

Operační analýza srážek pomocí systému RADOLAN a modelování počasí a vody z tání v DWD

U. Böhm, D. Majewski, T. Reich, G. Schneider, E. Weigl, T. Winterrath DWD,
Hydrometeorologické oddělení & Oddělení meteorologických anlyz a
numerického modelování



Operační analýza srážek na základě metody RADOLAN

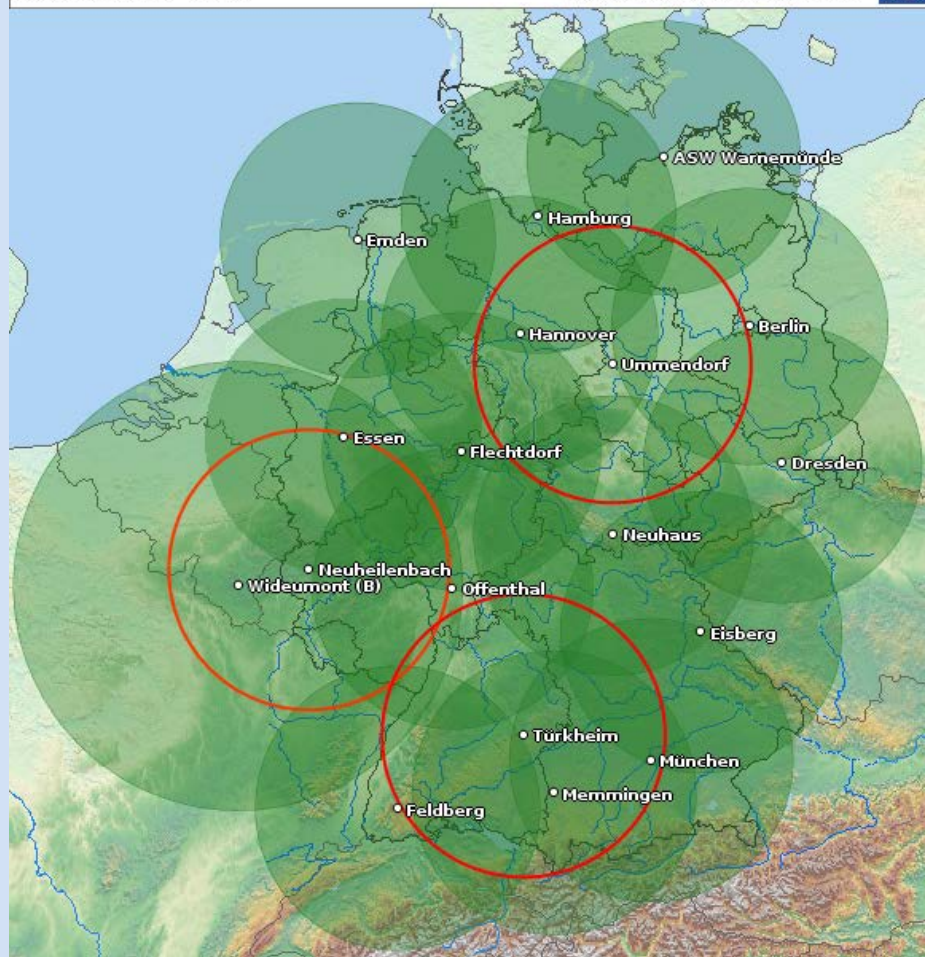
Poloměry 150 km pro kvantitativní registraci atmosférických srážek pro metodu RADOLAN a RADVOR-OP

Radarstatus Deutschland (rot=Ausfall, grün=aktiv)

[Mon.] 2013-11-11 21:35UTC

Geographiedaten: © BKG

© 2013 Deutscher Wetterdienst



Operační (14+1 radarů):

Emden (EMD), Hamburg (HAM), ASR Warnemünde (ASW), Essen (ESS), Flechtdorf (FLD), Hannover (HAN), Berlin (BLN), Offenthal (OFT), Neuhaus (NEU), Dresden (DRS), Feldberg/Schw. (FBG), Memmingen (MEM), München (MUC), Eisberg (EIS) + Wideumont (Belgien)

Zkušební provoz (3 radary):

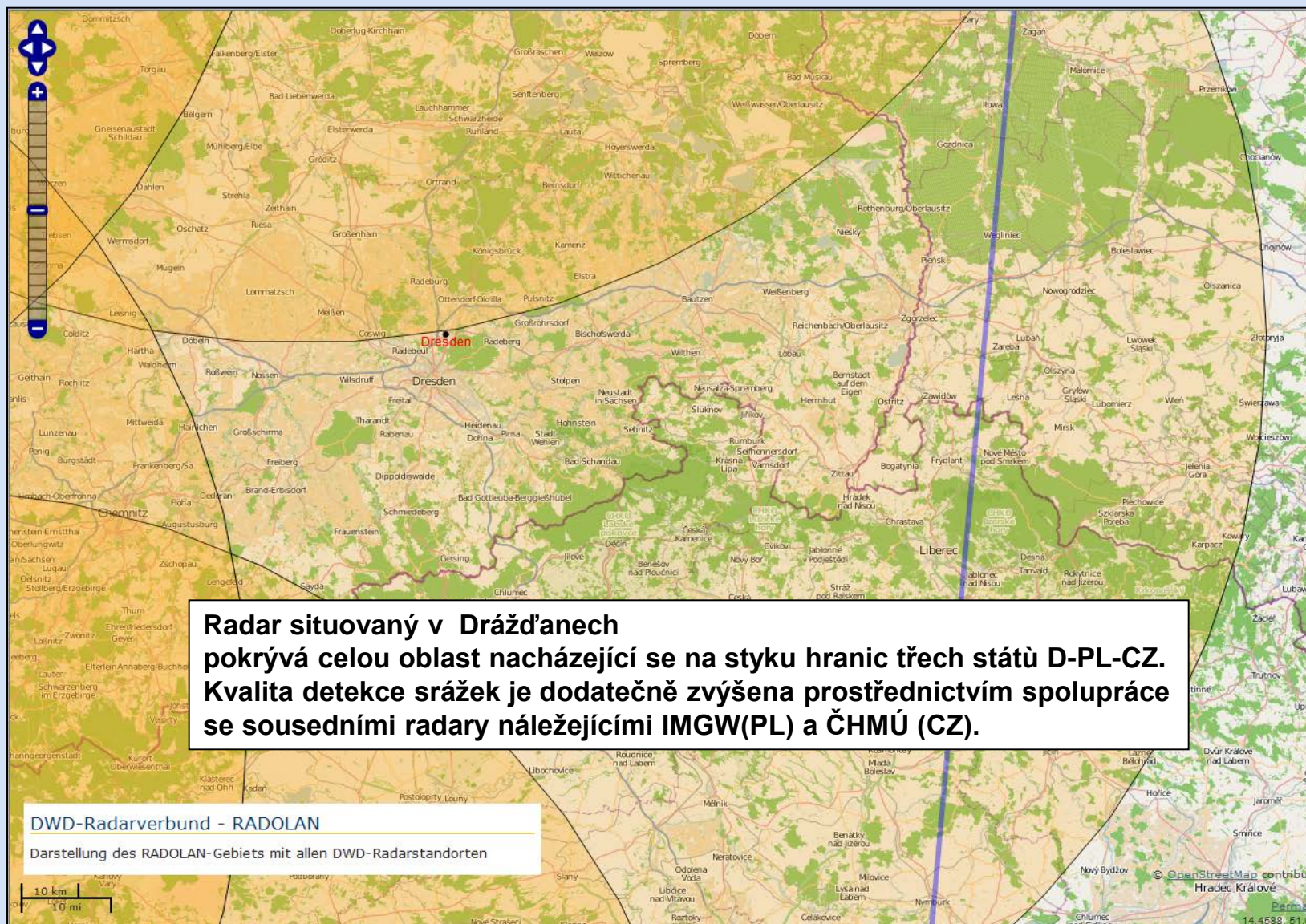
Boostedt (BOO) für HAM, Prötzel (PRO) für BLN, Isen (ISN; ex-Schnaapping, (SNA)) pro MUC

Rekonstrukce (4 radary) v rámci projektu RADSYS-E:

Neuheilenbach (NHB), Rostock (ROS), Türkheim (TUR), Ummendorf (UMD)

RADSYS-E:

Technická modernizace radarových systémů s přechodem na techniku Dual-Pol-Technik (2015); umožňuje ještě lepší registraci srážek a zároveň rozeznávání hydrometeorologické situace (kroupy, sníh,)



RADOLAN: Aktuální rozložení srážek z kalibrace online radarů

- Metoda RADOLAN byla vypracovaná v rámci projektu realizovaného v období let od 1997 do 2004 a financovaného i odborně podporovaného Zemským pracovním společenstvím „Voda“ (LAWA).
- Základ:
 - a) Výstavba sítě automatických srážkoměrných stanic s dálkovým přenosem dat (MESSNETZ2000; realizovaná v BW již v roce 1997))
 - b) Realizace radarové měřicí sítě pokrývající celé Německo (soustava radarů) založená na 16 lokalizacích do roku 2000 (včetně radaru Drážďany)
 - c) Objednávky na údaje týkající se kvalitních produktů o srážkách měřených radarem pocházejí z institucí zodpovědných za vodní hospodářství (výsledek z projektu AKORD v roce 1997)
 - d) kalibrace offline v hydrometeorologickém oddělení DWD
 - Cíl:
Získávání kvantitativních dat o srážkách z radarových měření v reálném čase:



Velká prostorová i časová rozlišitelnost zahrnuje celou plochu Německa a slouží k předpovídání povodní pro potřeby vodohospodářské správy spolkových zemí

- Experimentální zkušební provoz od února 2004
- Operativní rutinní provoz od června 2005
- Stálé zlepšování (např. RADOLAN-ME, metoda Merging-, Stetisierung)



Přednosti a nedostatky obou metod monitorování srážek Stacionární stanice <--> radarové

Pozorování ze stanic

- + bezprostřední kvantitativní měření
- + dostupné dlouhé časové řady
- + v současné době vysoká časová rozlišitelnost (1min)
- omezená reprezentativnost pro území
- nerovnoměrné rozmístění stanic
- pouze částečně okamžitá signalizace
- vysoké provozní náklady



Radarová pozorování

- + pokrývají celé území
- + vysoká prostorová rozlišitelnost (1 km)
- + vysoká časová rozlišitelnost (5 min)
- + rychlá dostupnost
- nepřímá pozorování
- různé zdroje chyb
- časově náročná kvantifikace
- dostupné pouze krátké řady



Problém s registrací lokálních extrémních událostí v stacionárních stanicích; zvláště ve vztahu ke srážkám

Produkty kalibrované měřeními z ombrometrů

Název produktu	Časová rozlišitelnost	Obsah	dostupné po	Použití
RB	60 min.	Wstępnie wykalibrowane dane radarowe po zastosowaniu jednego czynnika; obszar: Niemcy	30 min.	SNOW
RW	60 min.	Kalibrované radarové údaje: Závěrečný výsledek cejchování po výpočtu hodnoty váženého průměru ze dvou standardních metod; Oblast: Německo	30 min.	HVZ (povodňové štáby), Quant. RADAR-Nowcasting, zemědělství, zhodnocení
EB/EW	60 min.	Středoevropské kvantitativní radarové údaje: Prostorový dosah zahrnuje území povodí která obhospodařují Němci Oblast: Střední Evropa	40 min.	SNOW, monitorování srážek zahrnuje velký prostor
SQ/SH/SF	6h/12h/24h (každých 60 Min.)	sečtené, kalibrované radarové údaje; Oblast: Německo	40 – 60 min.	Výstražná služba, HVZ (povodňové štáby)
RL/RU	60 min.	Radarové údaje po kalibraci Mergin/konečný výsledek cejchování po výpočtu hodnoty váženého průměru ze dvou standardních metod a také metoda Mergin; Oblast: Německo	60 – 120 min.	HVZ
„RW2“, „SF2“	60 min., 24h	„dodatečně kalibrované“ Radarové údaje: závěrečný výsledek cejchování po výpočtu hodnoty váženého průměru ze dvou standardních metod; Oblast: Německo	18 -25h	HVZ
W1-W4	7, 14, 21, 30d (každých 24 h)	Sečtené, kalibrované radarové údaje; Oblast: Německo	70 min.	Výstražná služba

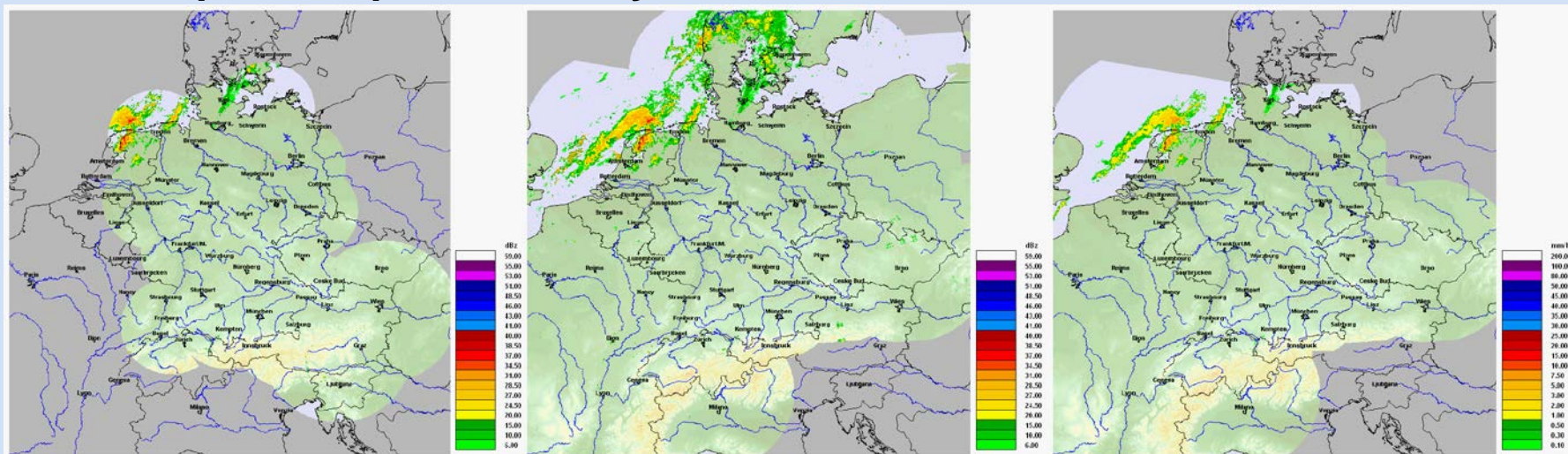


Operacionalizace evropských kompozitů EA, EX i EY

EA: Radary DWD a kompozit z Rakouska

EX: Radary DWD a radary z Belgie, Dánska, Francie, Holandska, Polska, Švýcarska a Česka

EY: Radary DWD a radary z Belgie, Francie, Holandska, Švýcarska a Česka; **spolu s opravou kvality**



30.10.2013, 09:00 UTC

RADOLAN-ME testovací produkce s polskými radarovými údaji

Cíl: celkové pokrytí povodí Odry a stejná kvalita jako z radarů DWD

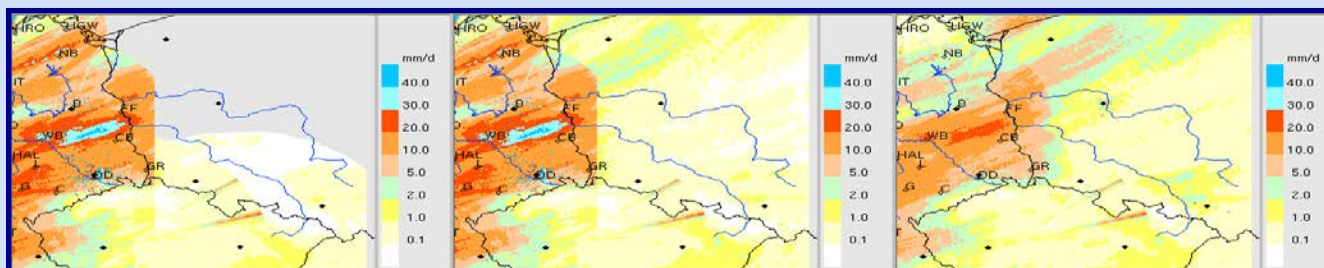
Vstupní údaje: 1) místní mapy odrazivosti

CAPP

2) místní data BUFR-Sweeps

Poděkování panu Łukaszi Wojtasovi (IMGW Warszawa)

Použití na kompozit EZ



Denní hodnoty RADOLAN-ME ze dne 27.10.2013 (00:00 do 23:55 UTC) na výseči o poloměru 300 km u Glogowa nad Odrou

vlevo: vlastní práce;

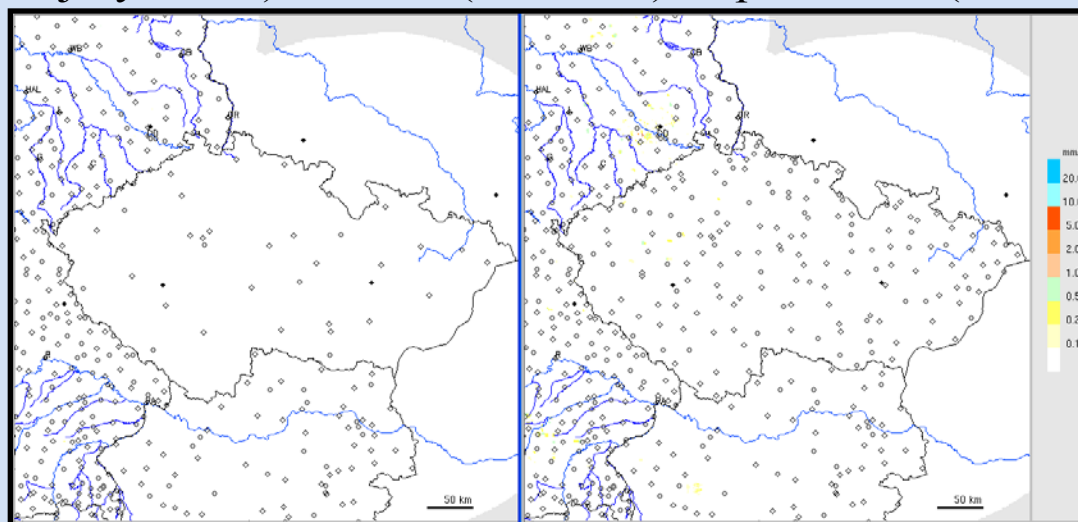
uprostřed: test 1;

napravo: test 2

RADOLAN- testovací produkce s českými radarovými údaji

- Cíl: celkové pokrytí povodí Odry a stejná kvalita jako z radarů DWD
- Vstupní údaje: hodinová srážková data měřicí stanice ČHMI
- Poděkování panu Janu Sulanovi & paní Evě Červené (ČHMI Praha)
- Použití na kompozit EZ

Hodinové hodnoty RADOLAN-RW z 27.11.2013, 15:50 UTC na výseči o poloměru 275 km u Čihoště (Kraj Vysočina) s cca 35 (rutinními) resp. cca 175 (testovacími) stanicemi ČHMI



vlevo: vlastní práce

napravo: test

RADOLAN a RADVOR-OP - kontaktní osoba:

**Elmar Weigl
Dr. Tanja Winterrath**

Deutscher Wetterdienst
Abteilung Hydrometeorologie
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach am Main

E-Mail: Elmar.Weigl@dwd.de
Tanja.Winterrath@dwd.de
radolan@dwd.de

Internet: www.dwd.de/RADOLAN
www.dwd.de/radvor-op



Modelový řetězec předpovědí počasí v Německé meteorologické službě (DWD)

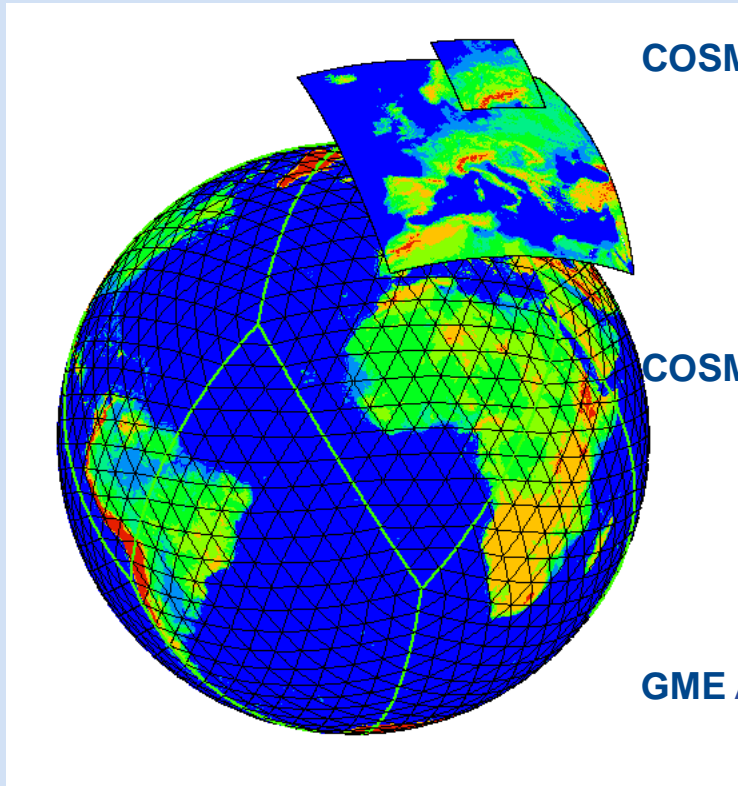
Složky numerického systému předpovídání počasí

- ^ Výpočet výchozího stavu modelu s přihlédnutím k možnému velkému množství pozorování (kolem 150.000 řádků programu FORTRAN)
- ^ Numerický výpočet budoucího stavu atmosféry na mnoha milionech „bodů sítě“ (kolem 250.000 řádků programu FORTRAN)
- ^ Ukládání předpovědních dat (kolem 4 terabajtů / den) v rychlých databankách
- ^ Používání spojených procesů, např. vlnění moře, odtok, zalednění,....
- ^ Závěrečné zpracování prognózních údajů, např. statistické korekční procesy (MOS: Model Output Statistics)
- ^ Vizualizace výsledků a distribuce produktů klientům

Numerická předpověď počasí v DWD

Stav: 2013

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

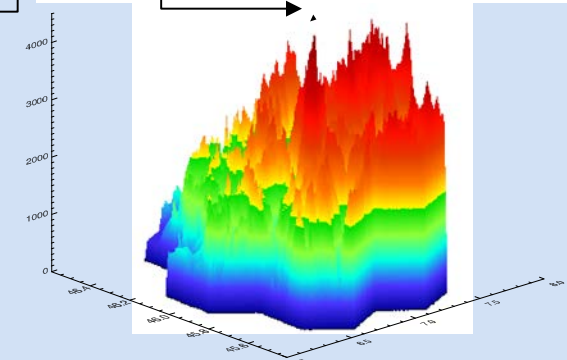
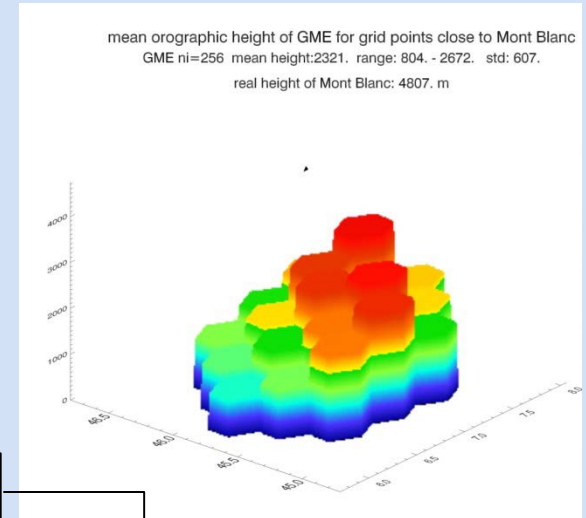


COSMO-DE $\Delta x = 2.8$ km

COSMO-EU $\Delta x = 7$ km

GME $\Delta x = 20$ km

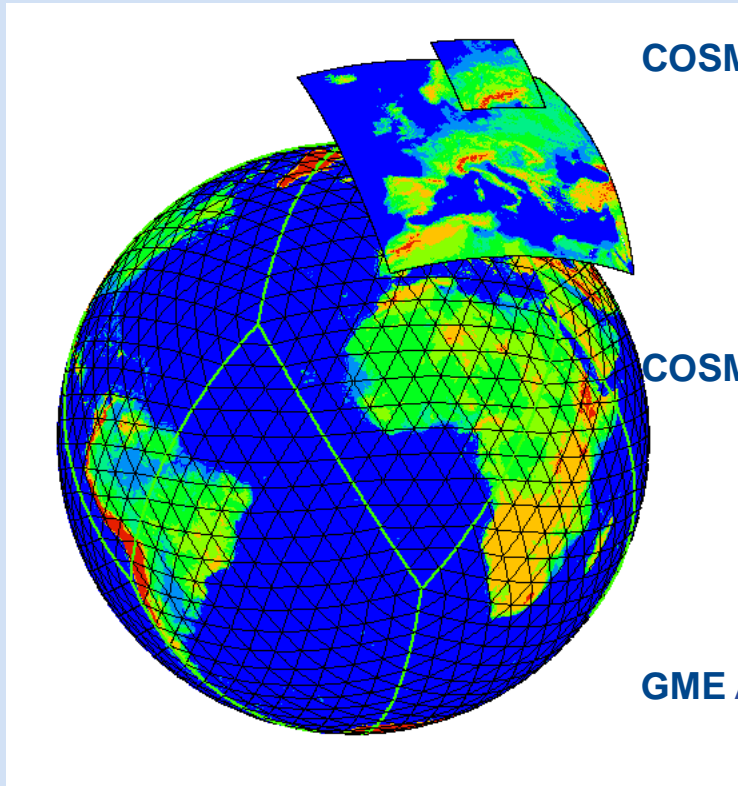
Mont Blanc



Numerická předpověď počasí v DWD

Stav: 2013

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

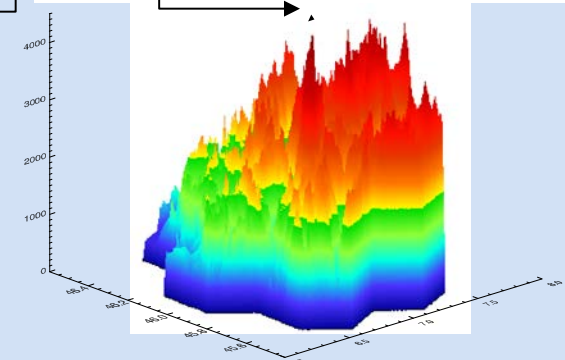
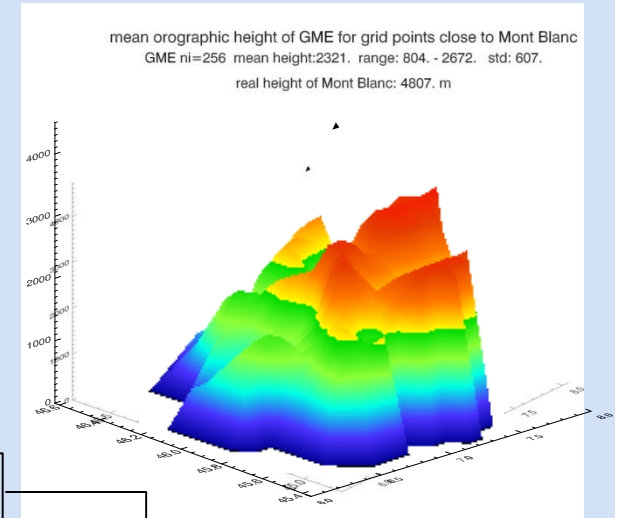


COSMO-DE $\Delta x = 2.8$ km

COSMO-EU $\Delta x = 7$ km

GME $\Delta x = 20$ km

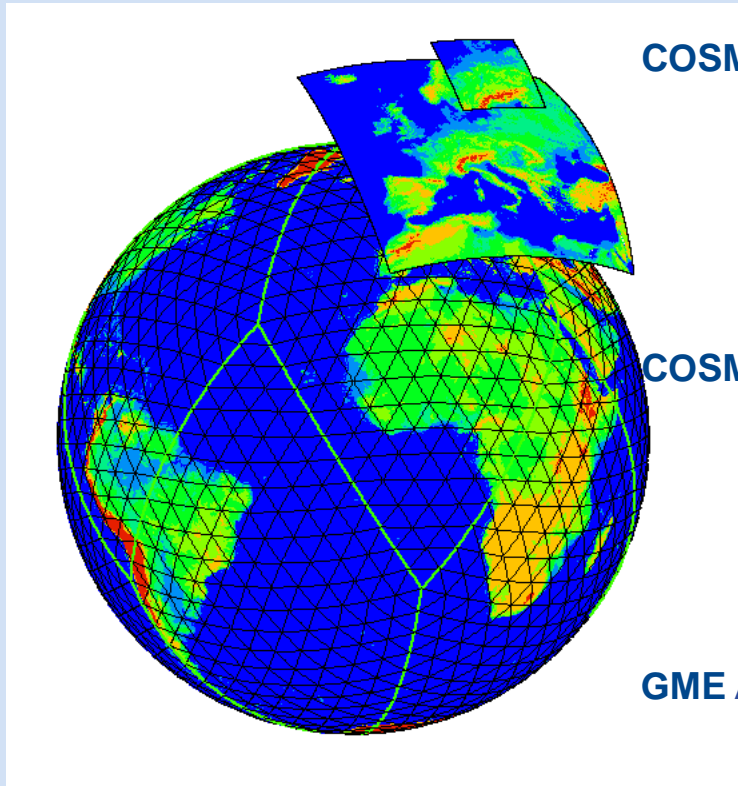
Mont Blanc



Numerická předpověď počasí v DWD

Stav: 2013

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

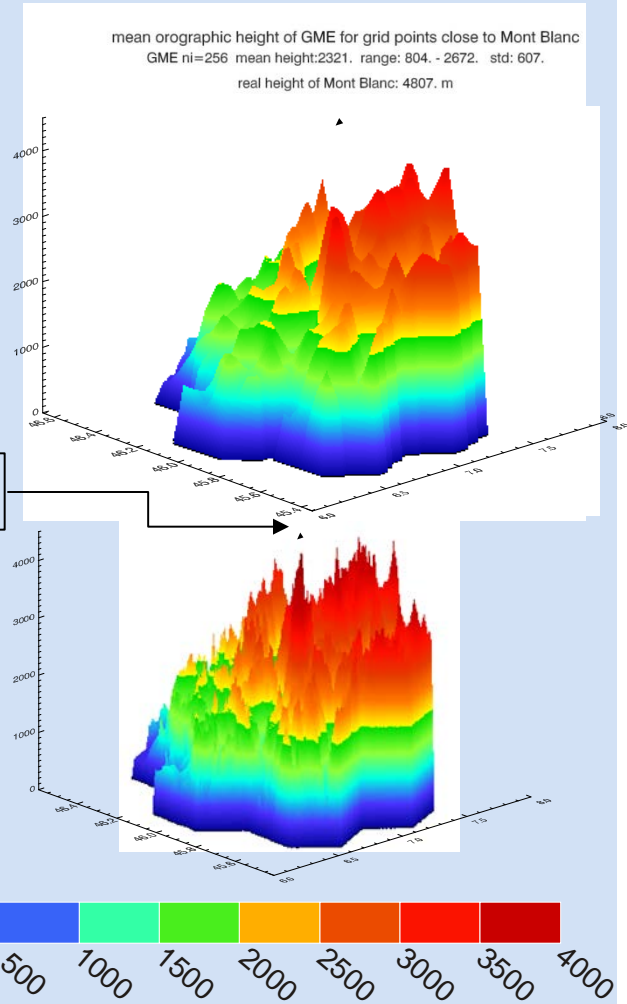


COSMO-DE $\Delta x = 2.8$ km

COSMO-EU $\Delta x = 7$ km

GME $\Delta x = 20$ km

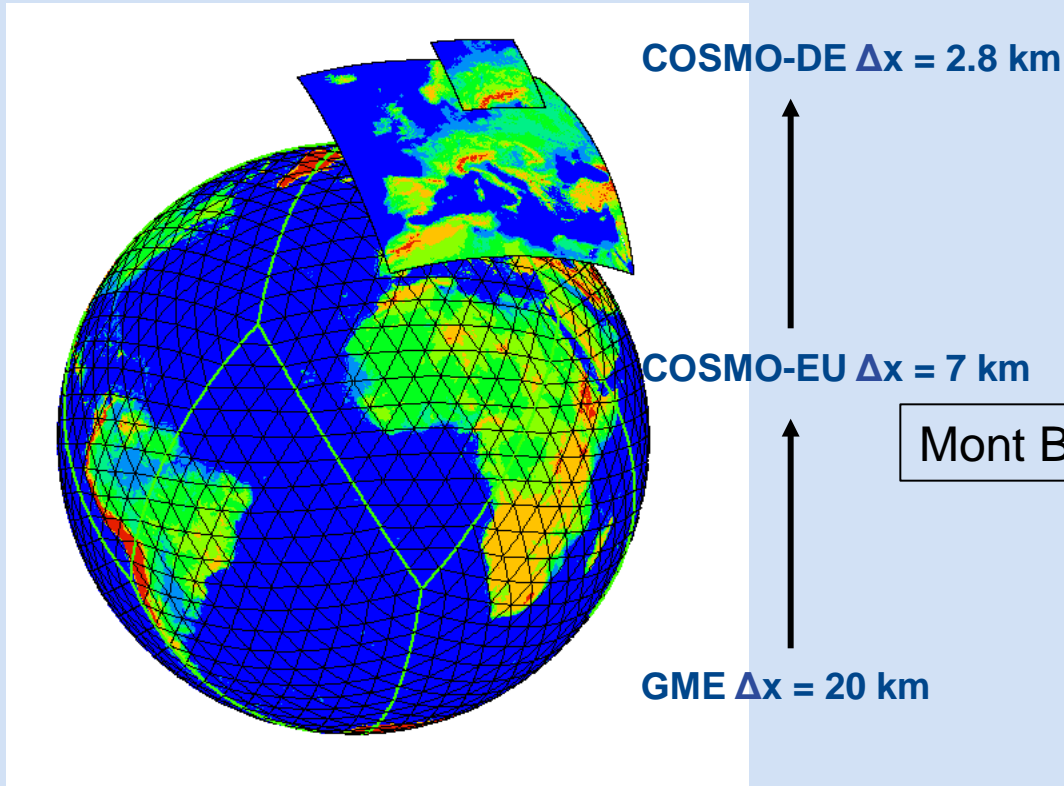
Mont Blanc



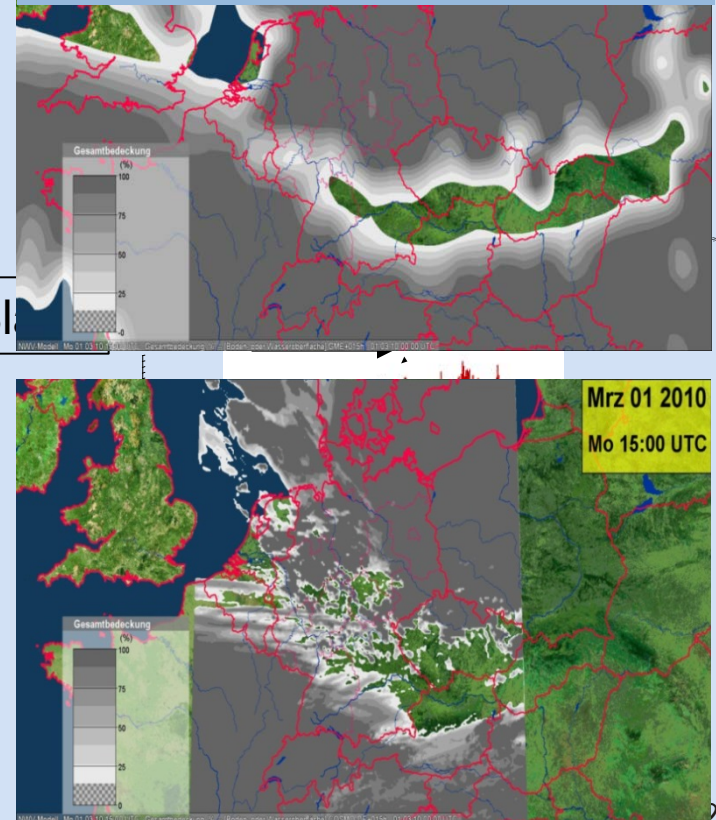
Numerická předpověď počasí v DWD

Stav: 2013

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Předpověď oblačnosti
z globálního modelu pro
Evropu (GME) (nahore) a
z modelu COSMO-DE (dole)



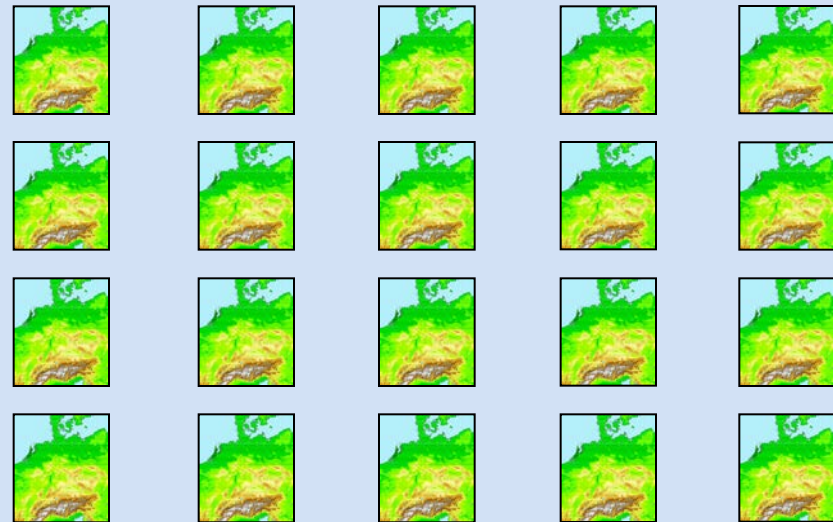
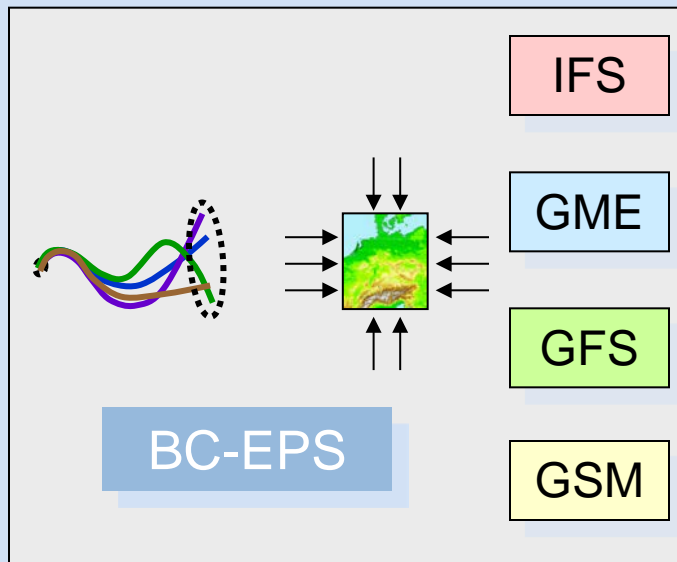
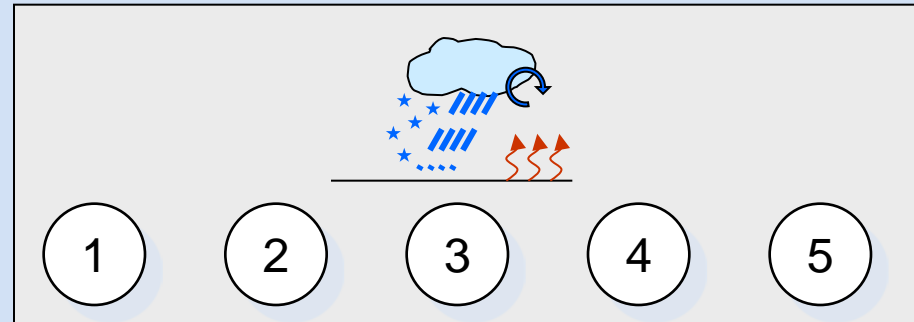
Numerická předpověď počasí v DWD

Probabilistická předpověď

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



20 členů COSMOS-DE-EPS (systém týmového předpovídání)
umožňujícího simulování konvektivních jevů



Probabilistické produkty

- Druh produktu:

pravděpodobnosti, kvantily, průměrná EPS, rozptyl EPS, maximum a minimum prvku pro bod ve čtvercové síti

- Proměnné

srážka, teplota ve výšce 2m, nárazy větru ve výšce 10m, sněžení, Tmin a Tmax ve výšce 2m

nové:

oblačnost, syntetický součinitel odrazu radaru, CAPE

- Časové poměry (např. pro pravděpodobnosti) 1, 6 a 12 hodin

- Prostorové poměry bod čtvercové sítě a 10 x 10 bodů čtvercové sítě (pouze pravděpodobnost srážek)

Numerická předpověď počasí v DWD

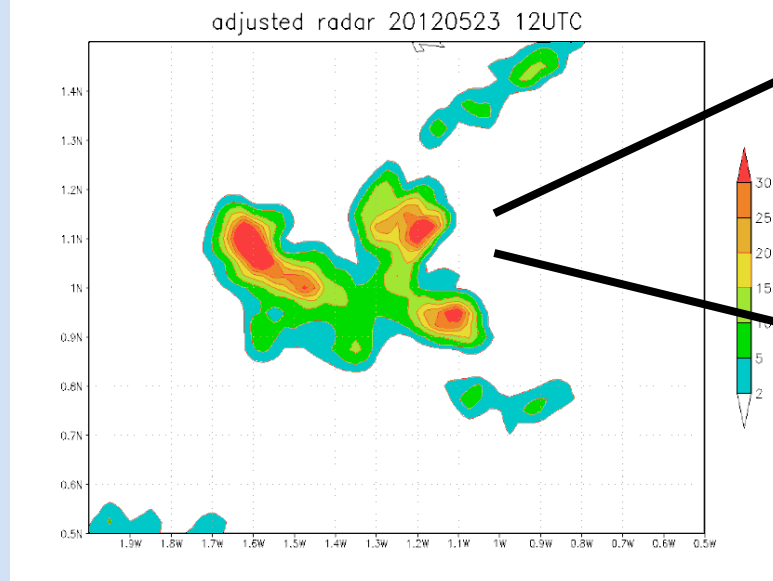
Probabilistická předpověď

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

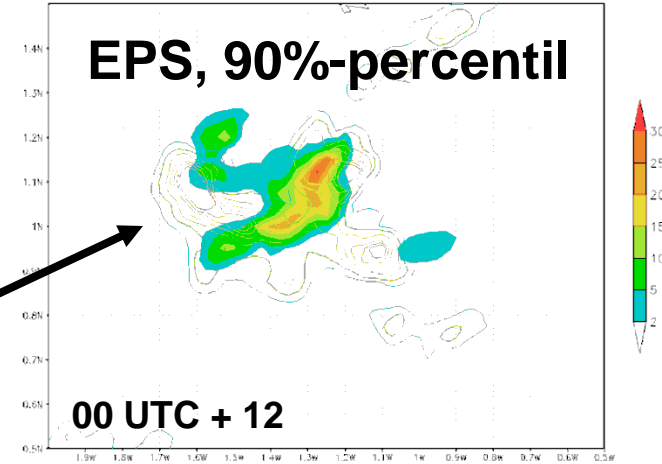


Studie případu ze dne 23.
května 2013, hodinový
srážkový úhrn 11-12 UTC

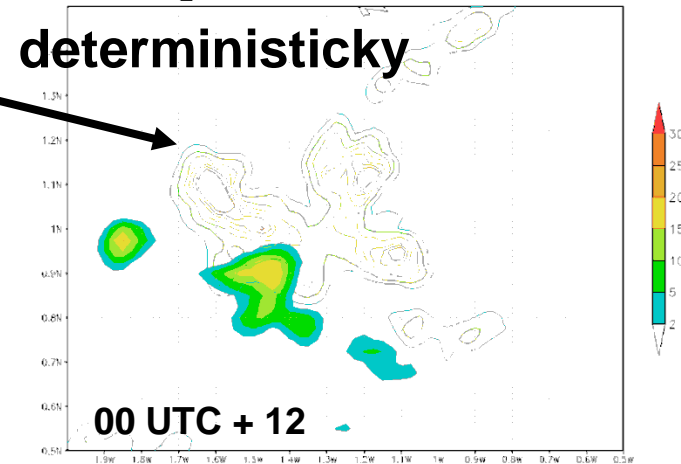
Kalibrované radarové měření



90%-perc, EPS 2012052300 11-12



TOT_PREC determ 2012052300 11-12



Rámcová struktura modelování ICON (ICOsahedral Non-hydrostatic)

Předpovědi pro životní prostředí
(např. výbuchy vulkánů)

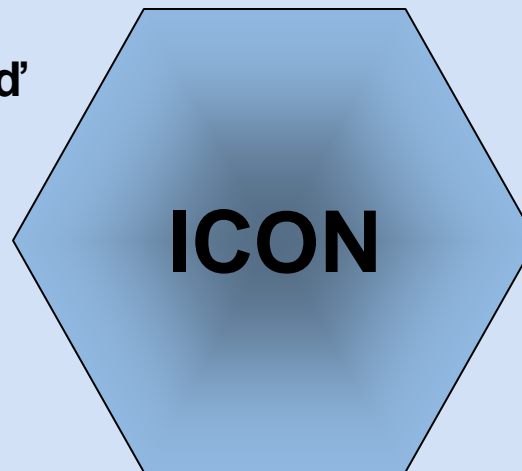
Předpověď
počasí

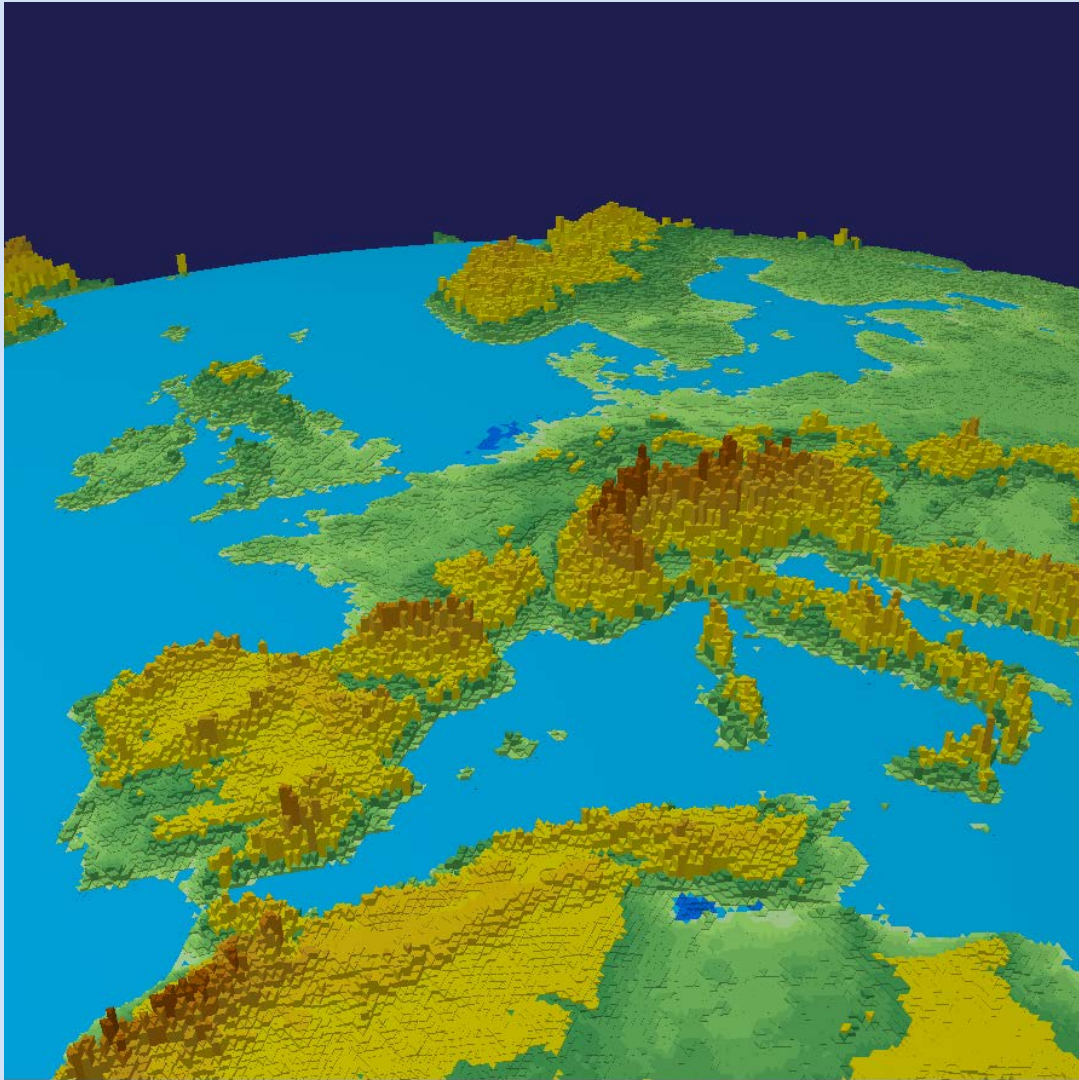
Klimatické
projekty

globální

regionální

Multi - stupnice





Orografie ICON pro
Europu

Rozlišovací schopnost
sítě: 13 km

Numerická předpověď počasí v DWD

Plánování na rok 2015

Globální model **ICON** **ICON** Zoom-oblast **Europa**

Hustota sítě: 13 km

Vrstvy: 90

Rozsah předpovědi:

174 h pro VZP 00 a 12 UTC

78 h pro VZP 06 a 18 UTC

1 prvek sítě: 173 km²

Hustota sítě: 6,5 km

Vrstvy: 54

Rozsah předpovědi:

78 h pro VZP 00, 06, 12 a 18 UTC

1 prvek sítě: 43 km²

Plus 1 vojenská oblast Zoom

•COSMO-DE (-EPS)

Hustota sítě: 2,2 km

Vrstvy: ~ 80

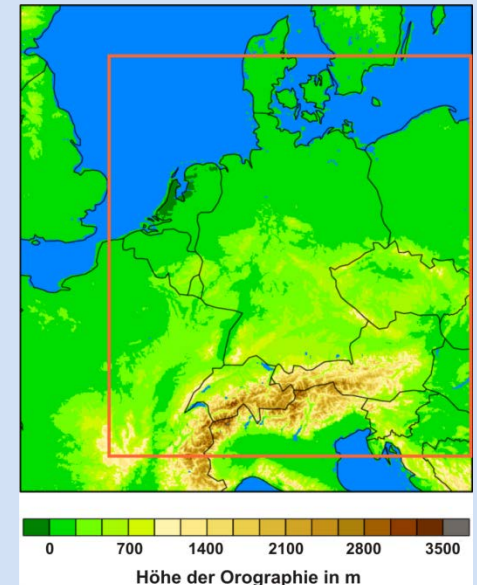
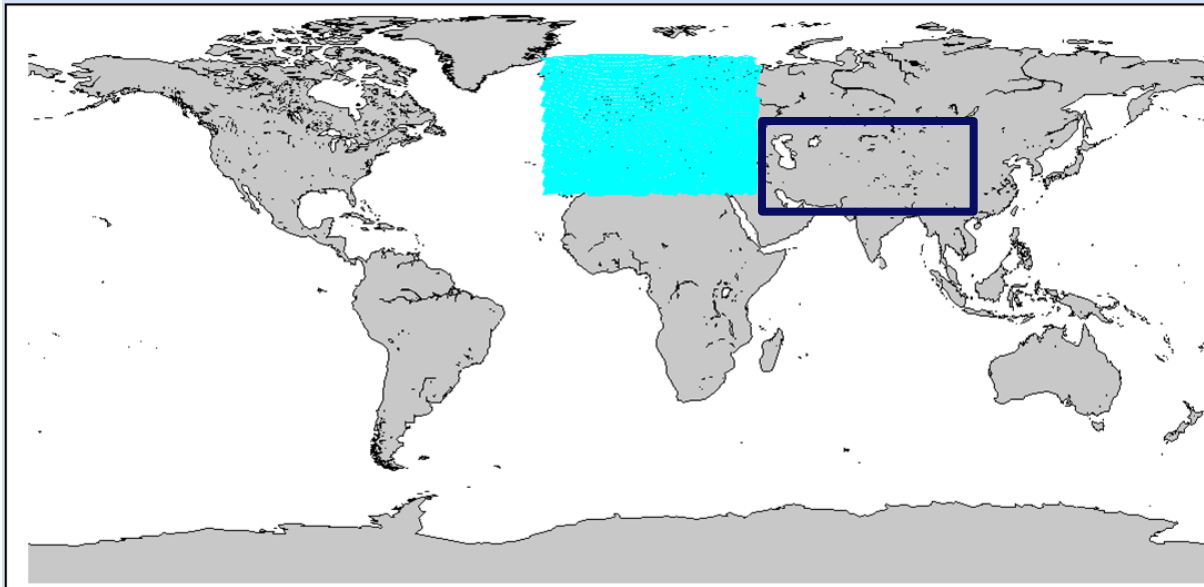
Rozsah předpovědi:

•27 h pro VZP

•00, 03, 06, 09,

•12, 15, 18, 21 UTC

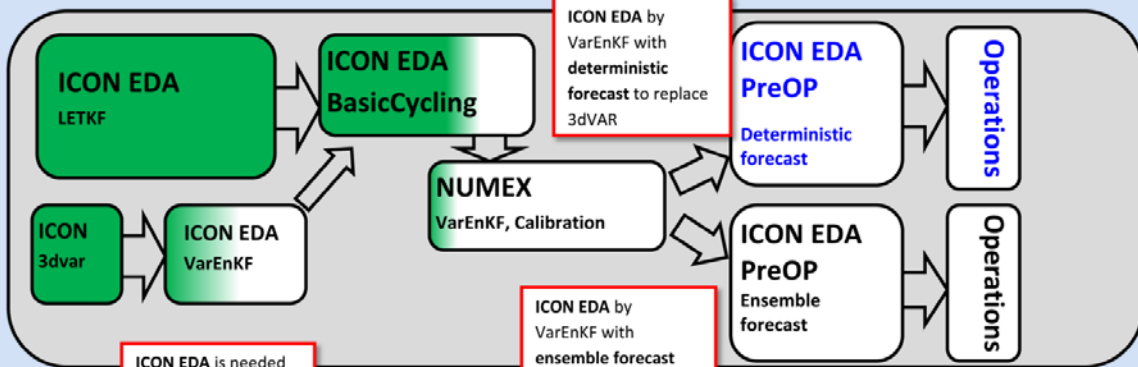
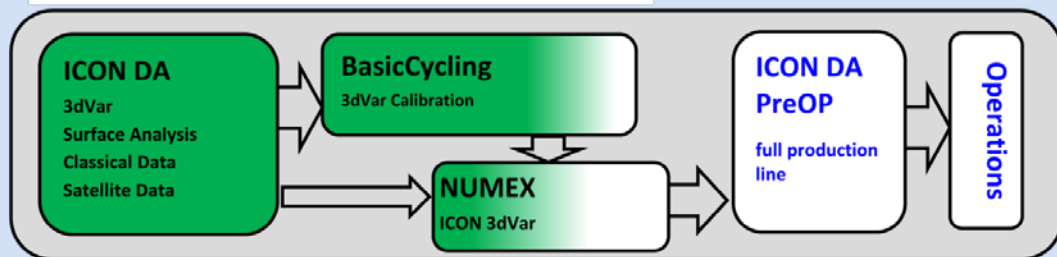
1 prvek sítě: 5 km²



Globální asimilace dat: ICON a EDA

Nový systém: soubory Hybride + variační asimilace dat

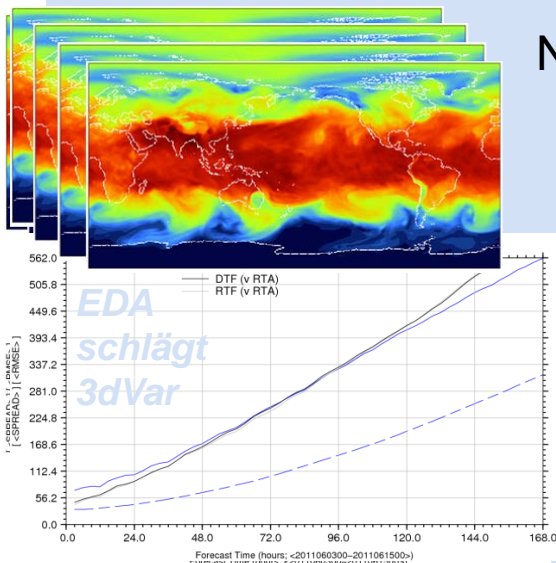
DWD Global Data Assimilation, Oct. 22, 2013



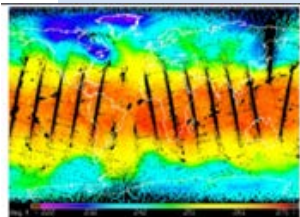
ICON EDA is needed to provide boundary fields for KENDA (COSMO-DE)

KENDA System Development

KENDA (Km-scalige Ensemble-DatenAssimilation)



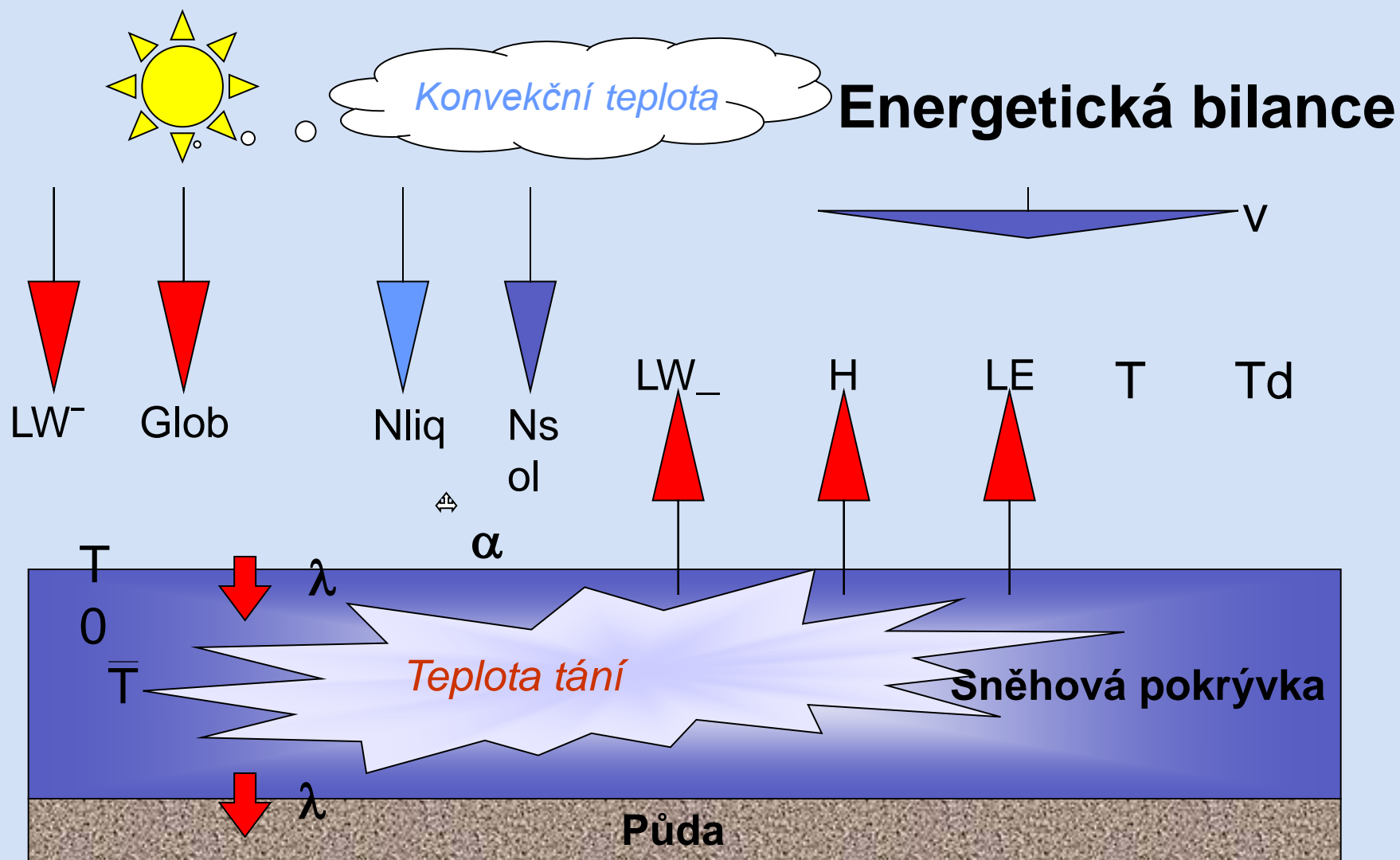
Nová satelitní pozorování – SFP:
Infračervené a mikrovlnné sondy:
ATMS, IASI, CrIS, MHS,
SSMIS, ...

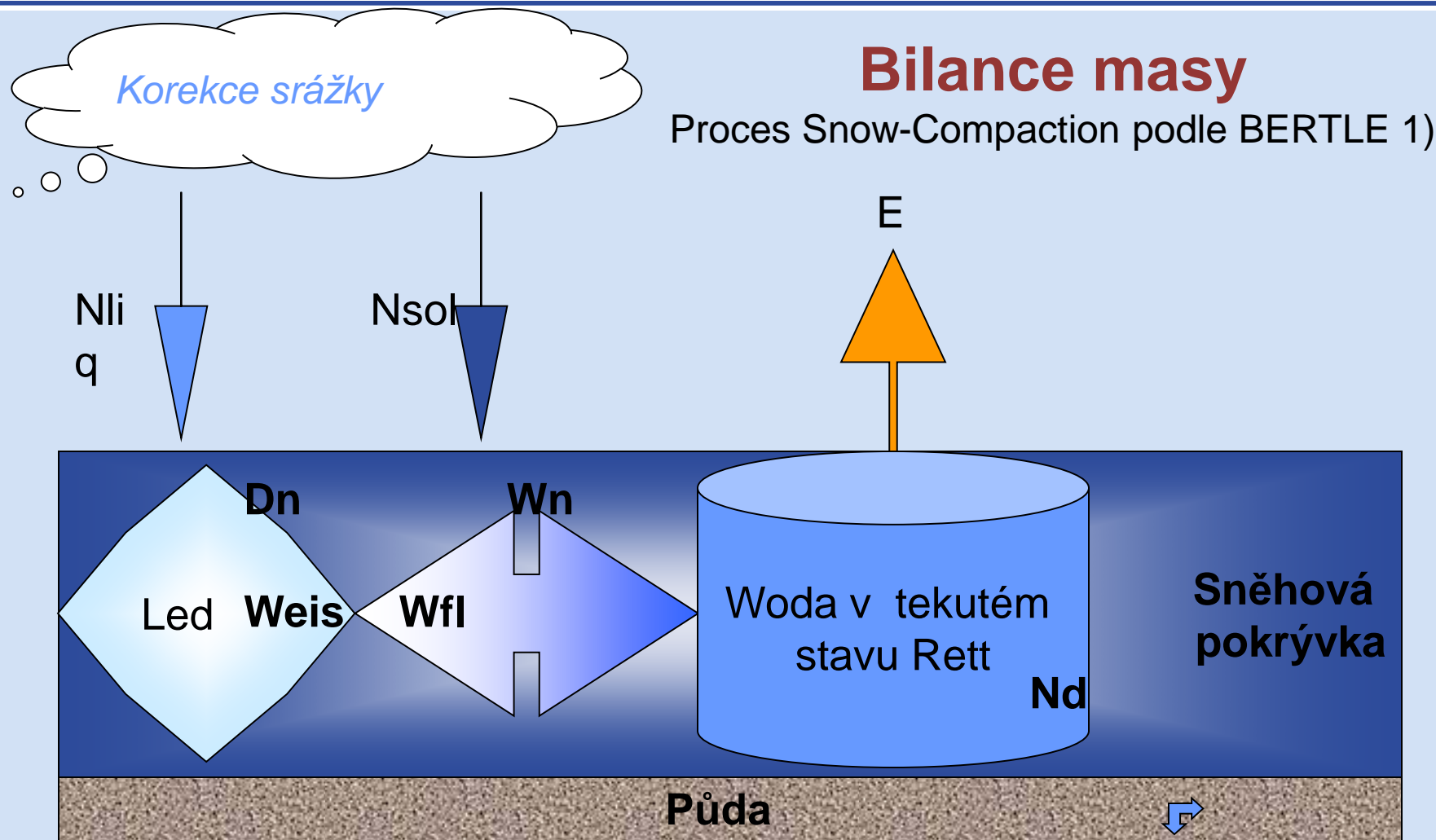


Modelování množství srážek pomocí modelu SNOW 4

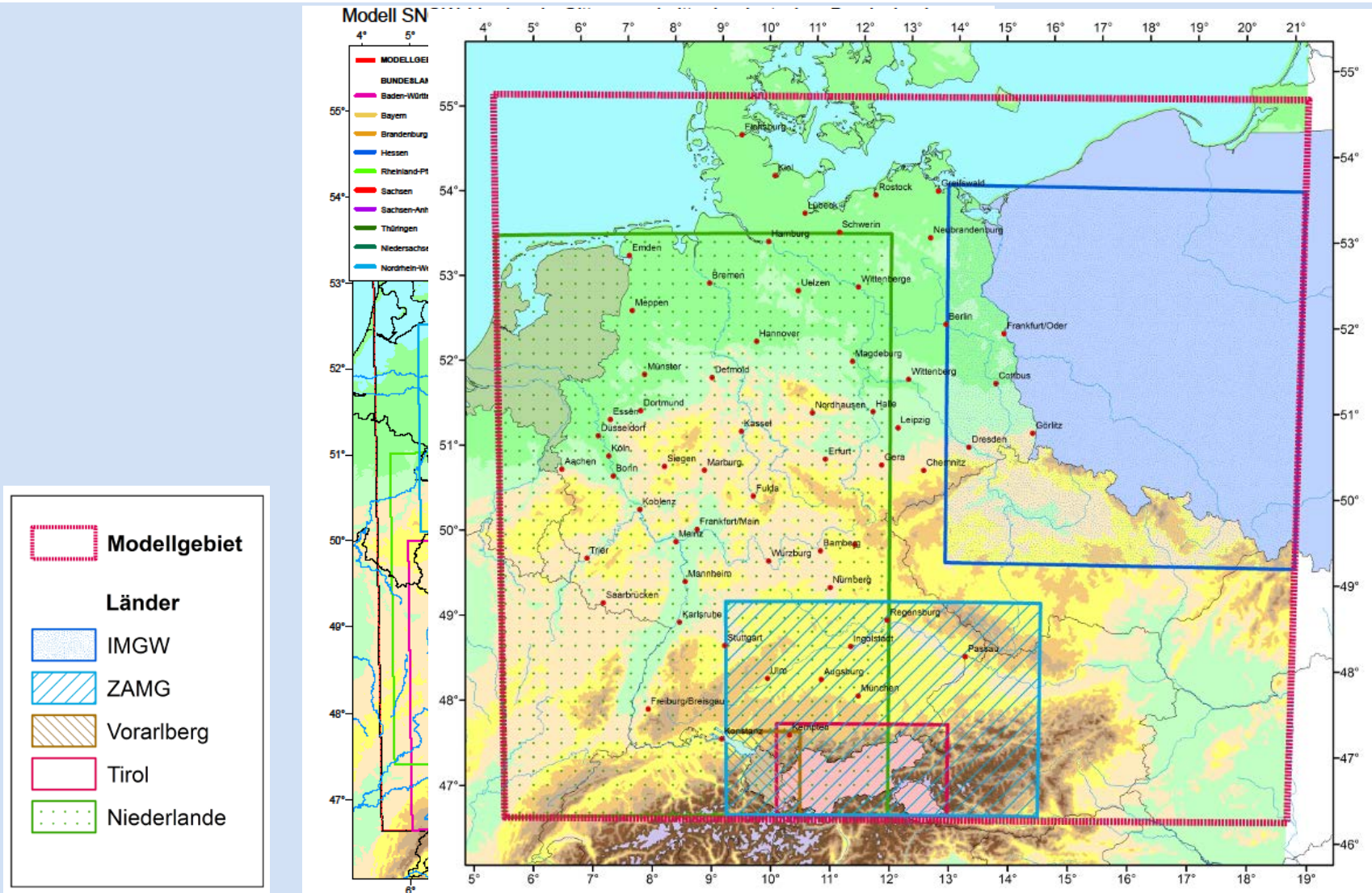
- Model pro simulaci a předpovídání vývoje sněhové pokrývky na základě měřených nebo předpovídaných hodnot „synoptických“ prvků
- Počítá energetickou bilanci a mocnost sněhové pokrývky
- Sledování modelu (dolad'ování se skutečností) na základě naměřených hodnot sněhové pokrývky (výška sněhové pokrývky a její vodní hodnota)
- Potřebuje vnitřní parametry modelu (optimalizační) a geografická data

Zájmová oblast (rozloha)	Celé území Federální republiky Německo a s ní hraničící povodí (1100 x 1000 km)
Vstupní hodnoty	Teplota vzduchu, tlak vzduchu, globální záření, rychlost větru, srážky
Hustota sítě	Teplota vzduchu, tlak vzduchu, globální záření, rychlost větru, srážky
Hustota sítě	1 km x 1 km
Časové odstupy	1 hod.
Interval výpočtu dat	4 krát denně (VZP: 0, 6, 12, 18 UTC)
Analyzované období (fáze inicializace)	Okamžik pořízení předpovědi (VZP) – 30 hod.
Předpovědní období	Okamžik pořízení předpovědi (VZP) +72 hod.
Model masové bilance	Metoda Snow Compaction BERTLE (1966)
Velikost energetické bilance	Bilance záření, průtoky tepla a vodní páry
Atmosférické procesy	Přihlédnutí k větru, rozvrstvení atmosféry a nerovnosti zemského povrchu při výpočtu průtoků tepla a vodní páry
Výsledné velikosti	Ekvivalent vody, vydatnost srážek





1) Bertle, F.A., 1966: Effect of snow compaction on runoff from rain on snow. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation: Water Resources Technical Publication, Engineering Monograph No. 35.



Německé stanice, které jsou k dispozici pro systém rt

Stav: 01.04.13

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Spolková země	Provozovatel	T, Td, Sd, V	N	Dn	Rn
	DWD, (hauptamtl. Stationen, inkl. DK, NL, B, L, PL)	415	175	280	70
	DWD, (nebenamtl. Stationen, inkl. ANKONDA)	295	800	1280	490
Baden-Württemberg	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz		85		
Bayern	Landesamt für Umwelt		175	25	5
Hessen	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie		50		
Rheinland-Pfalz	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht		180	5	3
	Dienstleistungszentren ländlicher Raum		40		
	Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz		40		
	Landeshochwasserzentrum		20	35	10
	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft			10	
	Landesanstalt für Umwelt und Geologie			15	10
		710	1565	1650	585

Pozor: Uvedené údaje představují hodnotu maximální; množství které je skutečně k dispozici se od nich může značně lišit v závislosti na období.



Stanice sousedních zemí, které jsou k dispozici pro systém rt

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

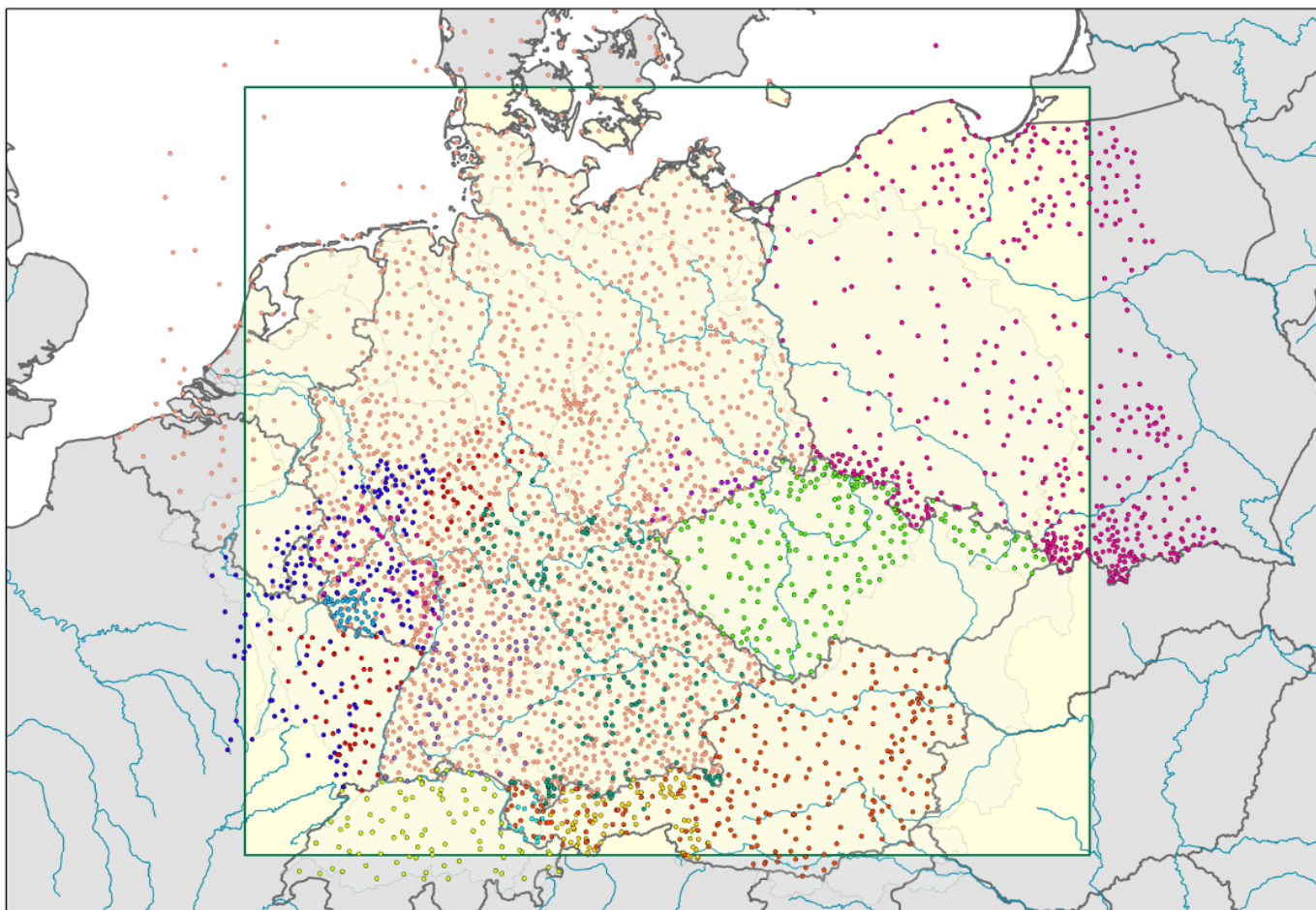


Stav: 1.4.13

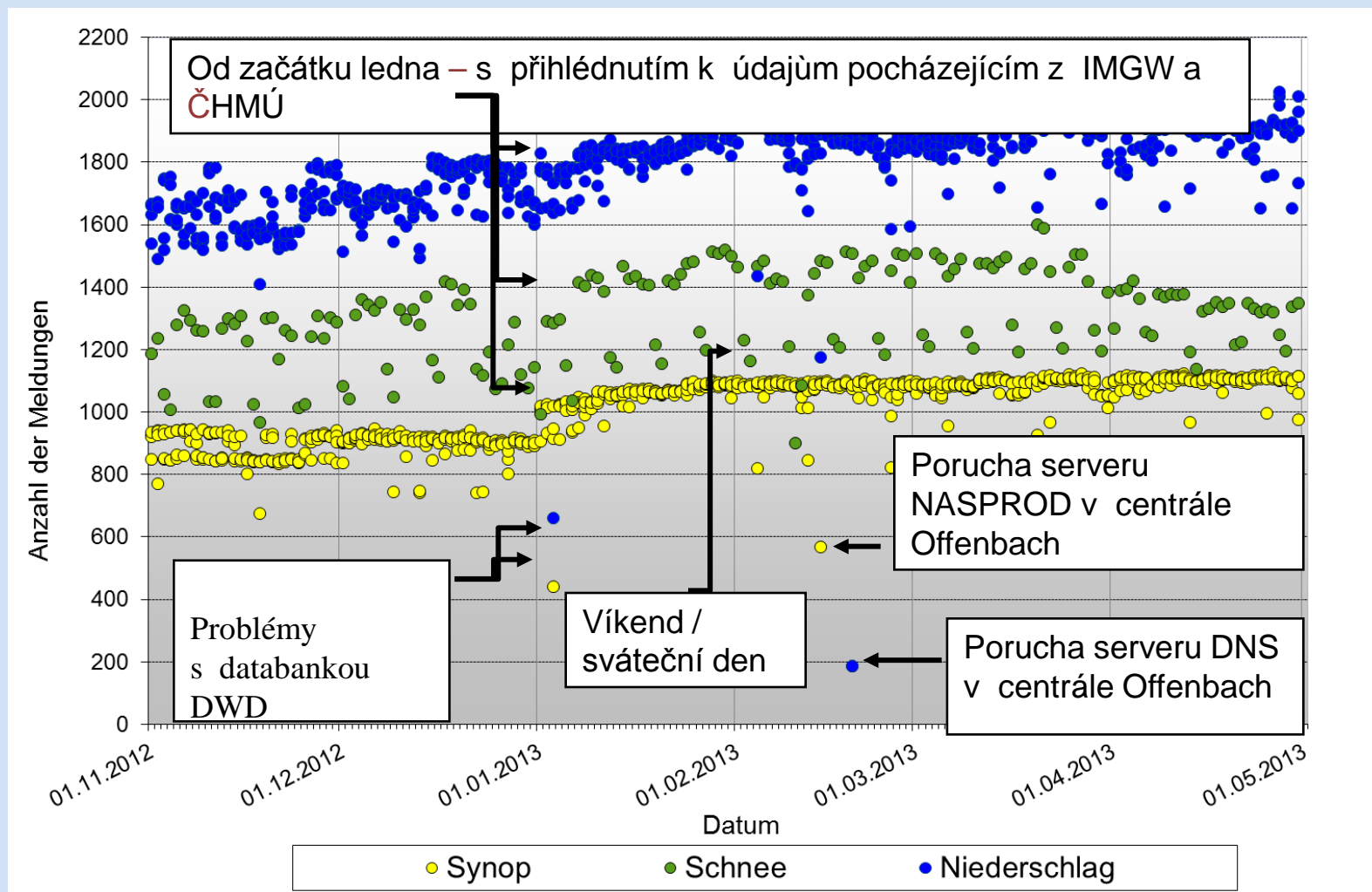
Země	Spolková země	Uživatel	T, T _d , S _d , V	N	D _n	R _n
Rakousko		Ústřední úřad pro meteorologii a geodynamiku	245	245	70	
	Vorarlberg	Hydrografická služba		15	15	2
	Tyrol	Hydrografická služba		60	10	5
		Wasser AG		30	15	
	Kraj Salzburski	Hydrografická služba (<i>planowana</i>)		?	?	?
Francie		Meteo France	55	55	5	
Česko		Český hydrometeorologický ústav	120	180	90	90
Švýcarsko		MeteoSwiss	70	65	65	
		Úřad pro výzkum sněhu a lavin (plánovaný)			?	?
Polsko		Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej	55 (bez S _d)	155	55	45
Spolu - sousední země			545	805	320	142
celkový součet (Německo a sousední země)			1255	2370	1975	730

Pozor: Uvedené údaje představují hodnotu maximální; množství které je skutečně k dispozici se od nich může značně lišit v závislosti na období

Maximálně dostupná pozorování stanic rt pro analýzu SNOW4



Dostupnost dat pro SNOW4, hydrologické zimní pololetí 2012/13



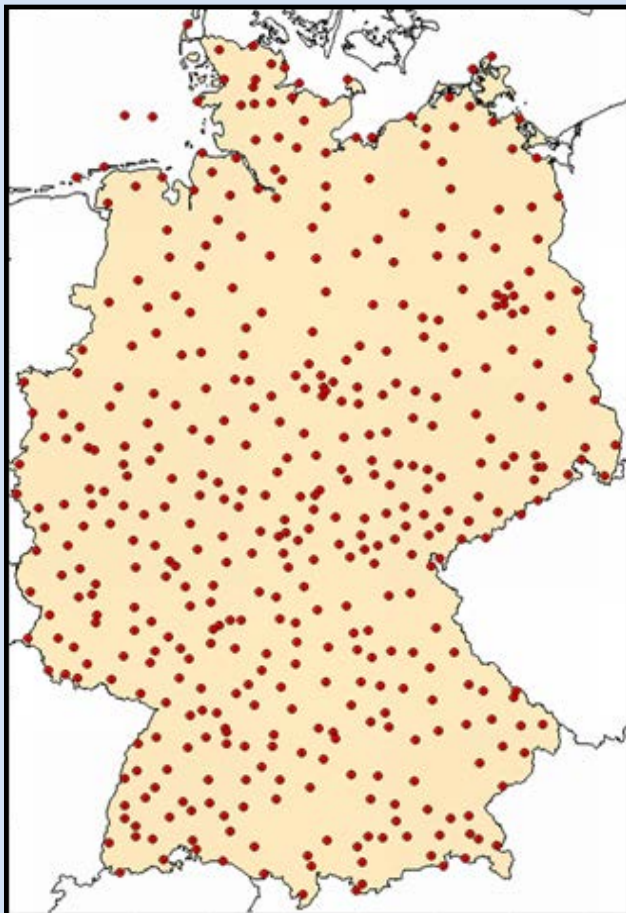
Zimní pololetí 2012/13

- **Srdečně děkujeme oběma sousedním meteorologickým službám ČHMÚ a IMGW za vynikající spolupráci a zpřístupnění údajů**
Zvláštní poděkování pro:
Marzenu Kaweckou a Pawła Cabańskiego (IMGW)
a Petra Skaláka (ČHMÚ)
- Jenom díky těmto údajům bylo možno uskutečnit reálnou simulaci pro celé povodí Labe a Odry pomocí SNOW4
- možná byla připravenost DWD k bezplatnému zpřístupnění výstupních údajů z SNOW4 službám ČHMÚ a IMGW,
- **možné bylo poskytnout odpověď na příslušný dotaz z IMGW (zpřístupnění výstupních údajů na ftp-outgoing.dwd.de od 26.11.2013),**
- během přípravy na zimu 2013/14 bylo možné vyřešit malé a střední problémy, které se vyskytly v zimní sezóně 2012/13.
- Dotaz na IMGW:
K simulaci vývoje sněhové pokrývky jsou potřebné také hodinové hodnoty z období výskytu slunečního svitu; bohužel nejsou tyto údaje v současné době v IMGW dostupné.

Jaké jsou plány použití čidel slunečního svitu na stanicích IMGW?



Referenční stanice pro validaci modelu s denními údaji o vodní hodnotě sněhu, Německo



Konfrontace modelových hodnot s hodnotami souhrnně naměřenými ve 439 bodech sítě měřicích stanic

Hodnoty změřené na stanicích (pokud existují měření hustoty)

Rajonizované změřené hodnoty

SNOW 4

COSMO-EU

Množství srážek jako „cílová hodnota“ se dá verifikovat na základě měření pouze v nedostatečné míře.

(ΔW_n , N_{sol} , N_{liq} , R_{et} , ...)

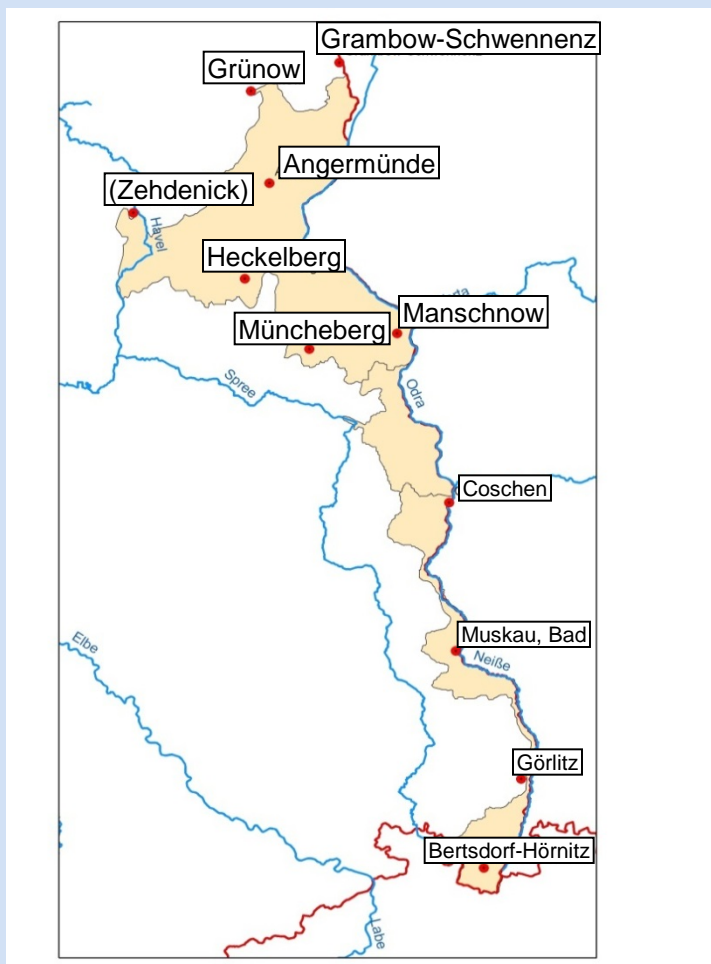
Německo

Validierungszeitraum 01.09.2012 - 31.05.2013

Winter 2012 / 2013	≥ 10 Messwerte (476 Termine)			≥ 25 Messwerte (372 Termine)		
	Stationen	μ	<i>rmse</i>	Stationen	μ	<i>rmse</i>
Primärstatistik der regionalisierten Werte [mm]	240	34,0	$\sigma = 72,4$	281	26,6	$\sigma = 60,2$
Absolute Differenzen [mm Wasseräquivalent W_n]						
Messwerte - regionalisierte Werte	64	0,1	0,7	77	0,1	0,9
COSMO-EU - regionalisierte Werte	240	-10,1	63,7	281	-1,1	52,3
SNOW 4 - regionalisierte Werte	240	-0,1	11,2	281	0,2	8,4
Relative Differenzen [% vom Mittelwert μ der Primärstatistik]						
COSMO-EU - regionalisierte Werte	--	-29,8	187,3	--	-4,0	196,6
SNOW 4 - regionalisierte Werte	--	-0,4	33,0	--	0,9	31,7



Validační stanice, které jsou k dispozici v povodí Odry / Lužické Nisy (německá část)



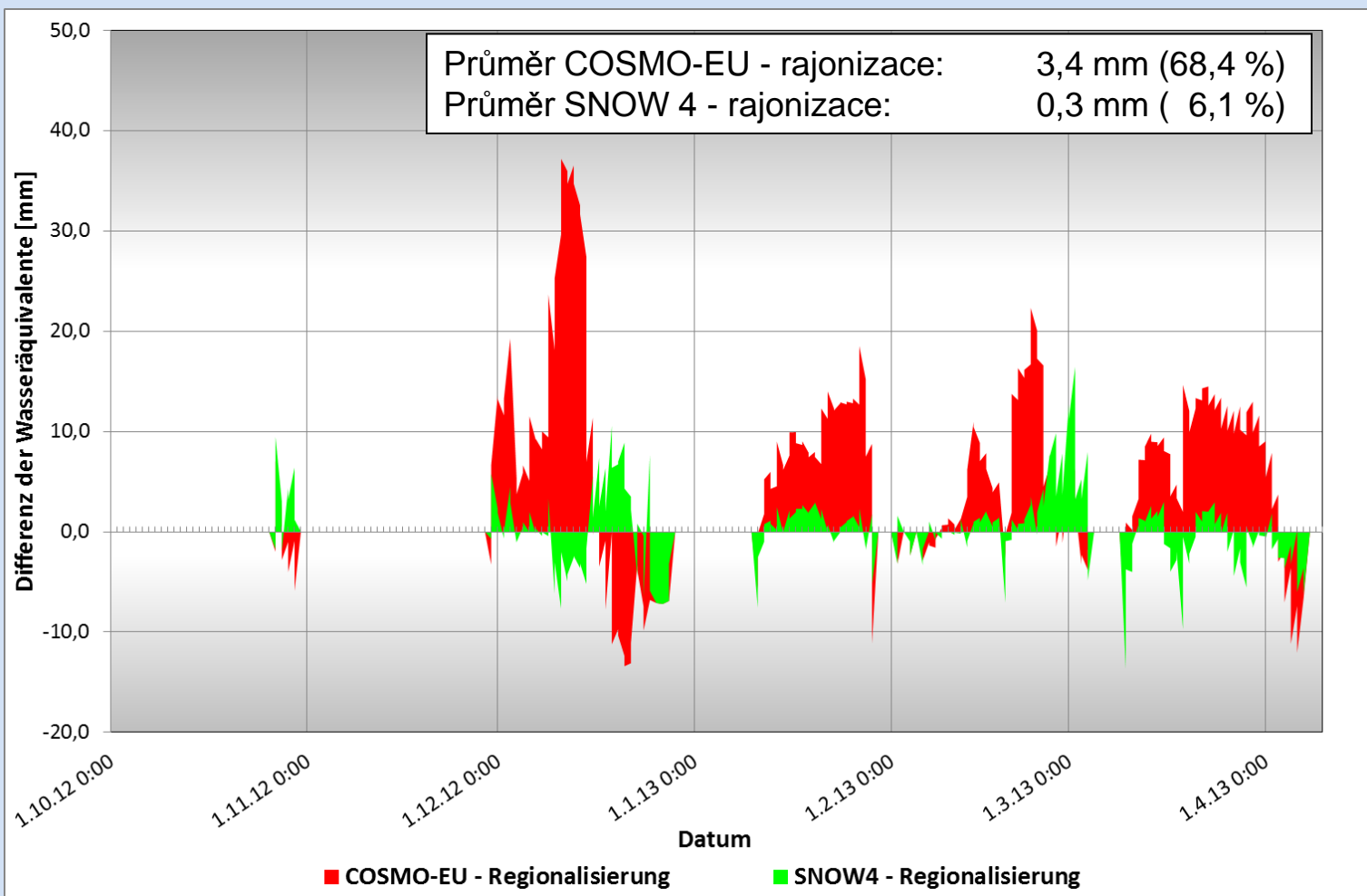
Povodí Odry (německá část)

Validierungszeitraum 01.10.2012 - 10.04.2013

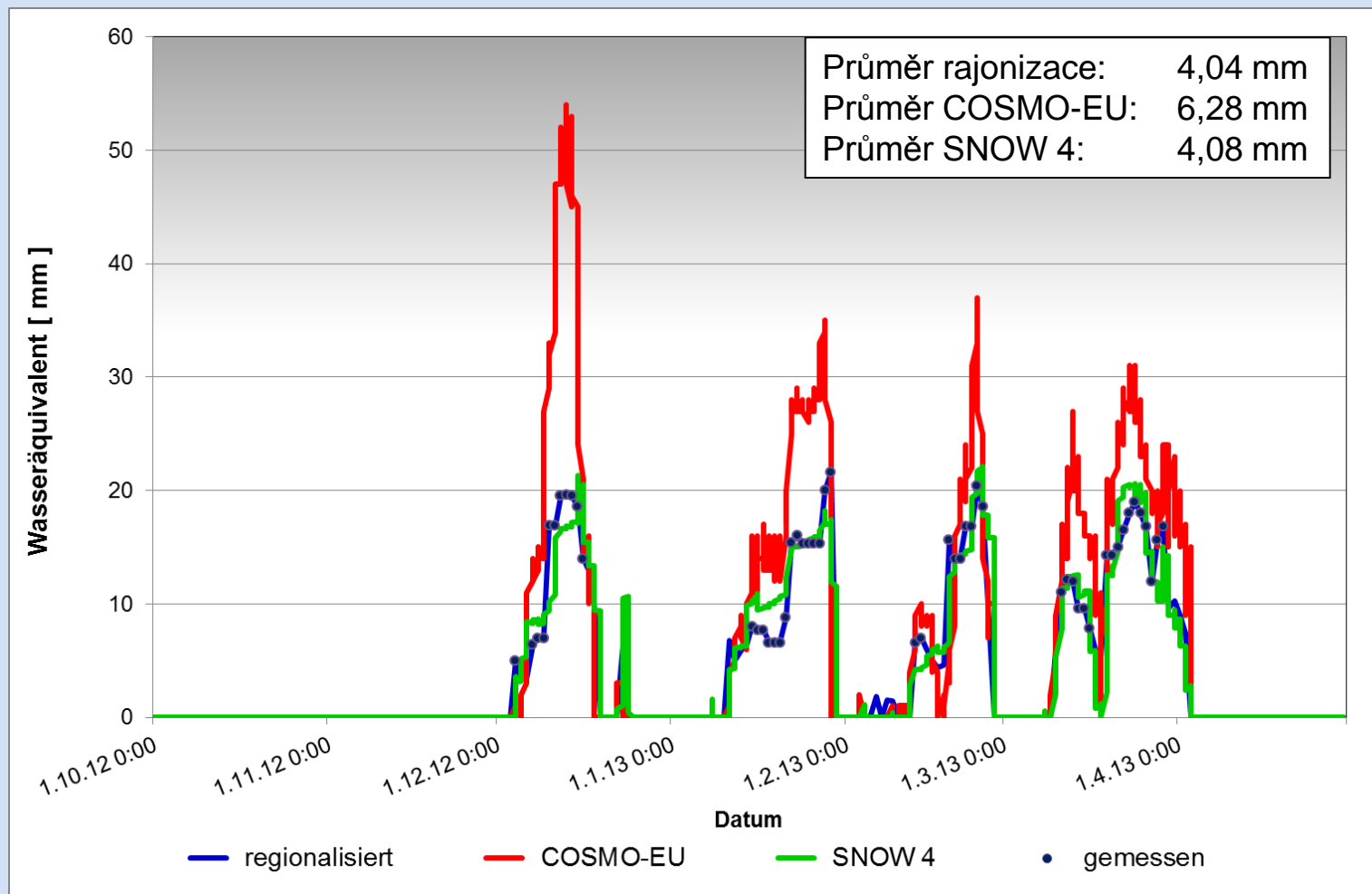
Winter 2012 / 2013	≥ 3 Messwerte (187 Termine)			≥ 6 Messwerte (44 Termine)		
	Stationen	μ	<i>rmse</i>	Stationen	μ	<i>rmse</i>
Primärstatistik der regionalisierten Werte [mm]	11	14,4	$\sigma = 6,4$	11	18,4	$\sigma = 7,0$
Absolute Differenzen [mm Wasseräquivalent W_n]						
Messwerte - regionalisierte Werte	4	0,0	0,0	6	0,0	0,0
COSMO-EU - regionalisierte Werte	11	12,6	7,4	11	15,8	7,4
SNOW 4 - regionalisierte Werte	11	0,0	3,2	11	-1,3	4,0
Relative Differenzen [% vom Mittelwert μ der Primärstatistik]						
COSMO-EU - regionalisierte Werte	--	87,0	51,0	--	85,7	40,0
SNOW 4 - regionalisierte Werte	--	-0,1	21,9	--	-7,1	21,5



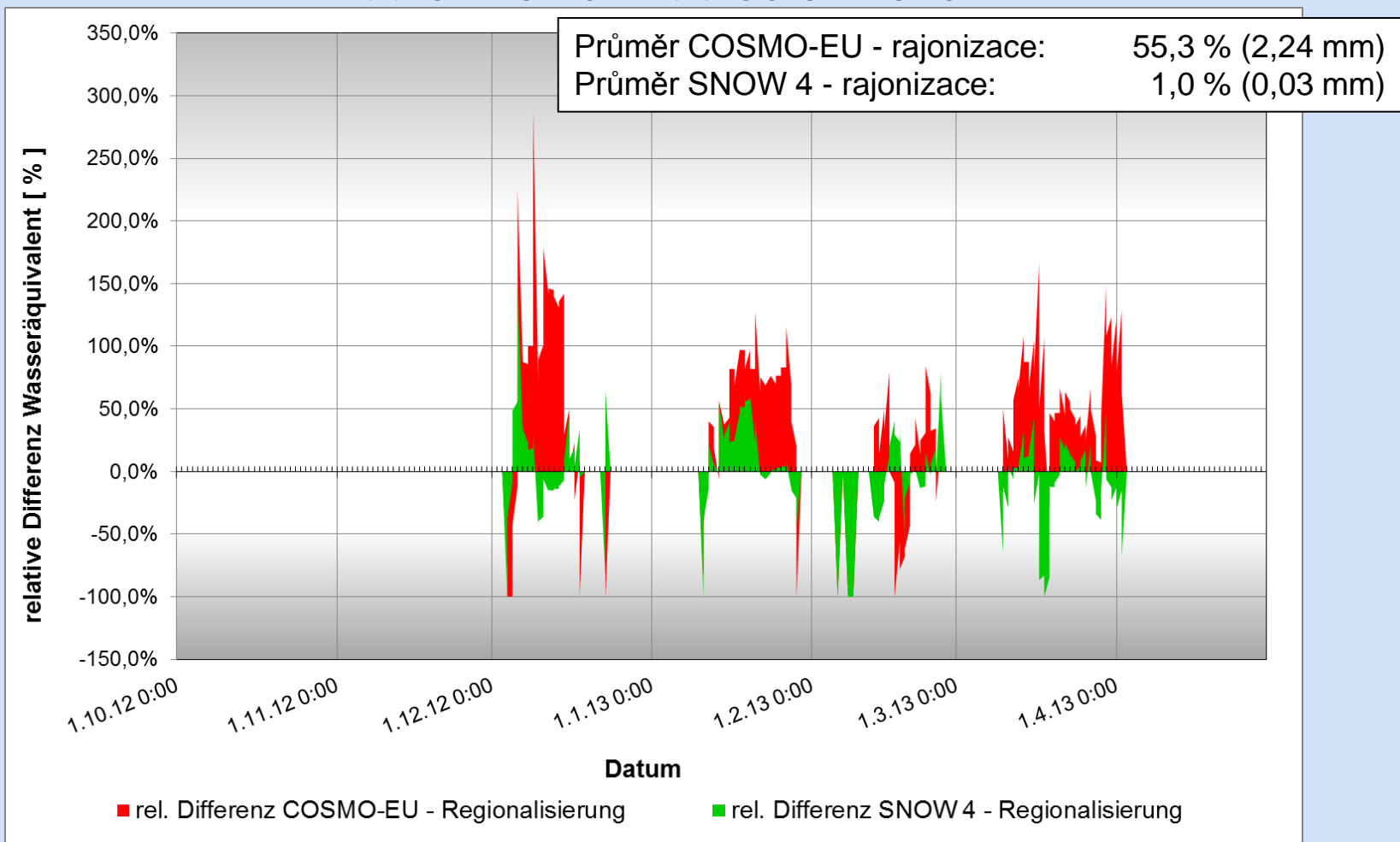
Časový průběh chyb SNOW4 – rajonizováno – období od 01.10.2012 – 10.04.2013 –



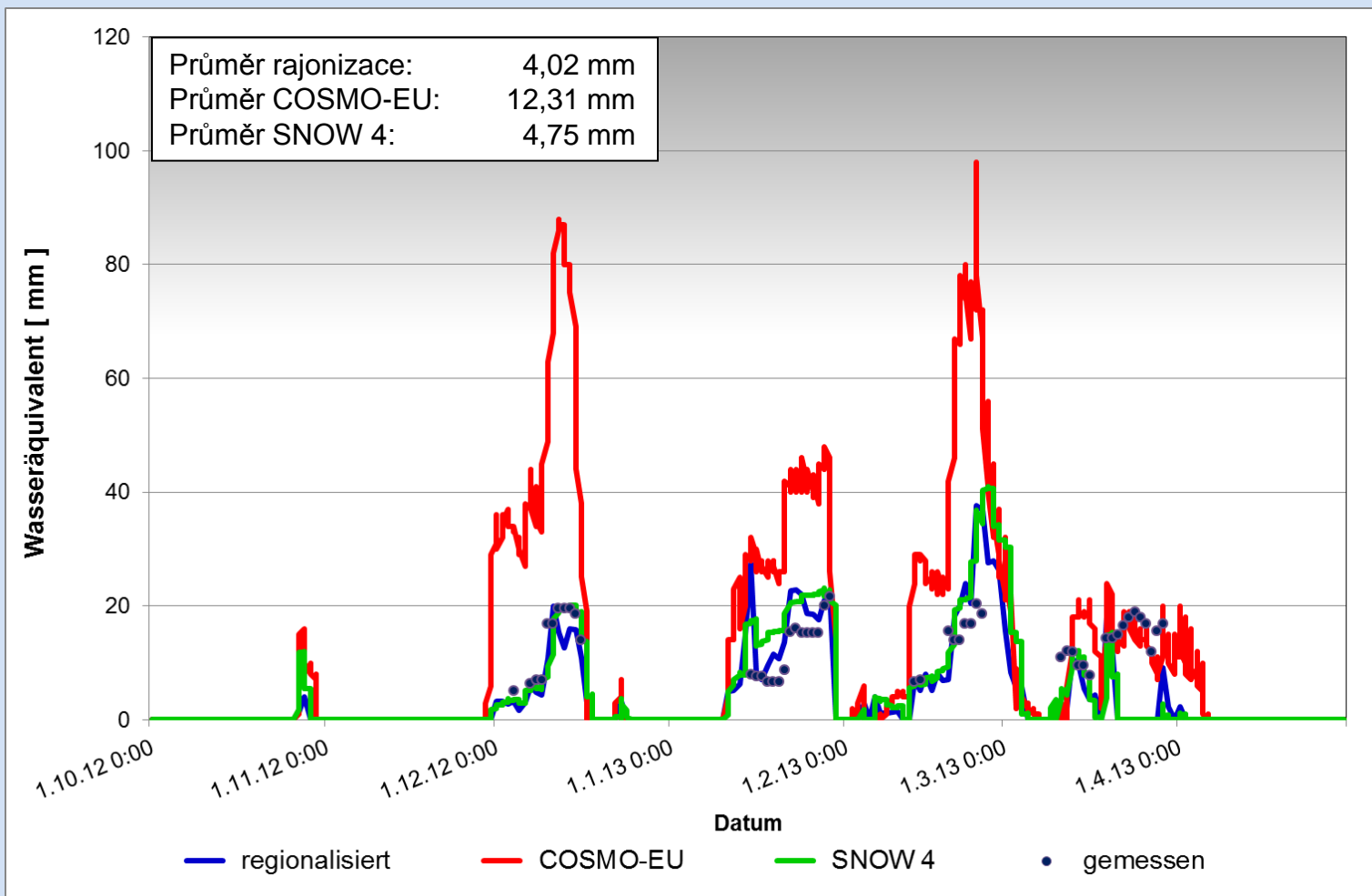
Časový průběh vodní hodnoty sněhu od 01.10.2012 – 30.04.2013 – stanice Coschen (40 m) –



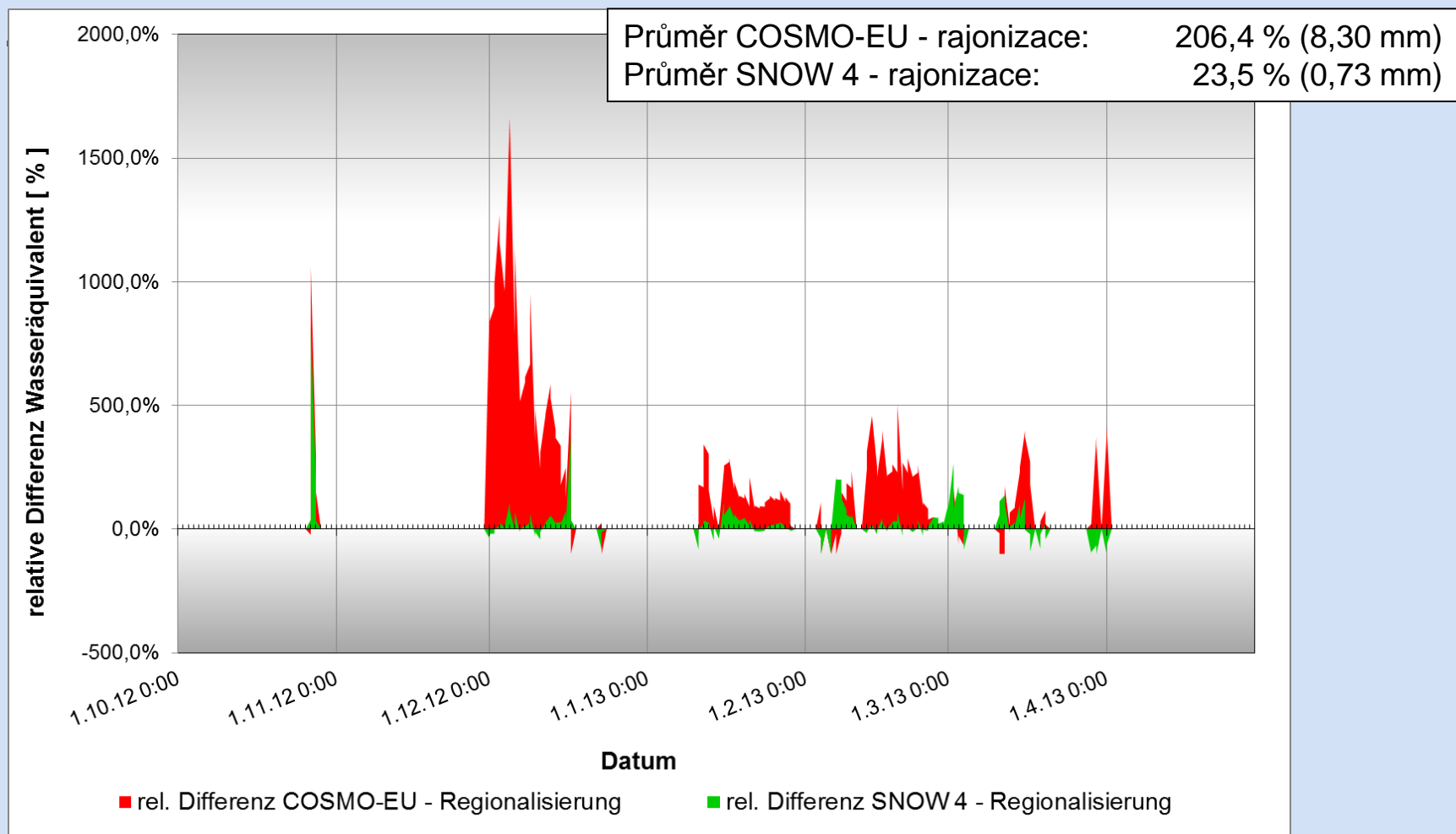
Časový průběh vodní hodnoty sněhu od 01.10.2012 do 30.04.2013



Časový průběh vodní hodnoty sněhu od 01.10.2012 do 30.04.2013 – stanice Bertsdorf-Hörnitz (270 m) –



Časový průběh chyby vodní hodnoty sněhu od 01.10.2012 do 30.04.2013



- Dokončení simulačního modulu pro další vývoj modelu (stanovení parametrů, fyzika, ...)
- Rozlišení fyzikálních procesů na volném/zalesněném prostranství
- časově variabilní proudění tepla v půdě
- Simulace scénářů klimatických změn pro sněhovou pokrývku (scénáře **WEK, CCLM, CTL a A1B**)
- Další vývoj klimatické verze (fyzika, časové rozlišení...)
-

Německá meteorologická služba (DWD)

Oddělení hydrometeorologie
Referát KU 41 B
Pobočka v Berlíně
Lindenberger Weg 24
13125 Berlin

Dr. Uwe Böhm
uwe.boehm@dwd.de
Tel.: +49 (0) 30 /94 00 94 – 30

Gerold Schneider
gerold.schneider@dwd.de
Tel.: +49 (0) 30 /94 00 94 - 17

Fax.: +49 (0) 30 /94 00 94 - 66



Srdečně děkujeme za pozornost!

Více informací o SNOW:

Na portálu německé meteorologické služby na stránce

[**http://www.dwd.de/SNOW**](http://www.dwd.de/SNOW)

a také na stránce

[**http://www.dwd.de**](http://www.dwd.de)

- Klima + životní prostředí
- Hydroklimatologie
- Hydrometeorologie
- Naše služby
- Předpověď tání sněhu