

Kateřina Skripniková
Daniela Řezáčová

Radarová detekce krup – prognostické využití

Výroční seminář ČMeS
23.9.-25.9.2019 Hrubá Voda

Motivace

- Výskyt krupobití časově a prostorově omezený
- Pozemní pozorování obvykle nedostatečná (staniční, dobrovolnická)
- Informace z meteorologických radarů – dobré časové a prostorové rozlišení – využití při detekci
- NWP modely mohou simulovat prognostická radarová data – aplikace detekce
- 2M mikrofyzika rozlišuje i kategorii krupek - krup

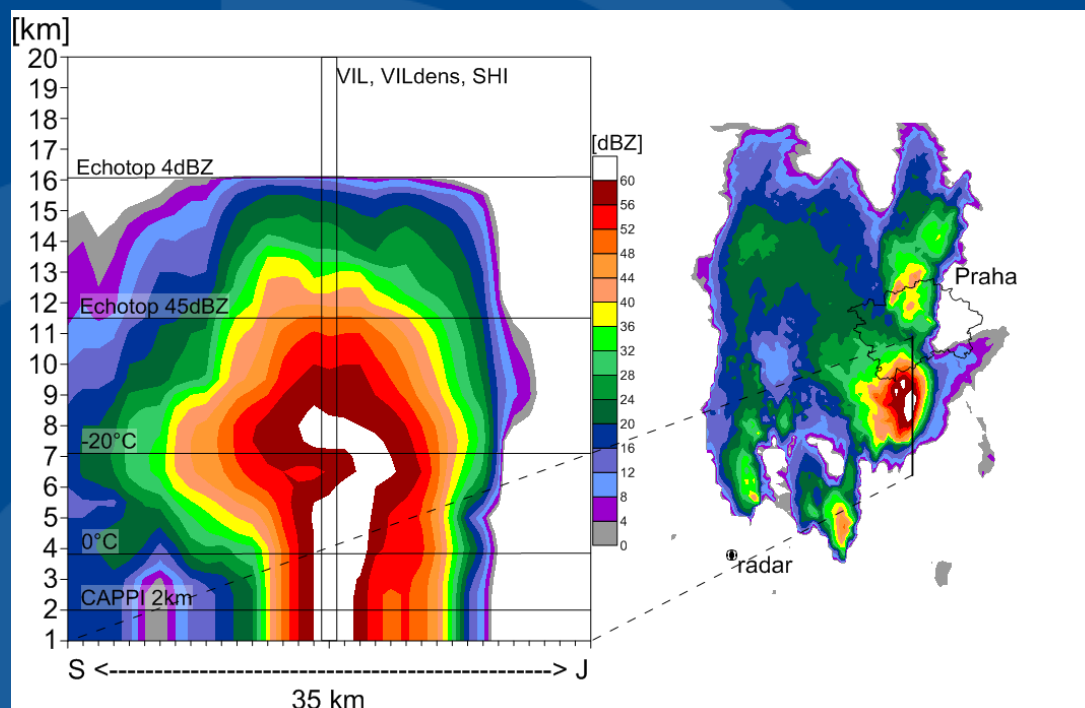
Radarová detekce krup

- Informace s jednoduchou či duální polarizací
- CZRAD – 1x1 km, 5 min, dualpol od 2015
- Různé metody detekce krup
- Verifikace z pozemních pozorování – staniční, ESWD

Radarová detekce krup

Jednoduchá polarizace

- Základním principem je hledání meteorologických cílů s vysokou odrazivostí Z v hladinách nad nulovou izotermou



Duální polarizace

- Proměnné citlivé na tvar, velikost, fázi a pádovou orientaci radarových cílů
- Metody klasifikace hydrometeorů zahrnují i rozpoznání kategorie krup

Spherical (drizzle, small hail, etc.)	Horizontally Oriented (rain, melting hail, etc.)	Vertically Oriented (i.e. vertically oriented ice crystals)
$Z_H \sim Z_V$	$Z_H > Z_V$	$Z_H < Z_V$
$Z_H - Z_V \sim 0$	$Z_H - Z_V > 0$	$Z_H - Z_V < 0$
ZDR \sim 0 dB	ZDR $>$ 0 dB	ZDR $<$ 0 dB

Zdroj: školící podklady NOAA

Radarová detekce krup – radarová měření s jednoduchou polarizací

Hledání příznaků v radarové informaci, které odpovídají fyzikálním procesům spojeným s vývojem a vypadáváním krup:

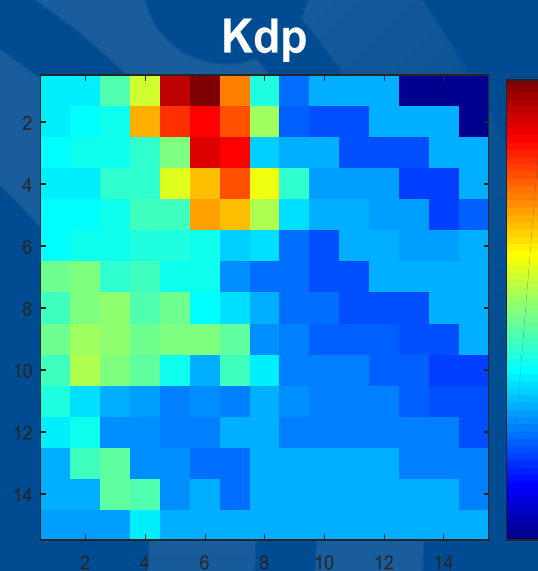
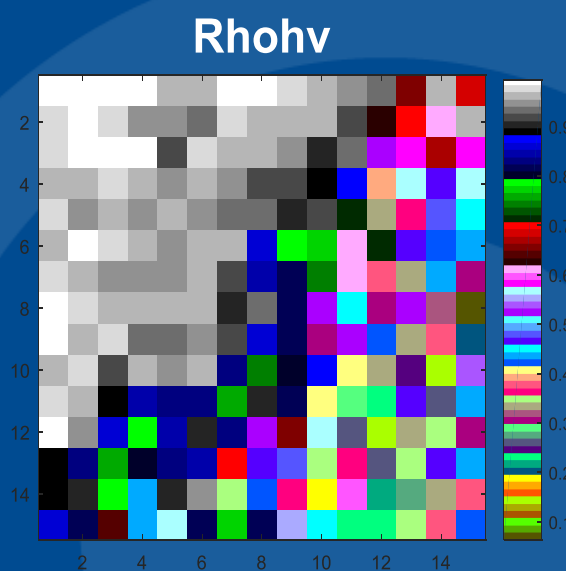
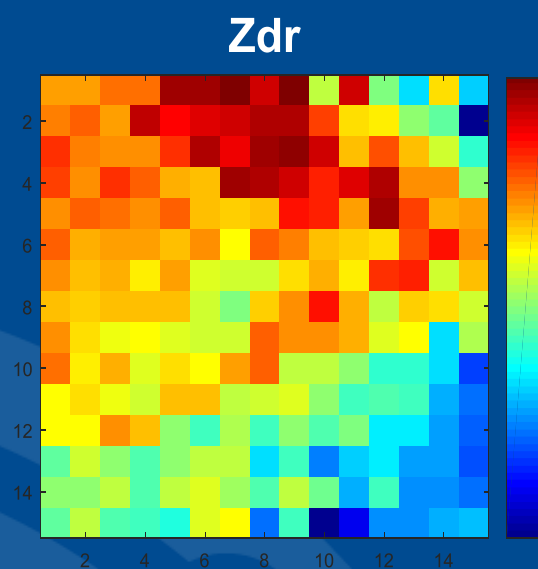
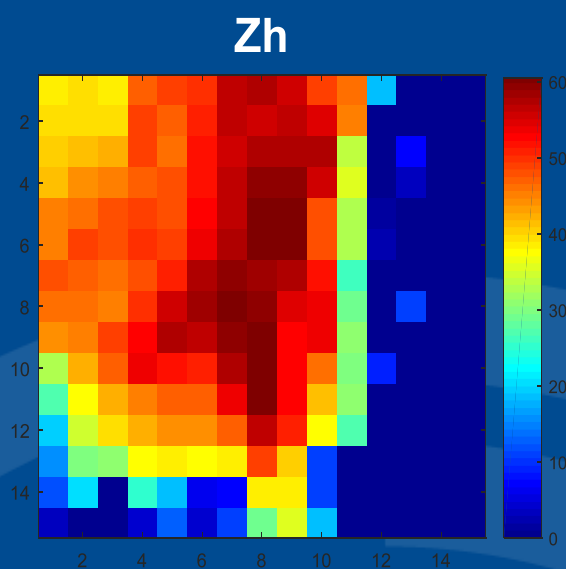
- Vysoké hodnoty odrazivosti Z_h – velké cíle
- Výška cílů nad povrchem – síla vzestupného proudu

Metody využívají samotná data radarové odrazivosti, případně jejich kombinaci s dalšími informacemi (nejčastěji teplotní profil atmosféry z aerologických sondáží)

Označení	stručný popis	jednotka
CAPPI	odrazivost v hladině nadmořské výšky 2 km	dBZ
Z_{max}	maximální odrazivost ve vertikálním sloupci	dBZ
VIL	vertikálně integrovaný obsah kapalné vody	kg/m^2
VIL_{dens}	hustota VIL – hodnota VIL dělená výškou echotopu	g/m^3
SHI 40-50 dBZ	index nebezpečných krup – teplotně a odrazivostí vážený integrál odrazivosti s parametry odrazivosti 40 a 50 dBZ	$J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
SHI 45-55 dBZ	index nebezpečných krup – teplotně a odrazivostí vážený integrál odrazivosti s parametry odrazivosti 45 a 55 dBZ	$J \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
POSH 40-50 dBZ	pravděpodobnost nebezpečných krup – teplotně vážený SHI 40-50 dBZ	%
POSH 45-55 dBZ	pravděpodobnost nebezpečných krup – teplotně vážený SHI 45-55 dBZ	%
Waldv. 45 dBZ	Waldvogelovo kritérium – rozdíl výšky nulové izotermy a maximální výšky 45 dBZ	m
Waldv. >45 dBZ	Waldvogelovo kritérium – rozdíl výšky nulové izotermy a maximální výšky určité hodnoty radarové odrazivosti	m

COMBI kritérium: Waldvogelovo krit. (52 dBZ / 5500 m)
 SHI (40 – 50 dBZ / 60 J/(m.s))
 POSH (45 – 55 dBZ / 30 %)

Radarová měření s duální polarizací



23.5.2016, 14:40

Soběslav

Hailstones up to 3 cm

❖ Zh – horizontální radarová odrazivost

- odpovídá síle přijatého signálu s horizontální polarizací při vyslání horizontálně polarizovaného pulzu
- koncentrace, velikost, hustota hydrometeorů

❖ Zdr – rozdílová odrazivost

- odpovídá logaritmu podílu Zh a Zv
- tvar, orientace, hustota hydrometeorů

❖ Phidp – rozdílová fáze

- integrovaná veličina, která udává rozdíl mezi fázemi přijatého horizontálně a vertikálně polarizovaného radarového signálu

❖ Kdp – specifická rozdílová fáze – derivace Phidp

- udává změny Phidp
- koncentrace, tvar hydrometeorů

❖ Rhohv – korelace mezi signály přijatými z horizontálního a vertikálního kanálu

- tím větší, čím homogenněji rozložená velikost a typ částic

Hail and Hail-Rain Mixtures

When hail is present, Reflectivity values are high. Correlation Coefficient is generally lower than with liquid precipitation alone, with extremely low values a possible indication of very large hail stones (i.e., larger than golf ball size hail). Dry, frozen hailstones usually have Differential Reflectivity and Specific Differential Phase values near zero. Smaller hail, when melting, is covered with water and has Differential Reflectivity and Specific Differential Phase values similar to heavy rain.

Zh

Reflectivity (dBZ)

45

80

Rhohv

Correlation Coefficient

0.75

1.0

very large hail (0.75 - 0.85) decreasing size or wetness → small, dry hail (0.97 - 1.0)

Zdr

Differential Reflectivity (dB)

-0.3

4.5*

* Differential Reflectivity values will be near 0-1 dB when hail is frozen, but may be significantly higher when smaller hail melts

Kdp

Specific Differential Phase (deg/km)

-2.0*

10.0*

* Specific Differential Phase values will be low when liquid content is low, but could be high when smaller hail melts and sheds liquid drops

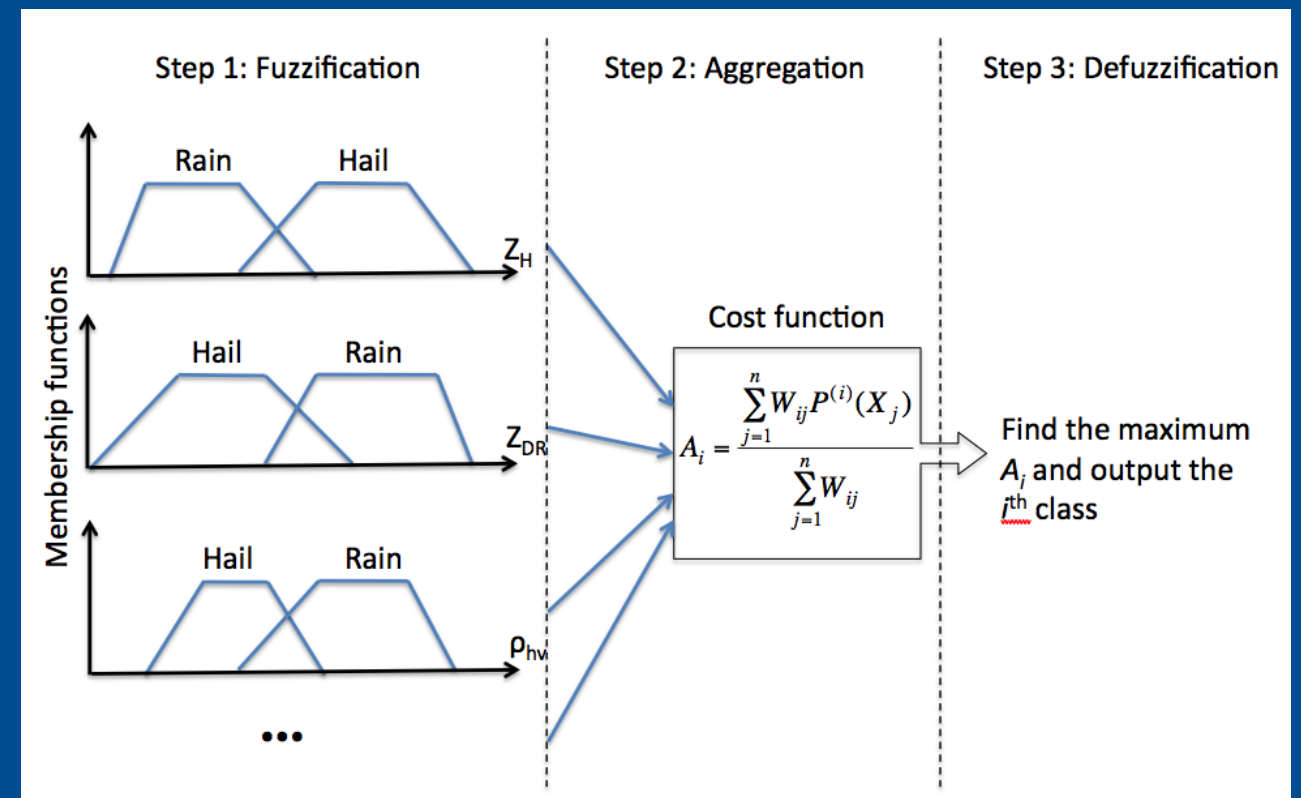
Zdroj: školící podklady NOAA



Radarová klasifikace hydrometeorů – radarová měření s duální polarizací

Principy klasifikačních metod

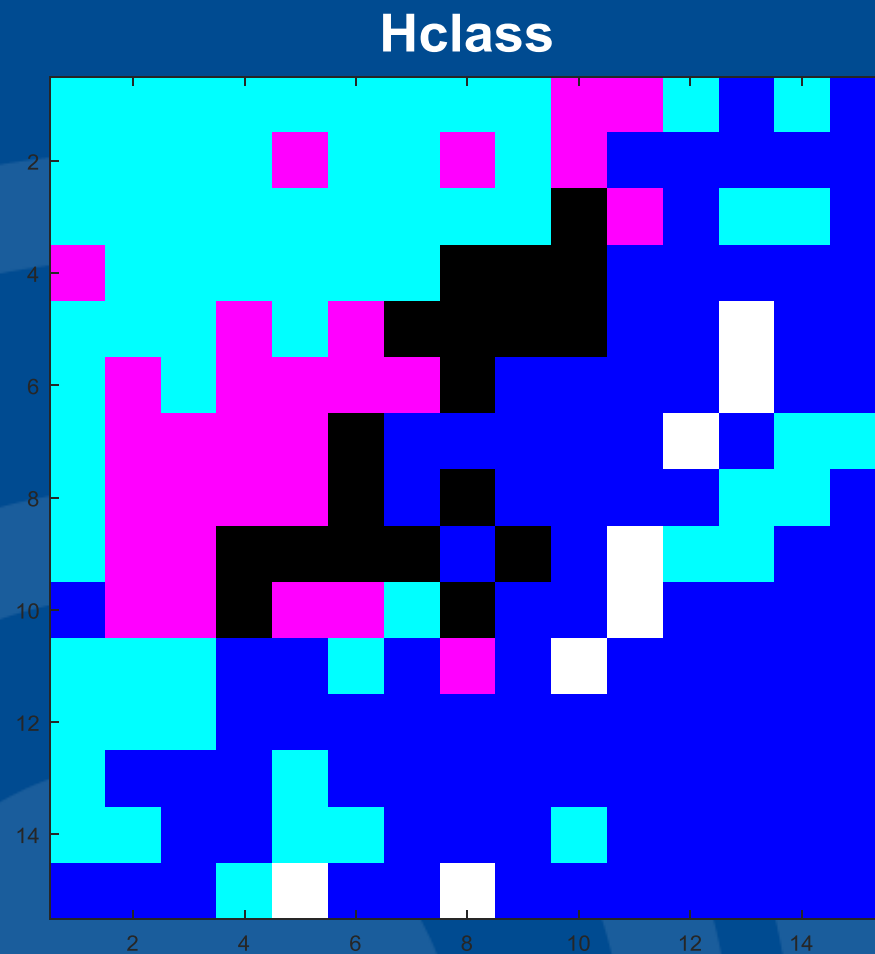
- Rozhodovací strom
- Fuzzy logika →
- Neuronová síť
- Neuro-fuzzy klasifikační systém



Zdroj: <https://arcc.ou.edu>

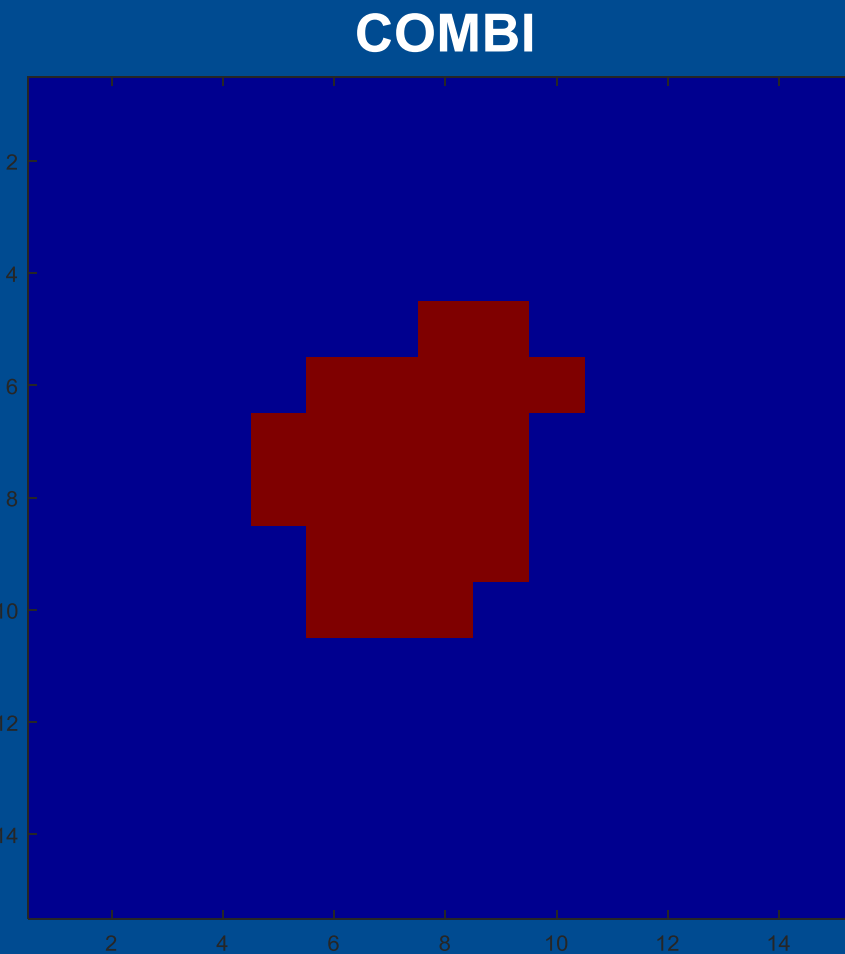
- HydroClass – klasifikační algoritmus od Vaisala operativně dostupný z radarů CZRAD; na principu fuzzy logic
- rozlišuje: nemeteorologické cíle, déšť, déšť se sněhem, sníh, krupky a kroupy

Porovnání detekce krup – jednoduchá x duální polarizace



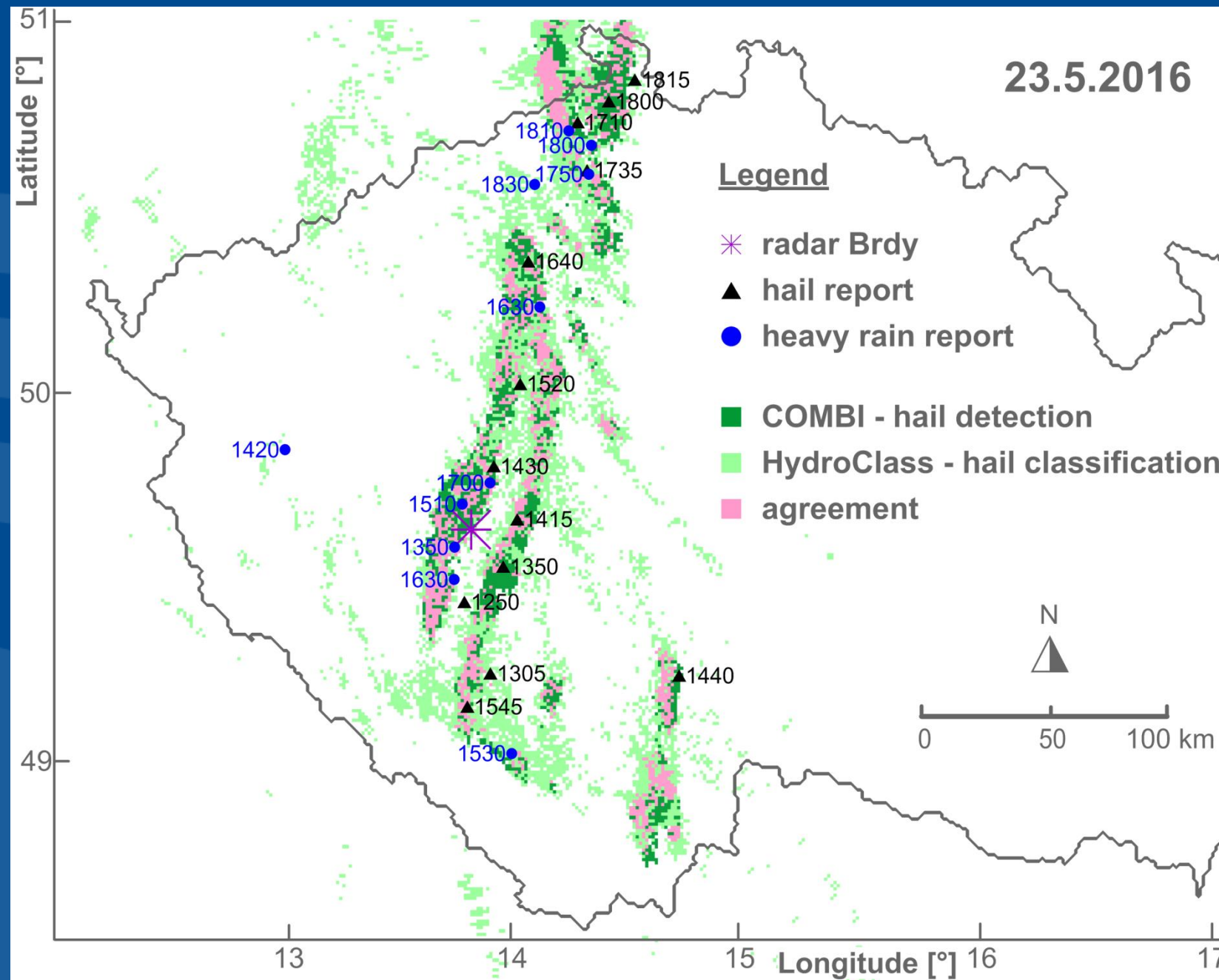
23.5.2016, 14:40

Soběslav



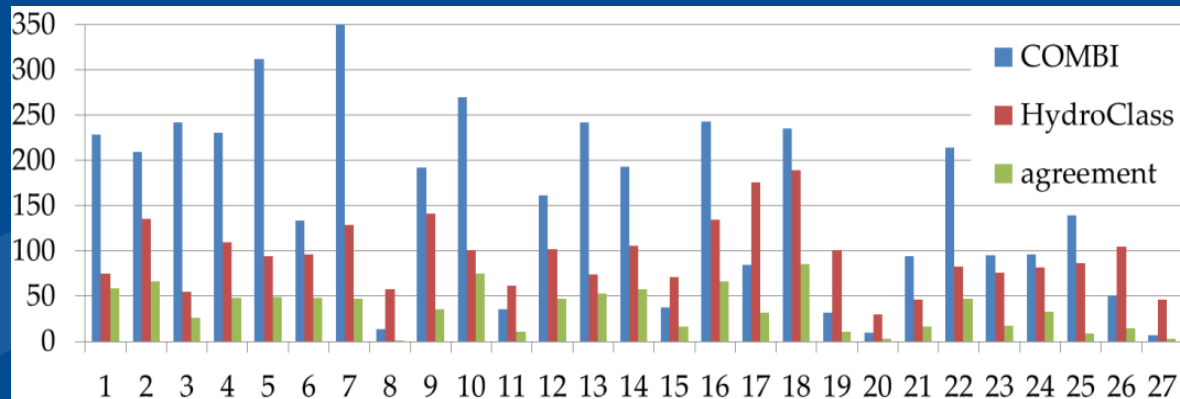
max velikost krup 3 cm

Porovnání detekce krup – jednoduchá x duální polarizace

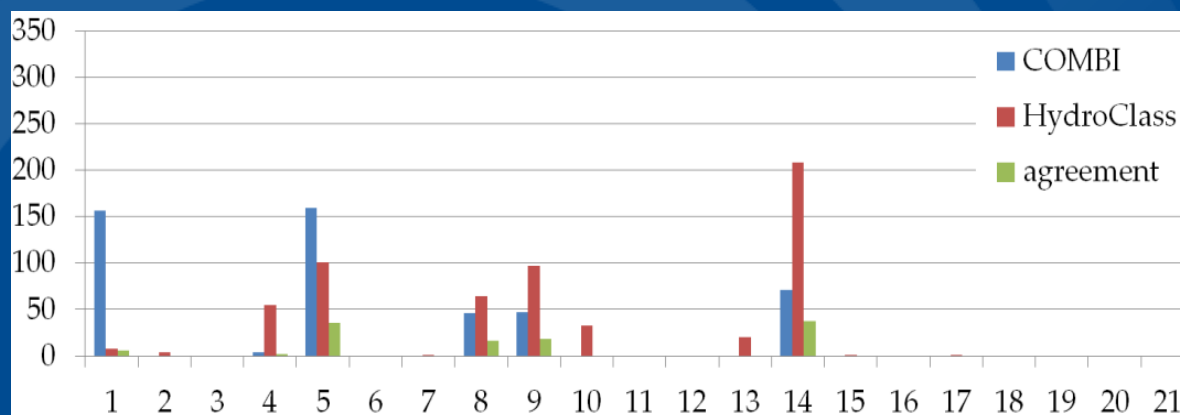


Porovnání detekce krup – jednoduchá x duální polarizace

27 událostí krupobití



21 událostí přivalového deště



- COMBI a HydroClass detekují krupobití s podobnými výsledky
- Obě metody detekovaly všechny testované události 2016
- COMBI – celkově více detekovaných pixelů
- Obě metody detekovaly kroupy během šesti událostí přivalového deště, HydroClass ještě v šesti událostech stopově
- COMBI – z objemových data
- HydroClass z elevace $0,1^\circ$

Prognostické využití

Nowcasting

- Extrapolace radarového echa – detekce
- Využití struktury aktuálních dat (výboje aj.)

Využití NWP modelu

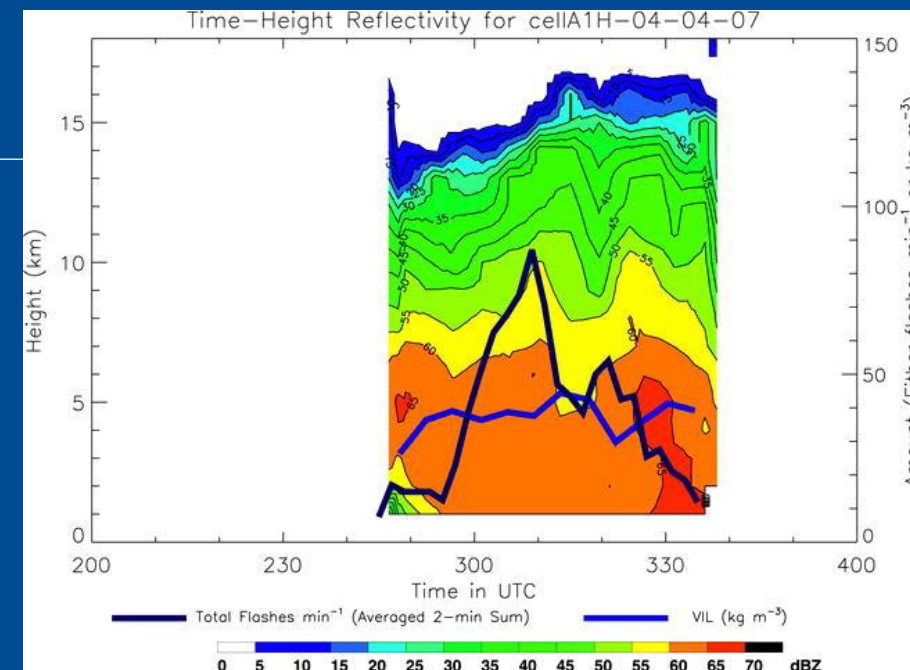
- Při předpovědi zahrnující předpověď krup, resp. prognostický radar - verifikace

Klimatologie – riziko krupobití

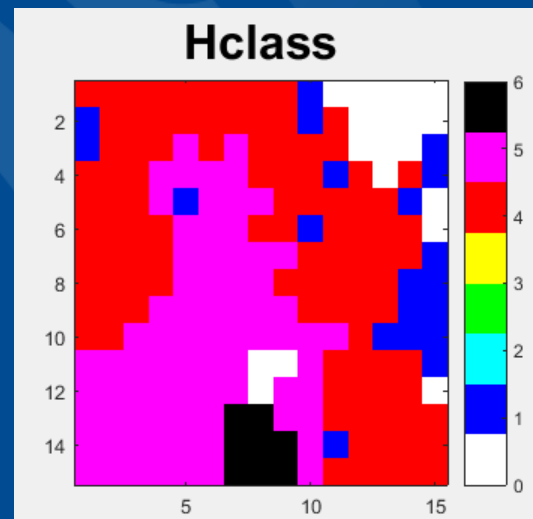
- Radarová detekce krup za delší období
- Četnost detekce
 - Česko - *COMBI*
 - Německo – *Waldvogelovo kritérium, maxZ+reporty*

Nowcasting

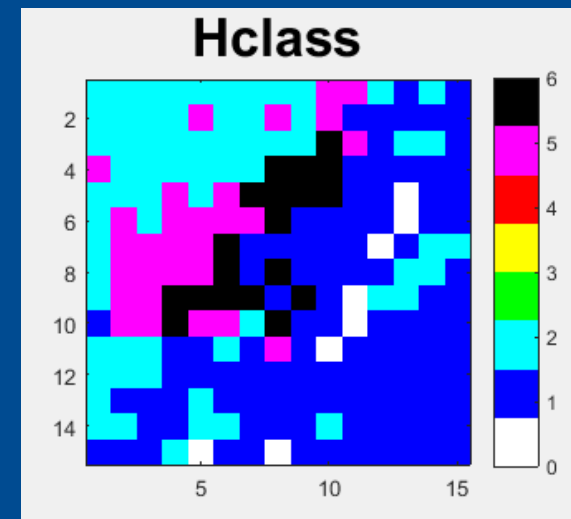
- Extrapolace radarového echa
- Kombinace s lightning jump
- Detekce HydroClass ve výšce



(Schultz et al., 2009)

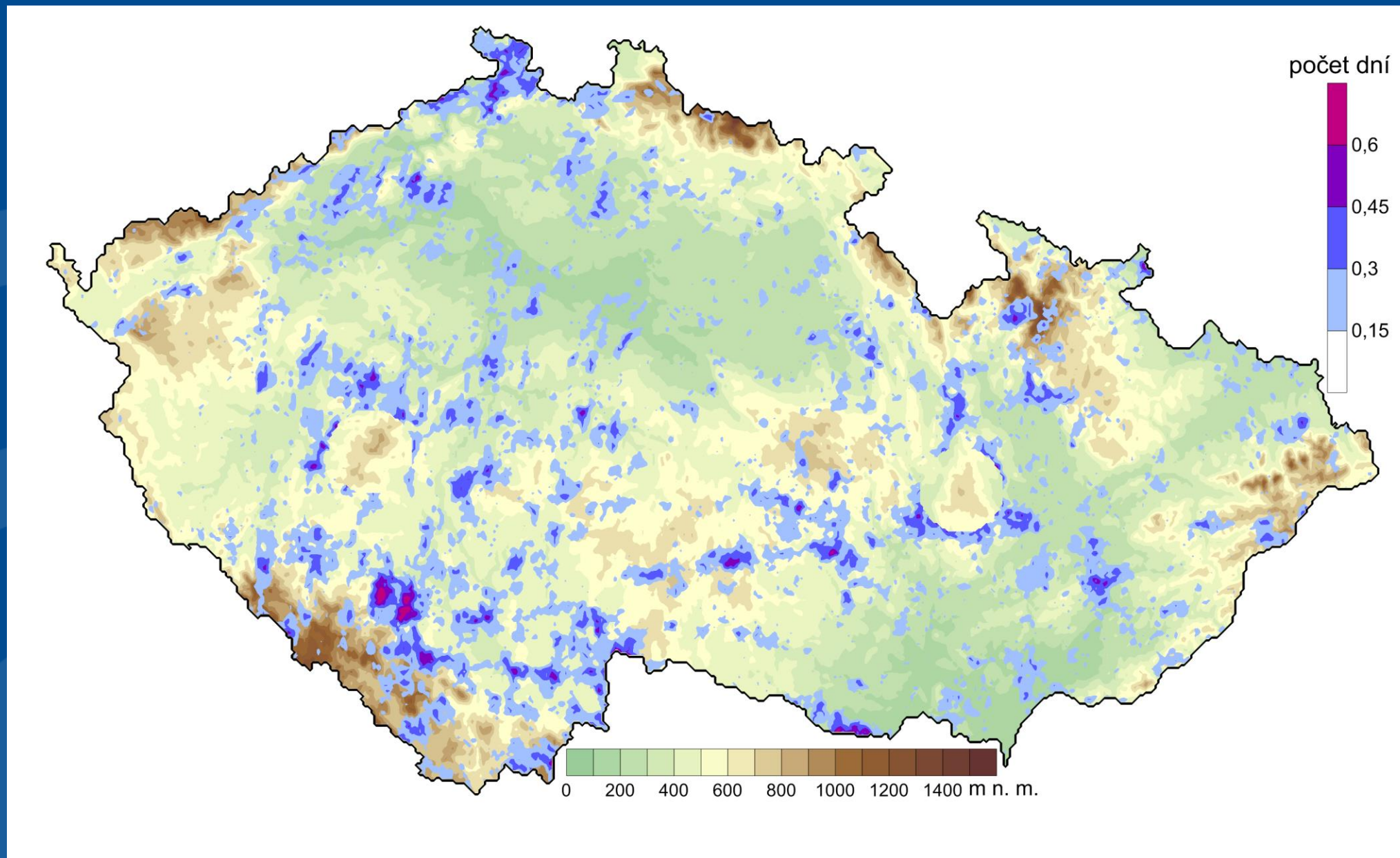


14:20 elev. 1,7°



14:40 elev. 0,1°

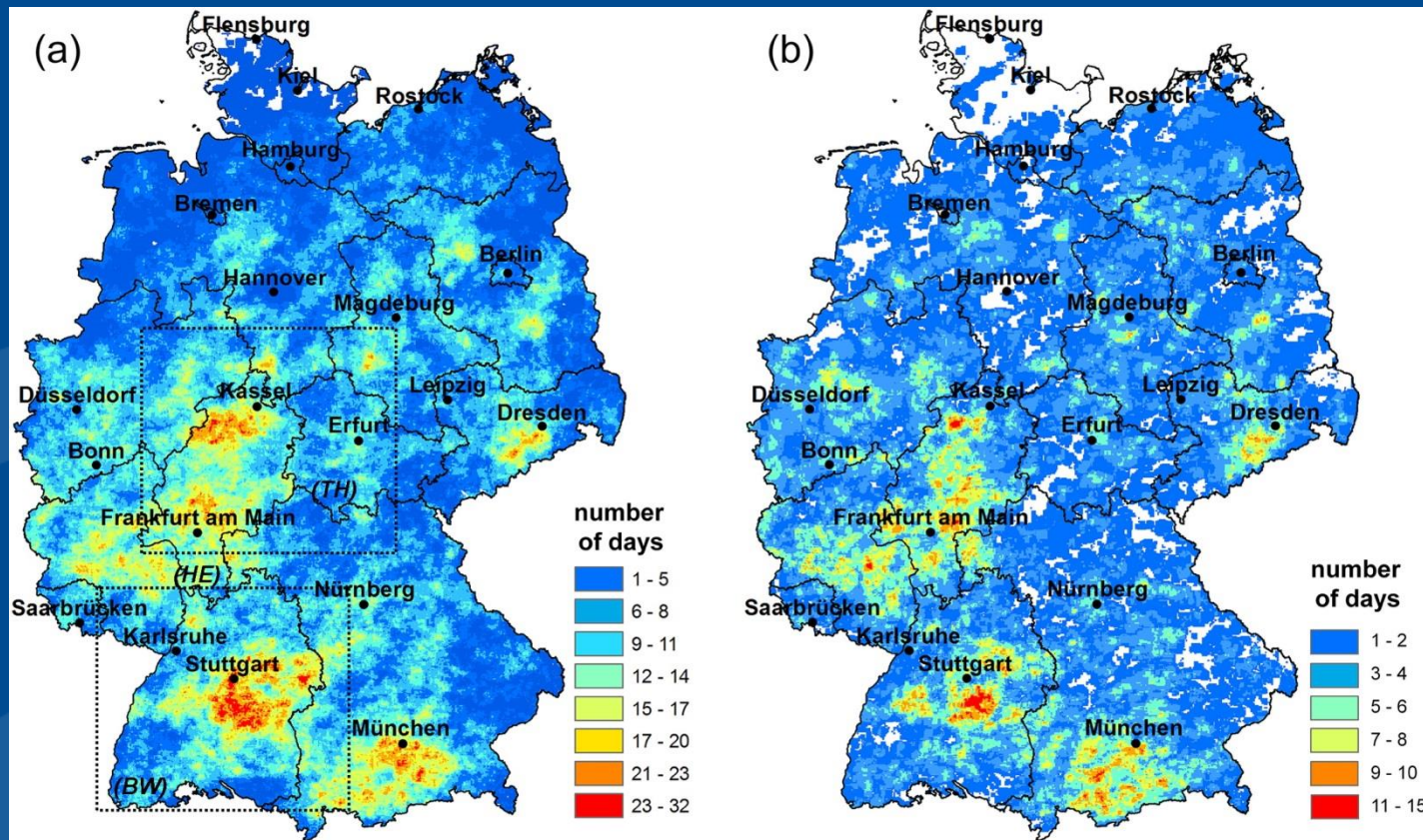
Riziko krupobití – klimatologie kritéria COMBI 2007-2014



Průměrný roční počet dní s krupobitím za květen až srpen 2007-2014

Riziko krupobití – klimatologie krup z radarových dat

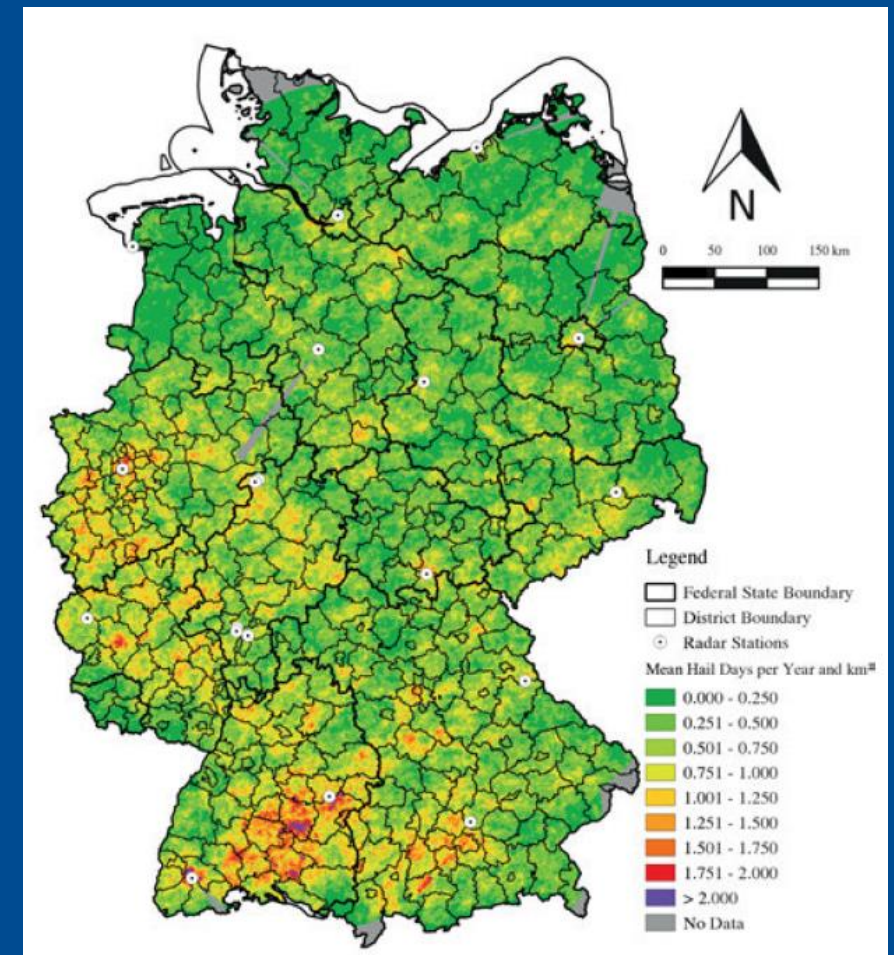
Německo



Prostorové rozložení dnů s krupobitím na základě Waldvogelova kritéria pro 2005-2011.

(a) $\Delta H > 3,5$ km, (b) $\Delta H > 6$ km

(Puskeiler et al., 2016)

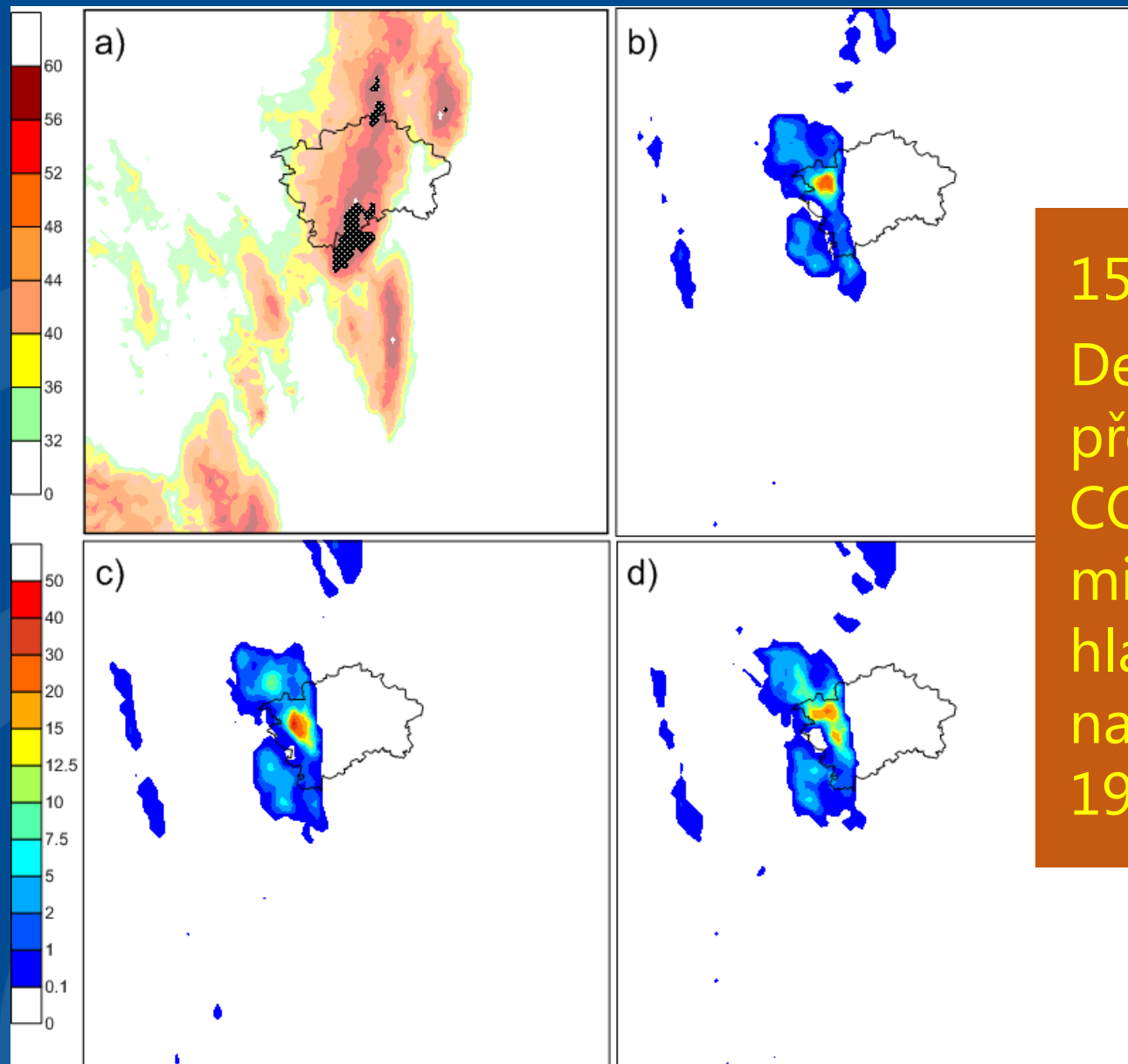


Průměrný počet dní s krupobitím za duben až září 2002-2011 založený na hodnotě maximální odrazivosti kombinované s pozemními pozorováními (staniční data, ESWD, pojistné události).

(Junghänel et al., 2016)



Verifikace numerické předpovědi



15.8.2010

Detekované kroupy (a, černá oblast) a předpověď krup (v kg/m²) modelem COSMO NWP s dvoumomentovou mikrofyzikou s 50 (b), 70 (c) a 90 (d) hladinami. Start předpovědi byl v 1830, na obrázcích akumulované hodnoty 1900-2000 UTC.

Závěr a výhled

1. Radarová detekce krup s jednoduchou i duální polarizací poměrně spolehlivá – rozdíly nevelké vzhledem k rozsahu vstupních dat

Výhled: příčiny rozdílů ?

2. Klimatologie detekce krup = žádaný výstup

Výhled: s rostoucím rozsahem dat zpřesňovat ?

3. Detekce s využitím prognostických dat (prognostické kroupy, prognostický radar) – otevřený problém

Výhled: studie případů, verifikace z pozemních pozorování – staniční, ESWD

Děkuji za pozornost

Literatura:

- Junghänel, T., Brendel, C., Winterrath, T., Walter, A., 2016. Towards a radar- and observation-based hail climatology for Germany. *Meteorologische Zeitschrift* 25, 435–445. <https://doi.org/10.1127/metz/2016/0734>
- Puskeiler, M., Kunz, M., Schmidberger, M., 2016. Hail statistics for Germany derived from single-polarization radar data. *Atmospheric Research* 178–179, 459–470. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.04.014>
- Schultz, C.J., Petersen, W.A., Carey, L.D., 2009. Preliminary Development and Evaluation of Lightning Jump Algorithms for the Real-Time Detection of Severe Weather. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 48, 2543–2563. <https://doi.org/10.1175/2009JAMC2237.1>
- Skripniková, K., Řezáčová, D., 2014. Radar-based hail detection. *Atmospheric Research* 144, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.06.002>
- Skripniková, K., Řezáčová, D., 2019. Comparison of Radar-Based Hail Detection Using Single- and Dual-Polarization. *Remote Sensing* 11, 1436. <https://doi.org/10.3390/rs11121436>
- Sokol, Z., Bližňák, V., Zacharov, P., Skripniková, K., 2016. Nowcasting of hailstorms simulated by the NWP model COSMO for the area of the Czech Republic. *Atmospheric Research* 171, 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.12.006>