ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

Nová provozní verze modelu ALADIN ve vysokém rozlišení

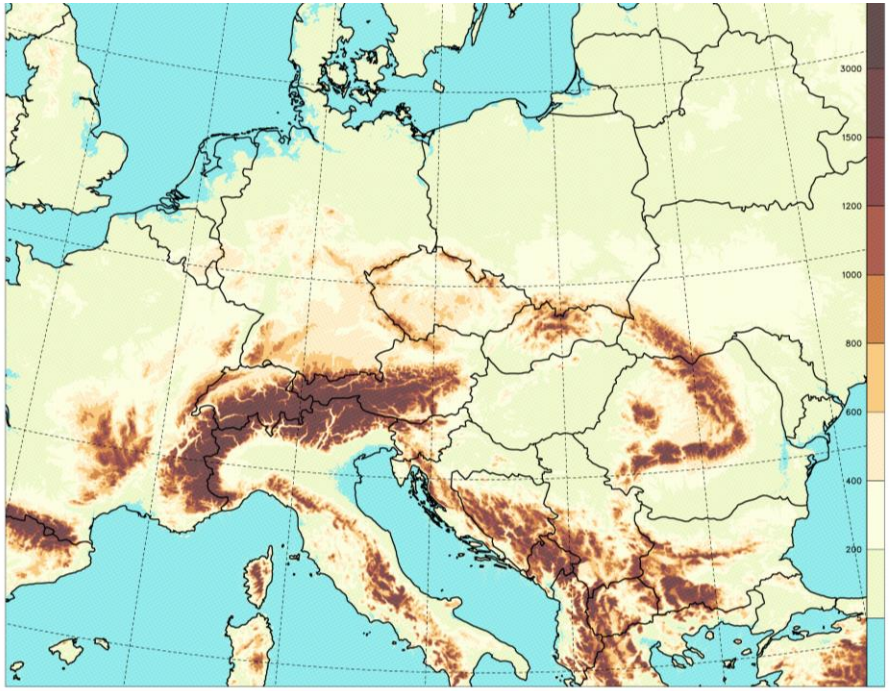
Radmila Brožková, oddělení numerické předpovědi počasí ČHMÚ

Osnova přednášky

- Výpočetní oblast nového rozlišení 2,325 km, určení orografie a dalších charakteristik;
- Přechod na nehydrostatickou verzi modelu;
- Kterých parametrizací se přechod na vyšší rozlišení modelu dotkl;
- Asimilační cyklus;
- Ukázky výsledků a nových produktů.

Výpočetní oblast a grid modelu

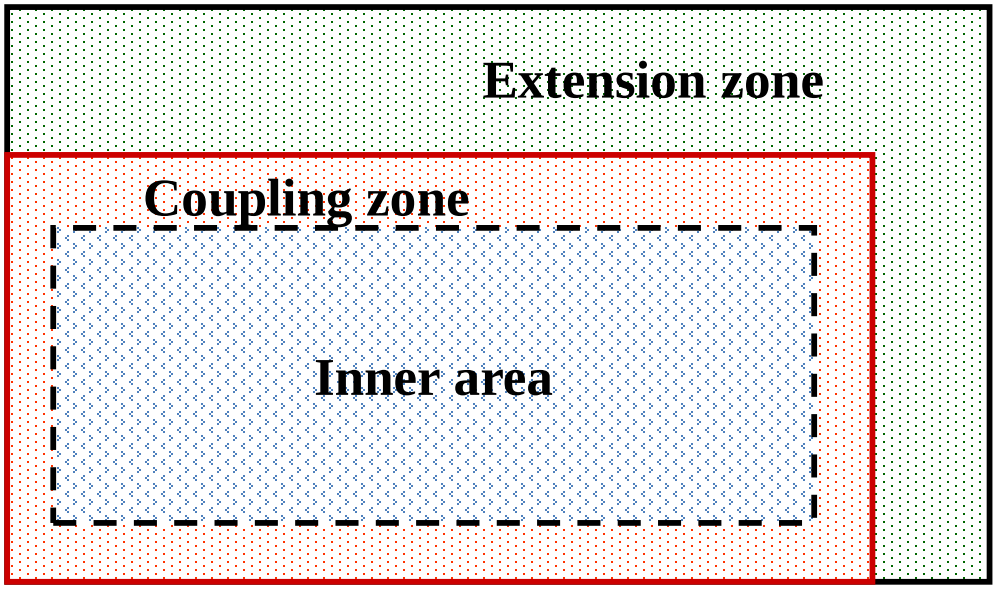
- Zeměpisná rozloha oblasti je zachována;
- V horizontální rovině máme 1069 x 853 bodů při kroku sítě 2,325 km.
- Ve vertikále máme 87 hladin;
- Orografie je určena v každém bodě jako střední hodnota výšek v jeho okolí z nové, jemnější topografické databáze GMTED2010.

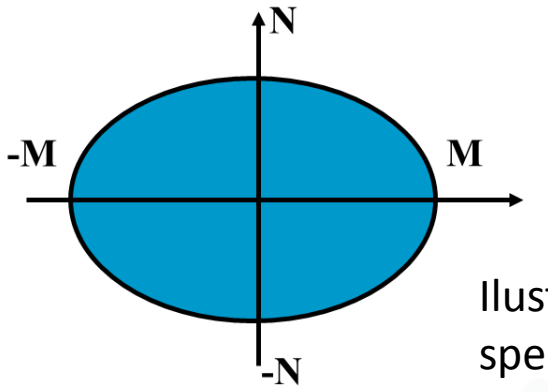


Orografie modelu v rozlišení 2,325 km po spektrálním ořezání s nejkratší vlnovou délkou 3 Δx.

Výpočetní oblast a spektrum modelu

- ALADIN je ***spektrální model***;
- Využívá **bi-Fourierův rozvoj**; je nutné získat periodicitu polí v obou horizontálních směrech. Docílí se přidáním matematické zóny, viz obrázek. Celkově pak máme **1080x864 bodů** – vhodné pro **FFT** algoritmus;
- Spektrum je konečné, ořezává se elipticky (isotropie) a využíváme maximální ***spektrální rozlišení*** **M=539 a N=431 vln**.
- Fourierův rozvoj se aplikuje pouze na proměnné dynamiky modelu;
- **Výpočty ve spektru:** řešení semi-implicitního časového schématu, výpočet derivací, obecně aplikace operátoru ∇ (horizontální difuse).

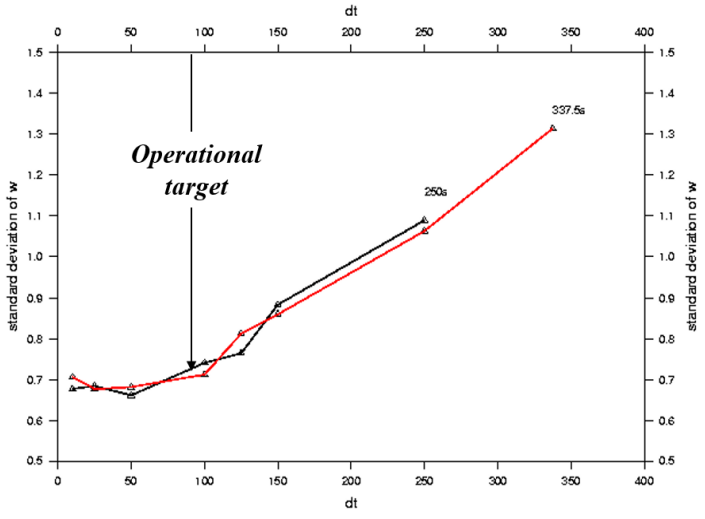




Ilustrace ořízntutí spektrálního rozvoje.

Nehydrostatická verze ALADINa

- Odstranění hydrostatické aproximace v rovnicích (vývoj od 1993):
  - V dynamickém jádru máme ***dvě nové prognostické rovnice***:
    - Pro časovou tendenci skutečného tlaku;
    - Pro časovou tendenci vertikální rychlosti, tedy vertikální zrychlení.
  - Plná elasticita, ***zvukové vlny*** jsou součástí řešení, ***nejsou filtrovány*** (anelastická aproximace se neukazuje vhodná pro NWP);
  - ***Nutnost vhodných numerických algoritmů*** pro dosažení vysoké stability i pro delší časové kroky, zachování přesnosti;



Řešení:

Iterované Centrované Implicitní schéma **ICI se 2 časovými hladinami;**

Kombinace se semi-Lagrangeovskou advekcí:

Označení **2TL-ICI-SL**

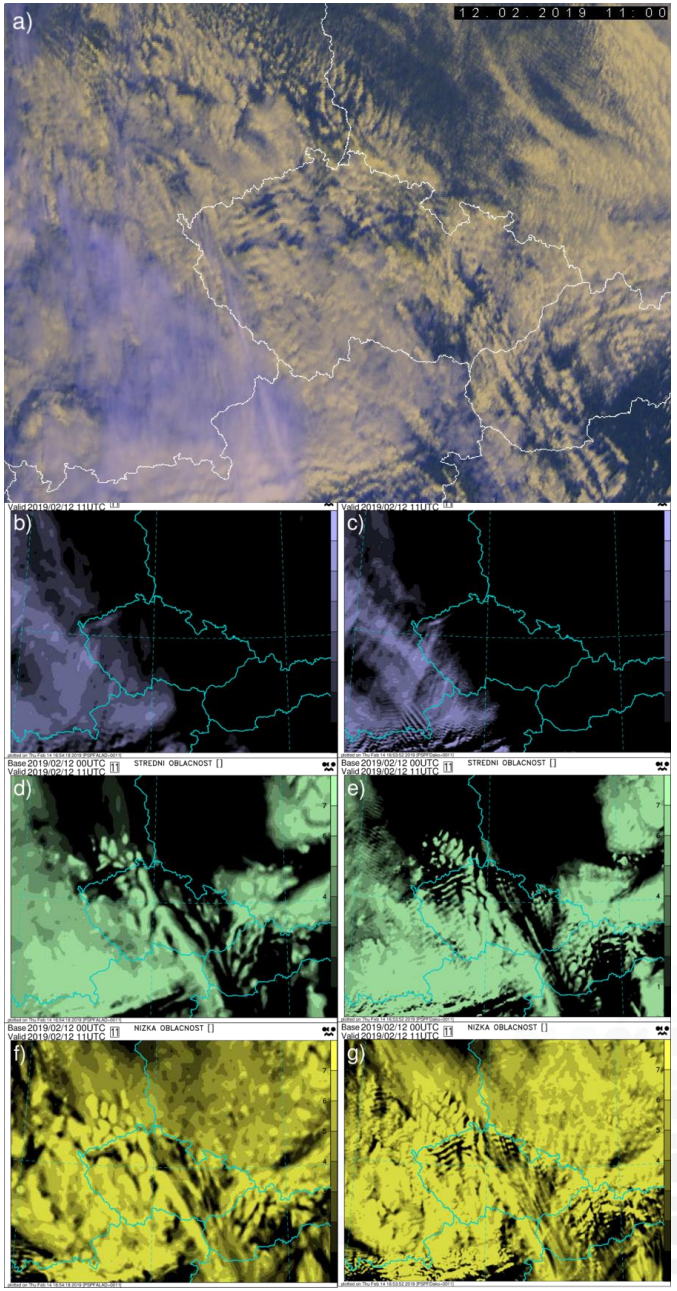
Δt=90 s, Δx=3235 m, 1 iterace časového schématu

Význam nehydrostatické dynamiky

Odstranění hydrostatické aproximace neznamená jen numerické potíže se zvukovými vlnami, které jsou meteorologicky nezajímavé.

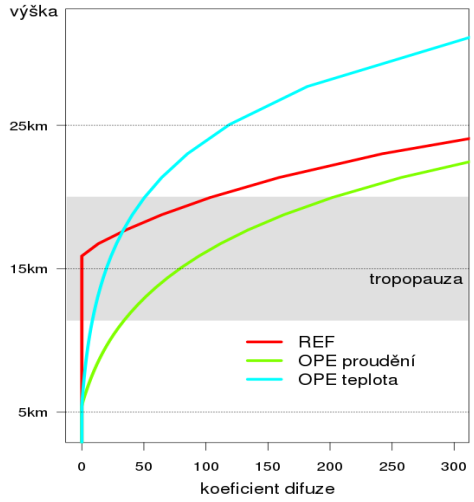
Model začne popisovat tzv. ***nehydrostatické jevy***, jako jsou vnitřní gravitační vlny, způsobené vztlakovými silami (buoyancy waves). Jsou dobře vidět na ***vlnové oblačnosti***, viz obrázek. Vlevo je řešení hydrostatického modelu se 4,7 km, vpravo nehydrostatického modelu s 2,3 km pro patra vysoké, střední a nízké oblačnosti, nahoře je satelitní snímek. Situace 12/02/2019, délka předpovědi 11h.

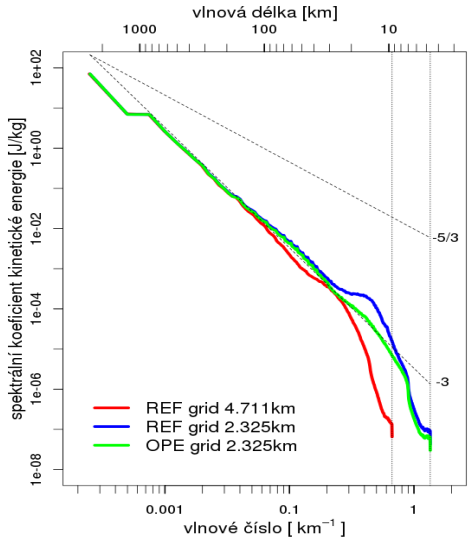
Konvekce je nehydrostatický jev, takže i zde se nehydrostatickému modelu bude lépe dařit.

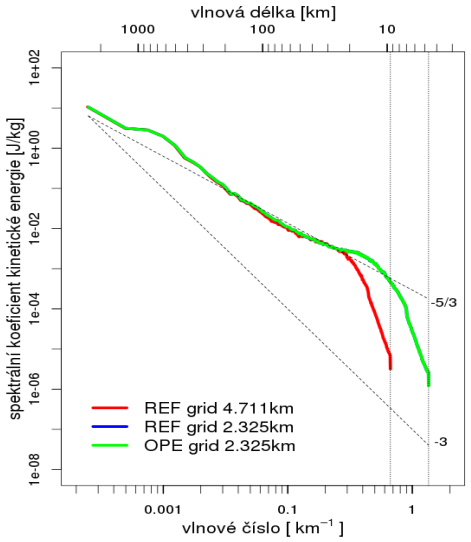


Horizontální difuze

- Role horizontální difuze:
  - Odstranění šumu (nedokonalosti numerického řešení);
  - Parametrizace přenosu energie do již nerozlišených vln.
- ALADIN má schéma SLHD (Semi-Lagrangian Horizontal Diffusion); kombinuje spektrální difuzi a lokální selektivní difuzi využívající vlastnosti interpolátorů SL advekce.
- Při změně rozlišení dojde k posunu spektra – naladění schématu.

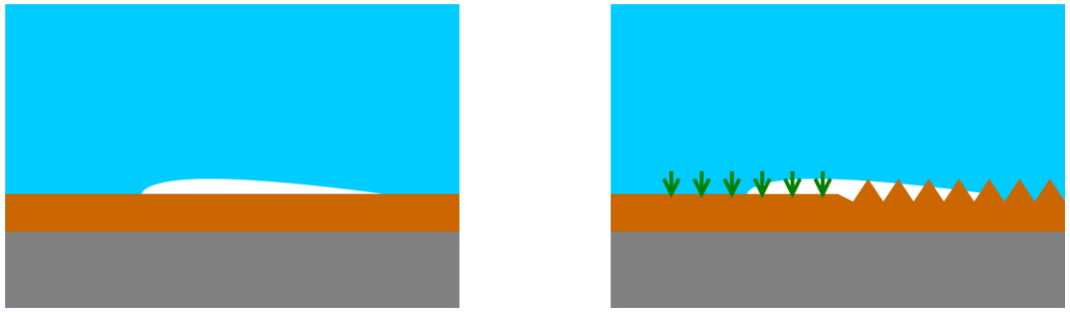






Nerozlišená orografie a drsnost povrchu

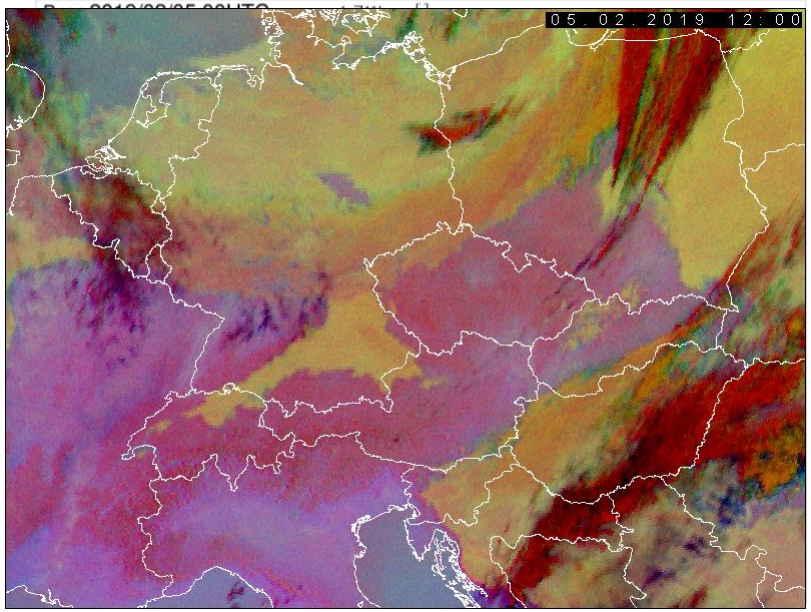
- Role parametrizace nerozlišené orografie:
  - Vznik gravitačních vln a jejich depozice s výškou;
  - Účinek obtékání;
  - Účinek objemu.
  - Při ***dostatečně (?) vysokém rozlišení*** by již neměla být potřeba – pragmatické rozhodnutí dle skóre modelu; zatím ponechána se sníženým účinkem.
- Revize parametrizace drsnosti povrchu a ošetření vlivu sněhové pokrývky na drsnost, sjednocení výpočtu frakce sněhové pokrývky v rámci výpočetní buňky též pro albedo a emisivitu.

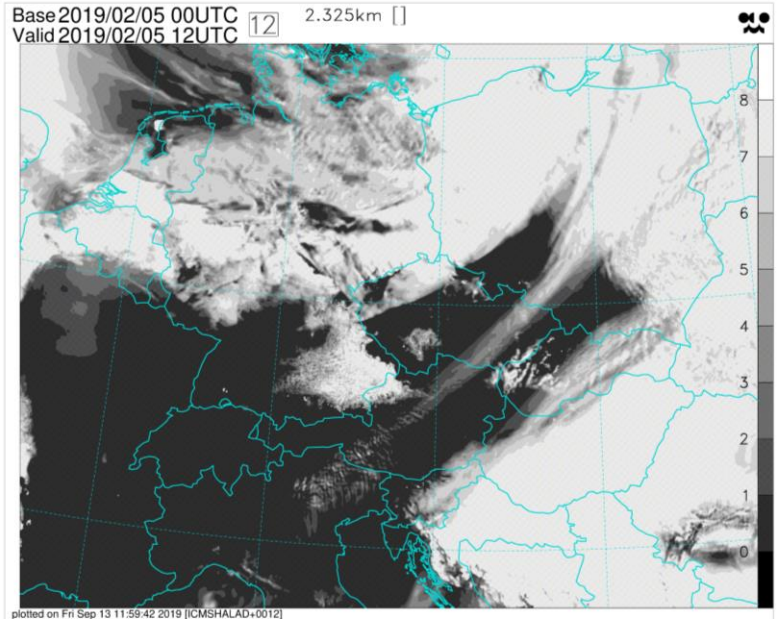


Ilustrace vlivu drsnosti povrchu na rozložení sněhové pokrývky

Oblačnost pro radiaci

- Schéma záření pracuje s celkovou oblačnou pokrývkou ve výpočetní buňce a s měrným obsahem kondenzované vody a ledu. Příspěvky:
  - oblačnost vrstevnatá (rozlišená ve výpočetní buňce);
  - oblačnost mělké konvekce (beze srážek);
  - oblačnost hluboké konvekce.
- Výpočet ***vrstevnaté oblačnosti bylo třeba revidovat*** při změně rozlišení, aby lépe zohlednilo rozložení vlhkosti uvnitř buňky. Byla posílena tvorba oblačnosti mělké konvekce. Množství oblačnosti se obecně zvýšilo.

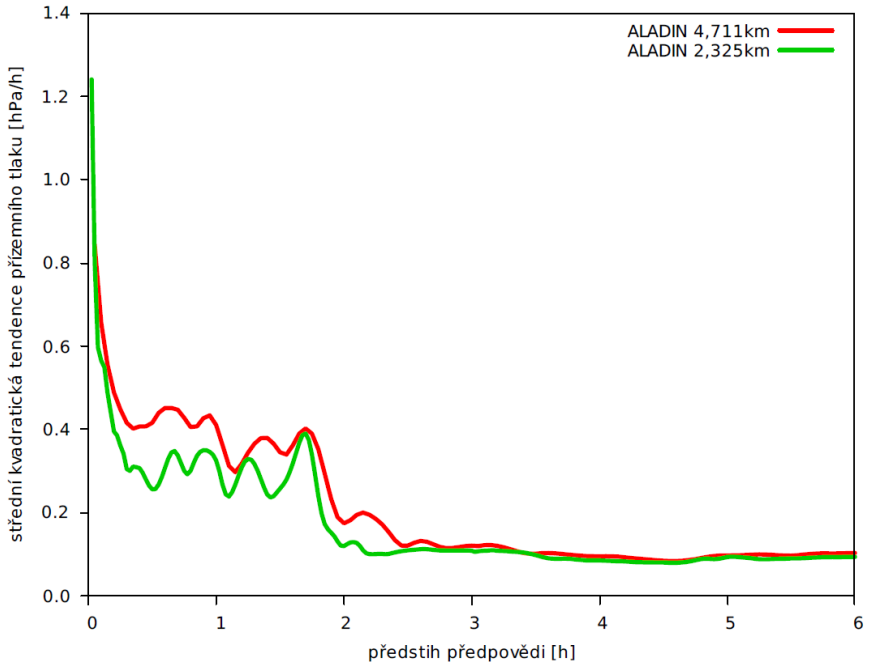




Asimilační cyklus

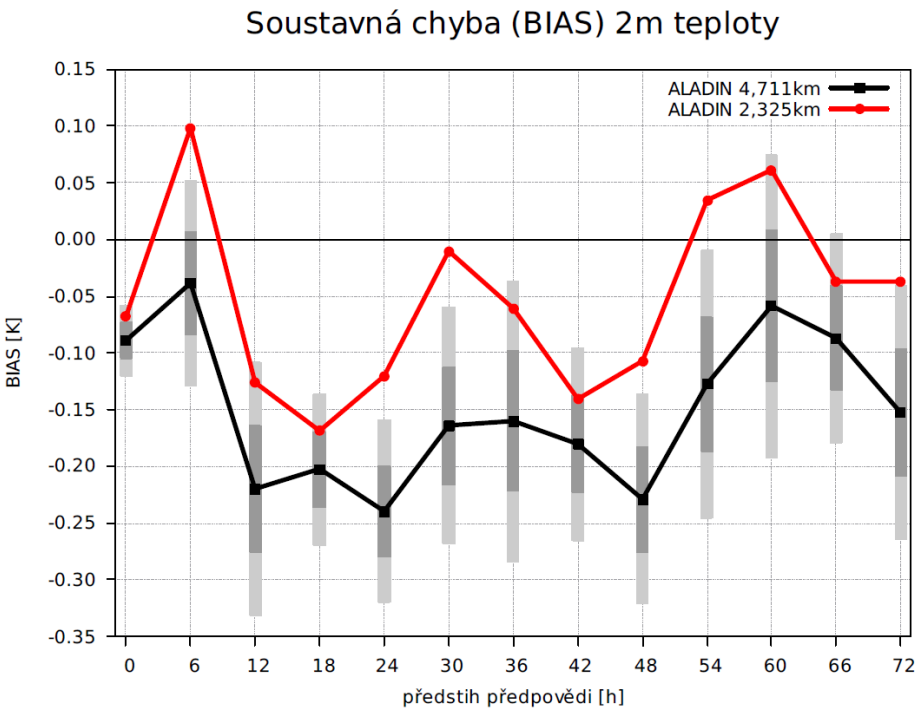
Co bylo třeba změnit:

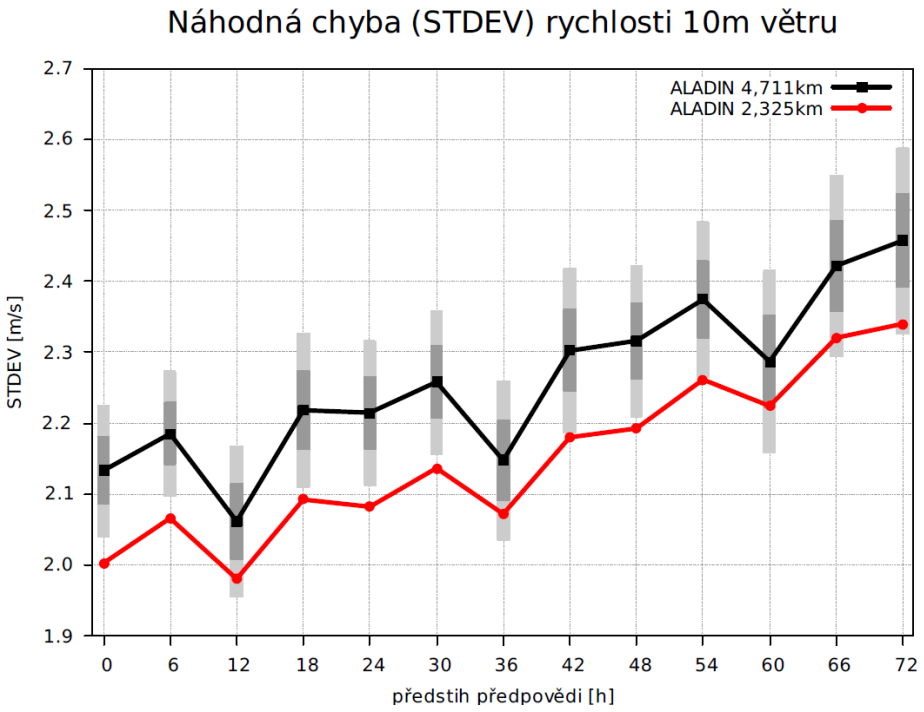
- Změna rozlišení vyžádala konstrukci nové matice ***B*** kovariancí chyb předběžného pole (***míra přitažení*** výsledné analýzy k předběžnému poli, ***míra*** horizontálního a vertikálního ***šíření informace*** z pozorování a ***křížový vliv*** na další analyzované prvky); byly přeladěny koeficienty pro vlhkost;
- Nové NH prognostické proměnné (***w***, ***p***) nejsou součástí kontrolního vektoru (***u***, ***v***, ***T***, q_v, π_s ve všech uzlových bodech); jsou převzaty z předběžného pole.



Ilustrace tzv. spin-up efektu v asimilačním cyklu. Zařazení pozorování vždy způsobí drobné nerovnováhy – vyšší tendence přízemního tlaku.
Nová verze má spin-up efekt menší.

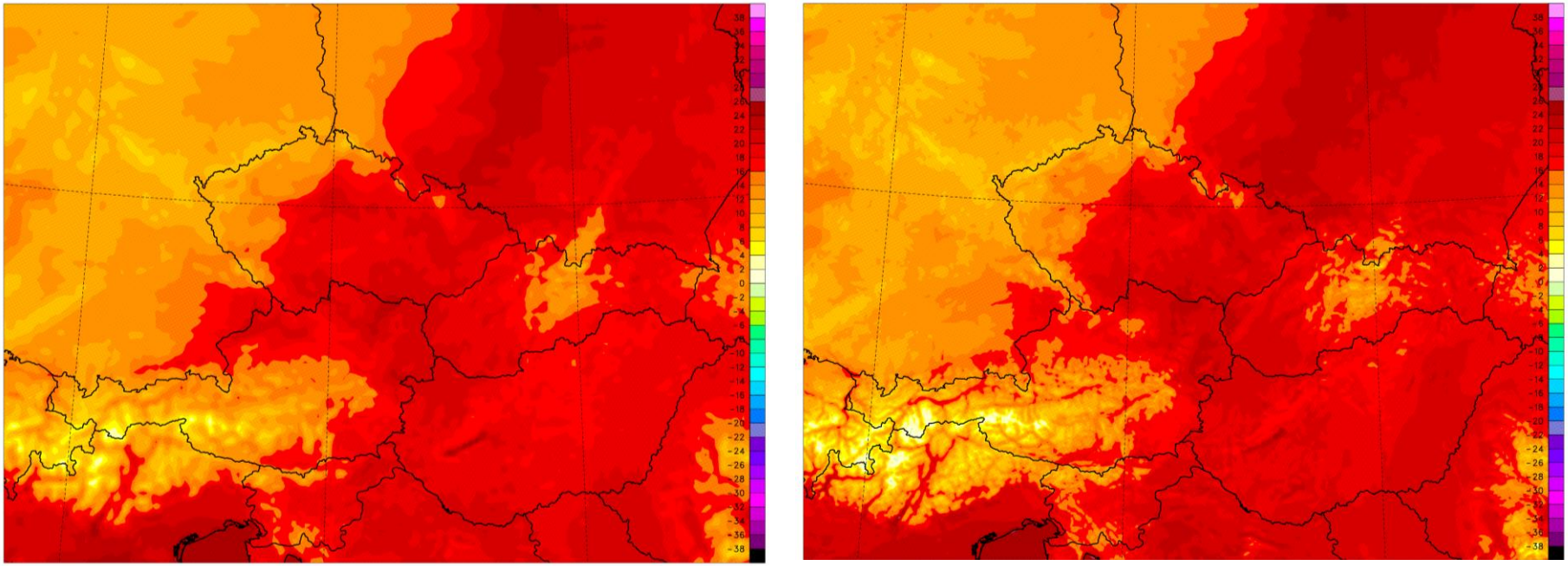
Ukázky výsledků – přízemní parametry





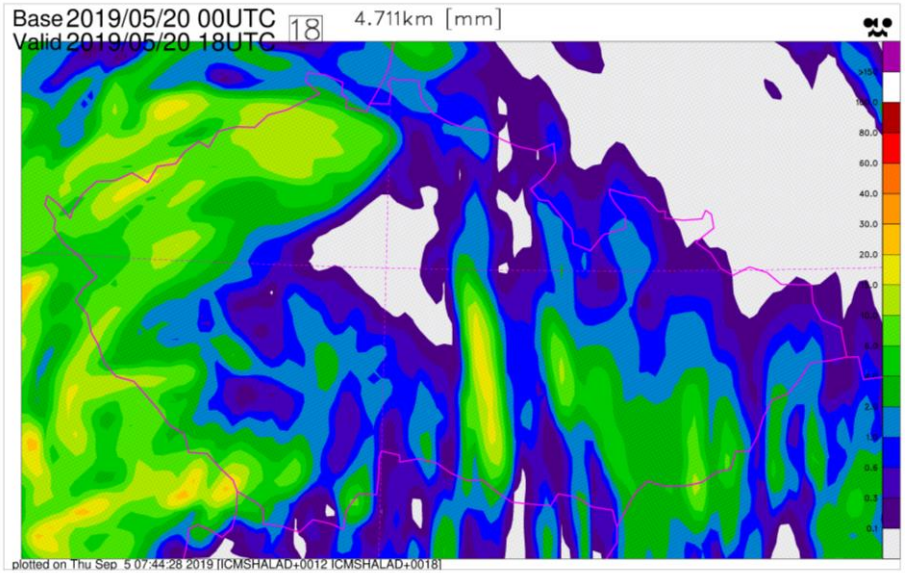
Skóre teploty ve 2 m (vlevo) a větru v 10 m (vpravo) – výsledky ze zimního období 2019
Zobrazeny jsou též intervaly spolehlivosti pro σ a 2 σ.

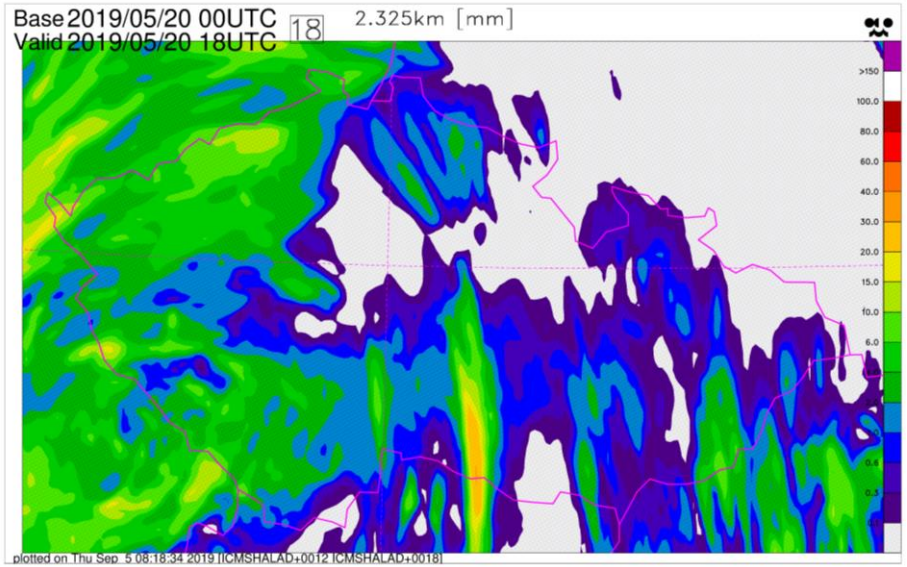
Teplota - mapky



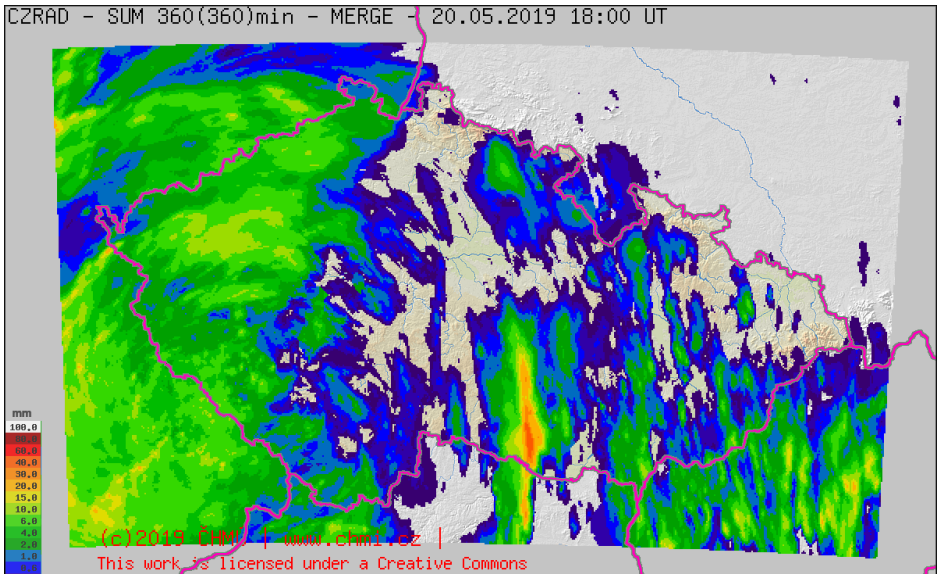
Efekt vyššího rozlišení v poli teploty ve 2m nad zemí. Letní situace s přechodem fronty. Řešení ve vysokém rozlišení 2,325 km je vpravo s detaily zejména v horách.

Srážky - mapky

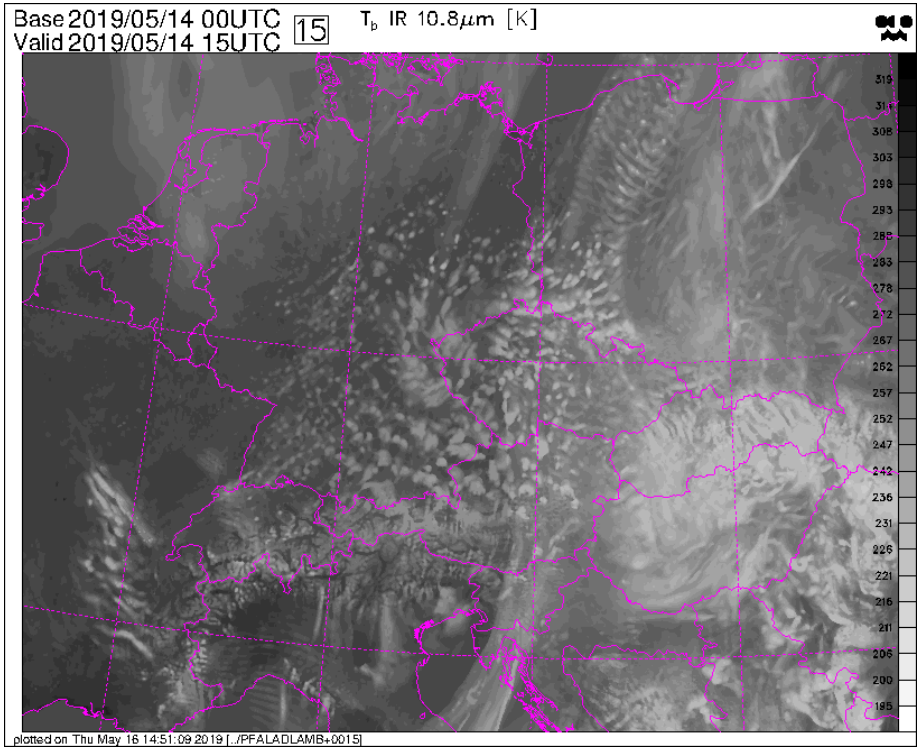


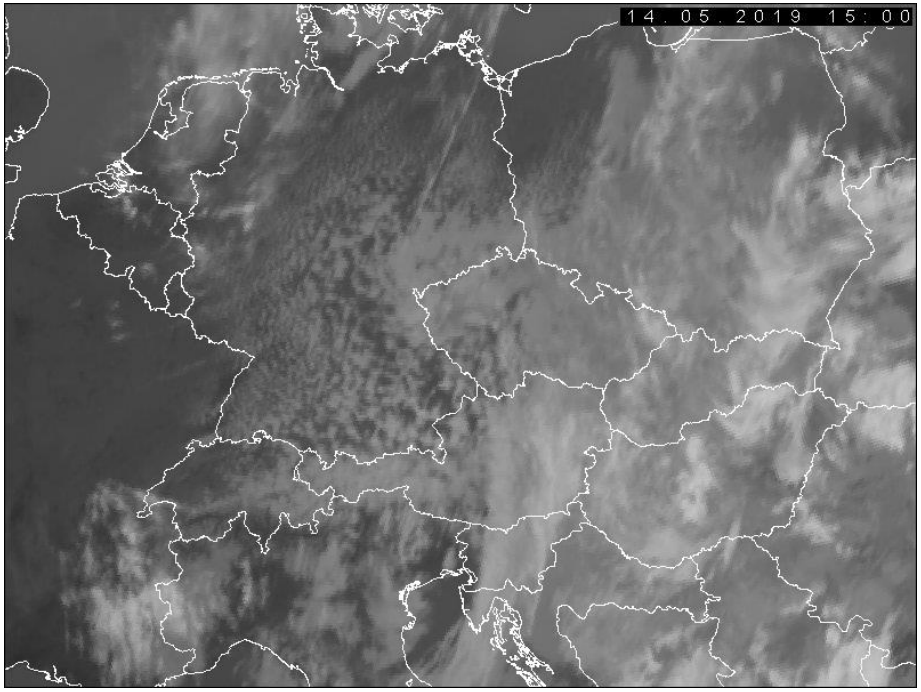


Ukázka struktury předpovězených srážkových úhrnů za 6h v nízkém a ve vysokém rozlišení.
Situace 20/05/2019, předpověď na +18h.



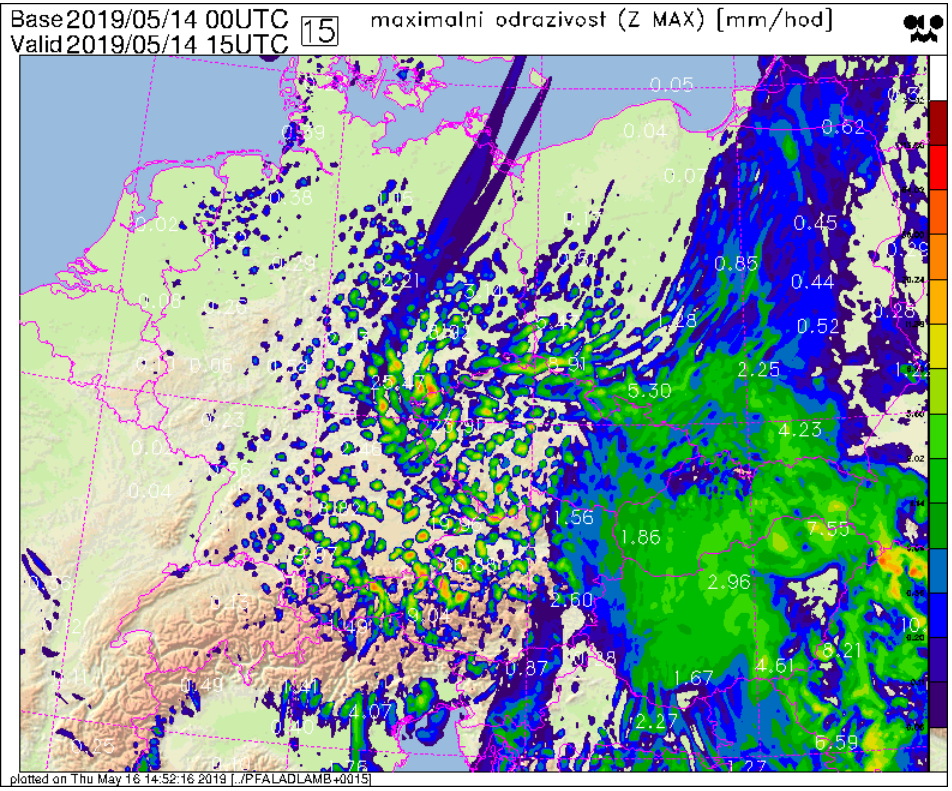
Nový produkt – předpověď satelitního snímku v kanálu IR

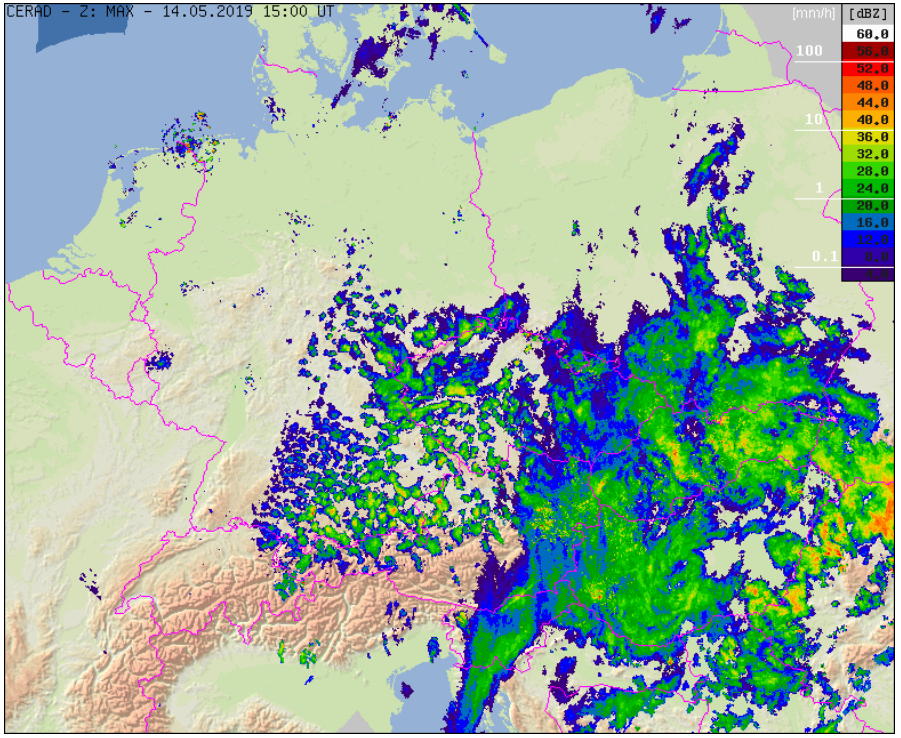




Jasová teplota předpovězená modelem (vlevo) a pozorovaná (satelit MSG)

Nový produkt – předpověď maximální radarové odrazivosti



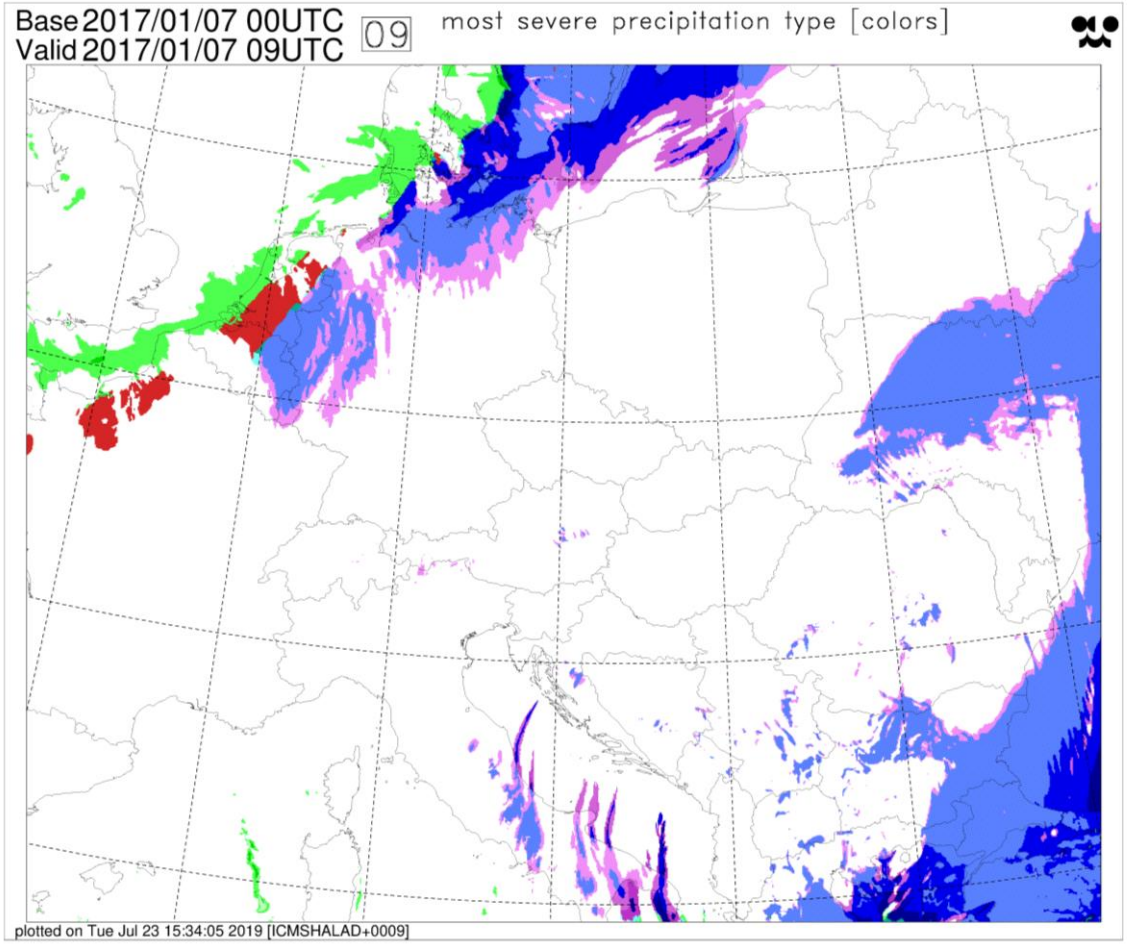


Předpověď maximální radarové odrazivosti ve sloupci modelem (vlevo) a pozorování (produkt OPERA, vpravo).

Shrnutí

- Představili jsme důležitou část práce, která je spojena se zvýšením rozlišení modelu, zejména se skutečností, že se posune spektrum modelem rozlišené cirkulace;
- Další velkou změnou bylo zavedení nehydrostatické verze;
- Výsledky modelu se zlepšily, v některých skóre významně;
- Na této verzi modelu budeme dále stavět a připravovat zlepšení a další produkty;
- Prezentace se nedotýká mnoha dalších technických aspektů, jako co znamenalo zvýšení rozlišení pro hladké zajištění veškeré sady produktů pro uživatele.

Již brzy …



Typ srážek	barva
déšť	
mrznoucí déšť	
suchý sníh	
mokrý sníh	
smíšené srážky – déšť a sníh	
jehličky	
krupička, malé kroupy	
kroupy	
mrholení	
mrznoucí mrholení	
mokrý sníh s deštěm/ plískanice	
občasný déšť	
občasný suchý sníh	
občasný mokrý sníh	
občasné smíšené srážky	
Občasný mokrý sníh s deštěm/ plískanice	