

▶ ALADIN JE PODROBNĚJŠÍ A PŘESNĚJŠÍ



PROJEKT V ČÍSLECH

Celkové způsobilé výdaje
64 825 435 Kč

Příspěvek EU
55 101 620 Kč

Foto: ČHMÚ

ALADIN je regionální předpovědní model, který vypočítává vývoj atmosférických procesů na tři dny dopředu. K předpovědi počasí ho po mnoho let využívá i Český hydrometeorologický ústav. **Před dvěma lety pořídili z dotace z OPŽP nový vysoce výkonný výpočetní systém – superpočítač, který umožnil posunout provozní aplikaci modelu ALADIN kvalitativně dál.**

„Výkonný počítač k meteorologii patří,“ prohlásovala Radmila Brožková, vedoucí oddělení modelování numerických předpovědí Českého hydrometeorologického ústavu, už v roce 2009 při předchozí obnově superpočítače, která byla taktéž financována díky dotaci z OPŽP. „Bez výkonného počítání, které takový výkonný počítač umožňuje, se v dnešní době v moderních meteorologických službách neobejdeme,“ vysvětlovala nákup vektorového superpočítače NEC SX-9. Tehdejší projekt podle jejích slov v ČHMÚ pojali jako modernizaci, která napomůže zlepšit připravenost na povodňové situace a tím zlepšit předpovědní povodňovou službu státu. „To byl náš hlavní cíl,“ vysvětlovala. „Česká republika má totiž v regionu střední Evropy zvláštní polohu. Leží na rozvodí, povodně u nás vznikají a my je poté, vyvážíme‘ do okolních zemí. Nejsme tedy v situaci, kdy bychom se nacházeli na nějakém veletoku, voda se hromadila někde daleko, třeba v jiném státě, a povodňová vlna k nám posléze doputovala. U nás přichází voda z oblohy, s po-

vodněmi je tu přímá souvislost a my pro připravenost na povodňové situace a na výstražnou službu musíme mít co nejlepší předpověď srážek,“ objasnila důvody, proč je namístě, abychom disponovali co nejmodernějším předpovědním modelem.

Důraz na předpověď kvality ovzduší

Čas ubíhal a před dvěma roky se znovu naskytl příležitost zafinancovat další modernizaci superpočítače. „Kromě náhrady již zastaralého superpočítače jsme potřebovali modernizovat předpovědní systém modelování atmosféry a zároveň vyjít vstříc rostoucí poptávce po rozvoji operativní předpovědi kvality ovzduší. Bylo tak zřejmé, že musíme zvýšit rozlišení atmosférického modelu ALADIN, přejít na použití přesnějších rovnic dynamiky atmosféry a zajistit tak adekvátní predikované meteorologické vstupy pro chemický transportní model,“ říká k současnému projektu obnovy předpovědního modelu Radmila Brožková, jeho hlavní koordinátorka.

MODEL ALADIN je vyvíjen od roku 1991 v rámci mezinárodní spolupráce národních meteorologických služeb Evropy a severní Afriky. Projekt byl iniciován národní francouzskou službou Météo-France po pádu železné opony. Slovo ALADIN je zkratkou francouzských slov – Aire Limitée, Adaptation Dynamique, Development International. ALADIN je regionální numerický model počasí, s jehož pomocí se připravují krátkodobé předpovědi ve vysokém rozlišení pro danou oblast. Matematicky jde o systém diferenciálních rovnic, které popisují chování atmosféry na základě fyzikálních zákonů. Výpočet vychází z čerstvých meteorologických měření a provádí se na výkonných počítačích numerickými (přibližnými) metodami.



Foto: CHMÚ

ALADIN JE PO OBNOVĚ PŘESNĚJŠÍ

Numerický model stále počítá předpověď na následující tři dny, nyní však na výpočetní síti se čtyřikrát více body. Změn oproti předchozí verzi je však více. V každém horizontálním směru se krok modelu zvýšil ze 4,7 km na 2,3 km. Bylo zachováno 87 vertikálních hladin. Co se významně vylepšilo, je detailnější zpracování topografie. V dřívější verzi byl terén více zhlazen právě vlivem hrubšího rozlišení 4,7 km. Některé horské polohy byly například nižší, než je skutečnost. Nyní je možné počítat s jemnější orografií, která vede k přesnější předpovědi nejen pro české hory nebo údolí, ale obecně ke zlepšení výsledků pro celou oblast střední Evropy. Navýšená výpočetní kapacita umožňuje nejen počítat na hustší síti bodů, ale zároveň lze použít složitější a výpočetně náročnější metody. Jednou z nich je přepnutí modelu do tzv. nehydrostatické verze. ALADIN nyní používá přesnější systém rovnic, který rozšiřuje popis dynamických jevů v atmosféře. Jsou to například vlny způsobené vztakovými silami, typicky za horskými hřebeny, které jsou dobře patrné v oblačnosti. Díky tomuto zpřesnění lze očekávat zlepšení předpovědi atmosférických podmínek, které mohou vést k vývoji nebezpečných počasových jevů. Nová provozní verze modelu zúročuje předchozí investice do vývoje celého systému. Na procesu se podílelo celé oddělení numerických předpovědi počasí i se zapojením do mezinárodní spolupráce. „Samotná příprava na tak podstatnou změnu, která se týká nejen vědeckého obsahu modelu jako takového, ale i nutných technických úprav, probíhá zhruba rok při současném zajištění produktů pro velké množství odběratelů dat, kteří výstupy numerického modelu používají,“ uvádí vedoucí vývojového týmu a oddělení numerických předpovědi počasí Radmila Brožková.

Posílení propojení atmosférického a chemického transportního modelu bylo podle jejích slov přirozenou volbou, která byla prosazována vedením ČHMÚ, konkrétně Pavlou Skřivánkovou za úsek meteorologie a klimatologie a Janem Macounem za úsek kvality ovzduší. Konkrétní projekt vypracovalo oddělení numerické předpovědi počasí s pomocí oddělení modelování a expertizy úseku kvality ovzduší. „Využili jsme fakt, že máme dotčené obory takzvané pod jednou střechou,“ konstatuje Radmila Brožková.

Při přípravě projektu byly k dobru předchozí zkušenosti

Hlavní část přípravy byla zajištěna oddělením numerické předpovědi počasí. „Šlo o stanovení výpočetních nároků pro novou verzi modelu ALADIN a přípravu výkonostních testů pro tendr na nový superpočítač,“ popisuje Radmila Brožková. Přitom bylo nutné tyto nároky na početní výkon sladit s finančními prostředky dotace a také s možnostmi infrastruktury, zejména s ohledem na spotřebu elektřiny. „Z dotace jsme pořídili nový superpočítač

se špičkovým výkonem 270 teraFLOPS, diskovým prostorem s kapacitou přes 1 petabyte a některé další prvky potřebné infrastruktury, jako jsou zdroje nepřerušovaného napájení a komponenty chlazení,“ vypočítává Radmila Brožková.

Při přípravě projektu vycházeli v Českém hydrometeorologickém ústavu z dlouholetých zkušeností provozu superpočítačových technologií pro numerickou předpověď počasí. „Z odborného hlediska jsme věděli, kam potřebujeme aplikaci modelu ALADIN posunout a co bude potřeba udělat pro zlepšení předpovědi rozptylových podmínek,“ popisuje Radmila Brožková. Při přípravě projektu samozřejmě využili svých předchozích zkušeností s přípravou a administrací žádostí o dotace. „Velmi významně nám s tím pomohli kolegové z oddělení investic Českého hydrometeorologického ústavu,“ podotýká vedoucí oddělení modelování numerických předpovědí. „Nemuseli jsme tak každý studovat rozsáhlou dokumentaci k přípravě projektů či se detailně seznamovat se softwarem pro administraci žádostí,“ upřesňuje.

Superpočítač nepořizujeme každý den

Samotná realizace projektu probíhala v několika hlavních etapách. „Poté co byl zakoupený superpočítač instalován a úspěšně prošel akceptačními zkouškami, zahájili jsme instalaci modelu ALADIN na tuto novou platformu,“ popisuje Radmila Brožková.

Členy konsorcia ALADIN jsou kromě Francie ještě Belgie a Portugalsko, dále souvislá skupina zemí od Polska na severu přes Českou republiku, Chorvatsko, Bulharsko a Turecko na jihu po tři severoafrické státy: Maroko, Alžírsko a Tunisko, což v přepočtu na plný úvazek umožňuje zapojení více než stovky vědců. Od roku 2021 je plánováno propojení do společného sdružení, které by mělo mít celkem už dvacet šest členů.



Z DĚJIN PŘEDPOVÍDÁNÍ POČASÍ

Předpověď počasí je založena na využití poznatků o fyzikálních zákonitostech atmosféry. Počasí je definováno mnoha faktory, hlavně atmosférickým tlakem, vlhkostí, teplotou a prouděním. K předpovědi počasí je třeba tyto faktory sledovat a k tomu slouží mnoho technických zařízení a přístrojů. Nicméně povaha atmosféry a neuplné chápání přírodních procesů znamená, že předpovědi nejsou zcela přesné a neomylné. První přístrojová měření se prováděla ve francouzském městě Clermont Ferrand v roce 1649. První meteorologická síť stanic pak vznikla v Toskánsku v roce 1652. V letech 1719 a 1720 se v Zákupích u České Lipy provádělo měření meteorologických vlivů. Klementinum je provádí souvisle od roku 1752. Během devatenáctého století vzrostl význam meteorologie v souvislosti s potřebou zajistit dobré podmínky pro přesuny armád a loďstev, což znamenalo vyvinout postupy pro zmapování pohybu hlavně mořských bouří. Moderní předpovědi počasí využívají rozsáhlých matematických modelů a pokoušejí se s poměrně vysokou spolehlivostí stanovit, jak se bude počasí v následujících dnech vyvíjet. Úspěšnost předpovědi se v moderní době zlepšuje ziskem jednoho dne prediktability každých deset let. Znamená to, že stejnou kvalitu, jakou měla před deseti lety předpověď na tři dny, dosahujeme v současnosti až na čtyři dny. Skutečností ovšem je, že s délkou předpovědi jejich přesnost klesá. Konkrétní stav počasí v daném místě je kvůli chaotičnosti atmosféry pro vzdálenější budoucnost nepředpověditelný. Předpověď takového konkrétního počasí nelze ovšem zaměňovat s problematikou výpočtů scénářů budoucího klimatu, které jsou otázkou rovnováh atmosférické cirkulace a vyplývajících režimových charakteristik.

Foto: ©PEDRO/Fotky&Foto

„Museli jsme přenést nejenom aplikaci modelu jako takovou, ale i celý dosti rozsáhlý soubor provozních úloh. Dalším krokem bylo zvýšení rozlišení modelu a návazné plánované úpravy. Poté jsme mohli konečně poskytnout kolegům z úseku kvality ovzduší žádaná zlepšená data,“ uzavírá další etapu ve vývoji předpovědního modelu ALADIN Radmila Brožková.

„Projekt byl pro nás náročný z technického i meteorologického hlediska. Superpočítač přece jen nepořizujeme každý den,“ hodnotí uskutečněný projekt. „Proto jsme byli velmi potěšeni, že jsme získali spolehlivý přístroj s ještě vyšším výkonem, než jsme doufali, a také že se nám podařilo tento výkon přetavit do zlepšení kvality modelových předpovědí. Je za tím vším velký kus práce a z tohoto pohledu jsme velmi vděční, že se kolegové z oddělení investic zhostili administrativních kroků žádosti o dotaci z OPŽP a zajišťovali komunikaci s manažerem projektu na straně SFŽP ČR. My jsme se tak mohli soustředit na odbornou část projektu,“ oceňuje koordinátorka projektu.

Projekt podle jejích slov pomohl významným způsobem zlepšit kvalitu modelových předpovědí ve vysokém rozlišení, která je měřena pomocí statistických ukazatelů porovnání s pozorováními. „Model se zlepšil v naprosté většině předpovídaných parametrů a to má pozitivní dopad na další aplikace, které využívají jeho vstupy – právě třeba již zmiňovaný chemický transportní model,“ vysvětluje. „Samozřej-

SMYSLEM modelu ALADIN je počítat předpověď počasí ve vysokém rozlišení, tudíž přesněji, pro vybrané území. Hlavní provozní aplikace modelu ALADIN v Českém hydrometeorologickém ústavu pokrývá region střední Evropy a okolí, kde je Česká republika uprostřed výpočetní oblasti. Při rozlišení 2,3 km má trojrozměrná výpočetní mřížka přibližně 80 milionů uzlových bodů. Start výpočtu nové předpovědi počasí na tři dny čeká necelé tři hodiny po termínu na sběr co nejvíce měření. Samotný výpočet postupuje v krocích po 90 sekundách a trvá necelých 50 minut. Řada regionálních modelů v Evropě je aktualizována častěji než čtyřikrát za den, například po třech hodinách, ale často se potom počítají pro kratší předpověď než tři dny. Pro účely velmi krátkodobé předpovědi počasí, tzv. nowcastingu, se modely počítají i každou hodinu.



Foto: CHMÚ

mě že z investice do superpočítače budeme těžit i nadále při zavádění dalších zlepšení modelu. Ta se budou týkat fyzikálního obsahu modelu a také využití více druhů a množství dostupných pozorování na vstupu do výpočtu předpovědi,“ doplňuje. ●

VÝPOČET MODELU – předpověď – probíhá tak, že nejdříve se v Météo-France v Toulouse vypočte méně podrobný globální model ARPEGE. Jeho výsledky se pak přenesou do jednotlivých členských zemí, kde se použijí jako podmínky na vnějších okrajích oblasti, pro které se počítá ALADIN. Rozlišení globálního modelu ARPEGE je nyní v oblasti střední Evropy 8 km, rozlišení verze ALADIN počítané v Českém hydrometeorologickém ústavu bylo 4,7 km. Díky zatím poslednímu projektu na obnovu se u nás rozlišení modelu zvýšilo na 2,3 km. Hlavní předpovědi jsou počítány čtyřikrát denně – z analýz v 0, 6, 12 a 18 hodin světového času – a předpovídají počasí vždy na následujících 72 hodin s výjimkou poslední večerní předpovědi, která je na 54 hodin. Výstupem modelu jsou předpovědi řady fyzikálních parametrů atmosféry, které slouží jako podklady pro předpovědní pracoviště a také vstupují do mnohých návazných zpracování, včetně aplikací pro chytré telefony nebo televizní zpravodajství. Populárním produktem pro širokou veřejnost jsou předpovědní mapky a meteogramy základních prvků počasí, jako je teplota, vlhkost, vítr, tlak, oblačnost a srážky.

Jak funguje předpověď počasí

1 Nejprve je změřen současný stav atmosféry.

2 Globální modely pak spočítají v nižším rozlišení předpověď pro celou planetu.

3 Ze všech těchto výstupů model ALADIN vypočítá podrobnou předpověď pro oblast střední Evropy v nově vylepšeném rozlišení na pouhých 2,3 km.

Pozemní pozorování atmosféry

- > meteorologické stanice
- > bóje, automatické stanice

Výškové pozorování

- > meteorologické balony (aerologické sondáže)
- > podrobná data o teplotě, rychlosti, směru větru a vlhkosti vzduchu při vzletu a přistání letadel

Meteorologické radary

- > detekce srážek

Snímky z družic

- > snímky atmosféry a povrchu země v mnoha spektrech (vlnových délkách) a další...

Aladin

Superpočítač

Vstupní data

Model Aladin

(Aire Limitée Adaptation dynamique Développement International) je numerický předpovědní model počasí na omezené oblasti pro krátkodobou předpověď atmosférických procesů ve vysokém rozlišení. Model je vyvíjen od roku 1991 v mezinárodní spolupráci vedené francouzskou povětrnostní službou Météo-France. Dnes na modelu spolupracuje 16 zemí, včetně ČR. ALADIN je v ČHMÚ operativně počítán 4x za den na **superpočítači** pořízeném z **Operačního programu Životní prostředí Evropské unie**.

Výpočet

Dosahuje výkonu přibližně jako 100 domácích počítačů

- > od roku 2019 je rozlišení modelu 2,3 km
- > s větším rozlišením přechod na nehydrodynamický (realitě bližší) model atmosféry
- > model zpracuje obrovské množství dat o aktuálním stavu atmosféry a následně vytvoří předpovědi vývoje atmosféry a jejich jevů na další 3 dny

◀ Superpočítač má 320 výpočetních uzlů; každý z nich obsahuje dva procesory o 12 jádrech, tedy systém obsahuje celkem 7680 jader.

Předpověď počasí modelu Aladin lze následně vizualizovat jako:

- > mapy srážek, oblačnosti, síly a směru větru a mnoha dalších (při zemi nebo v libovolné výšce atmosféry)
- > grafy (meteogramy)
- > řezy atmosférou
- > simulace družicových a radarových snímků

Předpovědi modelu Aladin zobrazovány

- > na webu ČHMÚ
- > v televizním vysílání ČT
- > mobilní aplikace ČHMÚ

Výstupy