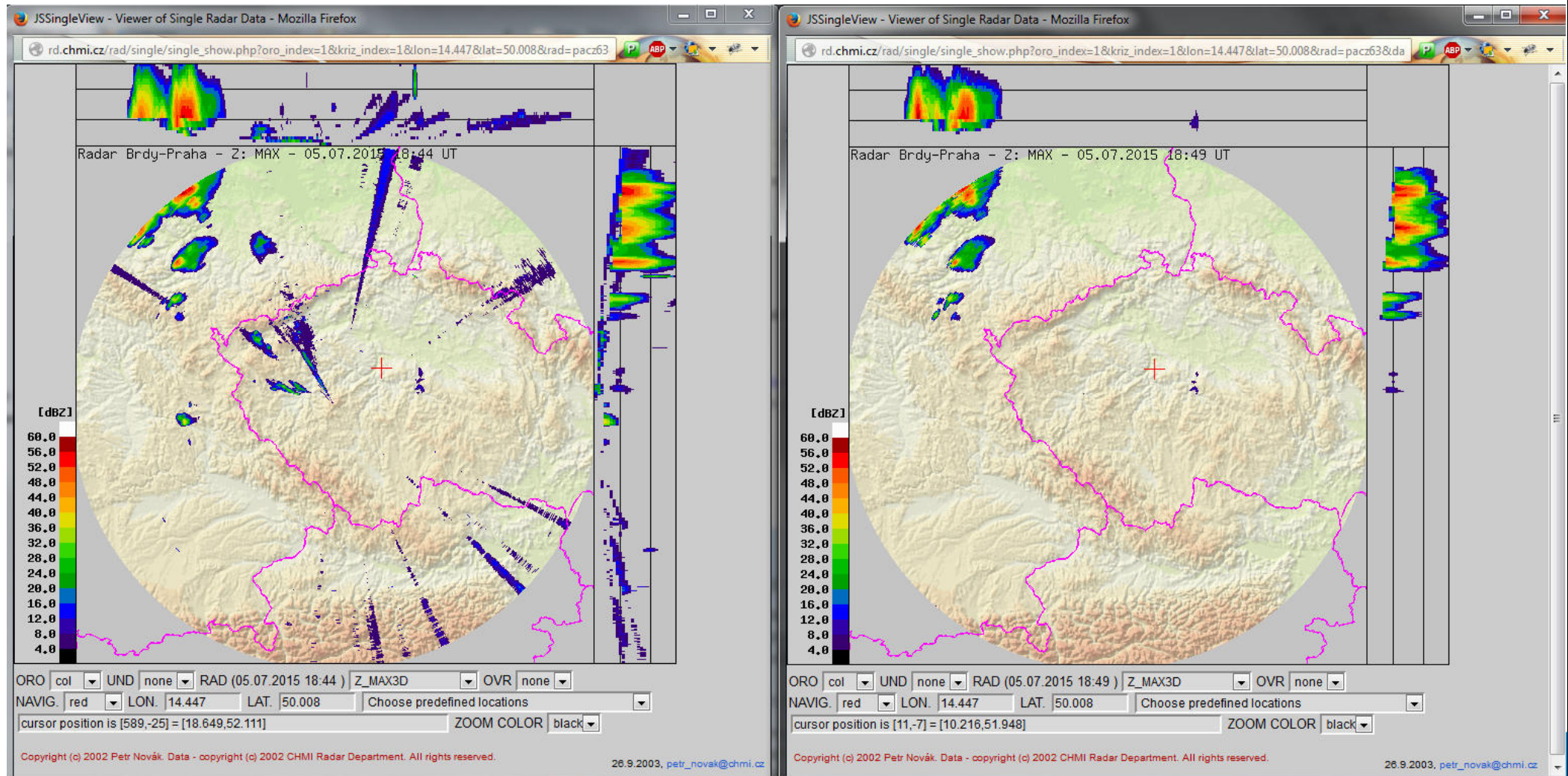
CZRAD (Skalky) - HCLASS\_PPI003 - 04.05.2016 03:29 UTC



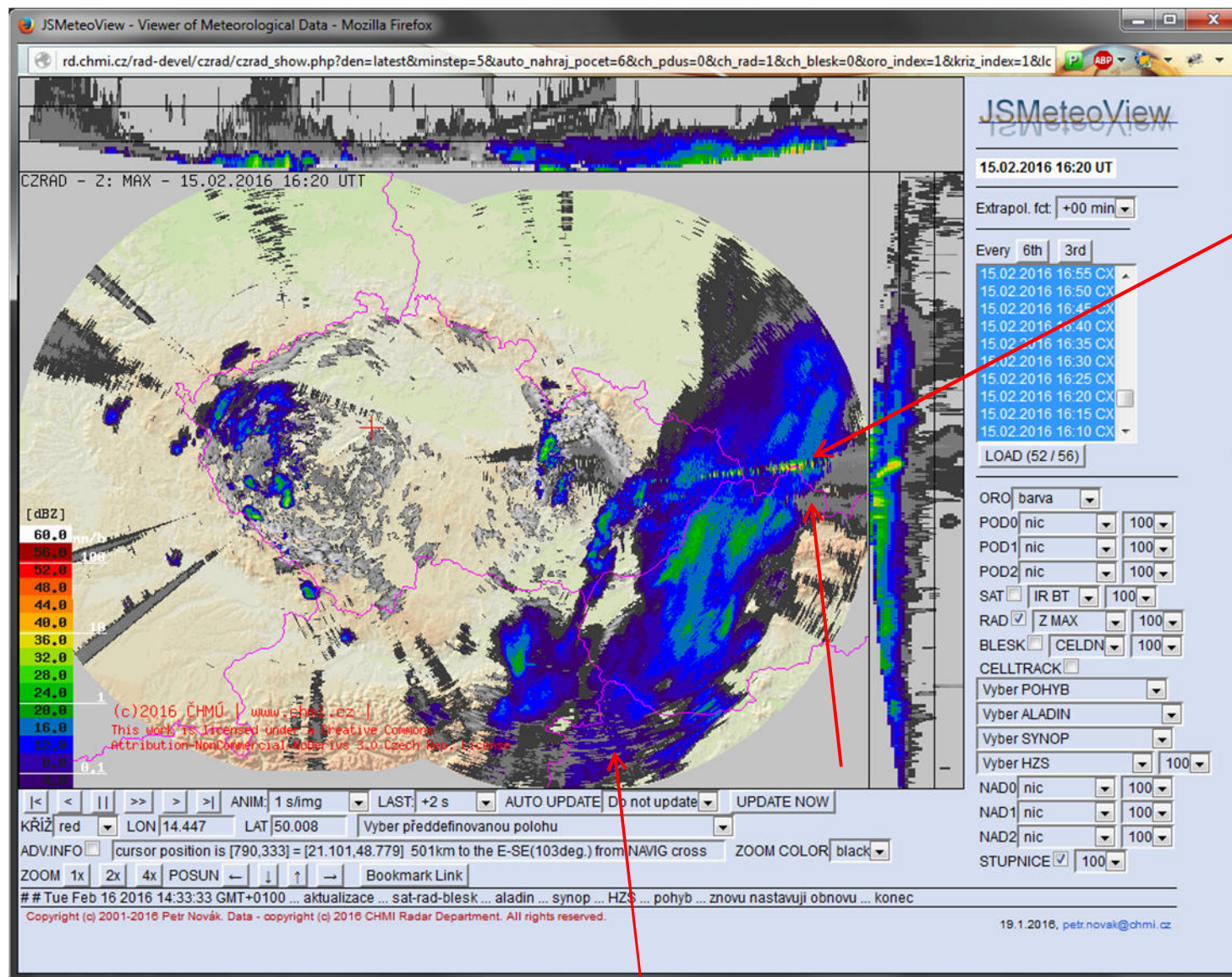
Radar Skalky RHI scan - az : 320.0deg. - moment : hclass - date : 04.05.2016 03:24 UTC



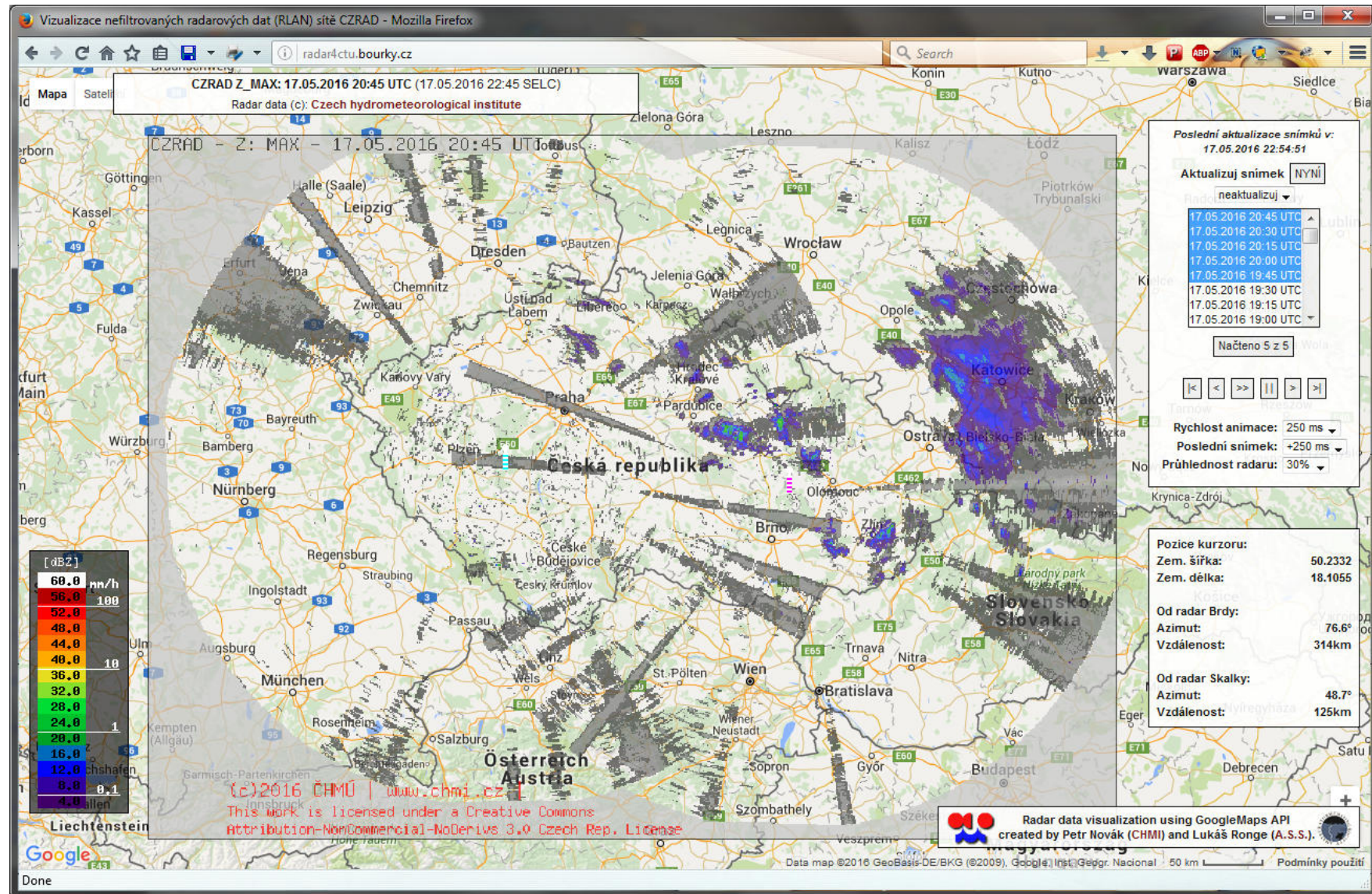
# Filtrace a korekce dat radiolokační odrazivosti s využitím polarimetrických veličin



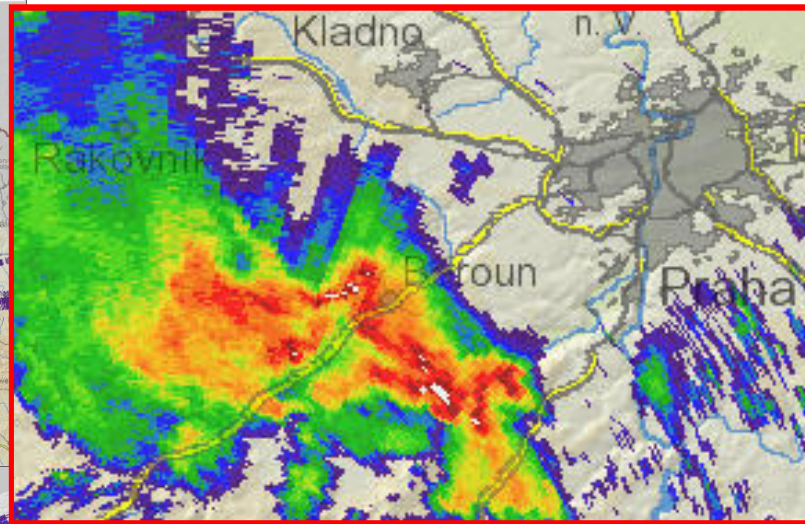
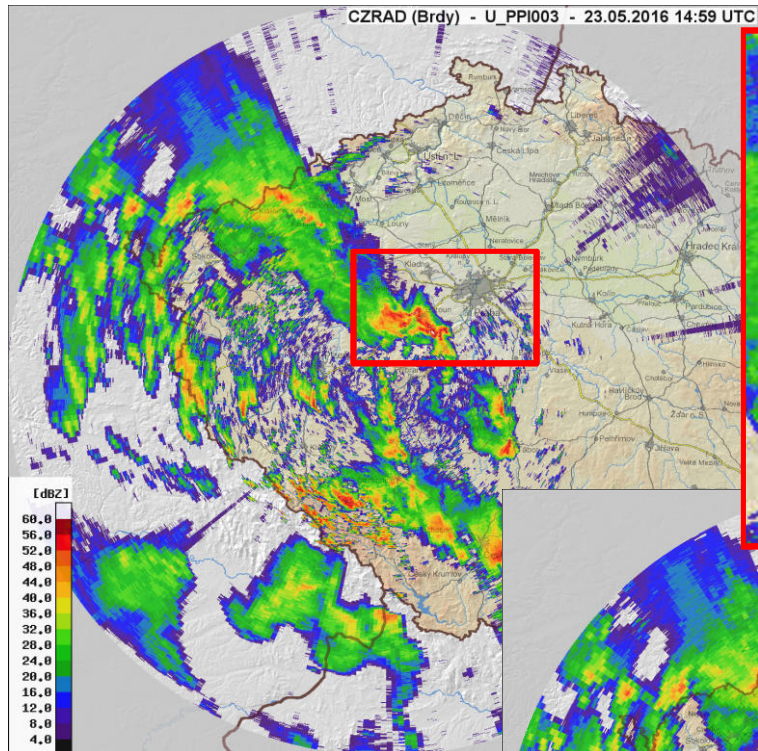
# Artefakty vlivem rušení



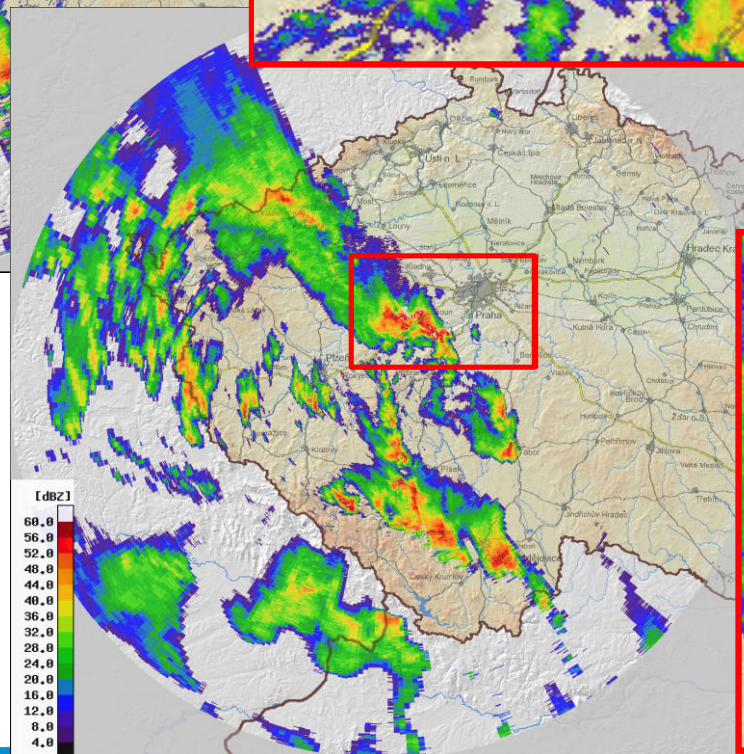
# Nefiltrovaná radarová data - rušení RLAN/WIFI – specializovaný produkt pro ČTÚ



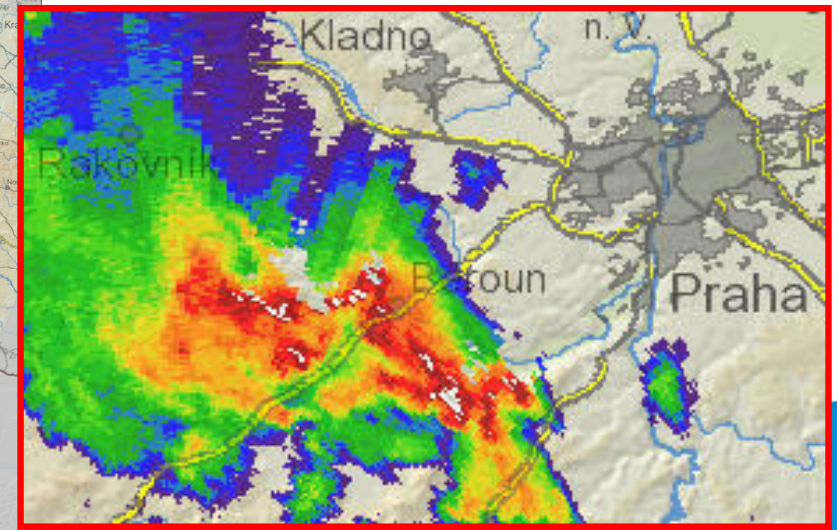
# Artefakty vlivem rušení RLAN/WIFI – „vyžírání“ meteo dat



Nekorigovaná odrazivost - U



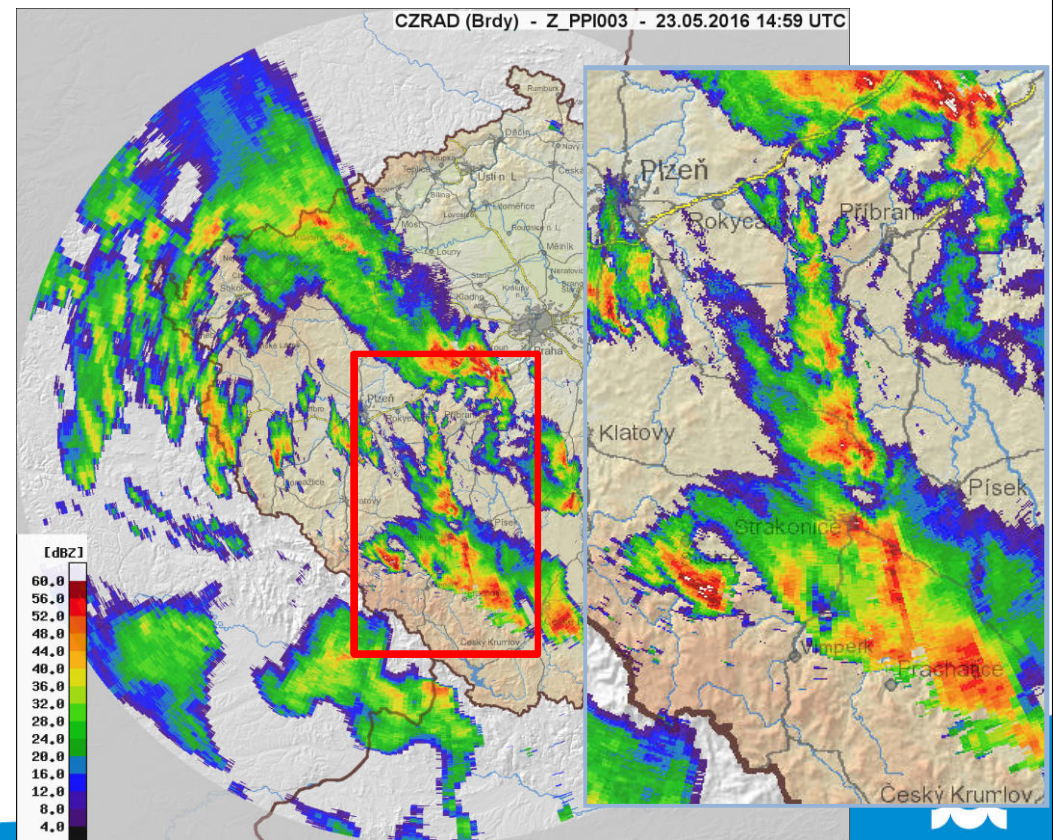
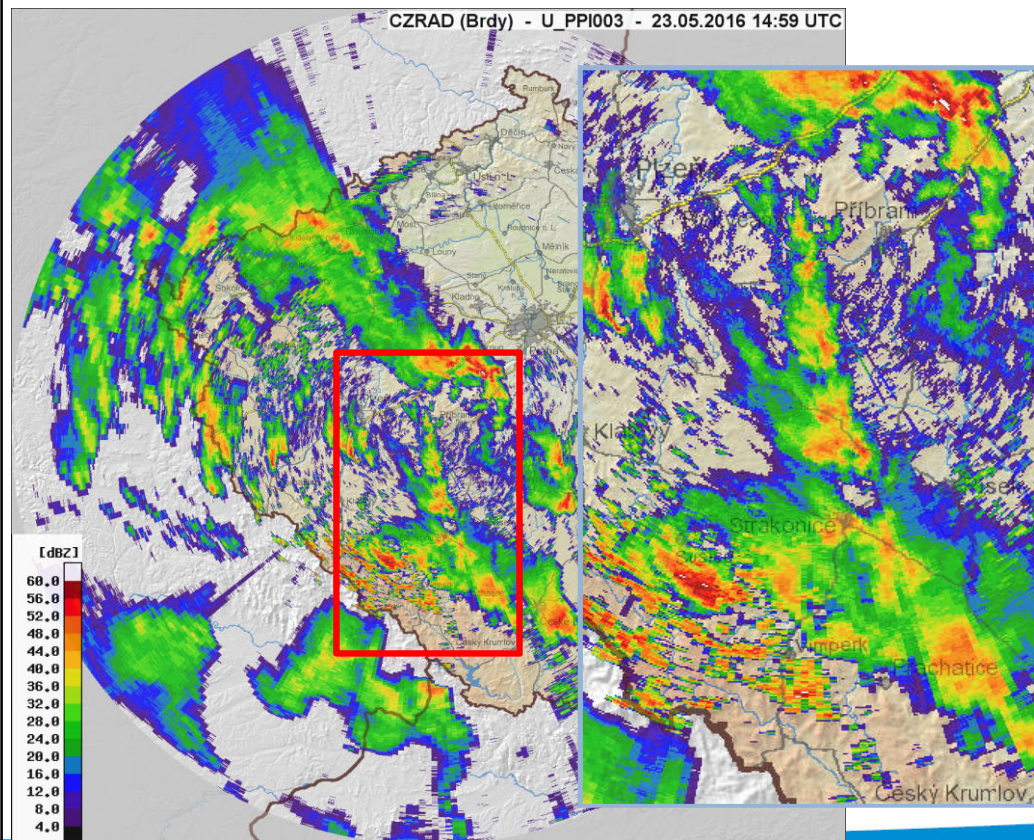
Korigovaná odrazivost - Z





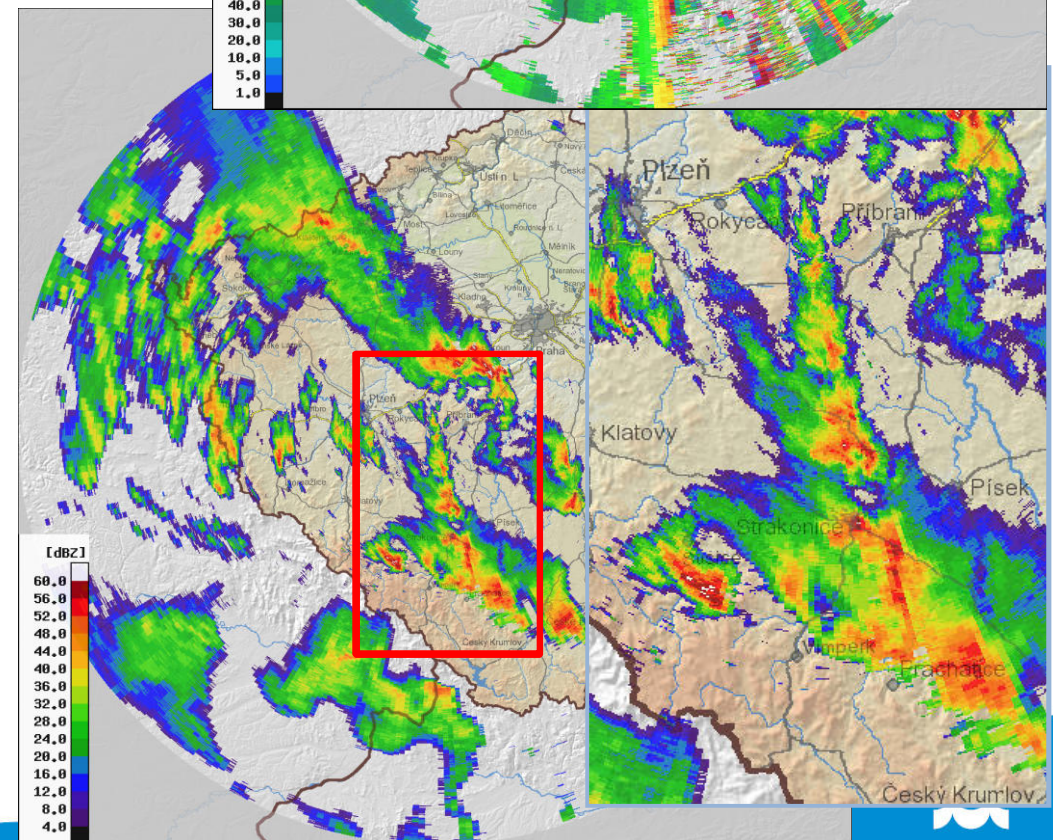
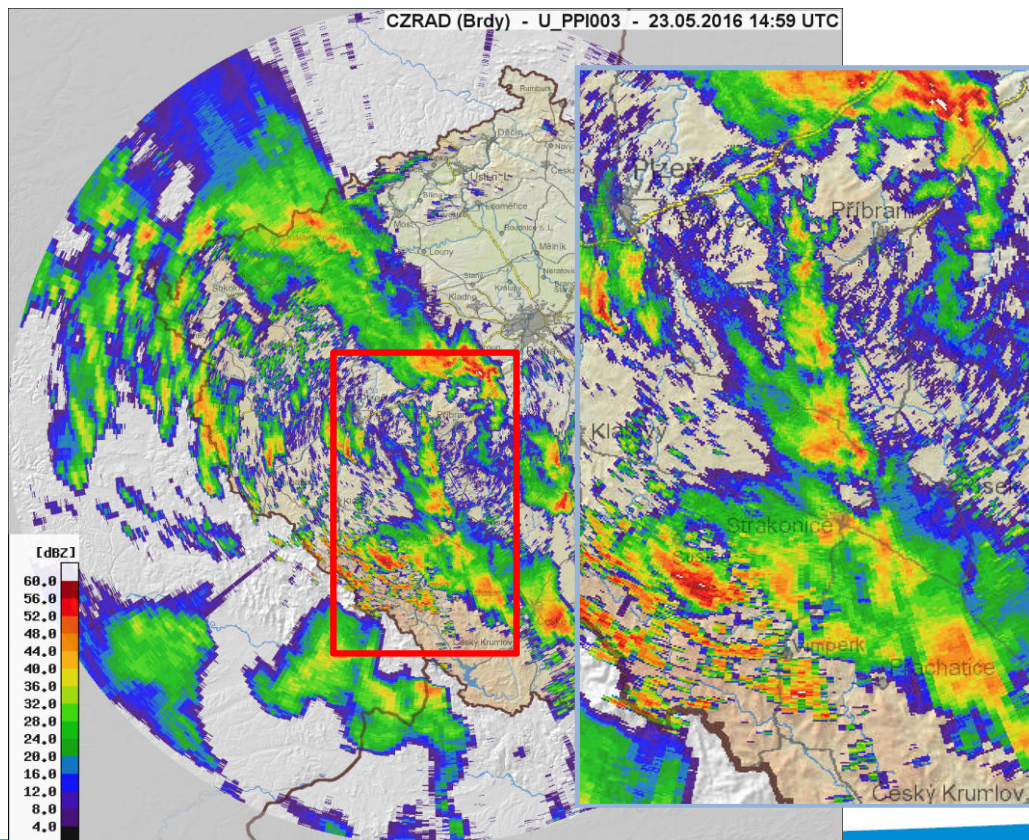
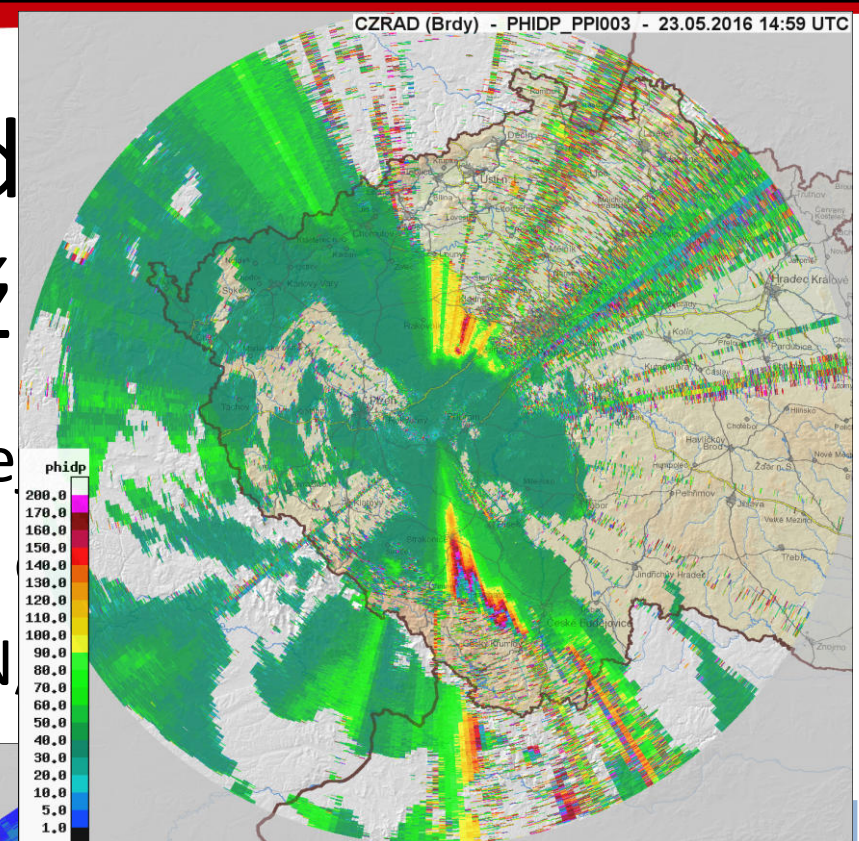
# Korekce radarové odrazivosti na útlumu ve srážkách

- Využívá polarimetrické momenty (zejména KDP, PhiDP)
- Testování v 2016, od podzimu 2016 operativní
- Možné artefakty vlivem rušení RLAN/WIFI



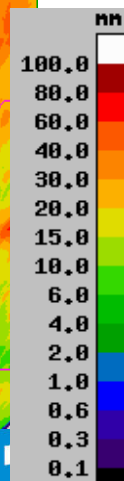
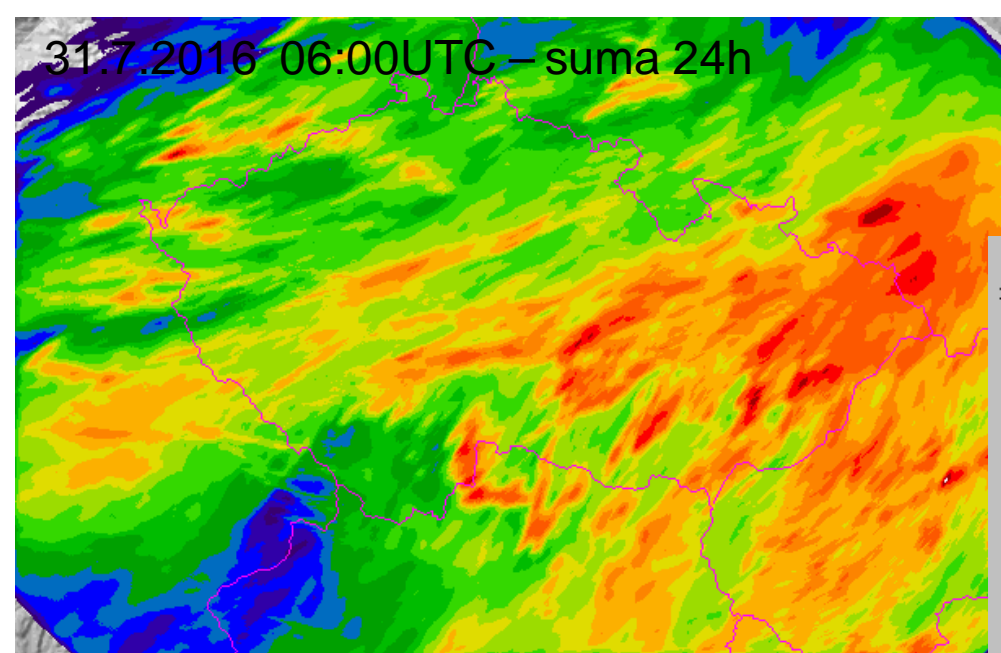
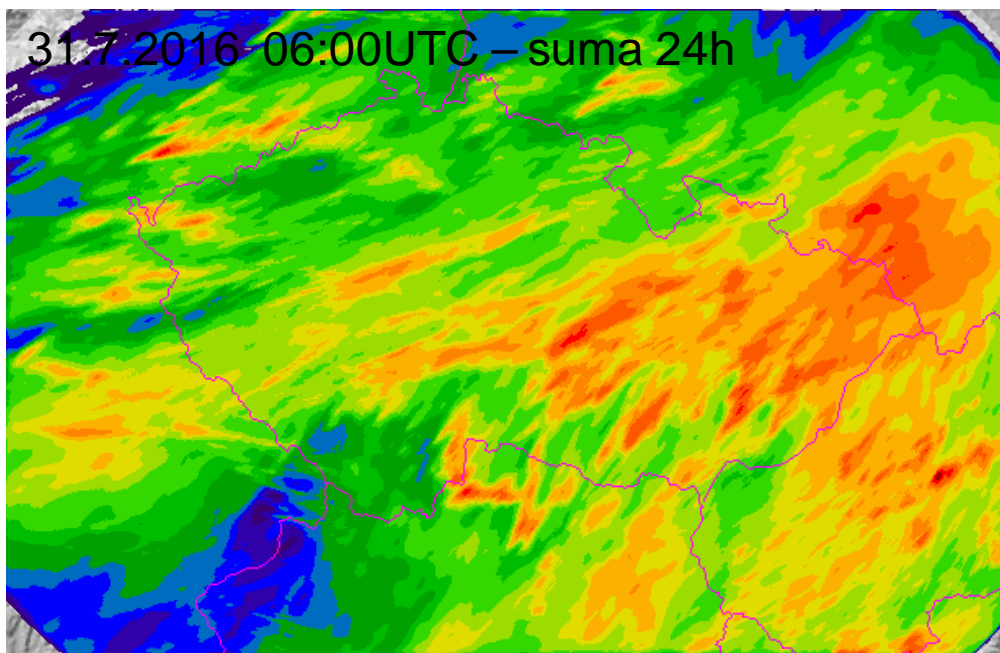
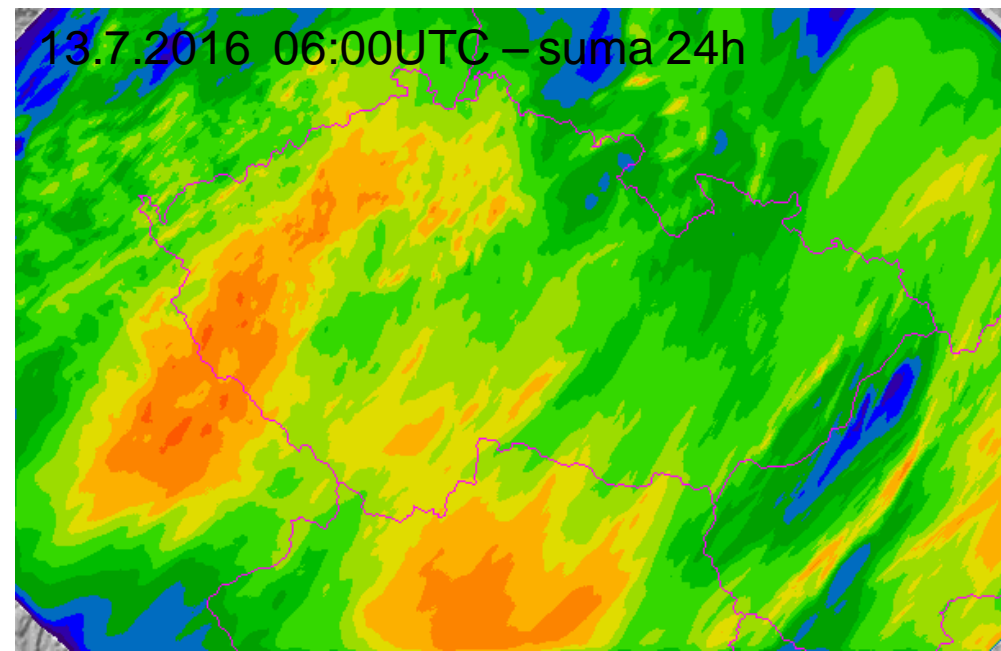
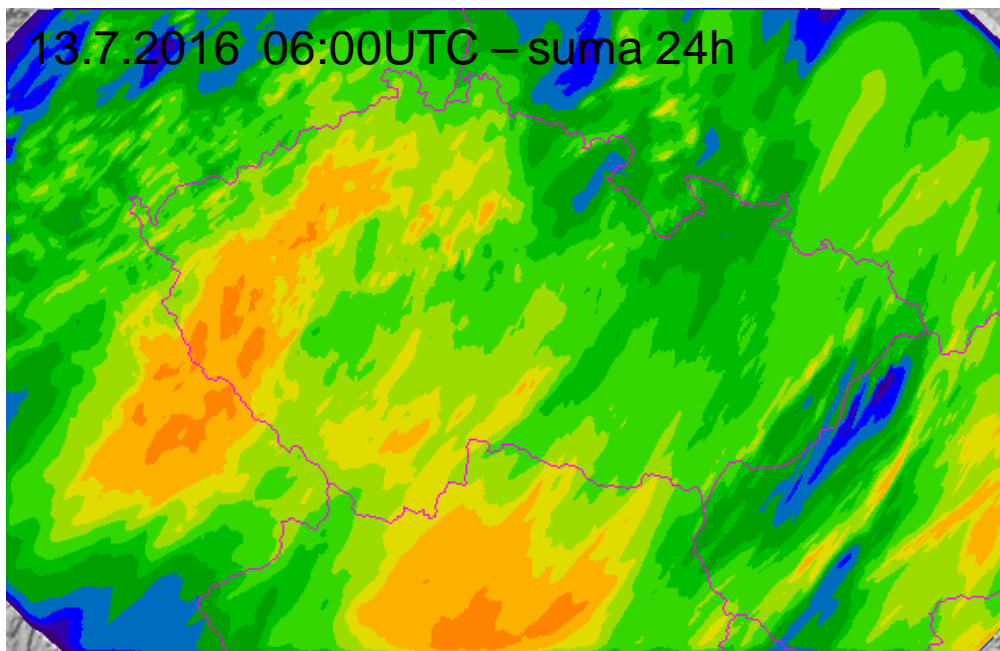
# Korekce radarové od útlumu ve sráž

- Využívá polarimetrické momenty (ze
- Testování v 2016, od podzimu 2016
- Možné artefakty vlivem rušení RLAN

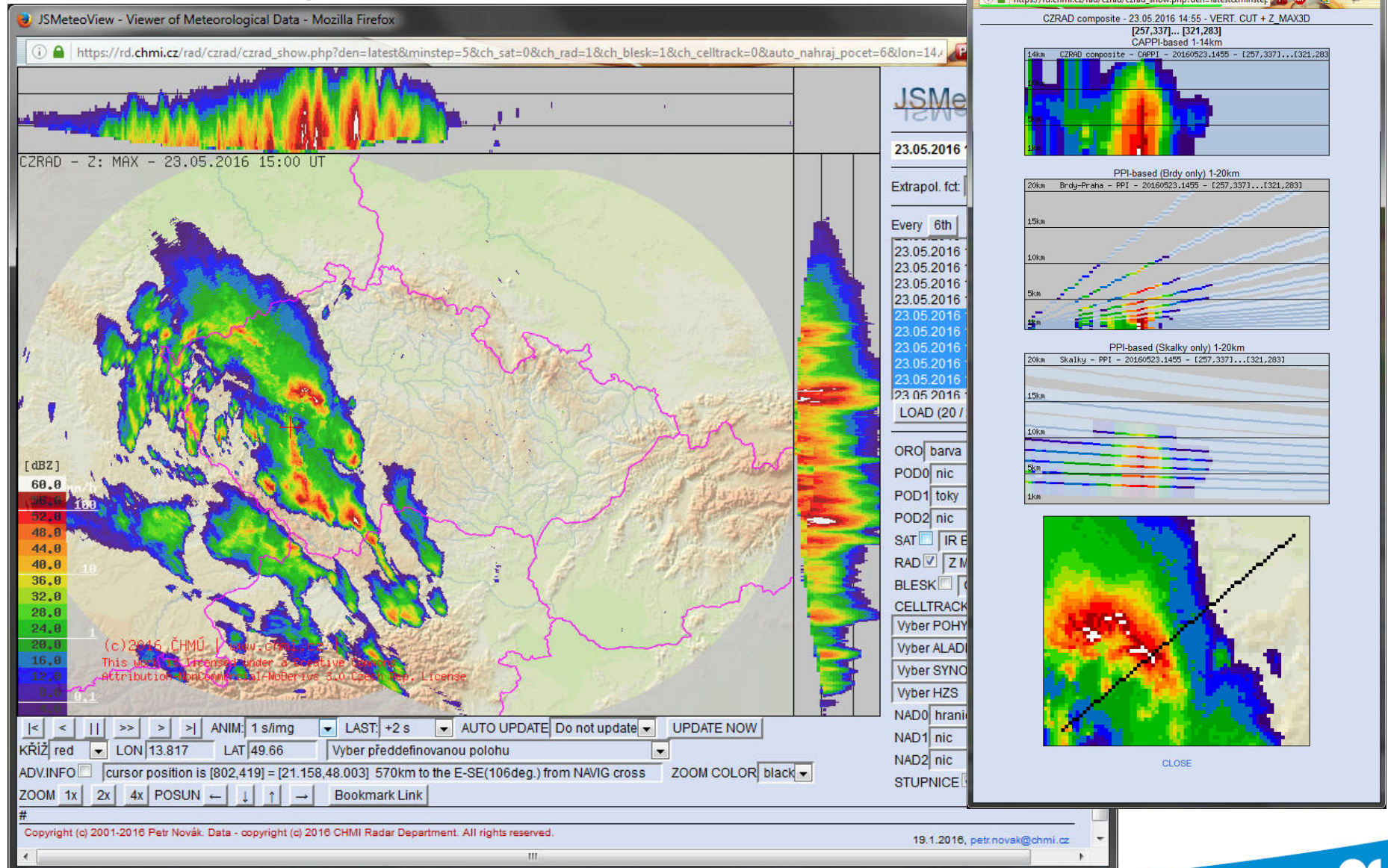


bez korekce útlumu

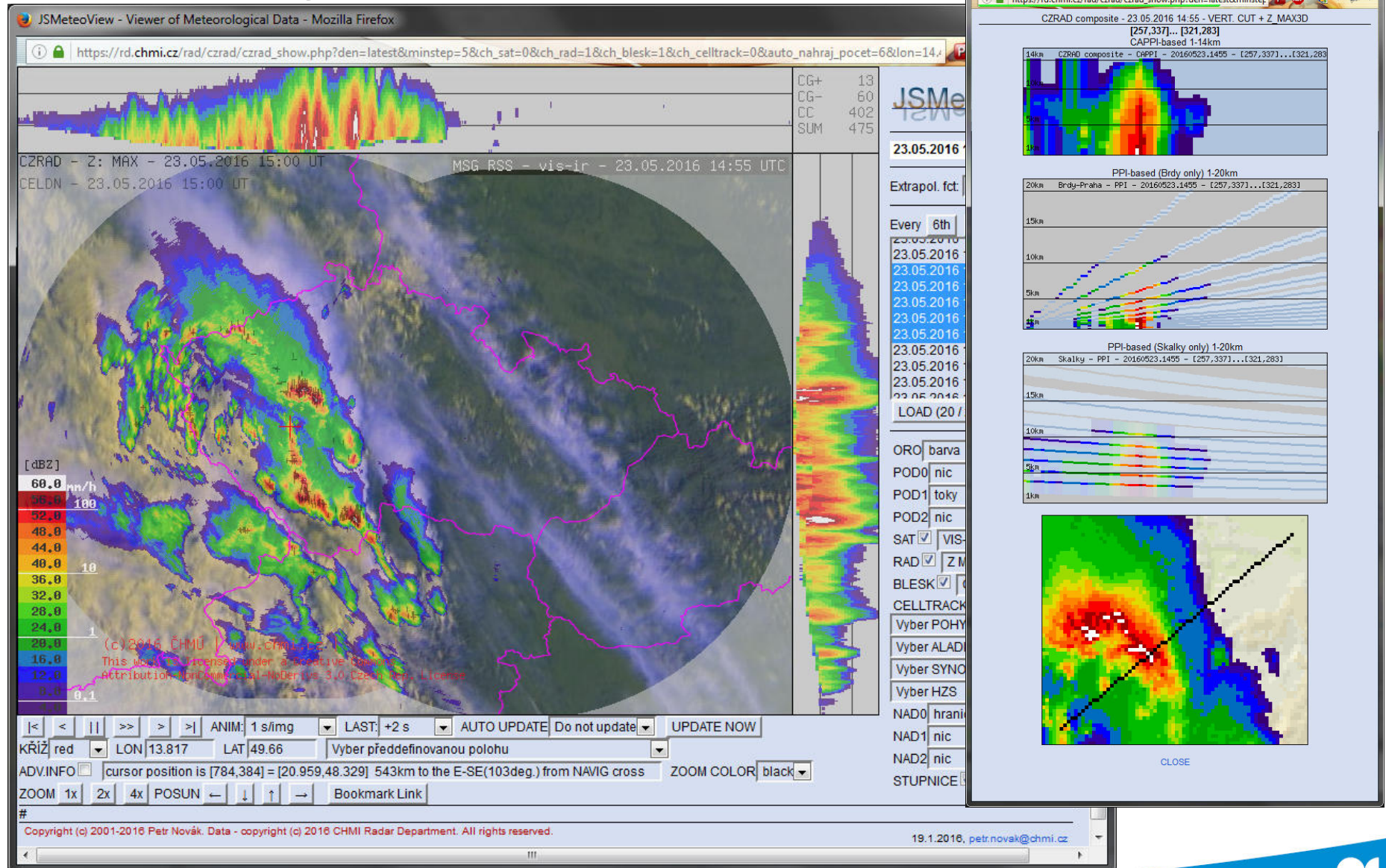
s korekcí útlumu



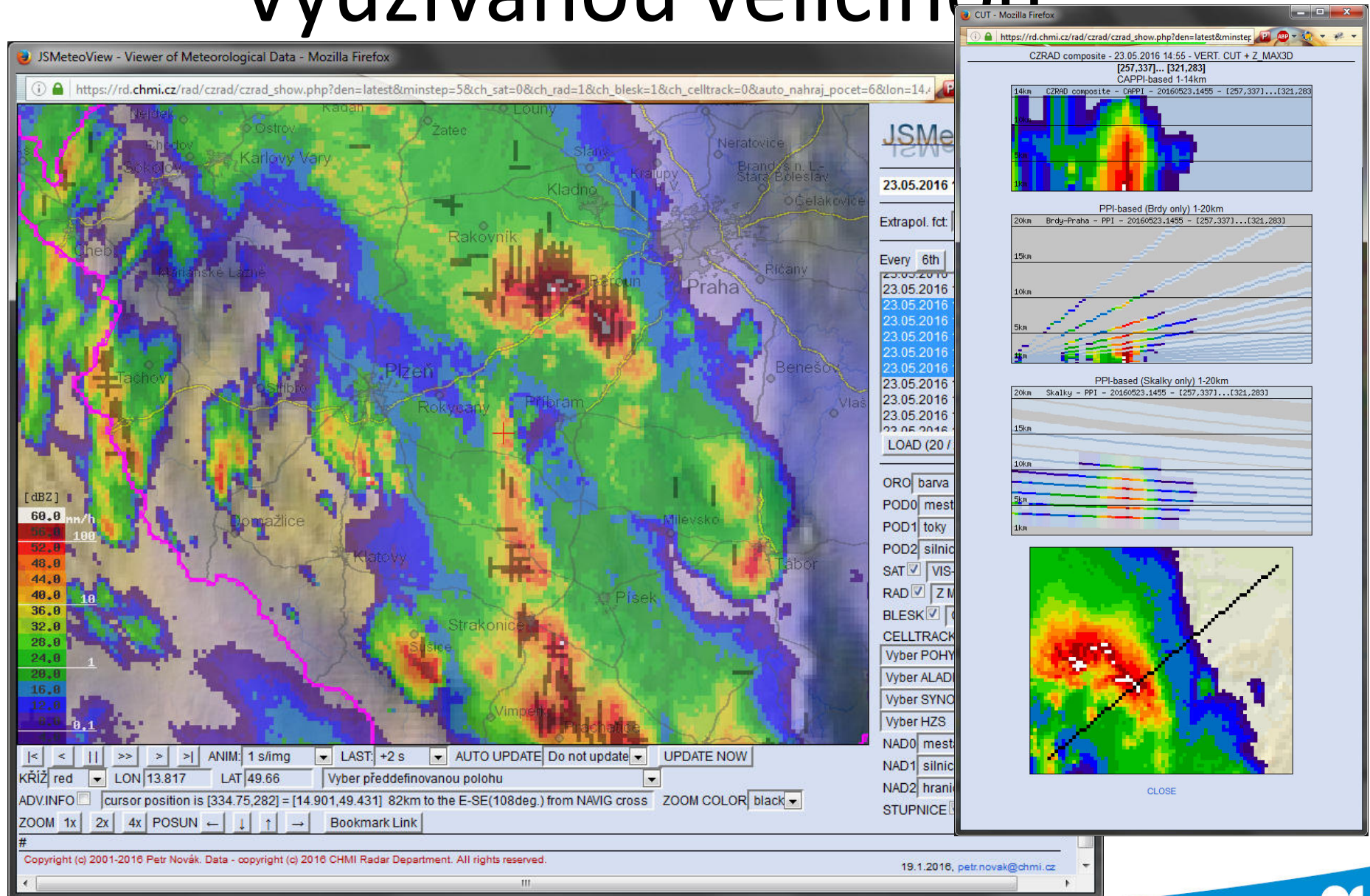
# Radarová odrazivost zůstává hlavní využívanou veličinou



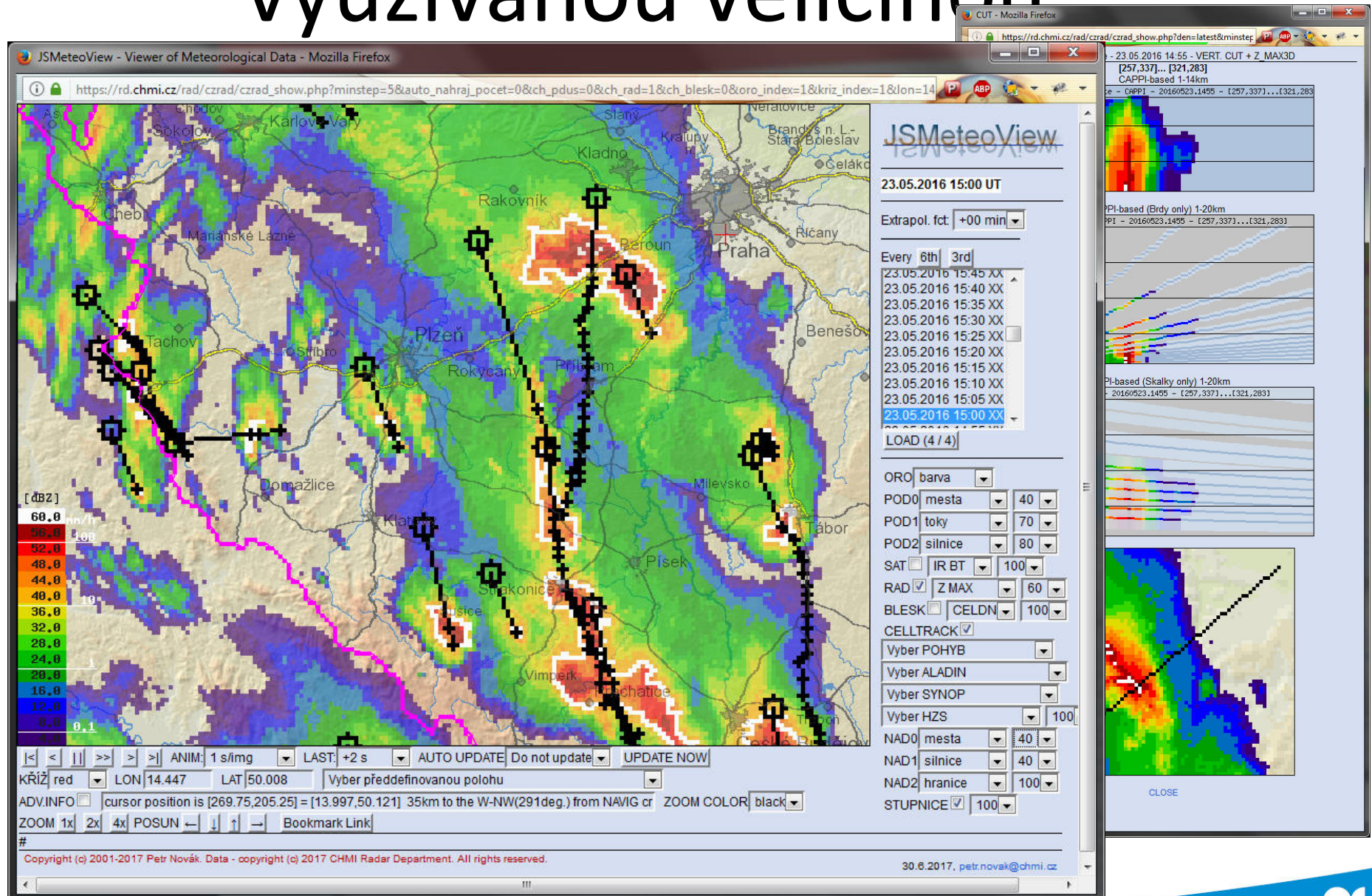
# Radarová odrazivost zůstává hlavní využívanou veličinou



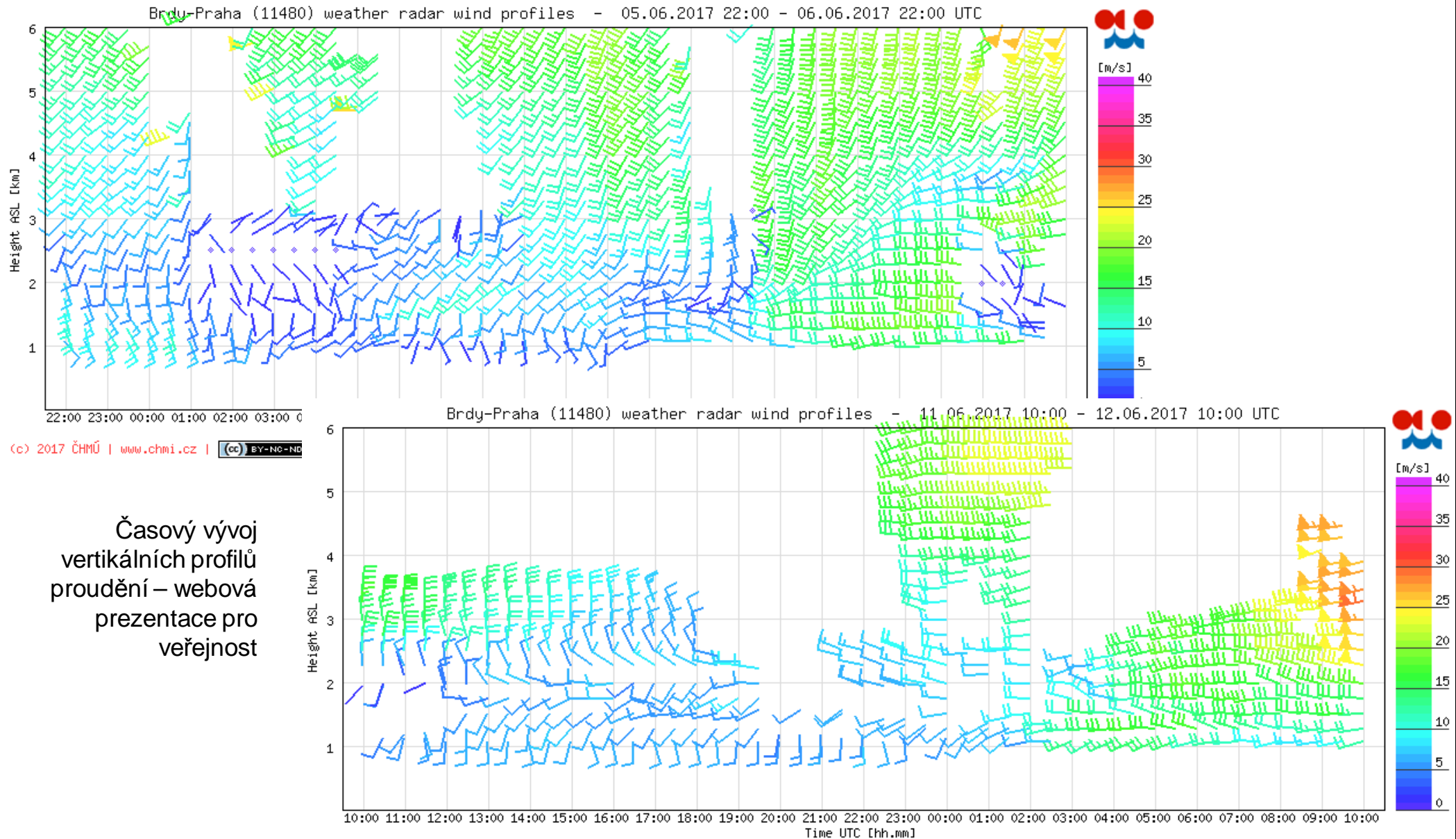
# Radarová odrazivost zůstává hlavní využívanou veličinou



# Radarová odrazivost zůstává hlavní využívanou veličinou



# Radiální rychlost – operativní výpočty vertikálních profilů větru





# Shrnutí

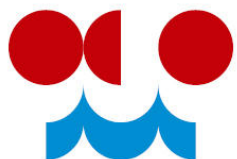
- Modernizace radarové sítě CZRAD v r. 2015 byla důležitá pro zachování kontinuity měření kvalitních radarových dat v ČR.
- Nově instalované radary Vaisala WRM-200 jsou moderní přístroje, zcela srovnatelné s radary instalovanými v poslední době jinde v Evropě. Hlavním rozdílem v porovnání s předchozí generací radarů je zlepšení signálního zpracování a možnost polarimetrických měření.
- Polarimetrická měření poskytují nové typy dat, které lze využívat přímo pro rozlišení typu radarových cílů, ale zejména pro zkvalitnění standardních dat radarové odrazivosti a z nich počítaných odhadů srážek díky účinnější eliminaci nemeteorologických cílů a korekci útlumu radarového paprsku v silných srážkách.
- Základní parametry operativních objemových měření u nových radarů byly zachovány, zachován byl i zpracovatelský a vizualizační software RVD/RPD a JSMeteoView, což umožnilo minimalizovat dopady na koncové uživatele. V současné době probíhá v radarovém oddělení ČHMÚ testování polarimetrických veličin a postupné zařazování do operativního zpracování (podpora v software RVD/RPD a JSMeteoView).



# Shrnutí (pokračování)

- Přestože díky vylepšené eliminaci nemeteorologických cílů není ve výsledných datech korigované odrazivosti rušení RLAN-WIFI téměř viditelné. Je pro radarová měření stále problém. Ve specifických případech může zanechávat artefakty v radarových datech (nadměrné „vyžírání dat“, přílišná korekce útlumu). Znehodnocuje též další měřené polarimetrické veličiny.
- Pole typu hydrometeorů HydroClass je užitečný nástroj pro analýzu struktury oblačnosti a možnost výskytu krup.
- Využití pole HydroClass k rozlišení typu srážek na zemském povrchu (např. sníh vs. namrzající déšť) je velmi omezené. Je třeba si uvědomit, že radar neměří srážky na zemském povrchu, ale odrazy od oblačných částic ve vyšších hladinách.





ČESKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

Děkuji za pozornost.

[www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)

Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 412-Komořany  
tel.: +420 244 031 111, e-mail: [chmi@chmi.cz](mailto:chmi@chmi.cz)