

Fyzika na dosah 1

Rozhovor s Petrem Zacharovem o rozmanitých zákoutích meteorologie

Jana Žďárská¹, Petr Zacharov²

¹ Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 00 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

² Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Boční II 1401/1a, 141 31 Praha 4; petas@ufa.cas.cz

Bouře, krupobití, tornáda, ale i krásné, příjemné a vyrovnané počasí nám nabízí naše planeta. A meteorologové se ho snaží co nejpřesněji předpovědět. O tom, jak se to dělá a co je k tomu potřeba, jsme hovořili s RNDr. Petrem Zacharovem, Ph.D., z Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, který o počasí říká: „Málokterá fyzika je denně takhle dobře vidět a je navíc i poměrně dobře představitelná.“ A protože důležitých informací bylo skutečně mnoho a téma předpovědi počasí téměř každého zajímá, dovolili jsme si výjimečně tento rozhovor rozdělit na dvě části. V této první se budeme věnovat především meteorologii a životopisnou část rozhovoru otiskneme v následujícím čísle ČČF.

Jana Žďárská: Působíte jako meteorolog na Ústavu fyziky atmosféry a od roku 2023 spolupracujete s redakcí Československého časopisu pro fyziku při publikování seriálu o meteorologii. Dá se nějakým způsobem vybrat oblast meteorologie, která vás zajímá nejvíce?

Petr Zacharov: Pro meteorologa jsou všechny meteorologické jevy pěkné a zajímavé. Mojí nejoblíbenější kapitolou jsou silné konvektivní bouře¹ a jejich projevy, což tedy samozřejmě není jeden meteorologický jev, ale

¹ P. Zacharov, J. Žďárská: Cumulonimbus, oblak známý neznámý, díl pátý – mezoměřítkové konvektivní systémy I. Čs. čas. fyz. 74, 391–393 (2024).



Obr. 1 Petr Zacharov, vědecký pracovník, pedagog a popularizátor vědy říká: „Těší mě, že mohu dělat i popularizovat vědu, a předávat zajímavosti a také znalosti o počasí lidem, což je jednak nedílnou součástí vědecké práce a jednak to může motivovat mladé lidi ke studiu přírodních věd. Anebo prostě rozšířit obzory, aby nám nekončily na kraji placaté země, ne?“

celá množina jevů. Jedním z nich jsou např. tornáda². Odborně se věnuji zejména silniční meteorologii a výzkumu srážek.

■ **JŽ:** Jsou meteorologické jevy, které naopak rád nemáte?

PZ: Co se týče opačného pólu, nejméně mám rád ledovku, což je jev sice pěkný, ale nebezpečný. A obávám se sucha.

■ **JŽ:** Zmiňujete, že vás zajímají tornáda. Měl jste někdy možnost okusit projevy tornáda či navštívit např. „tornádovou alej“ na středozápadu USA?

PZ: V USA jsem zatím nebyl, nemám totiž příliš rád ta obrovská americká města. A popravdě, ta silná americká tornáda, nebo i to z jižní Moravy, bych zblízka vidět ani nechtěl. Nějaké slabé tornádo bych si z bezpečné vzdálenosti prohlédl rád, ale za tím nemusím jezdit do USA, to bych mohl potkat i u nás nebo v Evropě.

■ **JŽ:** Jakým způsobem je možné tornádo předpovědět a lze to vůbec?

PZ: Tornádo předpovědět nelze. V Americe, kde se často během několika dní vyskytne spousta tornád najednou, umějí tyhle situace předvídat a varují obyvatelé – dávejte pozor (*tornado watch*). A pak sledují radar a k silným bouřím posílají týmy amatérů a někdy i profesionálů, aby bouři sledovali. A když bouře začne vyrábět tornádo, tak už míří k obyvatelům ve směru pohybu bouře varování (*tornado warning*). V Evropě

² J. Žďárská: Tornádo jako nepředvídatelný jev. Čs. čas. fyz. 74, 482–485 (2024).

sice umějí meteorologové také dobře předpovídat situace se silnými bouřemi, ale vzhledem k frekvenci tornád nemá cenu organizovat týmy, které by každou silnou bouři monitorovaly. Ani neexistuje systém, který by po spatření tornáda varoval obyvatele. To nemá v podmínkách Evropy cenu.

■ *JŽ: Když se natáčel film Twister, filmaři v něm napodobovali zvuk tornáda řevem velbloudů. K čemu byste ho připodobnil vy?*

PZ: Sice jsem tornádo na vlastní kůži nezažil, ale když si představím burácející zvuk silného větru a třeskot trosek – já bych ho spíše přirovnal ke zvuku jedoucího vlaku. A po tornádu na Moravě v roce 2022 tamější lidé jeho projevy také tak specifikovali.

■ *JŽ: Velkou měrou se věnujete silniční meteorologii. Co si pod tímto pojmem můžeme představit a pro koho je tato předpověď určena?*

PZ: Silniční meteorologie je jedna z hlavních vědeckých činností oddělení meteorologie Ústavu fyziky atmosféry (ÚFA). Jedná se o speciální předpověď, kterou Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) vytváří prioritně pro Ředitelství silnic a dálnic ČR a Technickou správu komunikací hlavního města Prahy. V rámci spolupráce ČHMÚ zkoumáme a předpovídáme teplotu a stav povrchu vozovek a tyto naše výpočty pomáhají meteorologům ČHMÚ připravit silniční předpověď pro zmiňované subjekty.

■ *JŽ: Se kterými daty pracuje silniční meteorologie a co všechno je potřeba znát pro přípravu silniční předpovědi?*

PZ: Pro silniční předpověď je potřeba vždy znát stav a teplotu povrchu vozovky a samozřejmě předpověď počasí. Měření se do výpočetní sítě interpoluje mezi měřicími stanicemi a předpovědi se interpolují ze sítě modelu ALADIN³ (ČHMÚ). Pro následný výpočet používáme radiační bilanci na povrchu vozovky a rovnici šíření tepla ve vozovce, což znamená, že se snažíme zjistit, jak např. vozovka rychle chladne nebo pak rychle se zahřívá a jaké jevy se na ní mohou dít.

■ *JŽ: Je příprava silniční předpovědi nějakým způsobem specifická?*

PZ: U silniční předpovědi je každý bod té silnice, který počítáme, unikátní v tom, že tam sice nemáme konkrétní měření a konkrétní předpověď (to všechno interpolujeme z dostupných měření a předpovědí), ale máme tam informaci o tom, kolik je okolo např. stromů či budov a tedy kdy a při jakém úhlu na silnici svítí slunce a v jakém čase je naopak silnice zastíněná. To jsou velmi důležité informace pro to, zda bude silnice suchá, mokrá, či na ní bude námraza.

■ *JŽ: Mají meteorologové pro silniční předpověď také numerický předpovědní model?*

PZ: Pro potřeby silniční předpovědi jsme adaptovali a následně vylepšili kanadský fyzikální model a vytvořili jsme celou předpovědní linku. Do ní vstupují jednak měření ze silničních meteorologických stanic, předpovědi modelu ALADIN, ale také silniční měření a krátkodobá předpověď oblačnosti z družic METEO-

3 (Aire Limitée, Adaptation Dynamique, Development International) je numerický model počasí, pomocí kterého se připravují krátkodobé předpovědi.



Obr. 2 „Málokterá fyzika je takhle dobře vidět a je navíc i poměrně dobře představitelná,“ připomíná Petr Zacharov.

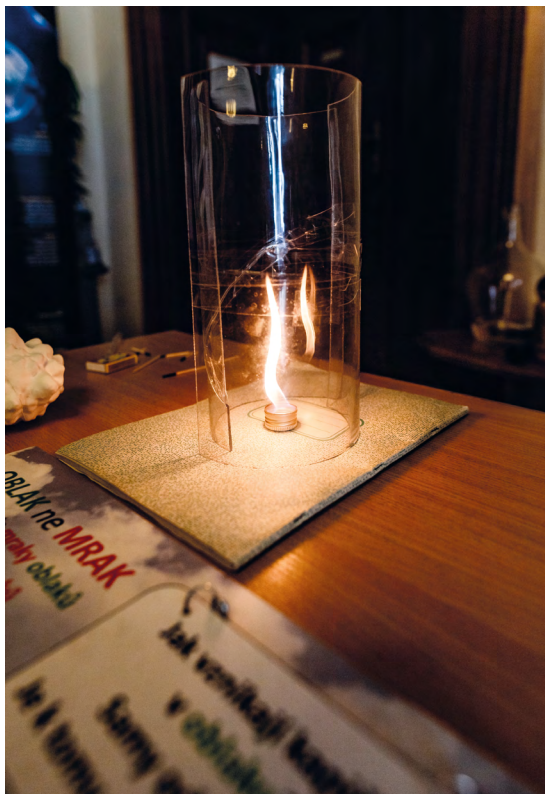
SAT. A také už zmíněné informace o zastínění silnic okolními objekty.

■ *JŽ: Jak náročné je připravit silniční předpověď, když změny probíhající na povrchu silnic bývají často velmi rychlé? Jakým způsobem docílíte toho, aby byla předpověď co nejpřesnější?*

PZ: Stav povrchu silnice je značně citlivý na jeho teplotu, kdy i malá chyba v předpovědi teploty může vést k dramatickým změnám. Obzvláště když se teplota silnice pohybuje okolo 0 °C. Proto není vůbec jednoduché trefit správnou předpověď a perfektně zasáhnout proti nebezpečným jevům. A výsledek? Když se správcům komunikace třeba i s pomocí naší předpovědi technický zásah na komunikacích podaří, prakticky si nikdo ničeho nevšimne, protože jsou silnice v pořádku. Zato když si v chumelenici někteří chytráci „zatancují“ na letních gumách, když k tomu navíc ani nesundají „nohu z plynu“, hned za to mohou silničáři.

■ *JŽ: Do silniční předpovědi vstupují i data z geostacionárních družic. Jaká měření na těchto družicích probíhají?*

PZ: Meteorologické družice měří především oblačnost na Zemi. My poté z aktuálních navazujících měření můžeme odhadnout, jak se tato oblačnost šíří a co nám může přichystat. Asi nejpřesnější předpověď je pro příští tři hodiny, na delší dobu je již předpověď problematická, neboť tento jednoduchý princip nezahrnuje žádný vývoj oblaků. Podobně počítá ČHMÚ i krátkodobou předpověď srážek z radarových měření, i když v tomto případě se předpověď poskytuje pouze na hodinu dopředu. Je to z toho důvodu, že se srážky vyvíjejí ještě rychleji než oblaky a jsou značně proměnné.



Obr. 3 Ohnivé tornádo – simulace vzniku slabých tornád z předpřipravené rotace v atmosféře. Vzduch ohřátý ohněm stoupá vzhůru a do skleněného „vále“ se tak nasává okolní vzduch dvěma protisměrnými spárami. To představuje slabou širokou rotaci, která je ohněm zdvižena vzhůru, zúžena a zintenzivněna do rotace tornáda. Přesunutím polovin skleněného válce můžeme demonstrovat nezávislost rotace ohnivého víru na rotaci Země.

■ **JŽ:** Jak přesná jsou data z geostacionárních družic? Mohou být i přesnější než z pozemských měření?

PZ: Geostacionární družice jsou nyní schopny měřit (např. nad Českou republikou) prostor o rozloze dva krát jeden kilometr. To se sice zdá v současnosti poněkud hrubé měření, ale nezapomínejme, že je družice cca 36 000 km nad Zemí. Družice, co létají na polární dráze ve výšce cca 800 km, mají sice rozlišení lepší, ale zase vyfotí pouze úzký pás Země, a ne celou Zemi jako družice geostacionární. V současné době se připravují nové, technicky vylepšené družice, které by mohly atmosféru lépe sondovat a proměřit. Proto očekáváme, že se díky jejich datům připravované předpovědi opět zpřesní.

■ **JŽ:** Silniční předpověď se při běžné předpovědi počasí nezmiňuje. Je možno si ji někde přečíst, nebo je určena pouze silničářům a jakým způsobem jim pomáhá?

PZ: Výstupy z našich předpovědí předáváme meteorologům na ČHMÚ, kteří na základě dalších meteorologických dat a svých nezanedbatelných zkušeností vytvářejí právě onu specializovanou předpověď, kterou předávají správcům české silniční sítě. Na základě této předpovědi správci silnic určují, zda mají silnice solit či jinak upravovat, a především zda mají držet finančně velmi náročnou pohotovost (cca milion korun na jeden den v Praze). Správná předpověď se tak může odrazit buď jako finanční úspora při snižování falešných poplachů, nebo naopak v kvalitním zásahu správců silnic při výskytu nebezpečných jevů.

<https://ccf.fzu.cz>

Pro běžného obyvatele výstupy veřejné nejsou, neboť se jedná o komerční předpověď ČHMÚ. Zároveň se v našich předpovědích nereflektuje zásah silničářů, takže by mohly být veřejností špatně interpretovány.

■ **JŽ:** Hovořili jsme o silniční meteorologii jako o jednom z vašich hlavních odborných zaměření. Jakému dalšímu vědeckému výzkumu se v současné době věnujete?

PZ: Aktuálně se věnuji také projektu PERUN, jehož garantem je Ministerstvo životního prostředí a kromě ČHMÚ jsou jeho řešiteli např. Matematicko-fyzikální fakulta a Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, náš Ústav fyziky atmosféry AV ČR a další. Jedná se o vyhodnocení reanalýzy počasí a projekcí změn klimatu pro střední Evropu a především pro Českou republiku.

■ **JŽ:** Mohl byste nám projekt PERUN více přiblížit? Má nějakou souvislost se slovanským bohem bouřek, hromů a blesků?

PZ: Projekt PERUN je primárně zaměřen na výzkum klimatických extrémů, sucha a důsledků jeho prohlubování v České republice. PERUN je sice zkratka anglického názvu *Prediction, Evaluation and Research for Understanding National sensitivity and impacts of drought and climate change for Czechia*, ale samozřejmě takhle velký projekt musí zcela jistě být pod patronací boha Peruna.

■ **JŽ:** Projekt PERUN se primárně věnuje reanalýze⁴ počasí. Co si pod tímto pojmem můžeme představit a jak tento projekt souvisí s výzkumem změny klimatu?

PZ: Reanalýza se dá vysvětlit jako znovu modelem přepočtení historického počasí. Nejedná se tedy o předpověď v pravém slova smyslu, protože není v čase dopředu, a zároveň do reanalýzy může vstupovat i více dat, která dříve nebyla k dispozici. Prostřednictvím předpovědního modelu dochází ke zpracování dat za dlouhou dobu měření (od roku 1990 zatím do roku 2021). Výsledkem je kompaktní 3D stav atmosféry za období zhruba 30 let nad střední Evropou, a tedy i Českou republikou. Rád bych připomněl, že se jedná o homogenní data, protože se během výpočtů nemění model předpovědi počasí, což se za minulých 30 let v předpovědi samozřejmě mnohokrát stalo.

⁴ J. Žďárská: Využití atmosférických reanalýz. *Čs. čas. fyz.* 72, 304–305 (2022).



Obr. 4 Velký (vlevo – Pavel Suchan) a malý (vpravo) popularizátor hledí přes oblaky na oblohu.

■ *JŽ: Jaké informace se meteorologové z dat reanalýzy počasí mohou dozvědět a v čem jim tyto informace mohou pomoci?*

PZ: Díky reanalýze můžeme dobře sledovat změny atmosféry za zmíněné období. Tato data nám umožňují zkoumat detailní plošné a časové rozložení prvků, o kterých takovou informaci měření nedostaneme. Uvedu to na příkladu: charakteristiky pro předpověď bouří, počítané z vertikálních profilů atmosféry, jsou v ČR měřeny třikrát denně. Měření probíhá na Praze-Libuši a dvakrát denně v Prostějově. Díky reanalýze máme tyto charakteristiky k dispozici v síti 2,3 km x 2,3 km a v hodinovém kroku. Na druhou stranu je třeba mít na mysli, že celá reanalýza je modelovým pohledem na atmosféru, takže musíme také zjišťovat, do jaké míry odpovídá realitě. To provádíme tak, že ji srovnáváme s dostupnými měřeními. Na reanalýzu pak navazují projekce klimatických změn, které se počítají stejným modelem – v projektu PERUN až do roku 2100.

■ *JŽ: Vy se výraznou měrou podílíte i na popularizaci vaší vědecké práce, hojně přednášíte jak pro dospělé publikum, tak pro studenty i děti. Jak vnímáte potřebu popularizace vědy a myslíte si, že je důležité, aby každý člověk alespoň orientačně věděl, čemu se vědci věnují?*

PZ: Popularizaci se věnuji rád a s potěšením navštívím i popularizační přednášky jiných vědců. Shodou náhod jsem právě včera byl na přednášce Daniela Stacha a ten říkal, že každý vědec by měl alespoň nějak vysvětlovat, co právě on v rámci vědecké práce dělá. A měl by umět nějakým kanálem, ať už třeba populárním článkem, nebo vystoupením v televizi či roz-

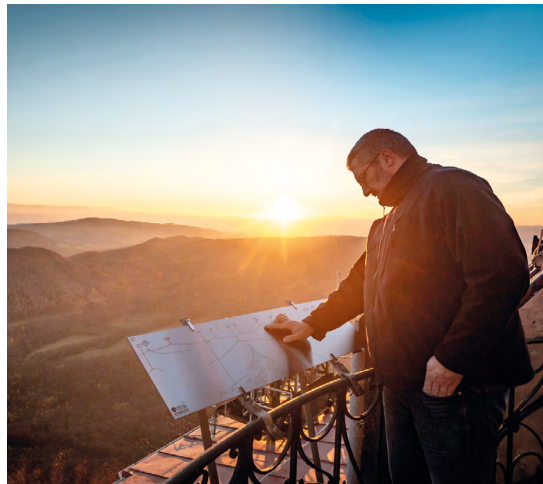


Obr. 5 Přednáška o observatoři Milešovka v nově rekonstruovaném sále přímo v observatoři.

hlase, anebo příspěvkem na síti maličko vysvětlit, co dělá. Jsem přesvědčen o tom, že každý by to měl umět a každý by to měl dělat. Že je to doslova naše povinnost. Samozřejmě někdo má větší chuť a talent a ten pak popularizuje více.

■ *JŽ: Často se diskutuje o tom, že popularizace vědy by měla být na úrovni středoškolského vzdělání. Je vysvětlování toho, co vědec dělá, náročné?*

PZ: Daniel Stach dokonce připomínal, že bychom měli při popularizaci očekávat „dvanáctileté“ posluchače. A za sebe mohu říci, že správně interpretovat a vysvětlit své vědecké zaměření a výsledky není vůbec jednoduché. V meteorologii je spousta zajímavých věcí, které lidé nevědí a třeba je velmi překvapí. Já při svých



Obr. 6 Na ochozu observatoře Milešovka u panoramatických panelů, které popisují kopce a jiné zajímavosti v okolí. Milešovka stojí za návštěvu!

přednáškách – například pro žáky středních škol, neočekávám nějaké velké znalosti, ale snažím se sledovat publikum a co možná nejvíce jednotlivé informace vysvětlovat. A myslím si, že pro popularizátora je důležité, když se naučí vyhmátnout např. důležité souvislosti. Je prostě potřeba vědu vysvětlovat a ukazovat, že to není jenom složitá a neuchopitelná věc, ale fascinující příběh lidstva a přírody.

■ *JŽ: Vaše přednášky jsou určeny i pro děti. A právě děti se v rámci přednášek snažíte učit i malovat. Jak souvisí malování s meteorologií?*

PZ: Rozhodně souvisí. Zkuste si otevřít jakékoliv omalovánky a co tam uvidíte? Domeček, zahrádku, sluníčko a mráčky. A mráčky – to je kámen úrazu. Nejen svým názvem, ale i vzhledem. Všechno špatně... Začneme u toho názvu. Odborně používáme termín oblač, protože na obloze je mraky oblačů, a ne oblaky mraků. A pokud byste ho chtěla namalovat, jak by vypadal? Asi kulatý, že? A to je ten druhý problém. Tak nás to samozřejmě doma učili. Ale správně je třeba malovat oblač s plochou základnou. A aby se to změnilo, děláme osvětlu už pro děti – *Pojď namalovat oblač!* A barva sluníčka je další problém, ale to už nastupují astronomové.

■ *JŽ: Nyní působíte na Ústavu fyziky atmosféry. Co vás přivedlo právě na toto pracoviště?*

PZ: Vzhledem k tomu, že zde pracoval můj táta, znal jsem i já některé zaměstnance a také jsem zde dělal svou magisterskou práci. Poté jsem na ÚFA dostal nabídku na malý úvazek a postupně jsem se začlenil do oddělení meteorologie. Větší úvazek jsem zde získal v roce 2004 při nástupu na doktorská studia.

■ *JŽ: Vy jste zaměřením meteorolog, ale meteorologie se bytostně dotýká i otázek klimatu. Jaký je rozdíl mezi těmito pojmy a kdo je tedy vlastně meteorolog a kdo klimatolog?*

PZ: Meteorolog je člověk, který zkoumá aktuální počasí. Nebo proměnlivost počasí. Na rozdíl od klimatologa, který zkoumá dlouhodobé změny počasí. A i meteorology můžeme následně rozdělit na dvě skupiny. Jedni vytvářejí předpověď počasí na zítřka, to jsou provozní meteorologové v ČHMÚ. A druzí vytvářejí předpověď na včera, a to je věda.



Obr. 7 Popularizace meteorologie pro školy v geoparku v rámci Dne Země, který pořádá na Spořilově Geofyzikální ústav AV ČR a další spořilovské ústavy se zapojují také.

■ *JŽ: Klimatu se budeme věnovat v druhé části našeho rozděleného rozhovoru. Pojďme se nyní soustředit na to, jak se vytváří předpověď počasí operativní – tedy v čase dopředu?*

PZ: Připravuje se pomocí předpovědního meteorologického modelu. To je sada matematicky zpracovaných fyzikálních rovnic, do kterých vstupují různá měření počasí, a díky časovým derivacím v prognostických derivacích se spočítá předpověď na zhruba deset sekund dopředu. A toto řešení vstoupí znovu do těch samých rovnic a pak zase a zase a zase... až se spočte předpověď třeba na tři dny dopředu. Ale protože se při každé takové iteraci šíří výpočtem i neurčitost, která rozhodně neklesá, tak nemá moc smysl počítat předpověď příliš dopředu.

■ *JŽ: A stejným způsobem je možno počítat „předpověď“ i na starší události, tedy v čase dozadu?*

PZ: Všechny naše modelové výpočty jsou právě předpovědi v čase dozadu. Ne tedy pozpátku, ale začínáme s předpovědí někdy v minulosti a zkoumáme tímto způsobem meteorologicky zajímavé situace. Zároveň můžeme naše výpočty srovnávat s dostupným měřením, abychom věděli, jak dobře nám výpočty vyšly. A když se takhle přepočte delší úsek počasí, tak je to již zmíněná reanalýza počasí.

■ *JŽ: Můžete tedy zkoumat směrem dozadu v čase třeba nějakou předpověď, která nevyšla?*

PZ: Ano. Můžeme se na takovou situaci podívat krok po kroku ve chvíli, když už víme, jak ve skutečnosti doopravdy proběhla. Zaměřili jsme se třeba na krupobití, které v roce 2010 nečekaně zasáhlo Prahu. A velmi dlouho jsme se věnovali předpovědi právě na tento jediný den. Zajímalo nás, co se tehdy tak závažného stalo, že došlo v Praze k takovým škodám a proč jsme to nedokázali správně předpovědět. A nejen špatnou předpověď, ale i prostě zajímavou událost současným pohledem, který může přinést nové, dříve nedostupné informace.

■ *JŽ: A co se vám tímto způsobem podařilo o krupobití z roku 2010 zjistit?*

PZ: Dozvěděli jsme se, že se jednalo o jednu jedinou izolovanou bouři, která se bohužel trefila přímo do Prahy. Jistě si vzpomínáte, jak velké množství např. zaparkovaných aut bylo poškozeno kroupami. Vtipné také bylo, že hned druhý den po tomto podvečerním

divokém krupobití začal v Praze na Spořilově Mezinárodní seminář o projevech silných bouří. Musím konstatovat, že všichni hosté byli nadšení, jaké úžasné počasí v Praze v souvislosti s tímto seminářem bylo – jako by to bylo připravené. My už jsme tolik nadšení nebyli, protože jsme tehdy měli od krup notně potlučená téměř všechna služební vozidla a vyplavený přednáškový sál.

■ *JŽ: Jak často nás taková „superbouře“ může překvapit?*

PZ: Podobných bouří, supercel⁵, se v ČR vyskytne za rok několik, ale ne každá musí mít nutně takto pustošivé projevy. Vzpomeňme supercely na jižní Moravě v roce 2021 nebo dvě supercely z roku 2016. Ty byly zajímavé tím, že začaly na Šumavě a skončily svůj život až v Drážďanech. A celou tu dobu dělaly velmi zajímavé počasí, aniž by jim došel dech. Vypadlo z nich obrovské množství krup a bylo zaznamenáno zhruba 86000 blesků, což opravdu není málo. Doba života supercel se běžně počítá v nízkých jednotkách hodin, ale tyto dvě „divoké dámy“ řádily mnoho hodin a po celou tu dobu neúnavně produkovaly velmi nebezpečné jevy – intenzivní déšť, kroupy, blesky a silné porvy větru.

■ *JŽ: Dá se tedy říci, že pokud zkoumáte počasí v čase směrem dozadu, zlepšujete tím přesnost předpovědi do budoucna?*

PZ: Přesně k tomu slouží meteorologický výzkum. Obvyčejné počasí se předpovídá poměrně snadno, ale extrém se předpovídají opravdu problematicky. Důvodem je to, že takové jevy nejsou příliš časté a tak máme

5 P. Zacharov, J. Žďárská: Cumulonimbus, díl čtvrtý. Supercela. *Čs. čas. fyz.* 74, 304–305 (2024).



Obr. 8 Petr Zacharov vyhlíží světlé zítřky aneb komentář okolní krajiny pro skupinu návštěvníků, v popředí s dcerou Zuzanou.

stále nedostatek zkušeností a dat. Rozebíráním takových extrémů se zrníčko po zrníčku posunuje výzkum dopředu.

■ *JŽ: Hovořili jsme o předpovědi počasí. Lidé se často zlobí, že předpovědi nejsou přesné, že nevycházejí. Lze poskytnout naprosto přesnou předpověď počasí a na jak dlouho dopředu v čase je to možné?*

PZ: To je skutečně náročná věc. Pokud bych to měl zhodnotit – tak jsme schopni dát rozumnou předpověď počasí na tři dny. Čtyři až sedm dní je pak už spíše takový výhled počasí v ČR a nad sedm dní dělá předpověď jenom Dagmar Honsová – bohužel pro meteorologii... Skutečný meteorolog sice dělá dlouhodobé výhledy počasí, hlavně tedy díky poptávce, ale nejedná se o předpověď v pravém slova smyslu, ale jakési statistické zhodnocení výhledu počasí. Jestli bude tepleji, chladněji, více, nebo méně srážek apod. Problém přesnosti předpovědi je totiž v tom, že se v rovnicích modelu velice rychle šíří chyba nebo nejistota. A někdy může být aktuální počasí tak citlivé na změnu, že se může stát obrazně ledacos. I malá změna vstupních dat může vést k velmi rozdílné předpovědi. Takové situaci se říká, že má malou prediktabilitu.

■ *JŽ: Co všechno musejí meteorologové znát a vědět, aby mohli předpověď počasí vytvořit?*

PZ: Když chcete dělat předpověď, musíte vědět, jak je právě teď. Dobrý meteorolog, když chce udělat dobrou předpověď, tak se nejdřív musí seznámit s tím, jaké je počasí. Pokud byste zavítala na pražské centrální předpovědní pracoviště na předpovědní sál, uvidíte obrovské obrazovky a na nich aktuální počasí, měření z družic, z radarů a podobně. Všechna ta data jsou pro předpověď počasí navýsost důležitá.

■ *JŽ: Meteorolog tedy posoudí, jaké je nyní právě u nás počasí. A co provede potom?*

PZ: Aktuální počasí nestačí znát jen u nás, ale také u našich sousedů, třeba v Německu. Anebo co se zrovna děje v Atlantickém oceánu. Pokud počítáme předpověď počasí pro Česko, rozhodně potřebujeme vědět, co se děje za hranicemi Česka. Jaké je velkoprostorové proudění vzduchu, jak se třeba budou šířit fronty. Dá se říci, že když nebudeme mít měření např. ze severního Atlantiku, budeme mít stávající měření příliš hrubé, a tak nikdy nemůžeme dostat perfektní předpověď. A všechna tato data vstupují do výpočetního modelu, který spočte předpověď počasí na požadovanou dobu, třeba až na tři dny dopředu. Model samozřejmě může počítat i delší předpovědi, ale postupně se zvyšující chyba tyto předpovědi značně devaluje.

■ *JŽ: Počasí predikujete pomocí prostorové sítě. Mohl byste nám přiblížit její parametry?*

PZ: Některé modely používají síť výpočetních bodů, některé používají trochu složitější přístup, ale jejich výsledky se pak také převádějí do nějaké pravidelné sítě bodů. Tato síť bodů, gridová síť, má pro ALADIN z ČHMÚ v současné době rozměr $2,3 \times 2,3$ km. Jedná se o síť, do které se na začátku interpolují dostupná měření a ve které probíhají výpočty a jsou k dispozici výstupy předpovědi. Pro kvalitnější předpověď počasí bychom potřebovali ještě jemnější síť, ale to zatím není možné, protože nemáme dost měření ani tak rychle počítáme. Představte si tedy pro názornost



RNDr. Petr Zacharov, Ph.D., (*1980) působí od roku 2004 jako meteorolog na Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR, kde se věnuje výzkumu předpovědi a verifikace srážek a silniční meteorologii. Doktorské (2004–2010) i magisterské studium (1998–2004) absolvoval na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Mezi jeho srdeční záležitosti patří observatoř Milešovka a hlavně silné konvektivní bouře a jejich dramatické i často potenciálně nebezpečné projevy. Na téma fyzika silných bouří a jejich projevů přednáší na Přírodovědecké i Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. Hodně času také věnuje popularizaci meteorologie, a to právě hlavně silných bouří a tornád, ale i dalších jevů, jako např. duhy.

celou naši republiku pokrytou krychličkami zhruba 2×2 km. A pro tvorbu předpovědi potřebujete mít v každém tom bodě měření. V horizontálním směru je to dost dobře možné, ale problém nastává ve vertikále. V Čechách máme měření ve vertikále pouze na dvou místech a my bychom jej potřebovali mít teoreticky v každém bodě, nebo alespoň daleko hustěji než v současnosti.

■ *JŽ: A proč není možné mít více vertikálních měření?*

PZ: Protože tahle sondážní měření jsou velmi drahá, ale na druhou stranu nepostradatelná. Navíc se počty klasických staničních měření v současné době tlumí. Na ČHMÚ je totiž vyvíjen tlak, aby snižoval finanční zátěž. A co je nejdražší? Samozřejmě člověk, tedy lidská obsluha měřicích stanic. Do budoucna by se obsluha těchto stanic měla automatizovat. Jenže to není tak jednoduché, protože lidská obsluha nejenže provádí měření, ale také se o stanici stará, čistí přístroje a hlídá, aby se tam nic nestalo. Osobně si nemyslím, že snižování lidské obsluhy měřicích stanic by byla ta správná cesta.

■ *JŽ: Mohl byste nám přiblížit, jak vypadají meteorologické měřicí stanice, ze kterých měření získáváte?*



Obr. 9 S nepostradatelným černým čajem v pozorovatelně observatoře Milešovka. Tady vládne klid a počasí. A čaj se v naší rodině dědí pravděpodobně ještě z carské Rusi.

PZ: Tyto stanice rozlišujeme podle způsobu obsluhy na stanice úplně automatické, které pracují samy a není tam potřeba člověk, poloprofesionální, kde sice lidská obsluha pracuje a měří, ale pouze přes den a v noci spí, a plně profesionální, které mají nepřetržitý dohled. To znamená, že je tam služba na směny. Jednou z těch plně profesionálních stanic je např. Milešovka, vojenská stanice Polom a také letiště, kde je neustále přítomen meteorolog a pravidelně každou hodinu vydává zprávy o aktuálním počasí. A to jak pro potřeby meteorologů, tak i pro potřeby letišť a pilotů.

■ JŽ: Je skutečně těchto měření málo?

PZ: Pro dobrou předpověď bychom potřebovali např. informace i tom, zdali a jak se zahřívají třeba louky. Když bude slunce zahřívát suchou louku, tak bude stoupat suchý vzduch a nic zásadního se nestane. Když se ale bude zahřívát vlhká louka, tak bude stoupat vlhký vzduch a mohou vznikat oblaky a třeba i bouřky. A to je velký rozdíl. My rozhodně nemáme proměřeny všechny louky, i když staniční síť ČHMÚ pokrývá naši republiku celkem dobře. Ale pokud bude kvalitního měření ubývat, můžeme přijít i o stávající kvalitu měřicí sítě.

■ JŽ: Je možno tato měření nějakým způsobem nahradit?

PZ: Meteorologové se snaží tato chybějící měření dopočítávat například tak, že sledují, zdali v dotyčné oblasti přišlo. Další důležité měření, které nám v předpovědích velmi pomáhá, je teplota v půdě. Především nám ale schází ta vertikální měření, která jsou finančně náročná (sonda stojí zhruba 10 000 Kč). Pokud bychom měli posuzovat četnost vertikálních měření v Evropě, je jich poměrně dost, stejně tak jako v Severní Americe. Horší už je to s počtem měření nad Atlantickým oceánem, kde je vertikálních sondáží málo. A ještě méně je jich kupříkladu v Africe. A to všechno má významný vliv na výslednou přesnost předpovědi počasí.

■ JŽ: Takže nemůžeme doufat, že někdy v budoucnu bude předpověď počasí dokonalá a přesná?

PZ: Předpověď je a vždycky bude tak trochu špatná. (úsměv) Nikdy nebude úplně dokonalá. Modely se zlepšují, počítače se zlepšují, ale měření nepřibývá. Kdysi dávno měl např. model ALADIN horizontální rozlišení sítě 9×9 km. Poté se přešlo na 4×4 km a nyní jsou to $2,3 \times 2,3$ km. Ovšem vyšší detailnost neznamená vyšší přesnost modelu. Detailní model umožňuje detailní popis atmosféry a předpověď jeví menšího měřítko. Dřívější modely vůbec neuměly počítat konvektivní bouře – jejich rozlišení bylo tak hrubé, že se v nich bouřky ztratily. Zato detailní modely je umí jakž takž spočítat, i když často jinde a jindy. A když pak srovnáte skutečné naměřené srážky s předpovědí, tak detailní model předpověděl např. silnou bouři s intenzivním deštěm na Kladensku a ona se ve skutečnosti vyskytla na Kutnohorsku. A hned máte dvě velké chyby. Hrubý model nemůže spočítat velkou srážku, protože to jednak neumí a jednak by v hrubé síti s krokem např. 30×30 km způsobil velkou hodnotou záplavy biblických rozměrů. Takže takový hrubý model spočte menší srážku na rozsáhlém území, na kterém se dokáže trefit i do reality. Takže máme spoustu malých chyb tam, kde v realitě nepršelo, a malou chybu i tam, kde skutečně přišlo. Což dohromady není tak velká chyba jako v případě dvou velkých chyb u detailního modelu. Důležité však je, že ten detailní model vůbec bouři spočítal, což dřívější modely neuměly, a je to tedy přidaná hodnota těchto modelů. A úkolem meteorologů pak je správně interpretovat situaci, že detailní model sice předpověděl bouře na Kladensku, ale v realitě jsou tedy bouře očekávatelné ve Středočeském kraji.

■ JŽ: Děkuji vám za rozhovor, v němž budeme pokračovat v příštím čísle Československého časopisu pro fyziku a zaměříme se na cestu, která vás k meteorologii dovedla.

Autorkou všech fotografií v článku je Jana Plavec z AV ČR.