

WEBOVÁ APLIKACE AGROPOČASÍ



Česká zemědělská
univerzita v Praze

Český
hydrometeorologický
ústav



WEBOVÁ APLIKACE **AGROPOČASÍ**

Martin Možný a kol.

Český hydrometeorologický ústav

Martin Možný, Lenka Hájková, Vojtěch Vlach, Adéla Musilová, Veronika Oušková

Česká zemědělská univerzita

Martin Možný, Luboš Türkott, Martin Opatrný, Vera Potopová

CERTIFIKOVANÁ METODIKA
PRAHA 2023

Oponenti

Ing. Petr Hanka, HANKA MOCHOV s. r. o.

Ing. Marie Perglerová, Ministerstvo zemědělství

Metodika vznikla za finanční podpory Ministerstva zemědělství a je výstupem řešení výzkumného projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum č. QK1910269

„Adaptační potenciál odolnosti pšenice k suchu, horku a mrazu“.

Osvědčení: MZe – 31891/2023-14131

© Český hydrometeorologický ústav, Česká zemědělská univerzita
ISBN 978-80-7653-053-9 (online;pdf)

ABSTRAKT

Včasná a snadná dostupnost co nejpřesnějších informací o počasí je klíčová pro operativní rozhodování prakticky u všech agrotechnických zásahů v zemědělství, ale také pro lesní hospodářství a manažerská rozhodnutí v komunální sféře. Webová aplikace Agropočasí (www.agropocasi.cz) provozovaná na serveru České zemědělské univerzity pomůže širokému spektru uživatelů získávat zdarma ty nejpřesnější a nejaktuálnější informace s využitím dat poskytnutých přímo Českým hydrometeorologickým ústavem. V aplikaci lze nalézt podrobnou předpověď počasí pro zvolený katastr na 3 dny dopředu. V případě úhrnů srážek nabízí portál výhled srážek až na 10 dnů. Naopak přehled počasí v minulých dnech je umožněn ve formě interaktivních grafů. Zemědělec využívající aplikaci tak může snadno sledovat, analyzovat a pracovat s vybranými meteorologickými prvky přímo na svém zájmovém území.

Klíčová slova:

Počasí aktuální, předpovědní systém, webová aplikace, předpověď počasí, obiloviny, zemědělství

ABSTRACT

The timely and easy availability of the most accurate weather information is crucial for operational decision-making in virtually all agrotechnical interventions in agriculture, but also for forestry and management decisions in the municipal sphere. The web application agroweather (www.agropocasi.cz) operated on the server of the Czech University of Life Sciences will help a wide range of users to obtain the most accurate and up-to-date information free of charge using data provided directly by the Czech Hydrometeorological Institute.

The application provides a detailed weather forecast for the selected cadastre for 3 days in advance. In the case of precipitation totals, the portal offers a precipitation prediction for up to 10 days. On the other hand, an overview of the previous days' weather is provided in the form of interactive graphs. Farmers using the application can thus easily monitor, analyse and work with selected meteorological elements directly in their area of interest.

Keywords:

Current weather, forecast system, web application, weather forecast, cereals, agriculture

OBSAH

CERTIFIKOVANÁ METODIKA	2
ABSTRAKT	4
1. ÚVOD	6
2. CÍL	7
3. INOVATIVNOST METODY	8
4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	9
5. EKONOMICKÉ ASPEKTY	9
6. DATA A METODY ZPRACOVÁNÍ	10
6.1 Meteorologická data	10
6.2 Předpovědi počasí s využitím modelu ALADIN	17
6.3 Vliv rozlišení předpovědi na jejich úspěšnost	20
6.4 Zpracování předpovědních dat modelu ALADIN	24
6.5 Zpracování předpovědních dat modelu ECMWF	26
6.6 Interpolace staničních dat z databáze CLIDATA	28
7. WEBOVÁ APLIKACE AGROPOČASÍ	32
7.1 Předpověď počasí	33
7.1.1 Předpověď počasí – mapová aplikace	33
7.1.2 Výhled počasí	41
7.1.3 ALADIN – meteogramy	42
7.2 Interaktivní grafy	44
7.2.1 Meteorologické prvky	44
7.3 Plodiny	49
7.4 Meteostanice ČZU	51
7.5 Učební video	57
7.6 Úspěšnost předpovědi počasí	59
8. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	72
9. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	73
POZNÁMKY	75

1. ÚVOD

Počasí ovlivňuje každého z nás a provází nás po celý život. Počasím se rozumí stav atmosféry charakterizovaný souhrnem hodnot všech meteorologických prvků a atmosférickými jevy v určitém místě a čase. Předpověď počasí vyjadřuje budoucí stav počasí (povětrnostních podmínek) a je získávána z numerických předpovědních modelů, jež v určitém modelovém přiblížení popisují dynamiku a termodynamiku atmosféry.

Úspěšnost předpovědi počasí klesá jak s délkou předpovědního období, tak i s jejím rozlišením. Dostí přesnou předpověď lze poskytnout zhruba na 3 dny dopředu (v závislosti na meteorologické situaci). Předpověď na 4. až 10. den je výhledem počasí, poskytujícím informaci o předpokládaném charakteru počasí. Úspěšnost předpovědi počasí na 1 až 2 dny se pohybuje v posledních letech podle statistik ČHMÚ nad 95 %, u 3. dne nad 90 %. Hodnotí se oblačnost, srážky, minimální a maximální teploty vzduchu, výskyt bouřek a mlh, přičemž předpovědi srážek se hodnotí podle plošnosti výskytu nikoliv podle intenzity či množství. Z pohledu laického uživatele mohou být velmi zajímavé předpovědi na vzdálenější období, měsíční až sezónní. Bohužel střední Evropa je z hlediska sezónních předpovědí obtížně předpověditelnou oblastí. U předpovědi na vzdálenější období proto platí, že je nutné, je brát s určitou rezervou.

Modely předpovědi počasí rozlišujeme na globální a lokální. Globální modely jsou počítány pro větší území, pracují proto zákonitě s menším rozlišením (nejčastější rozlišení 77–100 km²). Typickým zástupcem globálních modelů je model Evropského centra pro střednědobou předpověď (ECMWF) IFS. Lokální modely počítají předpovědi na omezené oblasti ve vyšším rozlišení než globální modely (nejčastější rozlišení 2 až 20 km²). Příkladem lokálního modelu pro ČR je model ČHMÚ ALADIN. Díky vyššímu rozlišení jsou předpovědi přesnější pro konkrétní bod či území oproti globálním modelům. Tyto předpovědi jsou počítány pro 1 až 3 dny dopředu. Pro 4. až 10. den jsou využívány výstupy z globálních modelů.

Předpověď počasí v zemědělství je určujícím faktorem, který pomáhá zemědělcům dosáhnout kvalitních a vysokých výnosů. Odhadované srážky a teploty spolu s údaji z předešlých dnů jsou klíčovými parametry počasí v zemědělství, zejména pro naplánování polních prací od setí po sklizeň, aplikaci hnojiv a chemické ochrany. Důležitost předpovědi počasí v zemědělství dokladuje zájem zemědělců o získání co nejpřesnějších informací o počasí. V současnosti existuje mnoho veřejných zdrojů s předpovědi počasí, takže se může zdát, že mohou zemědělci bez námahy získat potřebné údaje o počasí pro zemědělství z kteréhokoliv z nich. Zkušenosti uživatelé však ví, že rozhoduje přesnost dat, která jim výrazně pomáhá zvyšovat zisk a zároveň snižovat náklady. Přesnost informací o počasí pro zemědělství je dána pokrytím území meteorologickými stanicemi a rozlišením předpovědi. Čím je rozlišení nižší, tím méně přesná je předpověď. Typické globální modely

neumožňují prognózu pro konkrétní lokální podmínky a nemohou vždy pomoci při přijímání správných rozhodnutí v zemědělství. To je důvodem, proč jsou tyto předpovědi pro potřeby zemědělství nedostatečné. Například plodiny na konkrétním poli často trpí nedostatkem srážek, ačkoliv je předpověď srážek z těchto zdrojů velmi příznivá.

2. CÍL

Úspěch zemědělství silně závisí na třech hlavních faktorech: úrodnosti půdy, meteorologických podmínkách a kvalitním osivu/sadbě. Zatímco výběr osiva/sadby nebo zlepšení úrodnosti půdy je relativně snadné, zvládání meteorologických rizik se ukazuje jako velký problém. Meteorologické extrémy jako krupobití, povodně, tuhá zima nebo horko mohou zničit úrodu během jediného dne. Dalším problémem je, že na růst a vývoj plodin negativně působí nepříznivé počasí za delší období, jako je příliš vysoká či nízká teplota vzduchu a půdy, sucho nebo zamokření. Z tohoto důvodu je nutné brát do úvahy jak předpověď, tak i hodnocení předchozích meteorologických podmínek.

Webová aplikace Agropočasí, má za cíl poskytnout co nejpřesnější informace o uplynulém a budoucím počasí pro operativní rozhodování pro naplánování polních prací od setí po sklizeň, aplikaci hnojiv a chemické ochrany. Přesné a spolehlivé informace mohou pomoci zemědělcům rychle se přizpůsobit měnící se situaci v důsledku změn klimatu, zmírňovat rizika a také plánovat agrotechnické práce tím nejefektivnějším způsobem.

Cílem metodiky je poskytnout praktický nástroj pro efektivní využití webové aplikace Agropočasí. Především jde o lepší využití předpovědí počasí a dat o povětrnostních podmínkách v uplynulém období a také představit praktické využití aplikace v zemědělské praxi. Dalším cílem je specifikovat kritické aspekty, které ovlivňují přesnost předpovědí a analýz naměřených dat. V neposlední řadě má nová metodika upozornit na nevhodné způsoby interpretace výsledků a eventuální chyby při hodnocení počasí.

3. INOVATIVNOST METODY

Žádný dosavadní systém či aplikace neumožňoval zemědělci sledovat minulé a budoucí počasí pro každý katastr zvlášť. Běžně dostupné aplikace pro předpovědi počasí pro zemědělce vychází pouze z globálních předpovědních modelů s nižším rozlišením. Zemědělec má možnost získat na webu ČHMÚ pouze data pro konkrétní meteorologickou stanici, která může být značně vzdálená od katastru, na kterém hospodaří.

Webová aplikace Agropočasí, naproti tomu poskytuje podrobné informace o počasí až na úrovni katastrů. Přesnost se získává s využitím:

- husté a kvalitní síť meteorologického měření ČHMÚ a sofistikovaného algoritmu pro zpracování těchto dat.
- výstupy předpovědního modelu ČHMÚ ALADIN pro 1 až 3 dny ve velmi vysokém rozlišení (rozlišení 1 km²). Předpovědi ECMWF jsou využívány pro výhled počasí na 4. až 10. den.

Pomocí aplikace Agropočasí může farmář sledovat aktuální a minulé počasí v každém katastru zvlášť, včetně teploty vzduchu a půdy, vlhkosti, rychlosti větru, doby trvání délky slunečního svitu a množství srážek. Aplikace umožňuje s daty pracovat, počítat kumulované srážky a teploty za zvolené období. Popřípadě zobrazit riziko mrazu a sucha pro konkrétní katastr.

Silnou stránkou této nové aplikace je to, že nejsou zobrazovány údaje získané z pouze jednoho zdroje. Výstupy jsou založené na komplikovaných algoritmech, které vybírají nejrelevantnější zdroje informací a přihlíží k místním podmínkám. Použité techniky poskytují nejvyšší přesnost dat.

V současnosti se často mění sezónní charakter počasí a globální změna klimatu mění dosavadní zemědělské postupy. To je důvod, proč je analýza počasí v zemědělství nanejvýš důležitá. Přesné a spolehlivé informace pomáhají zemědělcům rychle se přizpůsobit situaci, zmírňovat rizika a také plánovat agrotechnické práce tím nejefektivnějším způsobem.

4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika je určena především pracovníkům v zemědělství a zemědělském výzkumu a šlechtění, pro lesní hospodáře a manažery v komunální sféře a dále také jako podpora pracovníkům v zemědělském poradenství, agronomům i drobným farmářům.

Metodika a její aplikace umožní lepší využití předpovědí počasí a dat o uplynulém počasí v zemědělské praxi. V metodice jsou specifikovány kritické aspekty, které ovlivňují přesnost předpovědí a analýzu dat, včetně popisu nevhodných způsobů interpretace výsledků a eventuálních chyb při hodnocení počasí. Správné pochopení aplikace umožní získat přesné a spolehlivé informace o počasí a tím i pomoci zemědělcům rychle se přizpůsobit situaci, zmírňovat rizika a také plánovat agrotechnické práce tím nejefektivnějším způsobem.

Metodika bude zdarma k dispozici ke stažení v elektronické podobě na portále Agropočasí a na webových stránkách www.agronavigator.cz. Bude též propagována na odborných seminářích a prezentacích. Získané poznatky budou šířeny i v rámci výuky odborných předmětů na ČZU.

5. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Předpovědi počasí přinášejí významné socio-ekonomické výhody, které lze zvýšit zlepšením jejich přesnosti a lepší dostupností meteorologického monitorování, modelování a výpočetní techniky. Předpovídání se opírá o numerickou předpověď počasí, která je významně ovlivněna dostupností meteorologických pozorování. Podle zprávy Světové banky (Kull et al., 2021) se odhaduje, že odvětví vysoce citlivá na počasí, jako jsou zemědělství, energetika, doprava a stavebnictví a řízení rizik katastrof, mohou těžit z potenciálu zlepšení možností předpovědi počasí. Odhadovaný přínos je uváděn ve výši více než 160 miliard USD ročně. Jedná se o konzervativní odhad s vynecháním nefinančních přínosů, jako jsou potenciální zachráněné životy a zlepšení životních podmínek, takže podceňuje plné přínosy.

Podle Shena et al. (2022) na základě analýzy provedené v Číně v období 2009 až 2019 má meteorologická předpověď významný podpurný účinek na zemědělskou ekonomickou hodnotu tím, že zvýšení přesnosti meteorologické předpovědi o 1 % zvyšuje zemědělskou ekonomickou hodnotu o 0,5 %.

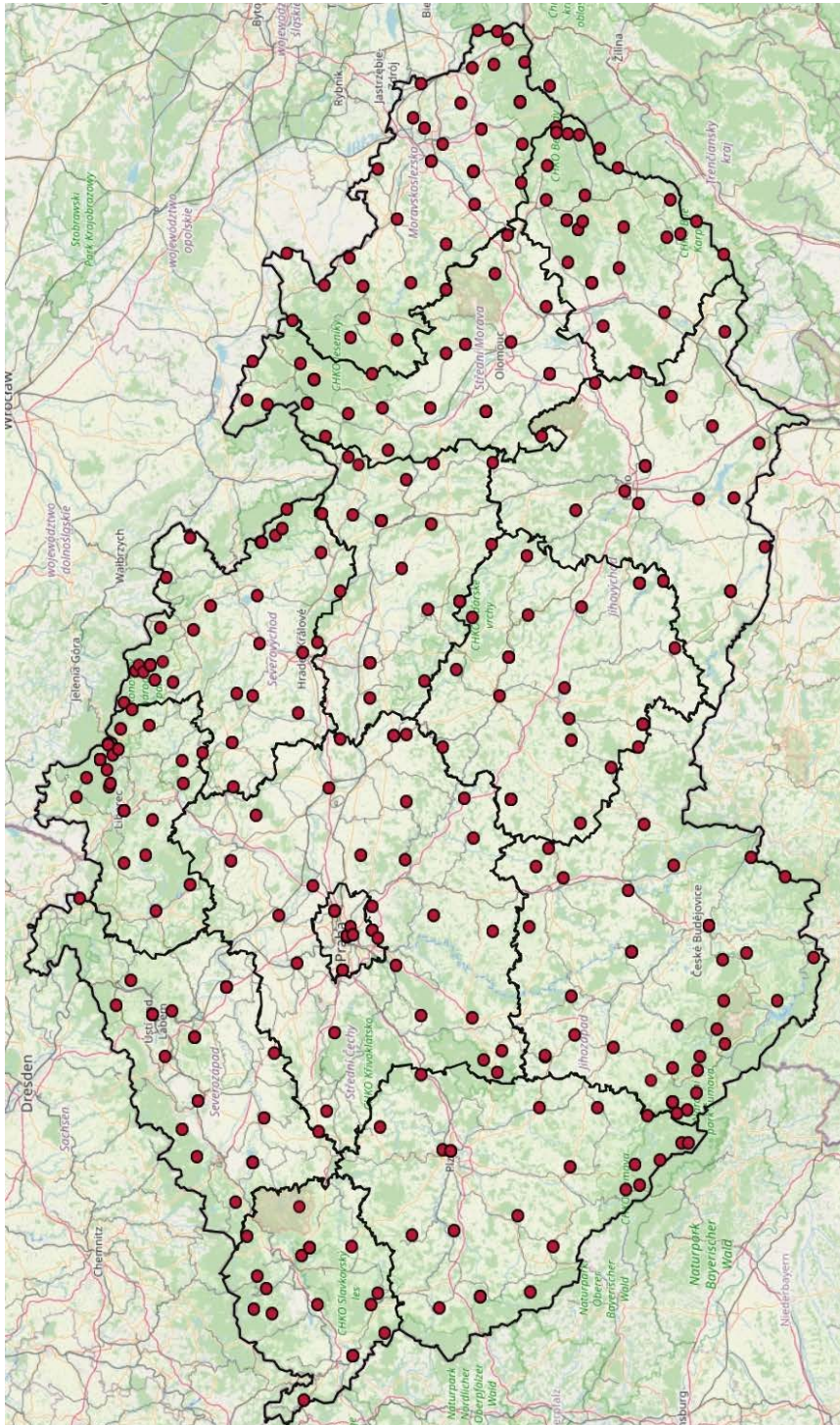
Podrobnější ekonomické zhodnocení přínosu zlepšených předpovědí počasí na zemědělství v Česku zatím chybí, ale lze předpokládat, že ekonomické přínosy budou v podobné výši, jako jsou uvedeny ve výše uvedených publikacích. Navíc lze těžko finančně kvantifikovat environmentální přínosy, pocházející z omezení vstupů chemické ochrany na životní prostředí díky lepšímu využití předpovědí počasí.

6. DATA A METODY ZPRACOVÁNÍ

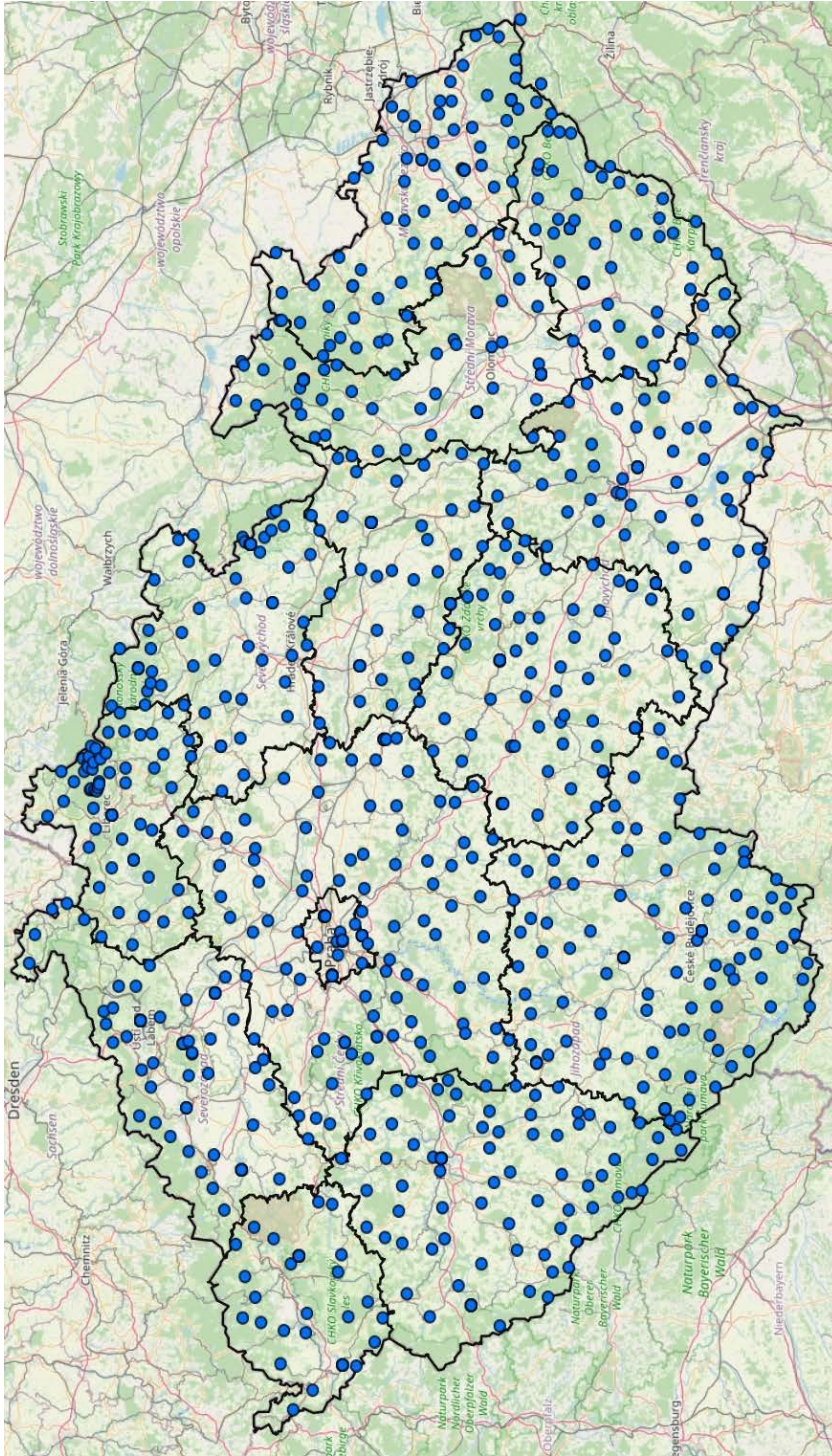
6.1 Meteorologická data

Pokud se chceme podívat na záznamy o počasí do minulosti, nejlepším zdrojem jsou naměřená data ze sítě meteorologických stanic ČHMÚ. Jedná se o velmi kvalitní měření kalibrovanými přístroji, naměřená data jsou průběžně kontrolována. Meteorologické stanice nejčastěji měří směr a rychlost větru, teplotu, vlhkost a tlak vzduchu, množství srážek, sluneční svit a teplotu půdy.

Na obr. 1 jsou zobrazeny stanice ČHMÚ, které měří teplotu vzduchu a jsou použity v aplikaci Agropočasí. Mnohem více je stanic ČHMÚ, které měří srážky (obr. 2), jejich množství odpovídá mnohem větší proměnlivosti srážek na území ČR. Převládají automatizované stanice (klimatologické nebo srážkoměrné), které ke snímání většiny hodnot meteorologických prvků využívají elektronická čidla. Data jsou získávána kontinuálně, jsou ukládána a zpracovávána počítačem nebo softwarem stanice.



Obr. 1 Mapa stanic ČHMÚ s klimatickým měřením použitých v aplikaci



Obr. 2 Mapa stanic ČHMÚ s měřením srážek použitých v aplikaci

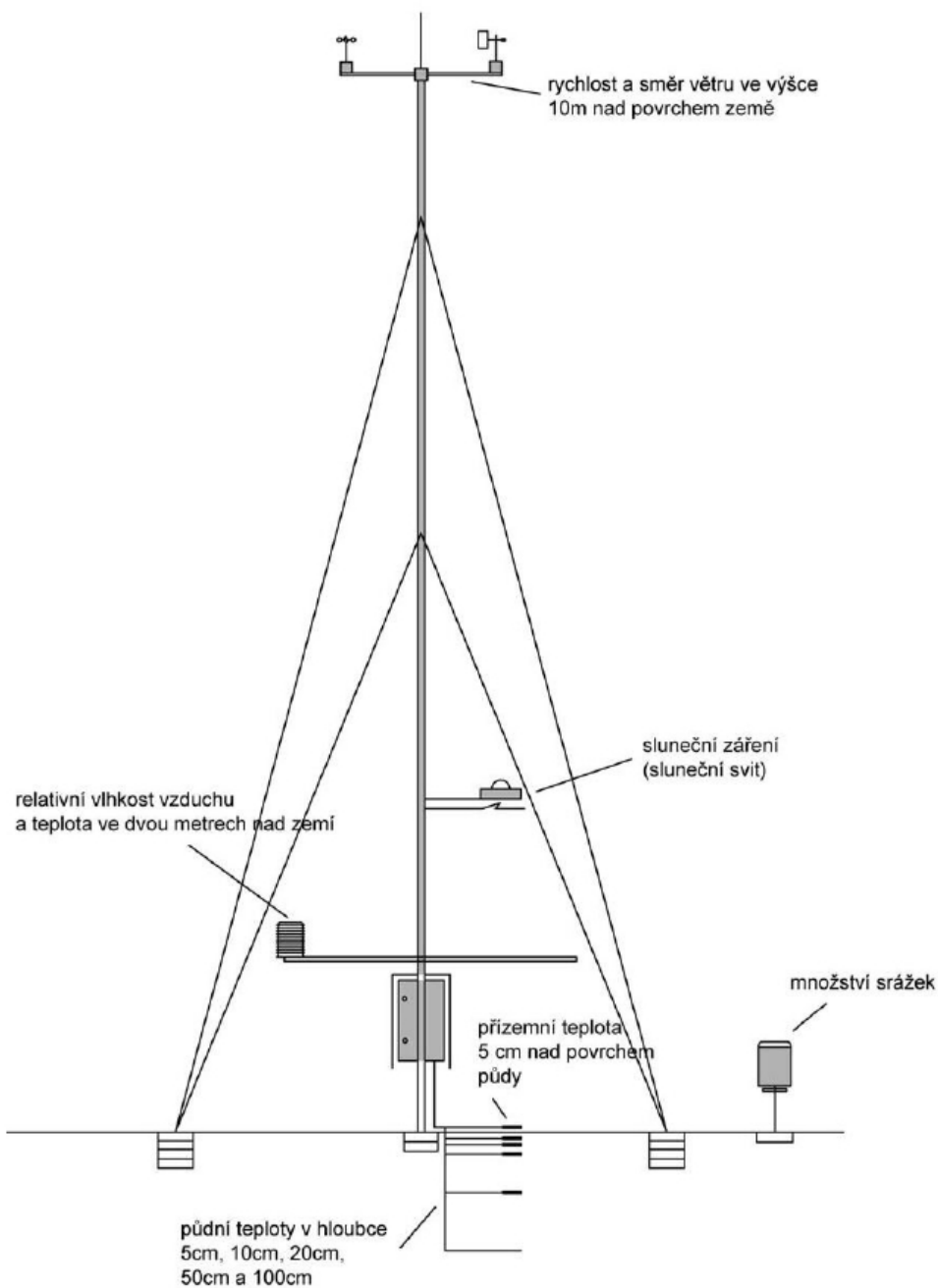
Způsob měření

Teplota a vlhkost vzduchu – je měřena ve výšce 2 m senzory umístěným v radiačním krytu. Radiační kryt slouží k zastínění čidel teploty a relativní vlhkosti vzduchu před přímým slunečním zářením, deštěm a sněhem. V základní velké verzi je kryt složen z deseti nebo dvanácti postupně se překrývajících kruhových clon, vytvářejících kolem čidla žaluzie. To umožňuje proudění vzduchu mezi clonami, a tím i kolem čidla. Pro lepší odstínění světelné, resp. tepelné energie je vnitřní povrch clon natřen černou matnou barvou a zároveň není hladký, ale je vroubkovaný. V ČHMÚ se obvykle používají čidla typové řady HMP (Vaisala), měření teploty se provádí odporovou metodou, vlhkostní měření probíhají kapacitní metodou.

Atmosférické srážky se měří za pomoci srážkoměru se zachytnou plochou 500 cm² ve standardní výšce 1 m nad zemí. Běžně se používají člunkové a váhové srážkoměry. Člunkové srážkoměry využívají mechanismu děleného překlápěcího člunku pro získání elektrických pulzů, a to v závislosti na množství srážek. U váhových srážkoměrů se využívá kontinuální vážení nádoby zachycující padající srážky tenzometrickou vahou, v případě tuhých srážek váhový srážkoměr zachytí a vyhodnotí srážky bez prodlevy, nutné pro jejich roztátí. Přesnost váhového srážkoměru není závislá na intenzitě srážek, zatímco u srážkoměru s překlápěcím člunkem přesnost se vzrůstající intenzitou klesá. I srážky s vysokou intenzitou jsou zachyceny přesně a v reálném čase.



Obr. 3 Váhový srážkoměr (typ MRW500)



Obr. 4 Automatická meteorologická stanice ČHMÚ

Doba trvání slunečního svitu je měřena elektronickým slunoměrem typu SD. Trvání slunečního svitu je doba, kdy přímé sluneční záření měřené na ploše kolmé ke směru dopadajících paprsků překračuje hranici $120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.



Obr. 4 Elektronický slunoměr (typ SD6)

Měření rychlosti větru se provádí senzorem umístěným ve výšce 10 m nad zemí na stožáru. Původní vrtulkové senzory jsou nahrazovány ultrasonickým způsobem měření. Ultrasonické měření je založeno na měření doby průchodu, kterou trvá cesta ultrazvuku z jednoho snímače k druhému, v závislosti na rychlosti větru. Tranzitní čas se měří v obou směrech pro každou dvojici snímacích hlavic.



Obr. 5 Vrtulkové měření rychlosti a směru větru (set WA15 a WA25)



Obr. 6 Ultrasonické měření rychlosti větru (typ WMT700)

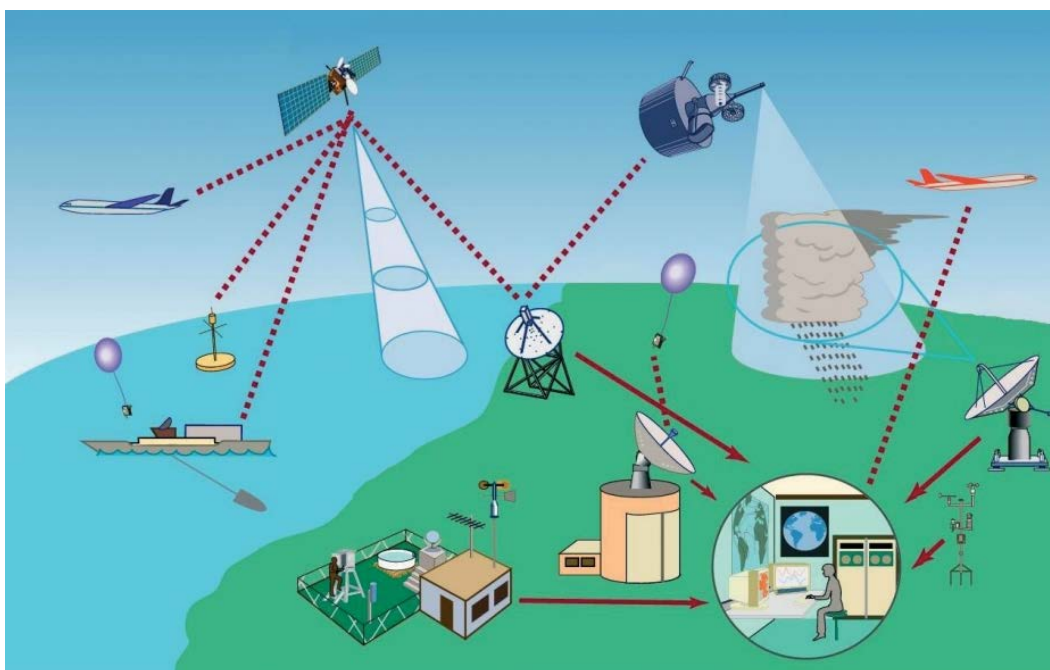
Měření teploty půdy se provádí odporovými teploměry Pt100. Pro snadnou výměnu půdních čidel při jejich poškození nebo při jejich výměně (rekalibrace stanice a čidel) se umísťují do plastových trubek, které umožňují jejich snadné vytažení a výměnu, a nedochází tak k porušení měřeného půdního profilu. Plastové trubky s čidly do hloubek 5, 10 a 20 cm se umísťují do profilu horizontálně a čidla do hloubky 50 a 100 cm vertikálně.



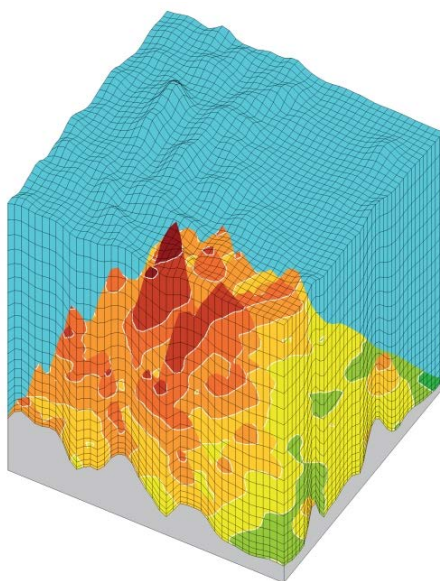
Obr. 7 Měření teploty a vlhkosti vzduchu snímačem HMP (typ 55)

6.2 Předpovědi počasí s využitím modelu ALADIN

Do poloviny 20. století se předpovědi počasí dělaly převážně extrapolací pozorované skutečnosti. Teprve příchod počítačů umožnil nástup numerické předpovědi počasí pomocí modelů, které matematicky popisují fyzikální procesy vývoje atmosféry. Řešení modelových rovnic je realizováno na vysoce výkonných počítačích, které patří do vybavení každé moderní meteorologické služby. Model ALADIN (Aire Limitée Adaptation dynamique Développement International) je vyvíjen od roku 1991 v mezinárodní spolupráci 16 zemí včetně ČR. ALADIN je v ČHMÚ operativně počítán 4x za den na superpočítači NEC-LX. Výstupy z modelu ALADIN mají široké uplatnění. Kromě interního využití v ČHMÚ jsou důležitými odběrateli Integrovaný záchranný systém, Armáda ČR, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, energetický a dopravní sektor. Díky technologickému pokroku posledních let se produkty dostávají v reálném čase i k široké veřejnosti prostřednictvím mobilních aplikací a webových stránek.



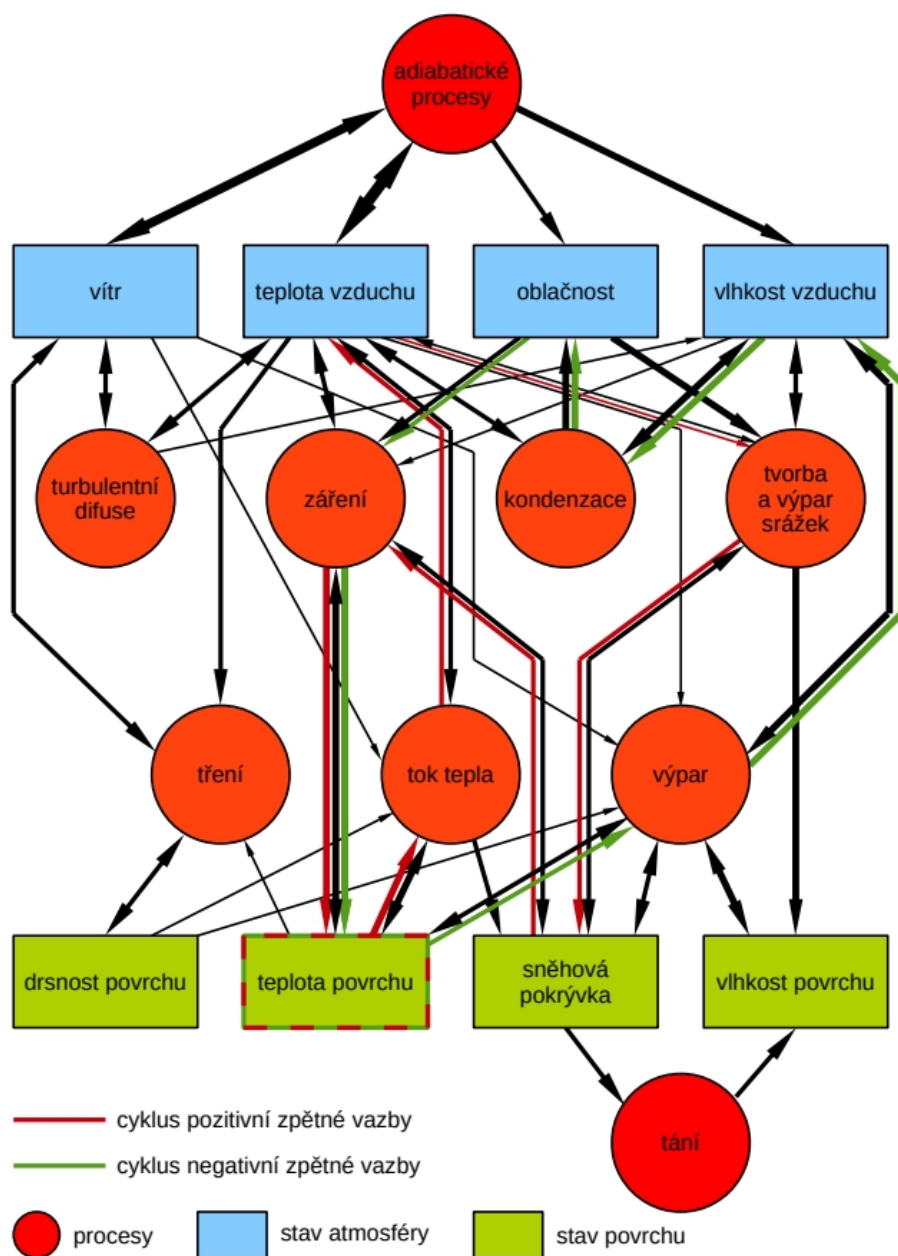
Obr. 8 Atmosféru je potřeba nejdříve změřit. Potřebné údaje o teplotě, tlaku, větru, vlhkosti atd. jsou získány ze systému meteorologických pozorování.



Obr. 9 Prvním výpočtem je analýza změřených údajů do výpočetní mřížky modelu. Vertikální hladiny modelu kopírují terén.



Obr. 10 Superpočítač NEC-LX provozovaný ČHMÚ pro předpovědi počasí



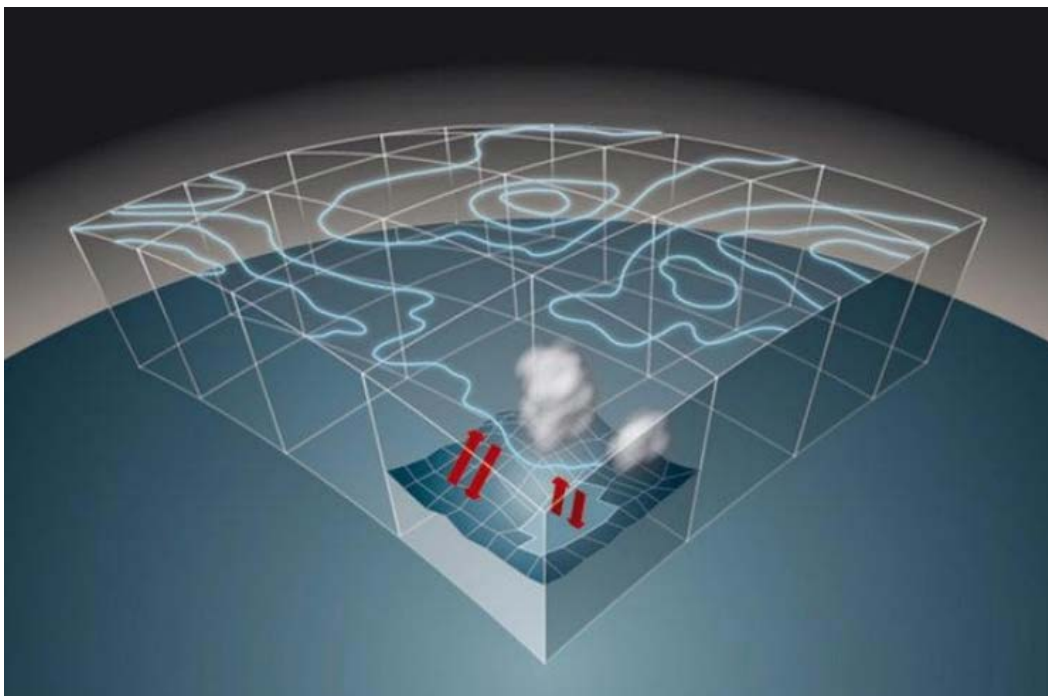
Obr. 11 Interakce veličin a procesů. Šipky představují dopad nebo kontrolu, intenzita je vyjádřena silou čáry. Každý uzavřený cyklus představuje zpětnou vazbu, kdy důsledek buď zesiluje příčinu (pozitivní vazba) nebo proti ní působí (negativní vazba). Na obrázku jsou barevně vyznačeny dva příklady.

6.3 Vliv rozlišení předpovědí na jejich úspěšnost

Nejčastější zdroje předpovědí počasí:

- Aplikace nainstalována od výrobce mobilu
- Specializované weby
- Další zdroje (médiá)

Většina uživatelů ale neřeší fyzické rozlišení a typ modelů. Globální modely však pracují s rozlišením 77–150 km² (1 bod charakterizující box cca 10x10 km) a tím nemohou přímo zachytit procesy, které probíhají v menším měřítku než je box. Nepomůže ani interpolace této plošné předpovědi na vyšší rozlišení, často naopak dochází k zvýšení chybovosti. Velkým problémem je proto zachycení počasí v orograficky členitém území, kde je chybovost nejvyšší.



Obr. 12 Předpovědní box (rozlišení předpovědi určuje její spolehlivost)

Úspěšnost předpovědí srážek se hodnotí podle plošnosti výskytu nikoliv podle intenzity či množství. Provedli jsme proto zhodnocení úspěšnosti předpovědí denních úhrnů srážek u globálního modelu ECMFW/IFS (rozlišení 77 km²) a lokálního modelu ALADIN ČHMÚ (rozlišení 1 km²). Zvolili jsme tři modelové boxy 9 x 9 km s větším počtem srážkoměrných měření charakterizující nížinu a dva boxy charakterizující mírně zvlněný terén. Porovnávali jsme úspěšnost předpovědí denních úhrnů srážek ve

vybraných stanicích s jejich měřením v období od dubna do října 2021. Zatímco v nížině byla úspěšnost modelu IFS 58 %, ALADIN měl 63 % úspěšnost. V boxu vrchovina I měl IFS úspěšnost 45 % a ALADIN 58 %, v boxu vrchovina II IFS 36 % a ALADIN 55 %. Potvrdilo se, že globální model není v předpovědích tak úspěšný, jako lokální model v orograficky rozdílném terénu.

Brožková a kol. (2019) prokázali významné zlepšení statistického skóre modelu ALADIN při přechodu na vyšší rozlišení modelu zejména pro přízemní parametry teploty a větru. Zacharov a Řezáčová (2022) porovnávali úspěšnost předpovědí srážek z modelu ALADIN a zjistili vysoké korelace mezi předpovídanými a skutečnými hodnotami. 69,4 % předpovědí zařadilo srážky do stejné kategorie a pouze 4,3 % předpovědí bylo zcela chybných.

Model ČHMÚ Aladin ve vysokém rozlišení

Pvodně ukázaly, že globální modely nejsou schopny dostatečně přesně zachytit srážky.



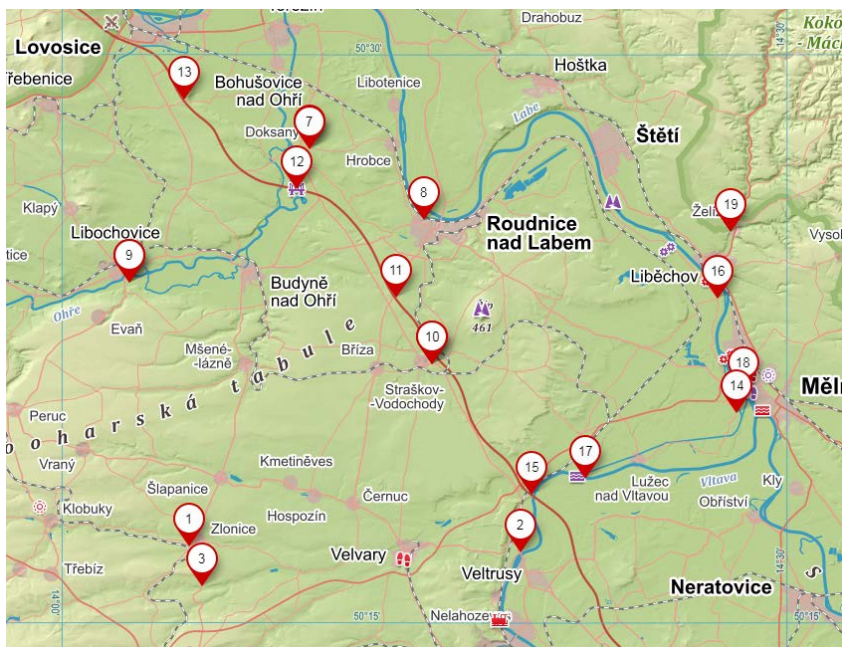
Pořízení superpočítače NEC (2018, 2021) a výpočty ve vysokém rozlišení v ČHMÚ.



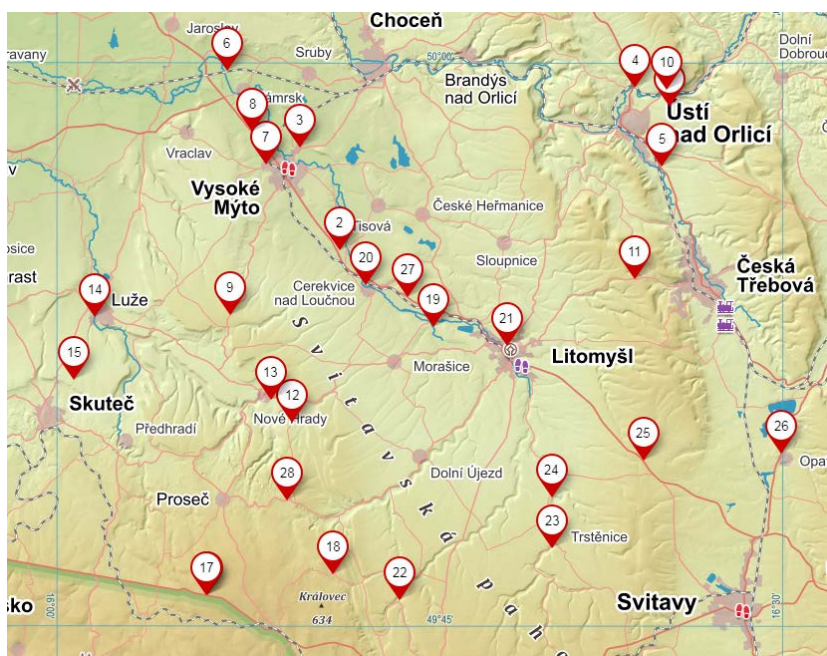
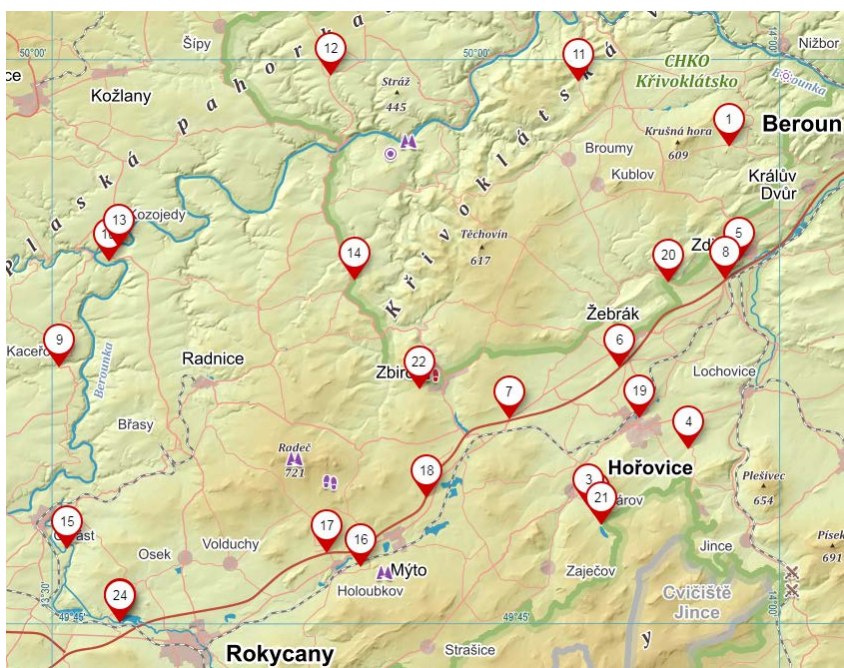
2021 nově výpočty ve vysokém rozlišení (mřížka 1x1 km) – výpočet 5 h



Obr. 13 Model ALADIN – proč byl spuštěn



Obr. 14 Testovací box (9 x 9 km) – nížina, s rozmístěním 19 stanic s měřením srážek



Obr. 14 Testovací box (9 x 9 km) – vrchovina I, s rozmístěním 24 stanic s měřením srážek a vrchovina II s 26 srážkoměrnými stanicemi

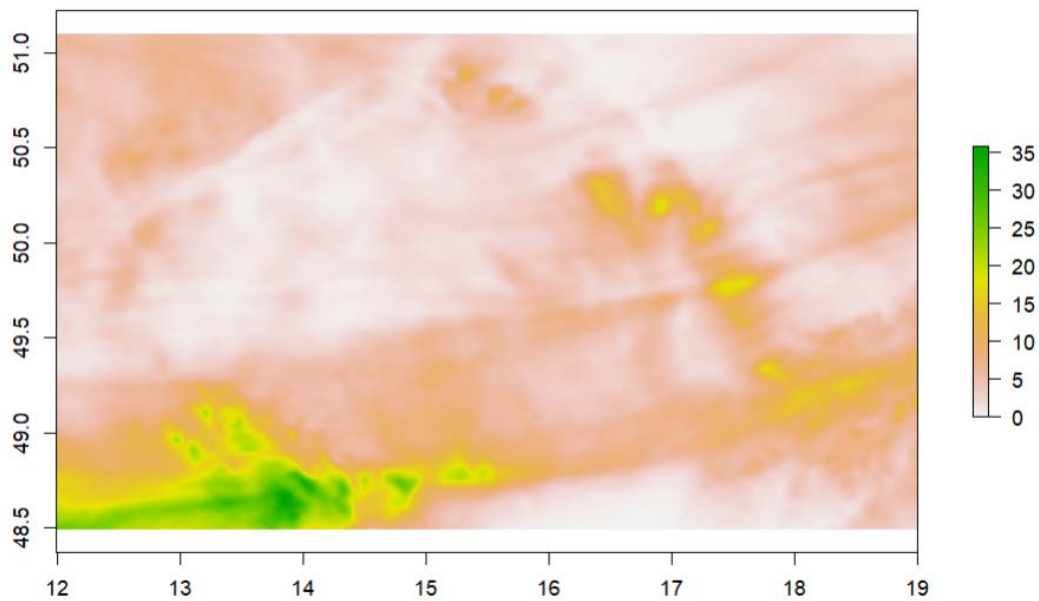
6.4 Zpracování předpovědních dat modelu ALADIN

Původně byl model ALADIN koncipován jako dynamická adaptace výsledků předpovědi globálního modelu ARPEGE na vyšší rozlišení při kterém dochází jednak ke zpřesnění popisu intenzivních atmosférických procesů s velkou prostorovou proměnlivostí, jednak procesů vázaných na detailní popis parametrů zemského povrchu (výška terénu, půdní a vegetační parametry apod.). V posledních letech jsou v modelu rovněž intenzivně vyvíjeny metody zpřesnění počátečních podmínek jak asimilací pozorování (třídimensionální variační asimilace dat), tak sofistikovanou kombinací globální analýzy a simulace mezoměřítkových struktur (metody míchání – blending).

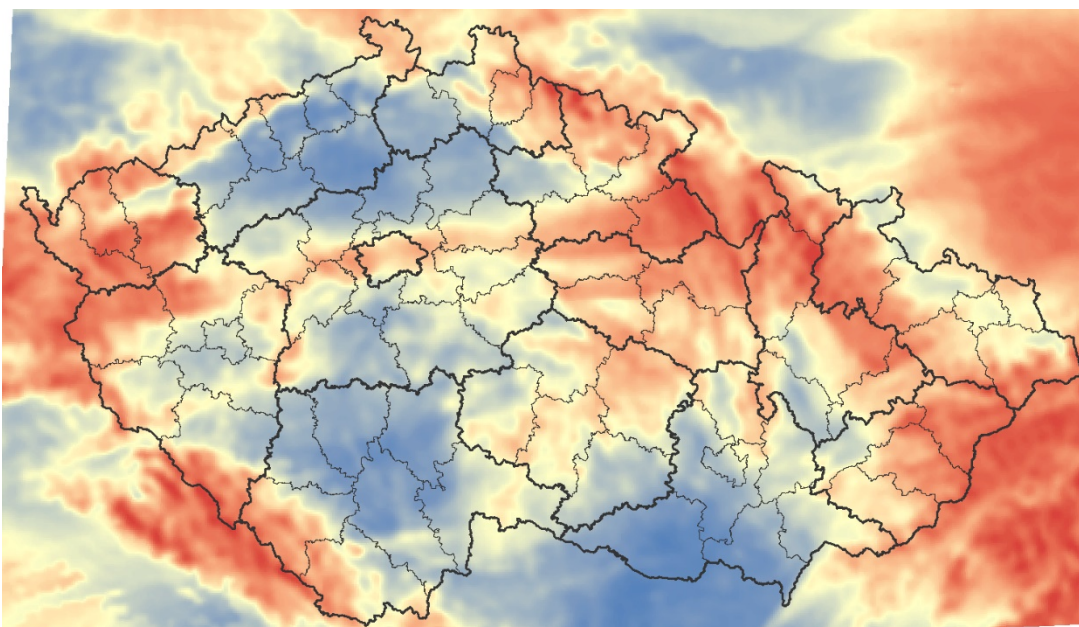
ALADIN je založen na systému základních rovnic řešených spektrální metodou na omezené oblasti semi-implicitním semi-lagrangeovským schématem. Integrační oblast modelu je vytyčena na mapě v konformní projekci, ve vertikále je použit hybridní souřadnicový systém. Procesy, které nejsou popisovány základním dynamickým jádrem modelu, jsou simulovány v soustavě fyzikálních parametrizací. Pro území České republiky lze využít lokální model ALADIN, který je provozován na superpočítači Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) v rozlišení až 1 bod na 1 km².

Pro aplikaci Agropočasí jsou využívány předpovědi denních úhrnů srážek (mm, obr. 16), maximální a minimální teploty vzduchu (°C), relativní vlhkosti vzduchu (%) a rychlosti větru (m/s).

Výstupy modelu ALADIN jsou zpracovány ve formátu GRIB (.grb), což je rastrový soubor s více vrstvami, většinou v časových intervalech po 3 hodinách. Pro jednodušší manipulaci s konkrétní časovou vrstvou je proto nutné převést formát rastru, ideálně na formát TIFF, který je univerzálněji zpracovatelný ve více programech (obr. 17).

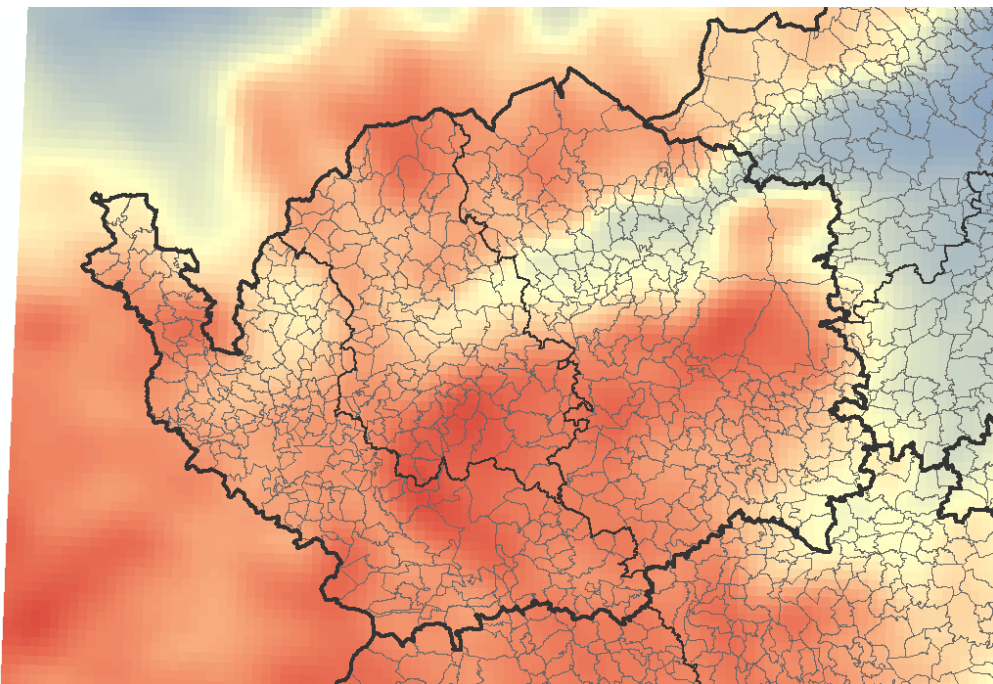


Obr. 16 Vizualizace denního úhrnu srážek – vizualizace výstupu modelu ALADIN v prostředí R



Obr. 17 Výsledná podoba rastru ve formátu TIFF

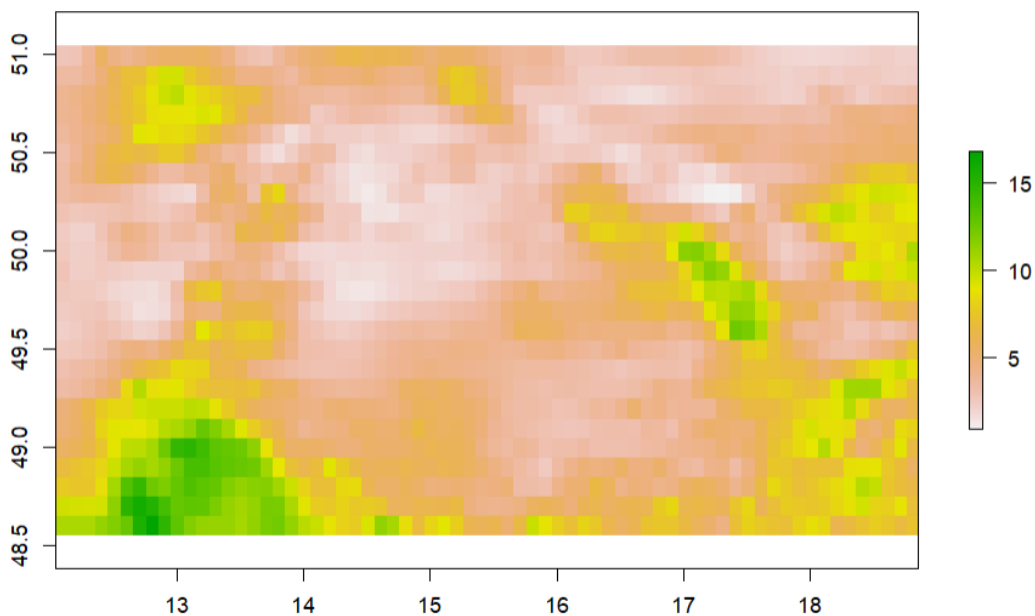
Po změně formátu následuje ještě přiřazení správného souřadnicového systému (WGS84) a projekce (UTM 33N), které využívá webová mapová aplikace, a následná vizuální kontrola s vektorovou vrstvou administrativních jednotek ČR. Poté je rastr odeslán na zdrojový server webu k výpočtu průměrných hodnot za jednotlivá katastrální území (obr. 18).



Obr. 18 Detail předpovědního rastru a vrstvy katastrů před výpočtem průměrů pro katastry

6.5 Zpracování předpovědních dat modelu ECMWF

Jelikož detailní předpověď modelu ALADIN dosahuje jen 3 celé dny dopředu, je pro delší výhled předpokládaných srážek využit model ECMWF s hrubějším rozlišením (0,1 x 0,1°). Tento model je využit pro předpověď srážek ve 4. až 7. dni (obr. 19).



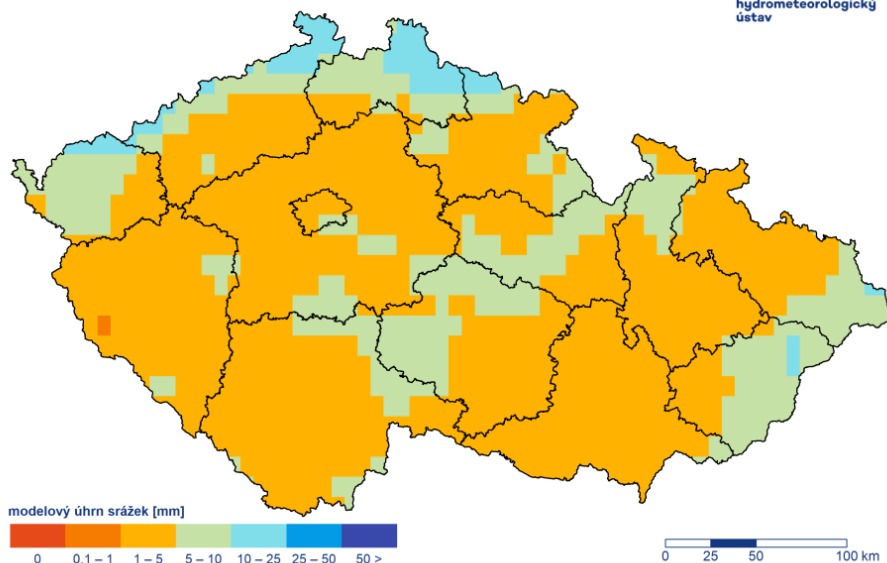
Obr. 19 Vizualizace denního úhrnu srážek – vizualizace výstupu modelu ECMWF v prostředí R

Stejně jako výstupy modelu ALADIN jsou zasílána tato data ve formátu GRIB (.grb), tudíž je potřeba převést formát rastru znovu na formát TIFF. Vzhledem k horšímu rozlišení produktu již nedochází k výpočtu průměrných hodnot za katastr. Odhady srážek se, na rozdíl třeba od teplot, v čase velmi často výrazně mění i v řádech jednotek dnů. Proto je přesný výpočet odhadovaných srážek v daném místě relevantní maximálně dva, spíše jeden den dopředu.

Vzhledem k hrubějšímu rozlišení modelu ECMWF se výhled na 4. až 10. den vydává pouze ve formě statické mapy a hodnoty také nejsou průměrovány pro jednotlivé katastry. Podoba předpovědi srážek je znázorněna na obrázku 20.

25. 02. 2023

Český
hydrometeorologický
ústav



Obr. 20 Vizualizace výhledu srážek pro 4. až 10. den dle výstupu modelu ECMWF

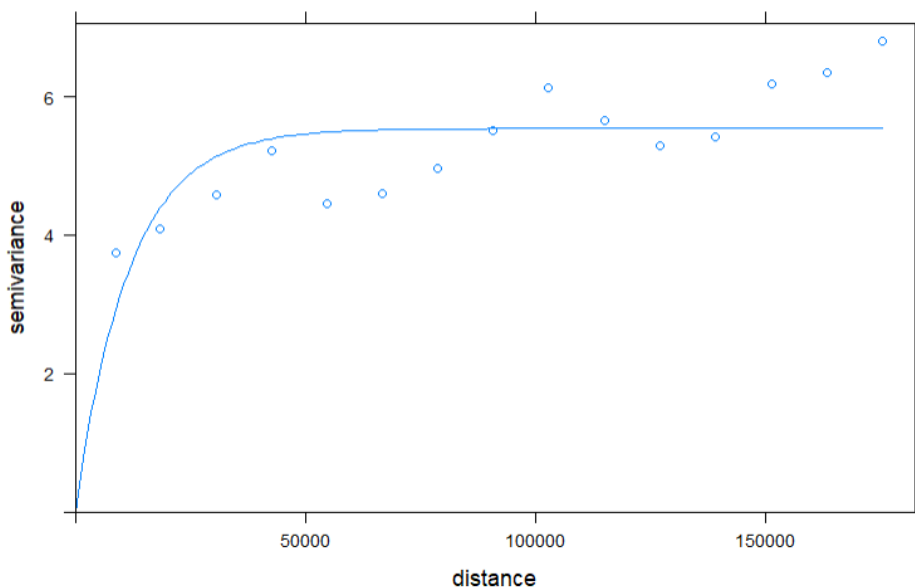
6.6 Interpolace staničních dat z databáze CLIDATA

Kromě předpovědi meteorologických prvků z modelových výstupů je jednou ze stěžejních součástí serveru agropocasi.cz i zobrazování interaktivních grafů popisujících počasí v blízké minulosti. Pro zvolený katastr má tak uživatel podrobnou informaci v denním kroku o tom, jak zde bylo během posledních dní, týdnů a měsíců. Konkrétně se jedná o hodnoty denní teploty vzduchu (minimální, průměrná a maximální), teploty půdy 5 a 10 cm pod povrchem, relativní vlhkosti vzduchu, rychlosti větru, úhrnu srážek a doby trvání slunečního svitu. Tyto prvky jsou měřeny v rámci staniční sítě ČHMÚ, např. informace o srážkách vycházejí z údajů 509 srážkoměrů rozmístěných po území Česka a údaje o teplotách vycházejí z měření 308 stanic.

Tyto ryze bodové informace jsou pak pomocí interpolačních metod převedeny do kontinuální prostorové informace v podobě podrobného rastru o velikosti buňky 500 x 500 metrů. Pro jednotlivé meteorologické prvky se použité interpolační metody liší, jelikož ne u všech parametrů platí stejné fyzikální zákonitosti. Pro interpolaci teplotních charakteristik je využita metoda regresní kriging (RK). Jedná se o prostorovou predikční techniku používanou v aplikované statistice a geostatistice, která kombinuje regresi závislé proměnné na pomocné proměnné

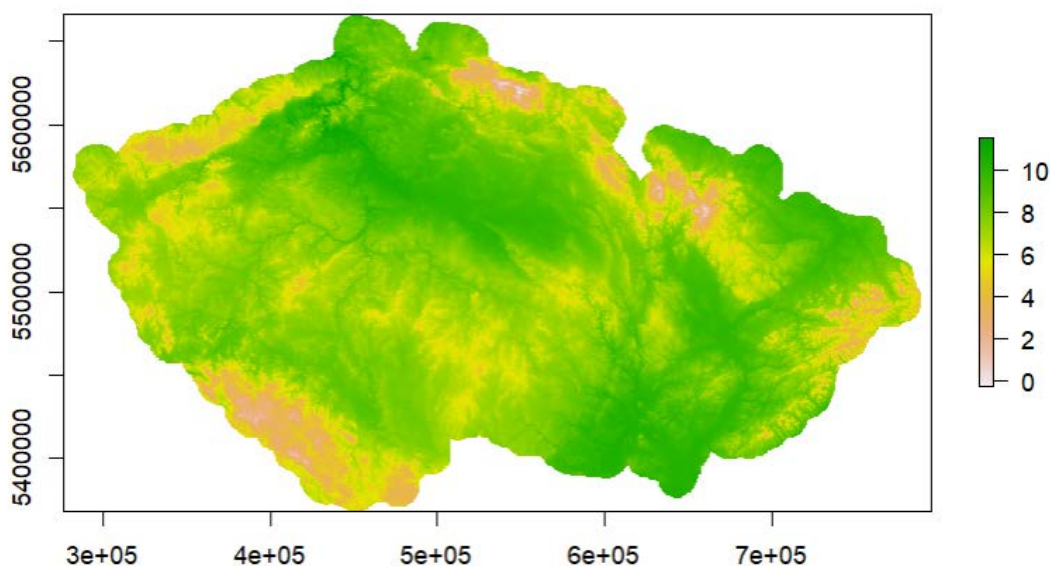
(jako jsou parametry odvozené z digitálního modelu terénu, dálkového průzkumu Země či snímků a tematických map) s interpolací (kriging) regresních reziduí. Tato metoda je matematicky rovnocenná interpolační metodě nazývané univerzální kriging, kde se k řešení krigingových vah používají pomocné prediktory.

Interpolace teplot je tedy počítána na základě vztahu naměřených hodnot na stanicích a nadmořské výšky. Pro každý uzlový bod se na základě 10 nejbližších stanic a jejich vztahu k nadmořské výšce vypočítají pomocí generalizovaného aditivního modelu (GAM) parametry exponenciální rovnice reprezentující dané okolí. Dosazením do rovnice získáme odhad teploty v daném bodě. Schéma vztahu je ještě před interpolací vizualizováno variogramem, který znázorňuje rezidua GAM (obr. 21).



Obr. 21 Variogram generalizovaného aditivního modelu pro interpolaci teplot

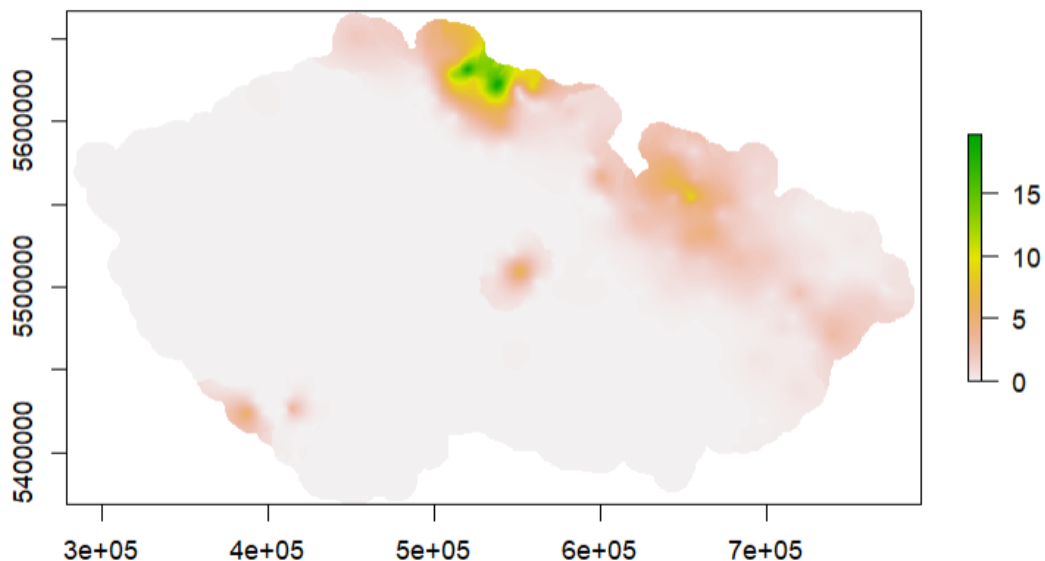
Pro každou stanici se pak vypočte odchylka naměřené a vypočtené hodnoty. Takto vypočtené odchylky se interpolují a výsledný rastr je vypočten jako suma odhadnuté teploty a hodnoty odchylky v daném bodě (obr. 22). Rastr je stejně jako v případě modelových výstupů uložen ve formátu TIFF a odeslán na server k výpočtu průměrných hodnot za katastrální území.



Obr. 22 Výsledný rastr teplot interpolovaných ze staniční sítě ČHMÚ

Interpolace srážkových úhrnů také využívá závislosti na nadmořské výšce. Základem je výpočet lineární regrese na základě 8 okolních stanic z 15 km okolí pro každý uzlový bod interpolované oblasti. Dále je vypočtena odchylka mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou na stanicích. Naměřené hodnoty, hodnoty vypočtené z regresní závislosti včetně parametrů regrese a odchylek mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami jsou interpolovány metodou univerzálního krigingu. Výsledný rastr (obr. 23) je vypočten jako vážený průměr úhrnů naměřených a vypočtených, kde váhou byl koeficient determinace, který vyjadřuje těsnotu vztahu mezi

srážkovými úhrny a nadmořskou výškou. Tím se tento přístup odlišuje od interpolace teplotních charakteristik. Stejný postup je použit u výpočtu rastrů rychlosti větru, slunečního svitu a relativní vlhkosti vzduchu.



Obr. 23 Výsledný rastr denního úhrnu srážek z dat staniční sítě ČHMÚ

7. WEBOVÁ APLIKACE AGROPOČASÍ

Webová aplikace nevyžaduje na straně uživatele instalaci žádných dodatečných programů nebo speciálních nastavení. Ke svému běhu potřebuje pouze běžný webový prohlížeč. Webovou aplikaci je možné provozovat na systémech s prohlížečem Internet

Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari apod. K přístupu lze používat všechna zařízení, která mají internetový prohlížeč – počítač, notebook, telefon nebo tablet. V základním menu lze nalézt požadované informace.

Úvodní stránka aplikace (v rámci webu Agropočasí) je tvořena základními informacemi o aplikaci a odkazy na aktuální videa. Úvodní obrazovka obsahuje základní menu s odkazy na jednotlivé akce. K navigaci mezi jednotlivými částmi aplikace slouží základní menu zobrazené v horní části obrazovky. Na přechodí krok je tedy možné dostat se kliknutím na odkaz v menu.

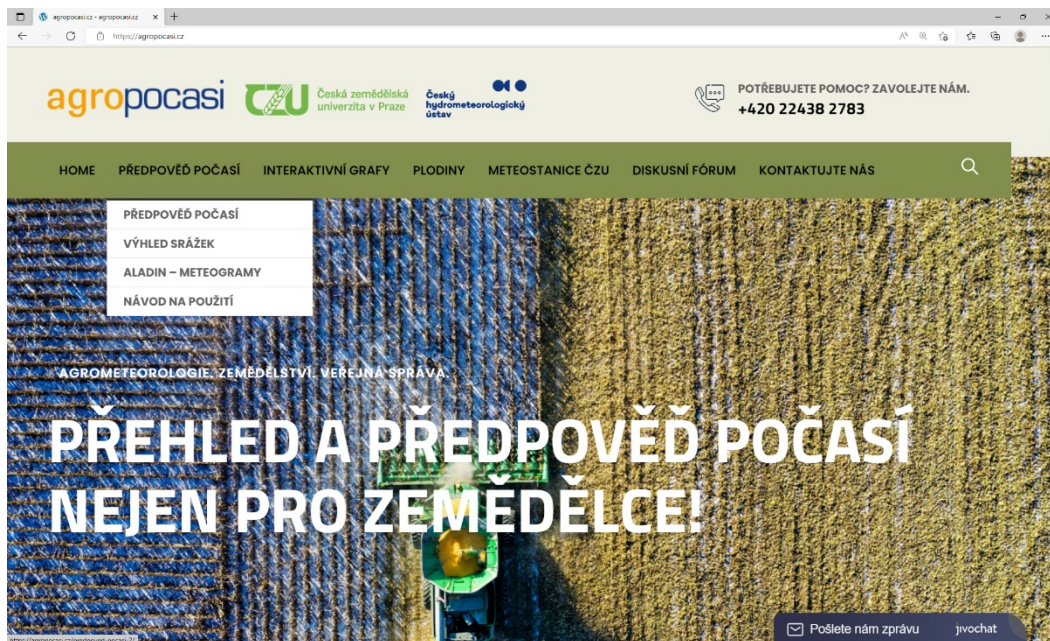
Základní stránkou pro přístup k aplikaci Agropočasí je adresa:
<http://agropocasi.cz>.



Obr. 24 Úvodní obrazovka webové aplikace Agropočasí

7.1 Předpověď počasí

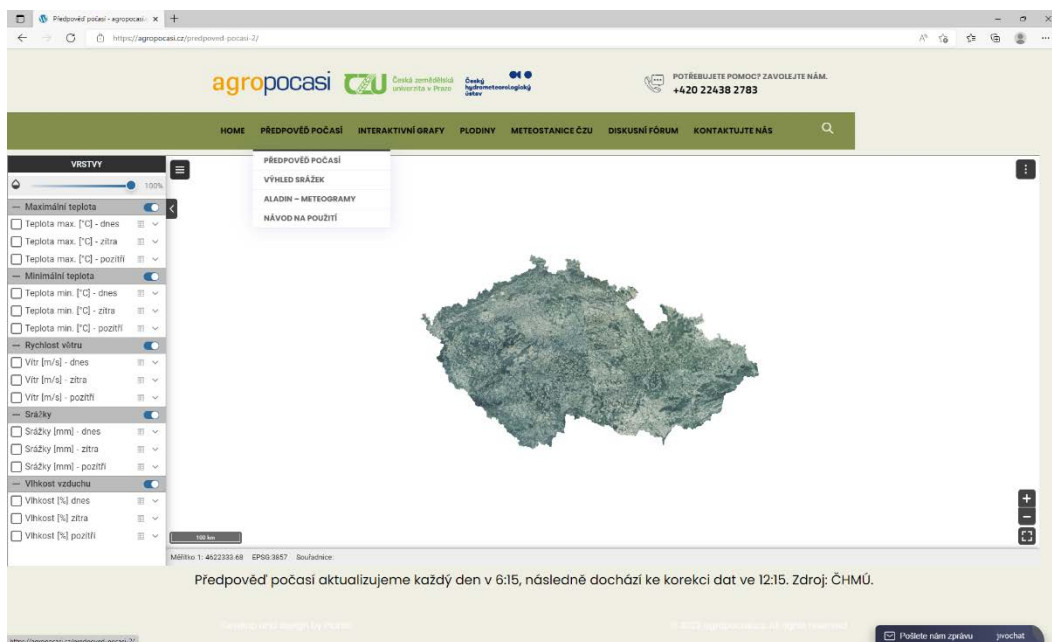
Po kliknutí myší na položku Předpověď počasí se zobrazí položky: předpověď počasí, výhled srážek, ALADIN – meteogramy a nápověda.



Obr. 25 Záložka předpověď počasí – předpověď počasí, výhled srážek, ALADIN – meteogramy a nápověda.

7.1.1 Předpověď počasí – mapová aplikace

Zvolíme první položku – předpověď počasí. Vlevo se objeví tabulka s jednotlivými charakteristikami, jakými jsou maximální a minimální teplota, rychlost větru, množství srážek a vlhkost vzduchu. Vpravo vidíme základní podkladovou mapu.



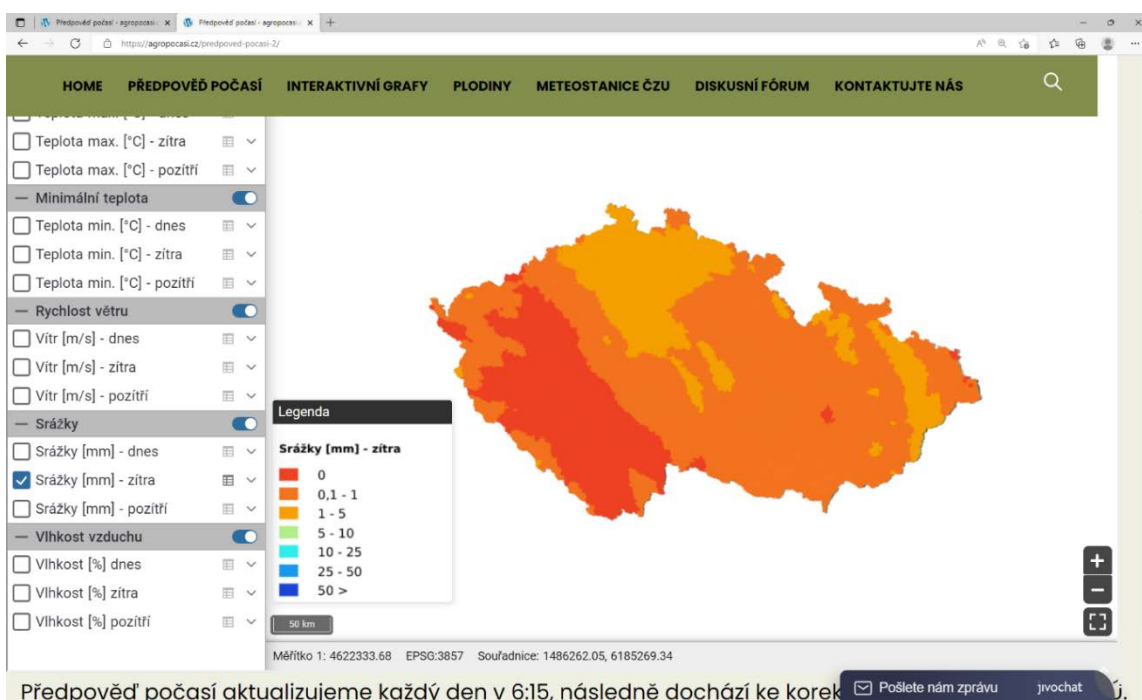
Obr. 26 Základní podkladová mapa s tabulkou

U map lze zvolit průhlednost jednotlivých vrstev pomocí jednoduchého posuvníku v tabulce (0–100 %). Pomocí tlačítka (tři čárky) u tabulky lze zobrazit nabídku měření (umístění, vzdálenost a plocha).

Základní pohledová mapa je provozována v prostředí QGIS, jedná se o open source geografický informační systém (GIS) publikovaný pod všeobecnou licencí GNU GPL. Projekt QGIS vznikl v roce 2002, verze s označením 1.0 vyšla později v roce 2009. Mezi hlavní výhody patří zejména rychlost vývoje a rozšiřování jeho funkcionality. Licence GNU GPL umožňuje používání software i pro komerční účely. Podstatné je, že umožňuje i modifikaci zdrojového kódu a jeho následné šíření.

Vyhledání katastru v mapě

1. Začneme tím, že si vybereme prvek, který nás zajímá (zobrazit můžeme vždy pouze jeden). Je možné si vybrat, zda zvolíme předpověď na dnešek, zítřek nebo na pozítří. Vybereme si např. předpověď množství srážek na zítřek.
2. Po zaškrtnutí vybraného prvku se zobrazí legenda pro danou vrstvu (mezi vrstvami můžeme libovolně přepínat).

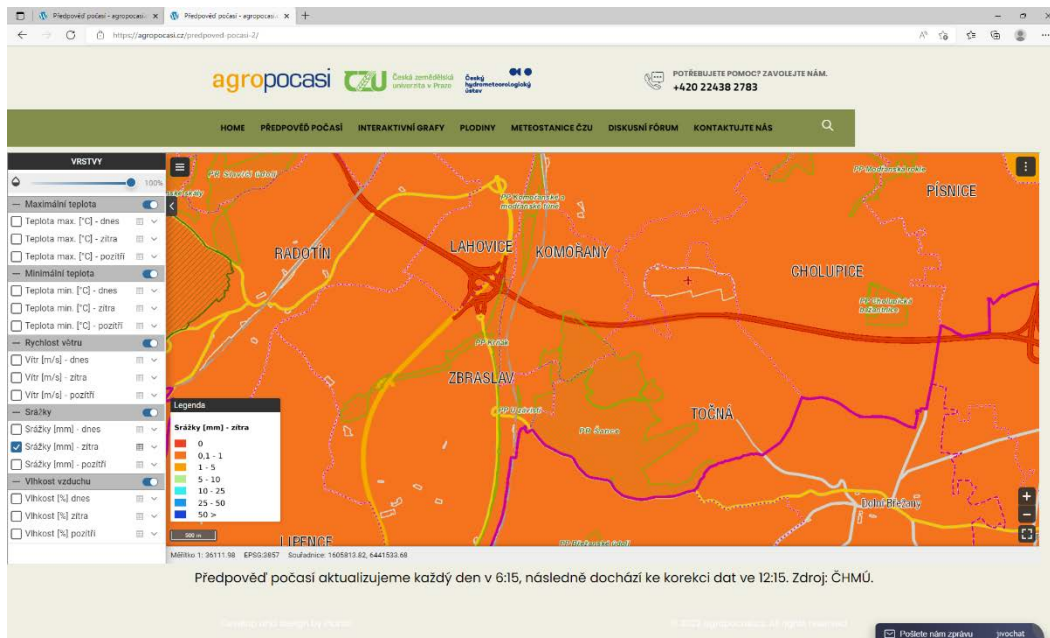


Obr. 27 Mapa s předpovědí počasí pro zvolený prvek – denní úhrn srážek pro zítřejší den s legendou

Pokud použijeme zařízení s menší obrazovkou (např. mobilní telefon), zobrazí se tabulka, kde lze zvolit zobrazovaný prvek (lze zvolit vždy pouze jeden prvek k zobrazení). Poté lze schovat tabulku pomocí vpravo umístěné šipky u tabulky.



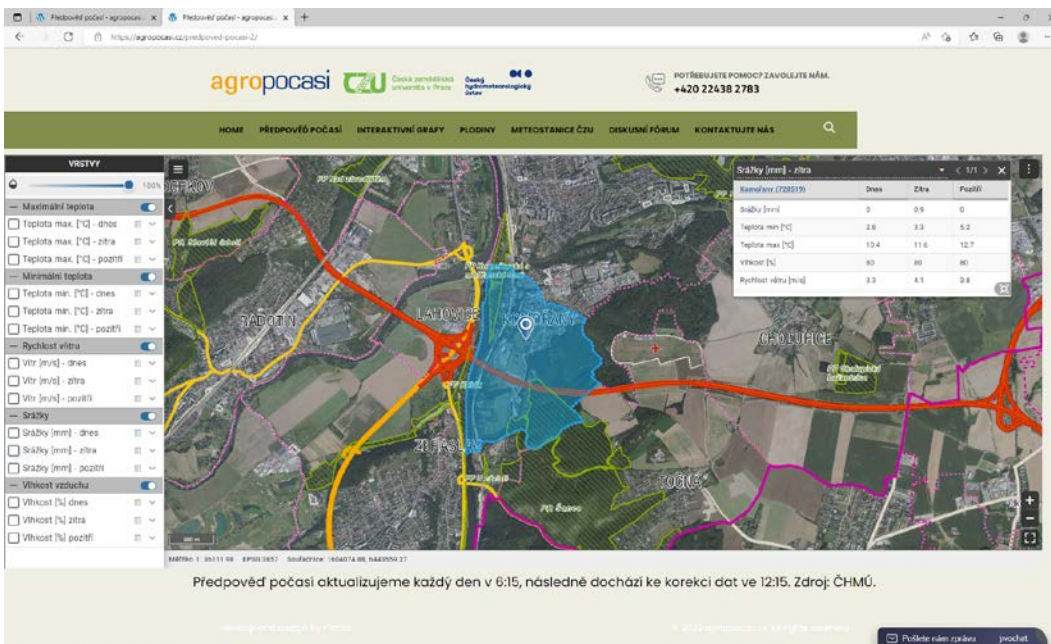
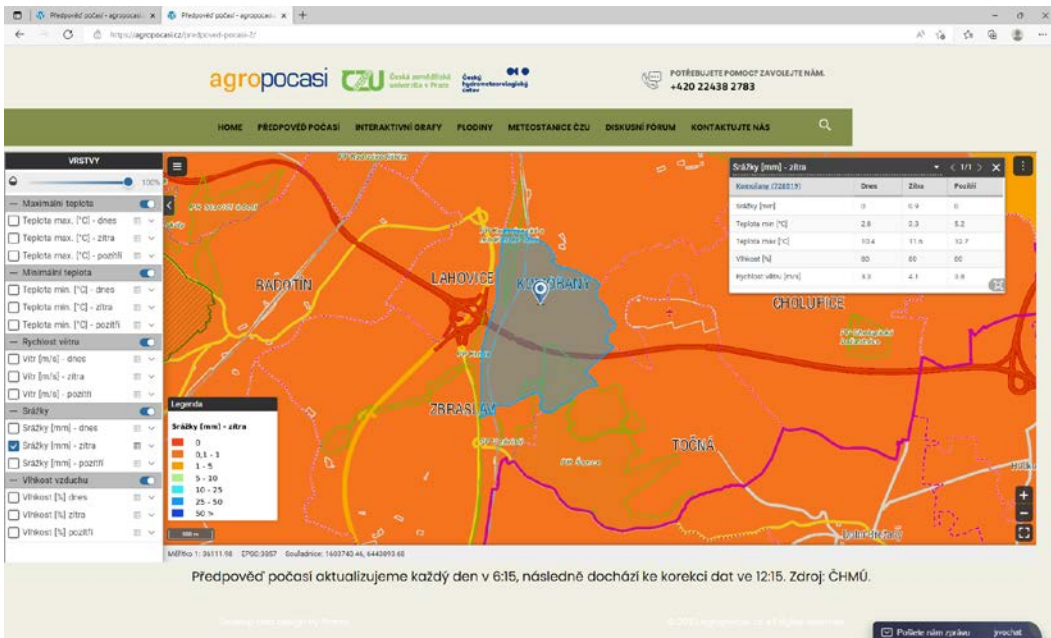
Kolečkem myši nebo pomocí tlačítek **+/-** v dolním pravém rohu si můžeme mapu přiblížit na libovolnou úroveň (je nutno vyčkat na načtení pomocné vrstvy mapy).



Obr. 28 Zvětšená mapa s předpovědí počasí pro zvolený prvek – denní úhrn srážek pro zítřejší den s legendou

Po kliknutí levým tlačítkem myši do vybraného katastru (v našem případě volba padla na Komořany, hlavní sídlo ČHMÚ v Praze) se zobrazí souhrnná tabulka předpovídaných prvků pro daný katastr. Rozkliknutím podtrženého názvu katastru se lze dostat do složky interaktivní grafy.

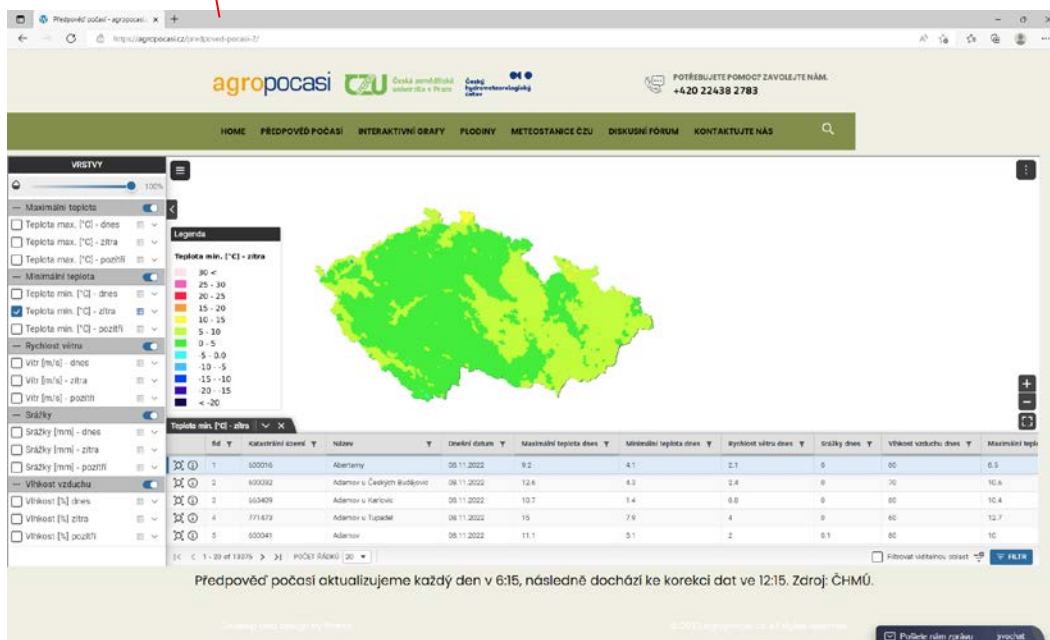
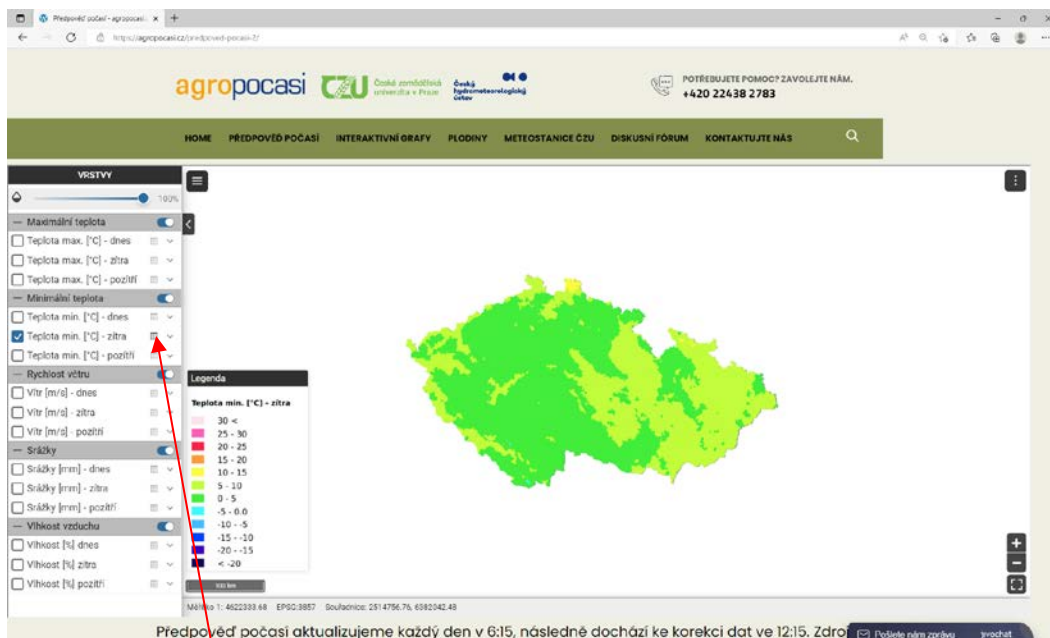
Opětovným kliknutím na charakteristiku (není v danou chvíli vybrána žádná charakteristika) se zobrazí základní podkladová mapa. Ta nám může při hledání katastru usnadnit orientaci.



Obr. 29 Mapa s podrobným podkladem s předpovědí počasí pro zvolený prvek – denní úhrn srážek pro zítřejší den s legendou a tabulka s předpovědí pro další prvky











Vyhledání katastru podle názvu nebo čísla

Jako v předchozím případě si vybereme charakteristiku, která nás zajímá (pro tentokrát vybereme minimální teplotu pro zítřek). Klikneme na ikonu tabulky u zvolené charakteristiky. Otevře se nám tabulka s možností filtrování dat.



Obr. 30 Mapa s předpovědí počasí – ikona tabulky pro výběr katastru

Klikneme na ikonu „filtru“ v poli „Název“ a do kolonky pro *text* vyplníme požadovanou lokalitu. Pro zvětšení opakovaně klikneme na lupu. Na mapě se nám zobrazí hledaný katastr. V našem případě jsme opět zvolili Komořany.

	fid ▼	Katastrální území ▼	Název ~ ▼	Text
 	1	600016	Abertamy	
 	2	600032	Adamov u Českých Budějovic	
 	3	663409	Adamov u Karlovic	
 	4	771473	Adamov u Tupadel	
 	5	600041	Adamov	

POČET ŘÁDKŮ 20 ▼

Obr. 31 Detail tabulky pro výběr katastru

V případě, že zvolíme vyhledávání podle čísla katastru, klikneme na ikonu „filtru“ v poli „katastrální území“ a zadáme námi požadované číslo. V našem případě jsme zadali číslo katastrálního území pro Komořany – 728519. Jinak je postup totožný s vyhledáváním podle „Názvu“, viz výše.

Poté klikneme na ikonku ⓘ (vedle lupy) a zobrazí se nám tabulka s příslušnými daty.

POTŘEBUJETE POMOČ? ZAVOLEJTE NÁM.
+420 22438 2783

HOME PŘEDPOVĚď POČASÍ INTERAKTIVNÍ GRAFY FLODINY METEOSTANICE ČZU DISKUSNÍ FÓRUM KONTAKTUJTE NÁS

VRSTVY

- Maximální teplota
 - Teplota max. [°C] - dnes
 - Teplota max. [°C] - zítra
 - Teplota max. [°C] - pozítří
- Minimální teplota
 - Teplota min. [°C] - dnes
 - Teplota min. [°C] - zítra
 - Teplota min. [°C] - pozítří
- Rychlost větru
 - Větr [m/s] - dnes
 - Větr [m/s] - zítra
 - Větr [m/s] - pozítří
- Srážky
 - Srážky [mm] - dnes
 - Srážky [mm] - zítra
 - Srážky [mm] - pozítří
- Vlhkost vzduchu
 - Vlhkost [%] dnes
 - Vlhkost [%] zítra
 - Vlhkost [%] pozítří

Legenda

Teplota min. [°C] - zítra

Teplota min. [°C] - zítra	Dnes	Zítra	Pozití
Srážky [mm]	0	1.3	0.5
Teplota min [°C]	7.1	4.7	7.8
Teplota max [°C]	13.5	10.7	12.3
Vlhkost [%]	70	80	80
Rychlost větru [m/s]	4.2	4.3	4

Id	Katastrální území	Název	komořany	Dnešní datum	Maximální teplota dnes	Minimální teplota dnes	Rychlost větru dnes	Srážky dnes	Vlhkost vzduchu dnes	Maxim
4545	668907	Komořany na Moravě		08.11.2022	11.8	4.9	1.6	0.1	70	11.3
4546	668893	Komořany u Mostu		08.11.2022	11.6	3.5	0.5	0	90	8.2
4547	728519	Komořany		08.11.2022	13.5	7.1	4.2	0	70	10.7

Předpověď počasí aktualizujeme každý den v 6:15, následně dochází ke korekci dat ve 12:15. Zdroj: ČHMÚ.

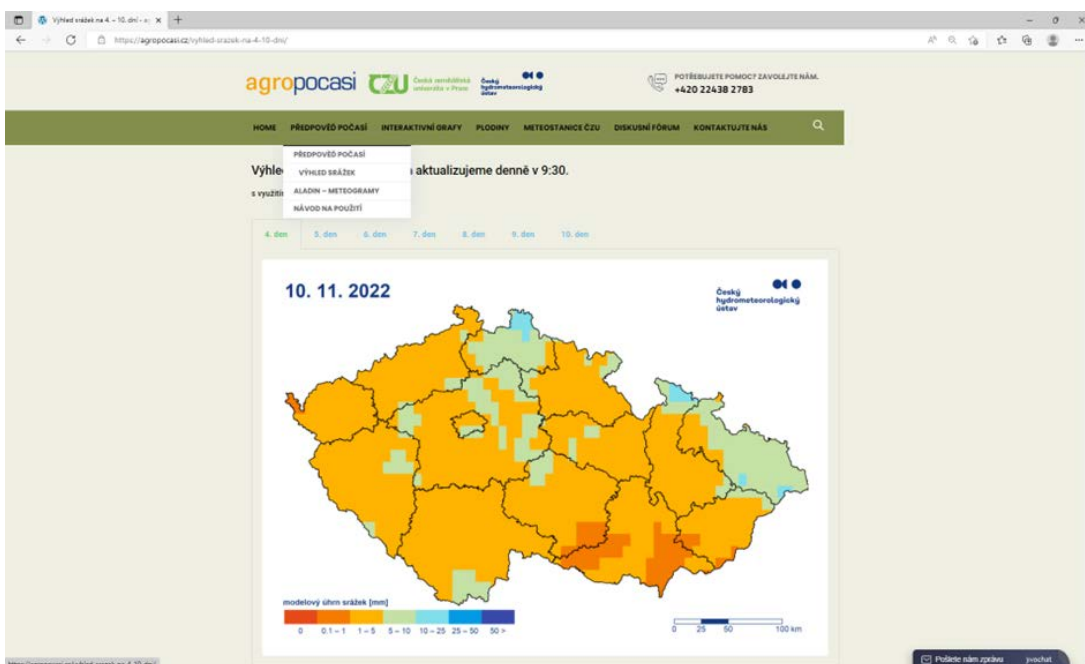
Teplota min. [°C] - zítra			
<u>Komořany (728519)</u>	Dnes	Zítra	Pozití
Srážky [mm]	0	1.3	0.5
Teplota min [°C]	7.1	4.7	7.8
Teplota max [°C]	13.5	10.7	12.3
Vlhkost [%]	70	80	80
Rychlost větru [m/s]	4.2	4.3	4

Obr. 32 Detail tabulky pro zvolený katastr

7.1.2 Výhled počasí

V další položce nabídky předpovědi počasí najdeme výhled srážek. Jedná se o sérii sedmi map, pro jejichž tvorbu je využíván model ECMWF. Jednotlivé mapy zobrazují výhled pravděpodobného množství srážek na 4. až 10. den. Při výběru konkrétního dne se nám zobrazí vždy jedna mapa. Vzhledem k nízkému rozlišení předpovědí z ECMWF/IFS je zobrazována předpověď jako plošná informace. Pro 1. až 3. den je určená předpověď z modelu ALADIN.

Aktualizace výhledu srážek probíhá denně v 9:30.

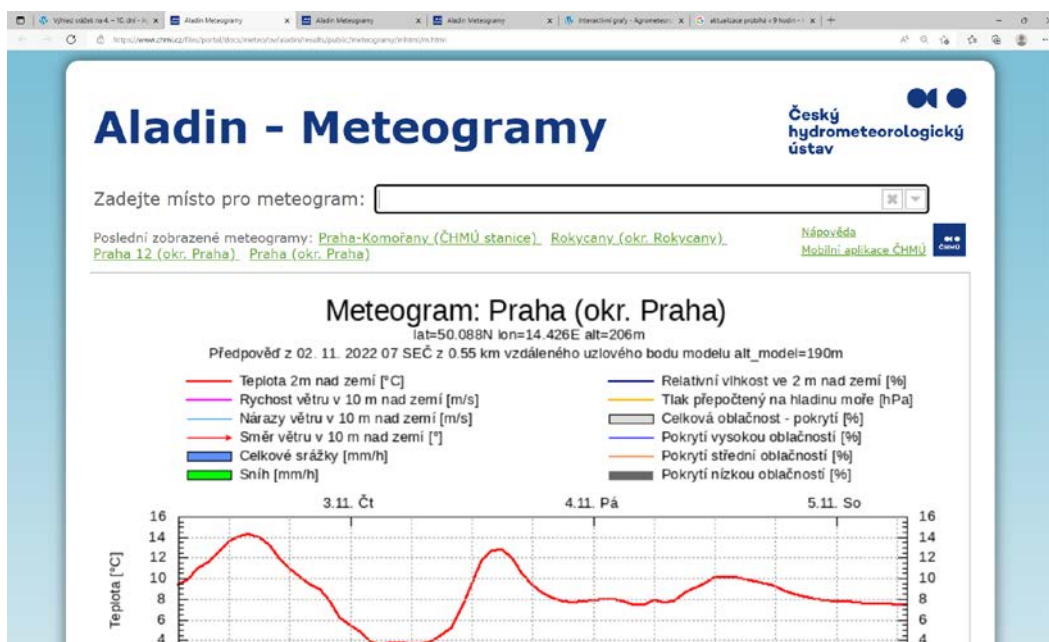


Obr. 33 Ukázka mapy s výhledem srážek

7.1.3 ALADIN – meteogramy

V další položce nabídky předpovědi počasí najdeme meteogramy vycházející z numerického modelu ALADIN – při kliknutí na položku dojde k přesměrování na stránky ČHMÚ. Tato položka slouží k zobrazení meteorologických prvků (typu srážek, teploty apod.) během dne.

Do výběrového pole zadáme místo, které nás zajímá. Poté se nám zobrazí meteogramy pro jednotlivé charakteristiky, jako je teplota, směr, rychlost a nárazy větru, celkové srážky a relativní vlhkost, tlak a celková oblačnost. Legenda nás jednoduše provede jednotlivými charakteristikami.



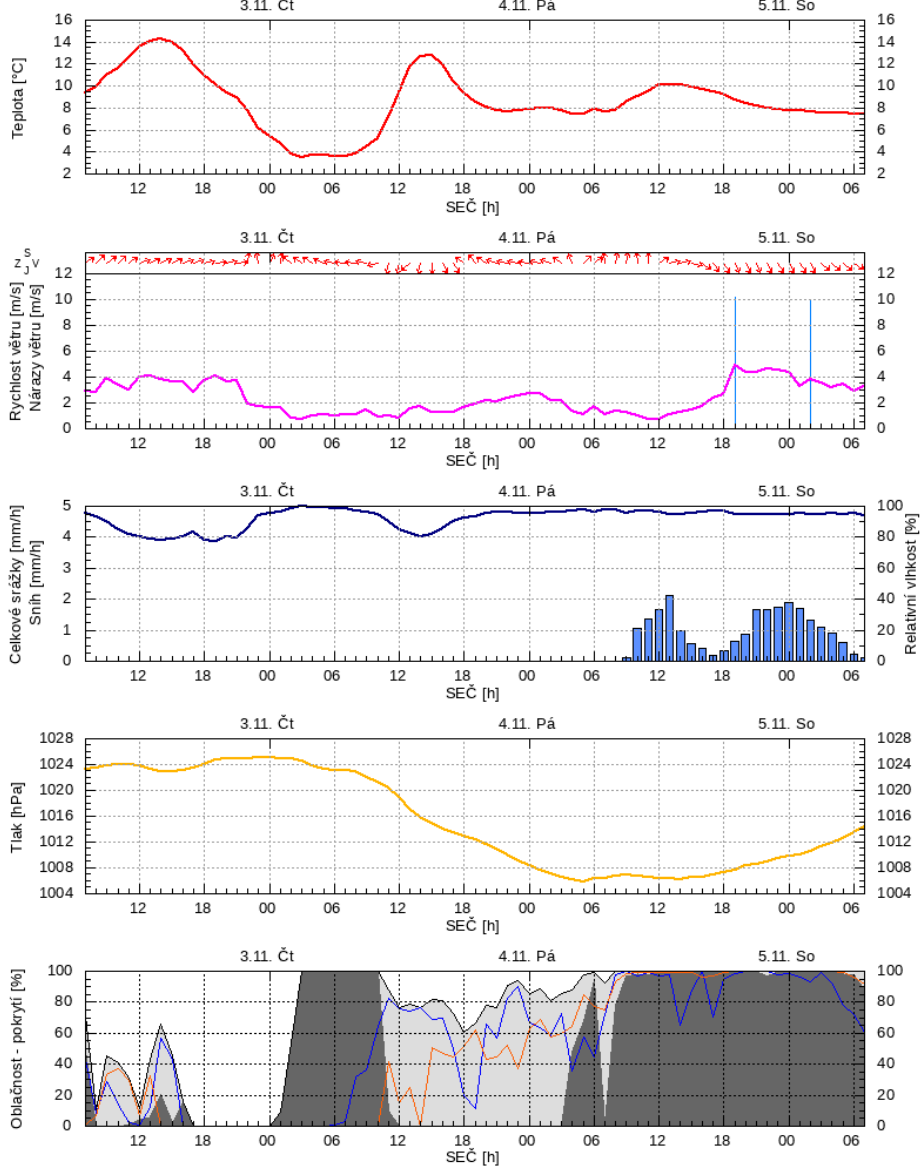
Obr. 34 Základní obrazovka ALADIN – meteogramy

Meteogram: Praha (okr. Praha)

lat=50.088N lon=14.426E alt=206m

Předpověď z 02. 11. 2022 07 SEČ z 0.55 km vzdáleného uzlového bodu modelu alt_model=190m

- Teplota 2m nad zemí [°C]
- Rychlost větru v 10 m nad zemí [m/s]
- Nárazy větru v 10 m nad zemí [m/s]
- Směr větru v 10 m nad zemí [°]
- Celkové srážky [mm/h]
- Sníh [mm/h]
- Relativní vlhkost ve 2 m nad zemí [%]
- Tlak přepočtený na hladinu moře [hPa]
- Celková oblačnost - pokrytí [%]
- Pokrytí vysokou oblačností [%]
- Pokrytí střední oblačností [%]
- Pokrytí nízkou oblačností [%]

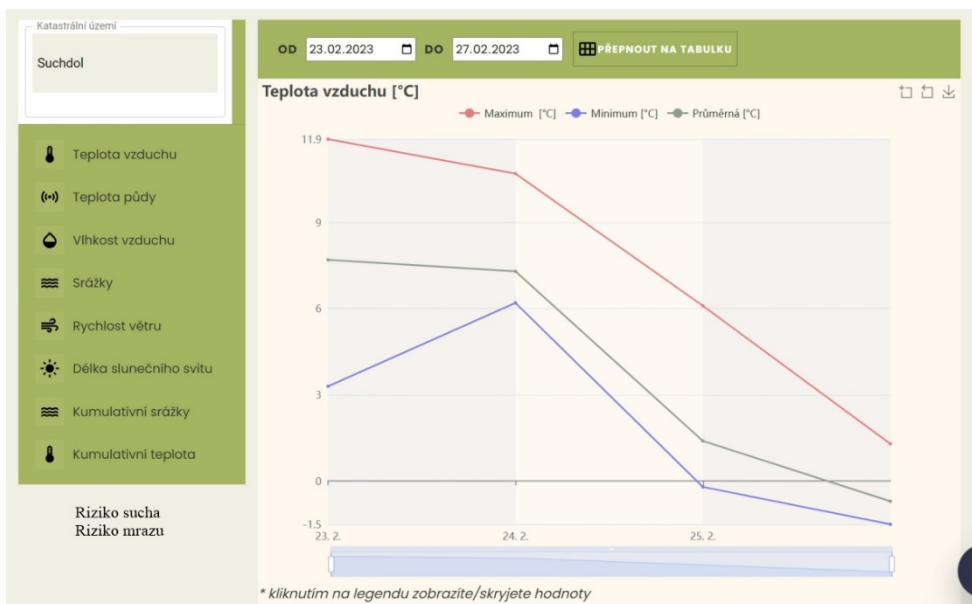


Obr. 35 Ukázka grafů s denním průběhem prvků pro lokalitu Praha z modelu ALADIN – meteogramy

7.2 Interaktivní grafy

7.2.1 Meteorologické prvky

V další záložce horní lišty najdeme sekci interaktivní grafy. Zde najdeme údaje o denních změřených hodnotách vybraných meteorologických prvků v předešlých dnech pro vybraný katastr. Můžeme zde mj. najít teplotu vzduchu, teplotu půdy, vlhkost vzduchu, úhrny srážek, rychlost větru, délku slunečního svitu, riziko mrazu a riziko sucha. Dále zde máme k dispozici kumulativní grafy srážek a teplot vzduchu. Můžeme si zobrazit data pro jednotlivé katastry od 1. 4. 2022 po současnost. U každého grafu jsou vpravo nahoře tři ikonky umožňující uložení obrázku, či jeho zmenšení či zvětšení. Pod každým grafem je umístěna mapová aplikace s předpovědí počasí – stačí jen sjet posuvníkem dolů.

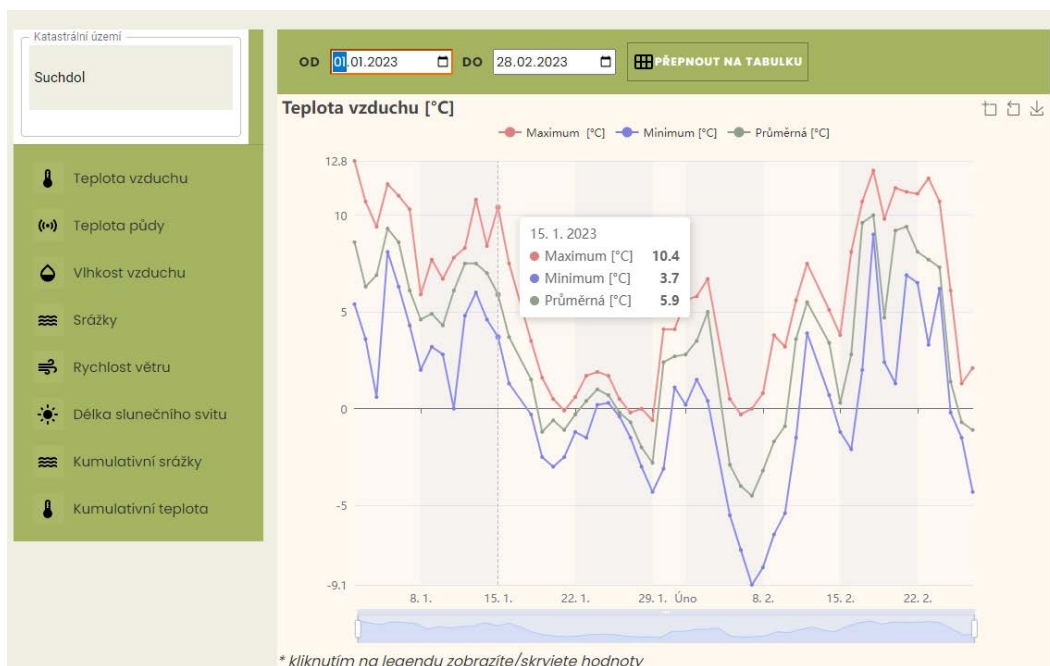


Obr. 36 Základní obrazovka položky Interaktivní grafy

Začneme tím, že do výběrového pole zadáme katastrální území, které nás zajímá. V našem případě zadáme např. Komořany a klikneme na vybranou položku z rolovacího seznamu.

Dále si vybereme prvek, který nás zajímá. Zvolíme např. „teplota vzduchu“ a nahoře v kalendáři si vybereme období (např. 01.01.2023–27.2.2023). Přetažením modrého sloupce pod grafem lze zkrátit zvolené období. Pokud chceme na grafu zobrazit konkrétní hodnoty, stačí na graf najet myší. Kliknutím myší na konkrétní legendu, lze z grafu odstranit konkrétní prvek (např. místo tří teplot zobrazit jen dvě).

Prvek teplota vzduchu obsahuje tři prvky – maximální, minimální a průměrnou denní teplotu vzduchu.



Obr. 37 Základní obrazovka položky Interaktivní grafy – prvek teplota vzduchu

Kliknutím na přepnout na tabulku se zobrazí data v tabulce, jejich označením a zkopírováním lze data snadno přenést do další aplikace k analýze (např. Excel).

Teplota vzduchu [°C]

Datum a čas	Maximum [°C]	Minimum [°C]	Průměrná [°C]
2. 1. 2023	12.8	5.4	8.6
3. 1. 2023	10.7	3.6	6.3
4. 1. 2023	9.4	0.6	6.9

Obr. 38 Tabulkové zobrazení dat

Prvek teplota půdy obsahuje dva prvky – průměrnou denní teplotu půdy v hloubce 5 a 10 cm pod standardním povrchem (krátce střížený travní porost).



Obr. 39 Grafické zobrazení teploty půdy za zvolené období



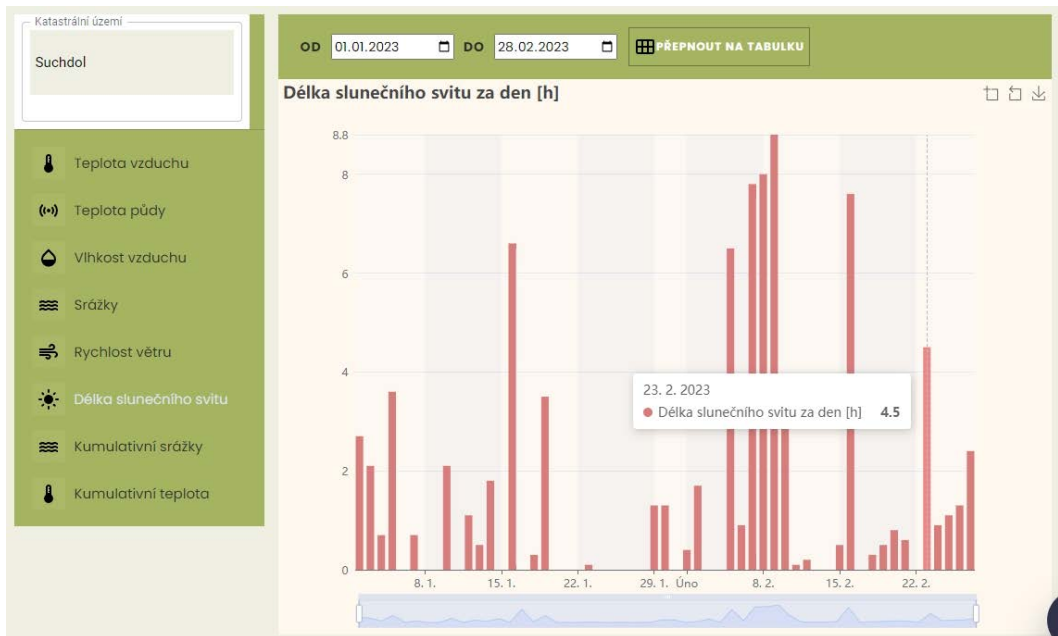
Obr. 40 Ukázka grafu s prvkem – průměrná denní vlhkost vzduchu



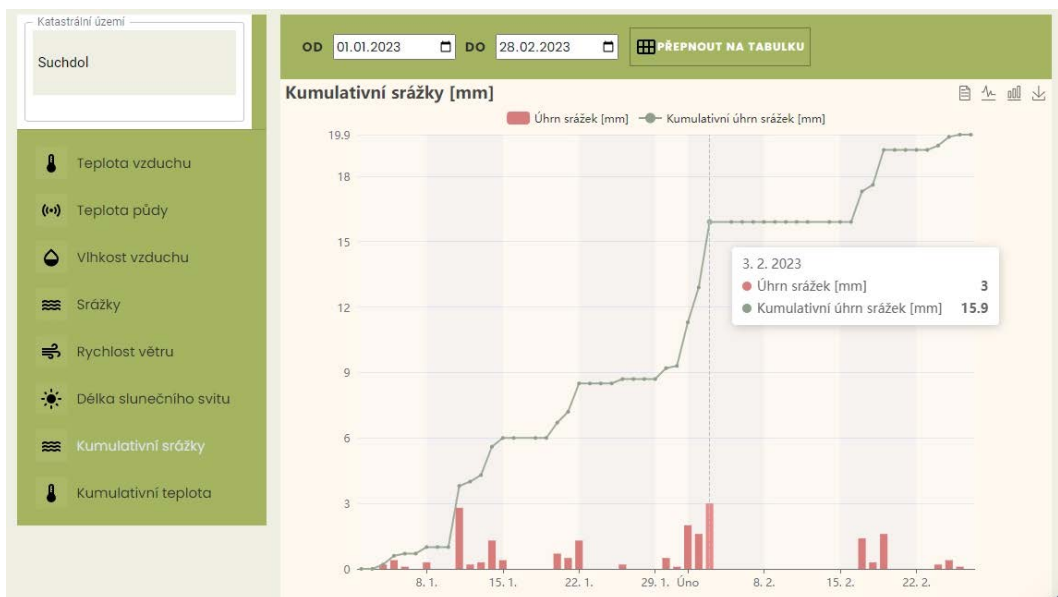
Obr. 41 Ukázka grafu s prvkem – denní úhrny srážek



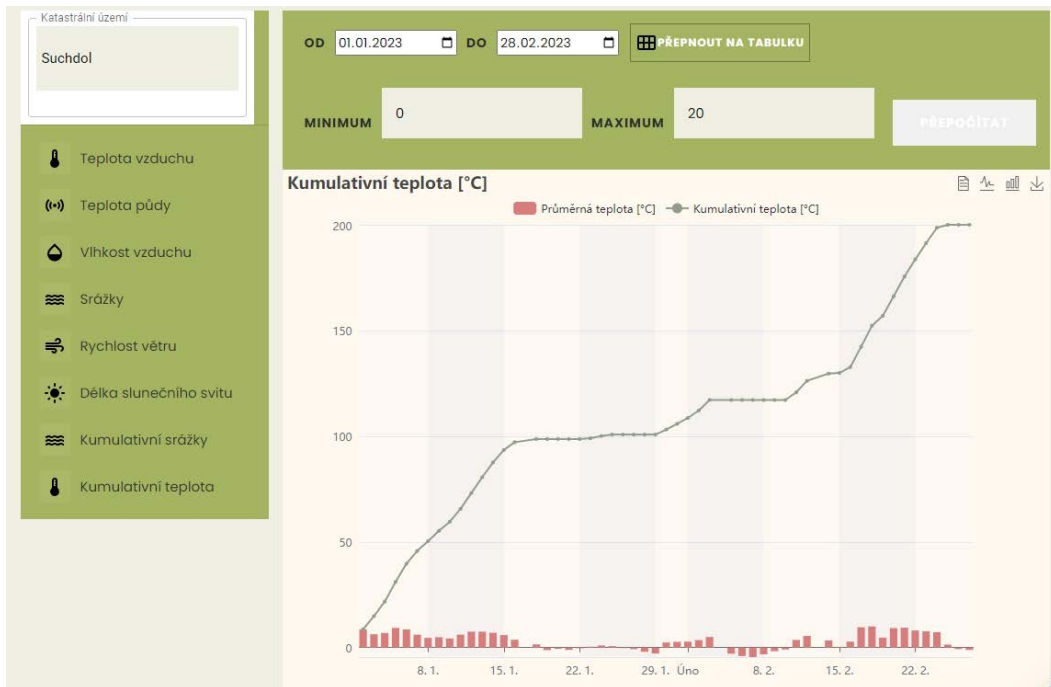
Obr. 42 Ukázka grafu s prvkem – průměrná denní rychlost větru



Obr. 43 Ukázka grafu s prvkem – denní suma slunečního svitu



Obr. 44 Ukázka grafu s prvkem – kumulativní srážky.



Obr. 45 Ukázka grafu s prvkem – kumulativní teploty

7.3 Plodiny

Je zde uveden seznam plodin – chmel otáčivý, réva vinná, pšenice ozimá, ovocné dřeviny, brambor hlíznatý, řepa obecná cukrovka, brukev řepka olejka, kukuřice setá, rajče jedlé, paprika setá, okurka setá, lilek vejčoplodý, mrkev obecná, celer bulvový, ředkev setá letní, cibule kuchyňská, hlávkové zelí. Pro plodiny jsou uvedeny jejich teplotní a vláhové požadavky a seznam chorob a škůdců. Např.

Pšenice ozimá

Teplotní požadavky:

může klíčit při teplotě 3–4 °C

setí při teplotách kolem 15 °C (14–18 °C optimum pro klíčení)

zastavení růstu při teplotě 4–5 °C

mrazuvzdornost do –18 až –25 °C

aplikace růstových regulátorů při teplotách alespoň 10 °C

suma teplot za vegetační sezónu 2500–2600 °C

suma vegetačních teplot 1960–2534 °C

Vláhové požadavky:

srážky do 600 mm

Choroby a škůdci:

mazlavá snětivost pšenice

prašná snětivost pšenice

žlutá rzivost obilnin

hnědá rzivost pšenice

černá rzivost lipnicovitých trav

padlí travní

braničnatka pšeničná

helmintosporiová skvrnitost

lemovaná stébelná skvrnitost obilnin

Probíhající změna klimatu způsobuje častější výskyt teplejších zim s pouze krátkým výskytem sněhové pokrývky. Například ozimy díky tomu přezimují bez většího poškození mrazem. Ozimy ale urychlují růst, k přechodu z vegetativní do reprodukční fáze u nich nastává již ke konci zimy a na počátku jarního období.

Vzhledem k tomu, že aplikace Agropočasí nedisponuje informací (například co se na kterém katastru pěstuje, kdy nastal výsev ozimů, jaký sortiment ozimů byl použit atd.), nelze operativně počítat ad hoc jejich konkrétní mrazuvzdornost. Byla proto zvolena metoda stanovení rizika na základě hodnocení intenzity mrazů získaná z předpovědi a interaktivních grafů. Uživatel aplikace získává informaci o konkrétním riziku mrazů, ale výsledek musí sám interpretovat s ohledem na konkrétní typ, sortiment a fenologický vývoj plodiny.

Tabulka 1. Růstové fáze pšenice, jejich citlivost na mrazy a projevy poškození mrazem u pšenice (Prášil a kol., 2022).

Růstová fáze BBCH	Odnožování - jaro	Sloupkování	Naduřování listové pochvy
Přibližná teplota	-11 °C	-4 °C	-2 °C
Projevy poškození	Žloutnutí listů, spálené špičky listů	Vymrznutí vrcholů, žloutnutí až hnědnutí listů, ohnutí stonku	Sterilita kvítků, zkroucení klasů v listové pochvě, poškození stonku, změna barvy listů
Dopad na výnos	nizký až střední	střední až vysoký	střední až vysoký

Metání	Kvetení	Po odkvětu
-1 °C	0 °C	-2 °C
Sterilita kvítků, zbělení klásků a osin, poškození dolní části stébla, změna barvy listů	Sterilita kvítků, zbělení klásků a osin, poškození dolní části stébla, změna barvy listů	Zmenšení, scvrknutí a odbarvení zrn, snížení klíčivosti
vysoký	vysoký	nizký až střední

7.4 Meteostanice ČZU

Stanice je umístěna v hlavním městě České republiky – Praze, v městské části Suchbátka v areálu kampusu České zemědělské univerzity. Nadmožská výška stanice je 284 m n. m., zeměpisné souřadnice stanice jsou 50°07'40'' N, 14°22'20'' E.

Od roku 2004 probíhá měření meteorologických prvků nad standardním povrchem (travní porost, popř. sněhová pokrývka) a od roku 2022 byla stanice rozšířena o druhý aktivní povrch, kterým je černý úhor (půda bez porostu). Měřicí systém poskytuje data každých 15 (10) minut. Použitý čas je SEČ (GMT +1h). Denní charakteristiky jsou počítány za 24 hodin v intervalu 7:00 – 6:59. Nad/pod standardním povrchem jsou měřeny tyto veličiny: teplota vzduchu, denní teplotní extrémy, denní minimální teplota vzduchu při zemi (ve výšce 5 cm), vlhkost vzduchu, úhrn srážek, rychlost a směr větru, tlak vzduchu, globální záření, odražené krátkovlnné záření od zemského povrchu, dlouhovlnné vyzařování země, dlouhovlnné vyzařování atmosféry, teplota půdy (v hloubkách 5, 10, 20, 50, 100 cm) a vlhkost půdy (v hloubkách 10 a 30 cm).

Nad/pod černým úhorem jsou měřeny tyto veličiny: denní minimální teplota vzduchu při zemi (ve výšce 5 cm), globální záření, odražené krátkovlnné záření od zemského povrchu, dlouhovlnné vyzařování země, dlouhovlnné vyzařování atmosféry, teplota půdy (v hloubkách 5, 10, 20, 50, 100 cm) a vlhkost půdy (v hloubkách 10 a 30 cm).

Ústředna: Campbell Scientific CR1000X

Čidla:

senzor teploty a vlhkosti vzduchu Campbell Scientific HMP155A

senzor atmosférického tlaku Campbell Scientific CS106 PTB110

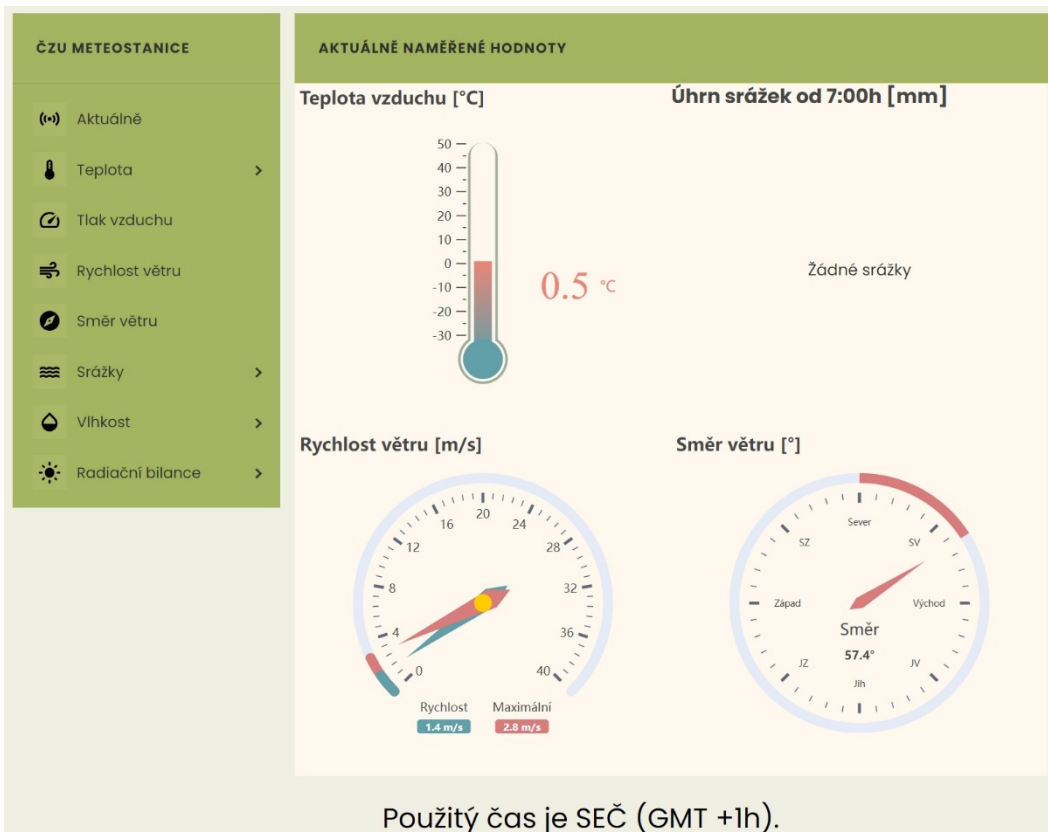
ultrazvukový anemometr ATMOS-22

váhový srážkoměr MW7

senzory vlhkosti a teploty půdy TEROS-11

senzory krátkovlnné a dlouhovlnné radiace Kipp & Zonen CNR4

snímače teploty PT100

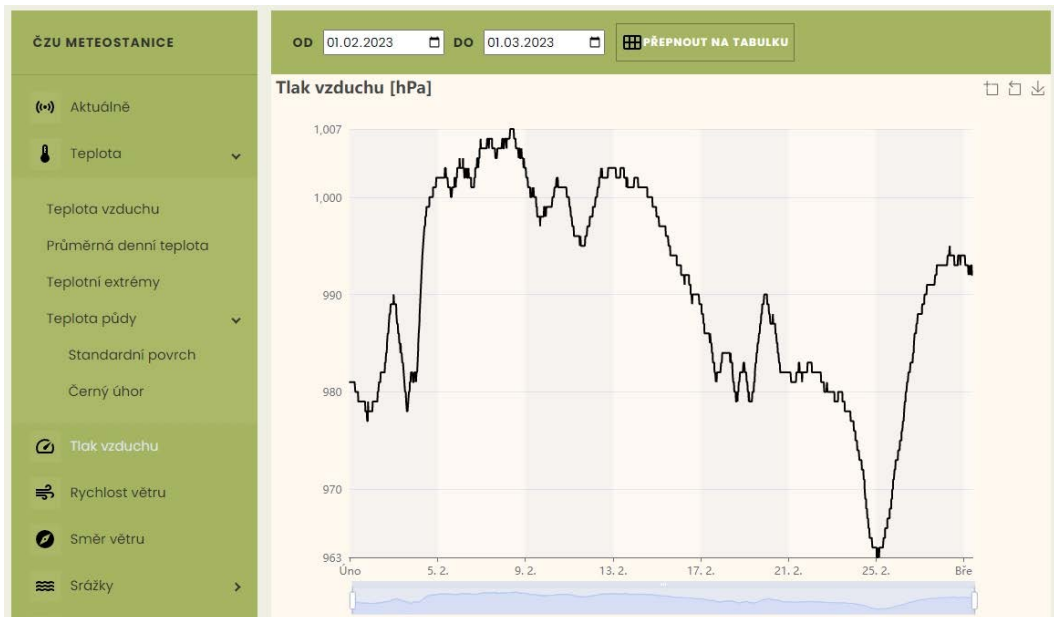


Obr. 46 úvodní obrazovka s aktuálními hodnotami meteostanice ČZU

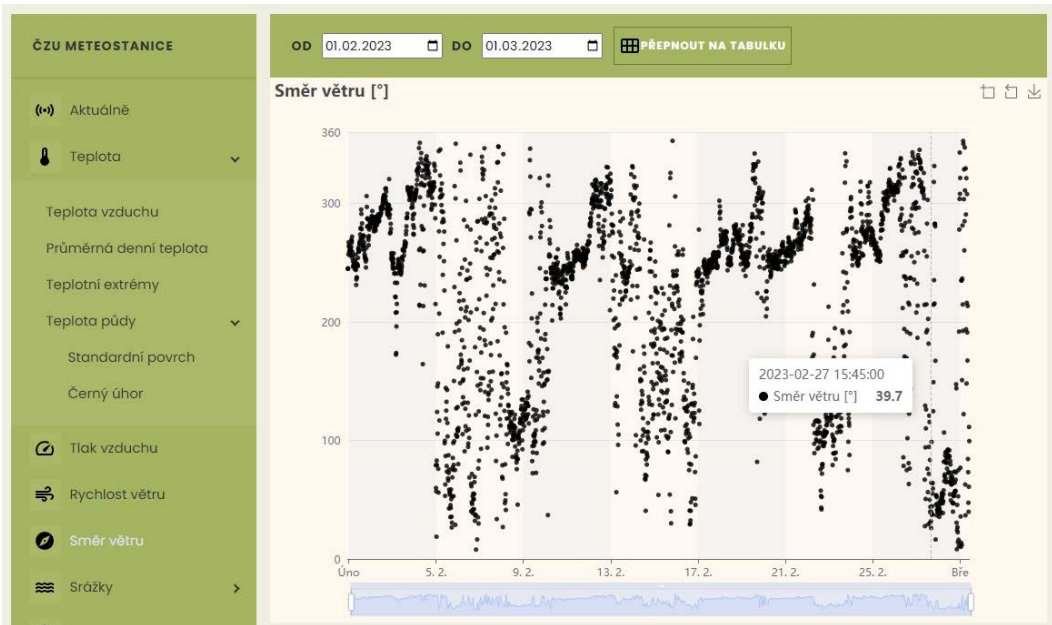
Data z meteorologické stanice jsou volně k dispozici na stránkách aplikace Agropočasí včetně historických dat. Výhodou měření jsou srovnávací měření pod travním porostem a úhorem bez vegetace a měření radiační bilance.



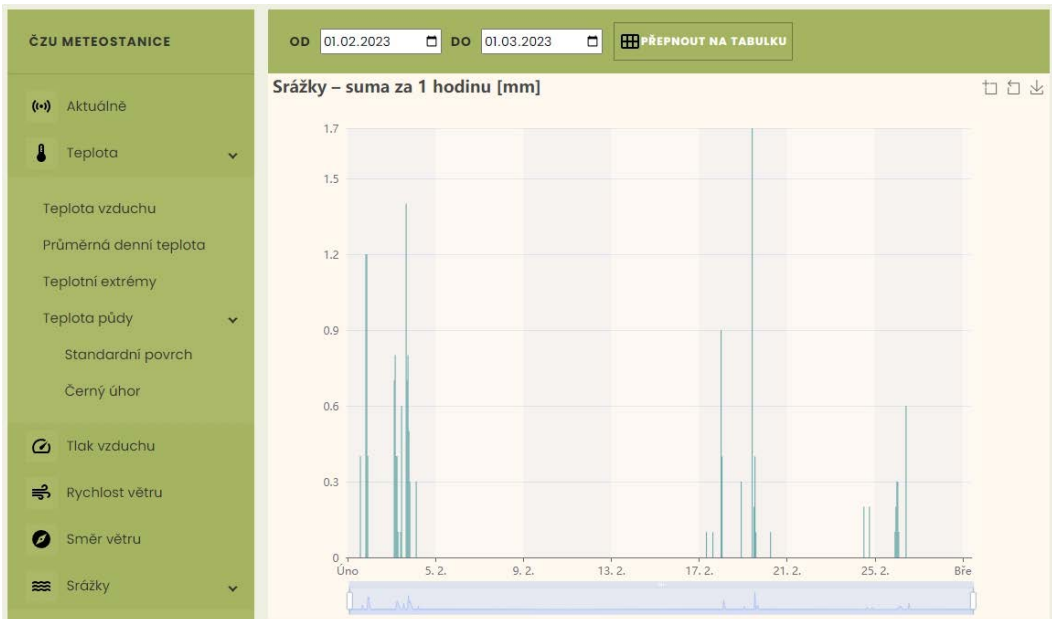
Obr. 47 Teplota vzduchu aktuální, průměrná, extrémy, teplota půdy



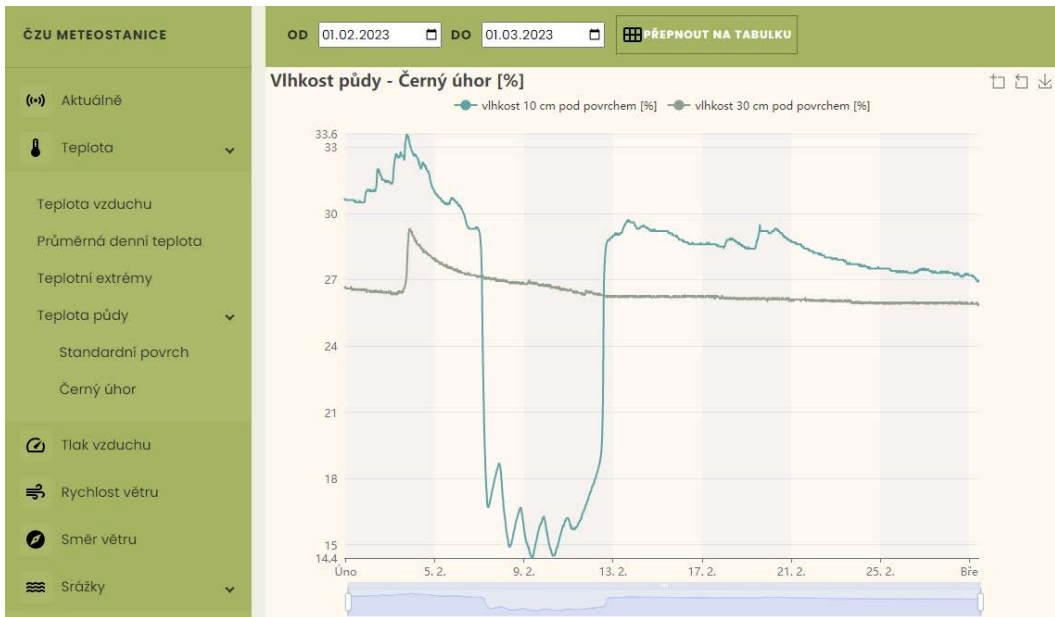
Obr. 48 Tlak vzduchu



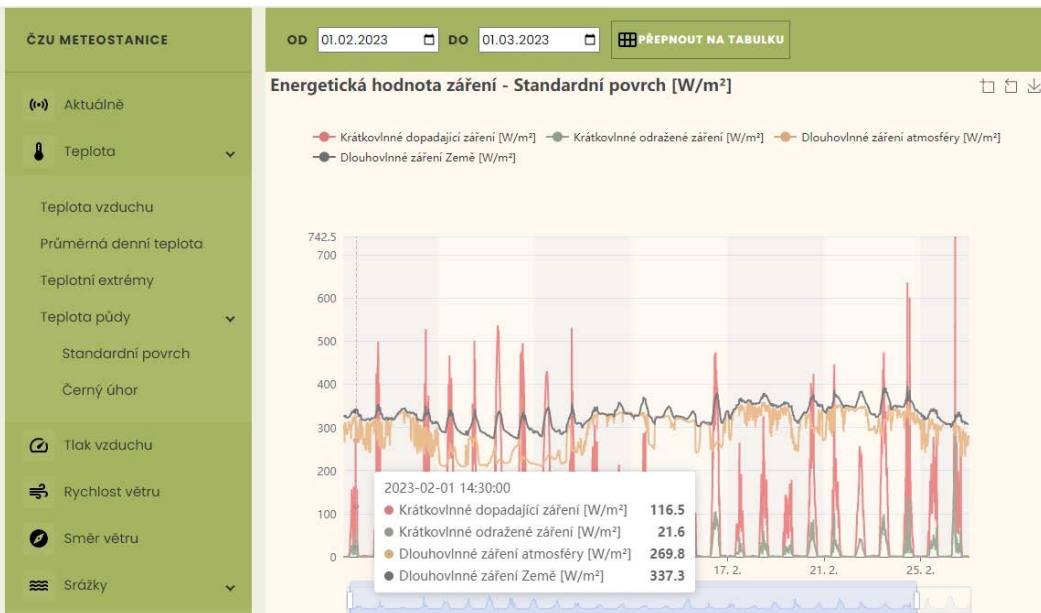
Obr. 49 Směr větru



Obr. 50 Hodinové úhrny srážek



Obr. 51 Vlhkosti půdy



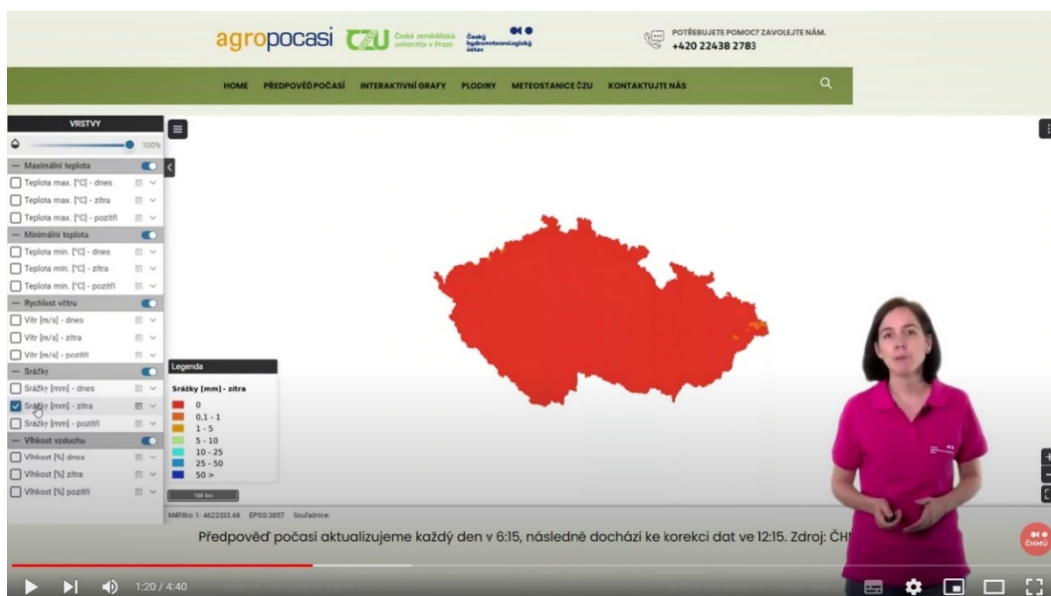
Obr. 52 Energetická hodnota záření nad standardním povrchem

7.5 Učební video

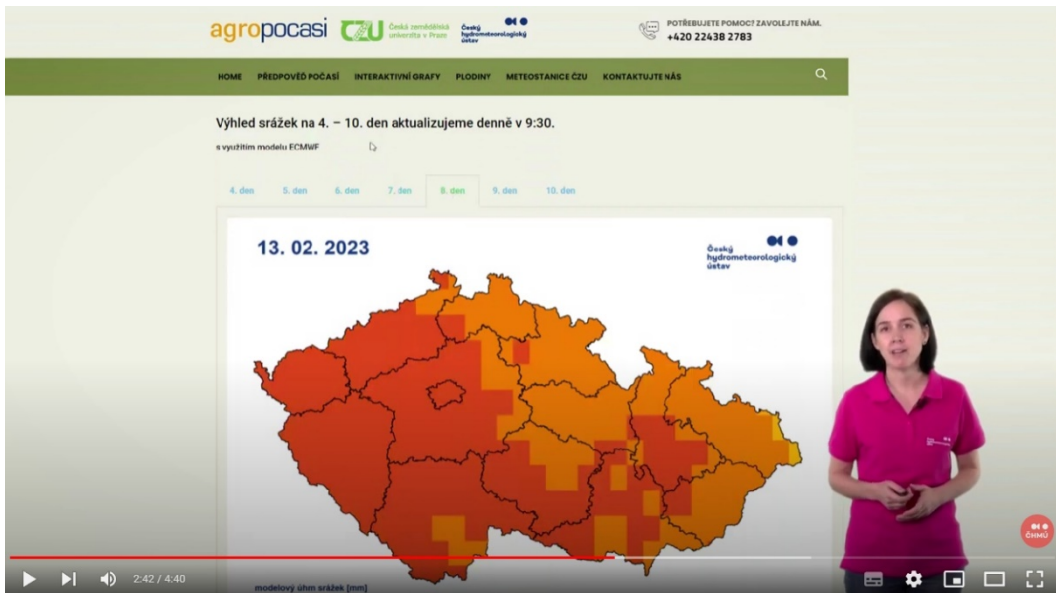
Součástí metodiky je i video popisující detailně webovou aplikaci Agropočasi.



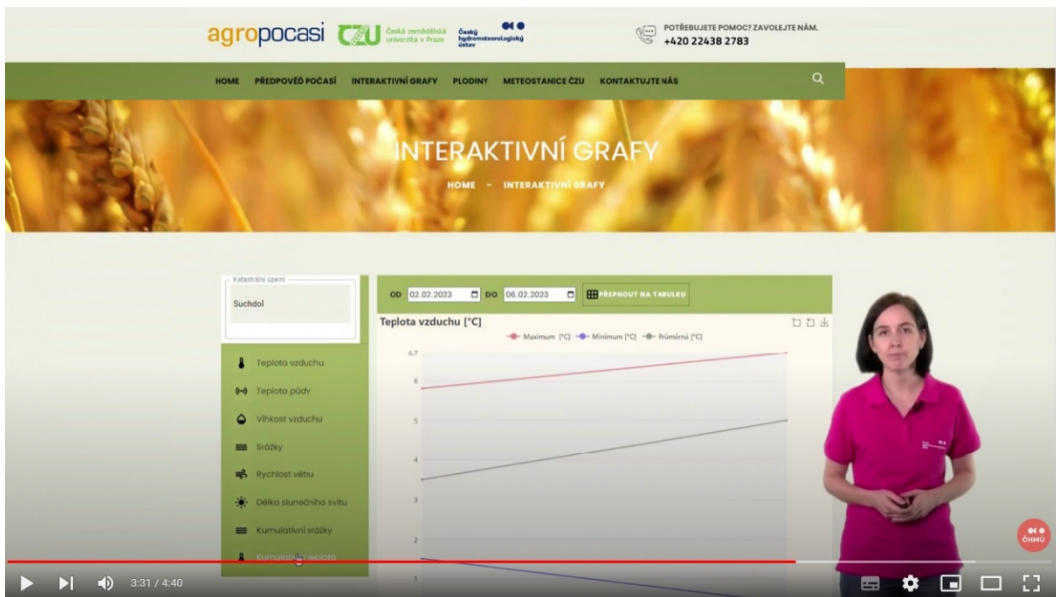
Obr. 53 Úvodní obrazovka videa popisující webovou aplikaci Agropočasi



Obr. 54 Video popisující předpověď počasí z modelu ALADIN



Obr. 55 Video popisující předpověď počasí z modelu ECMWF

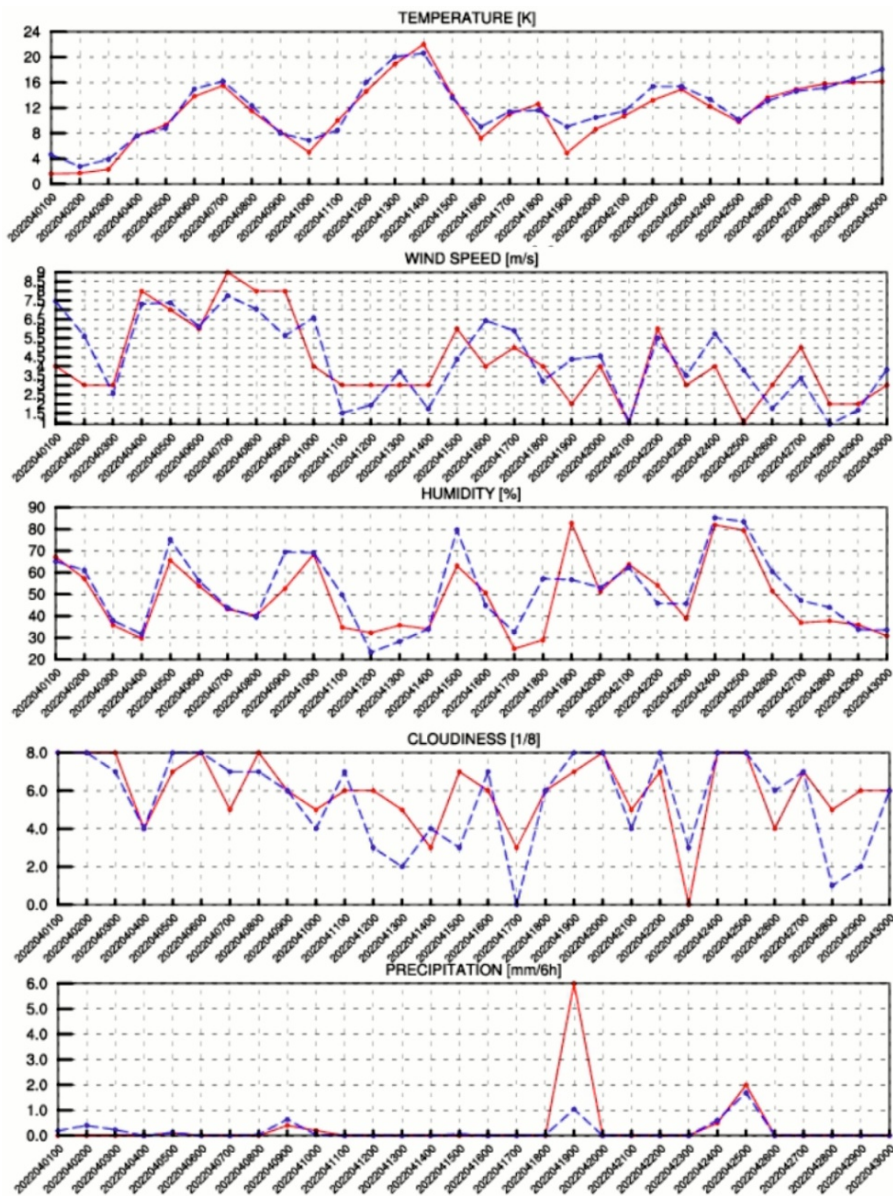


Obr. 56 Video popisující interaktivní grafy

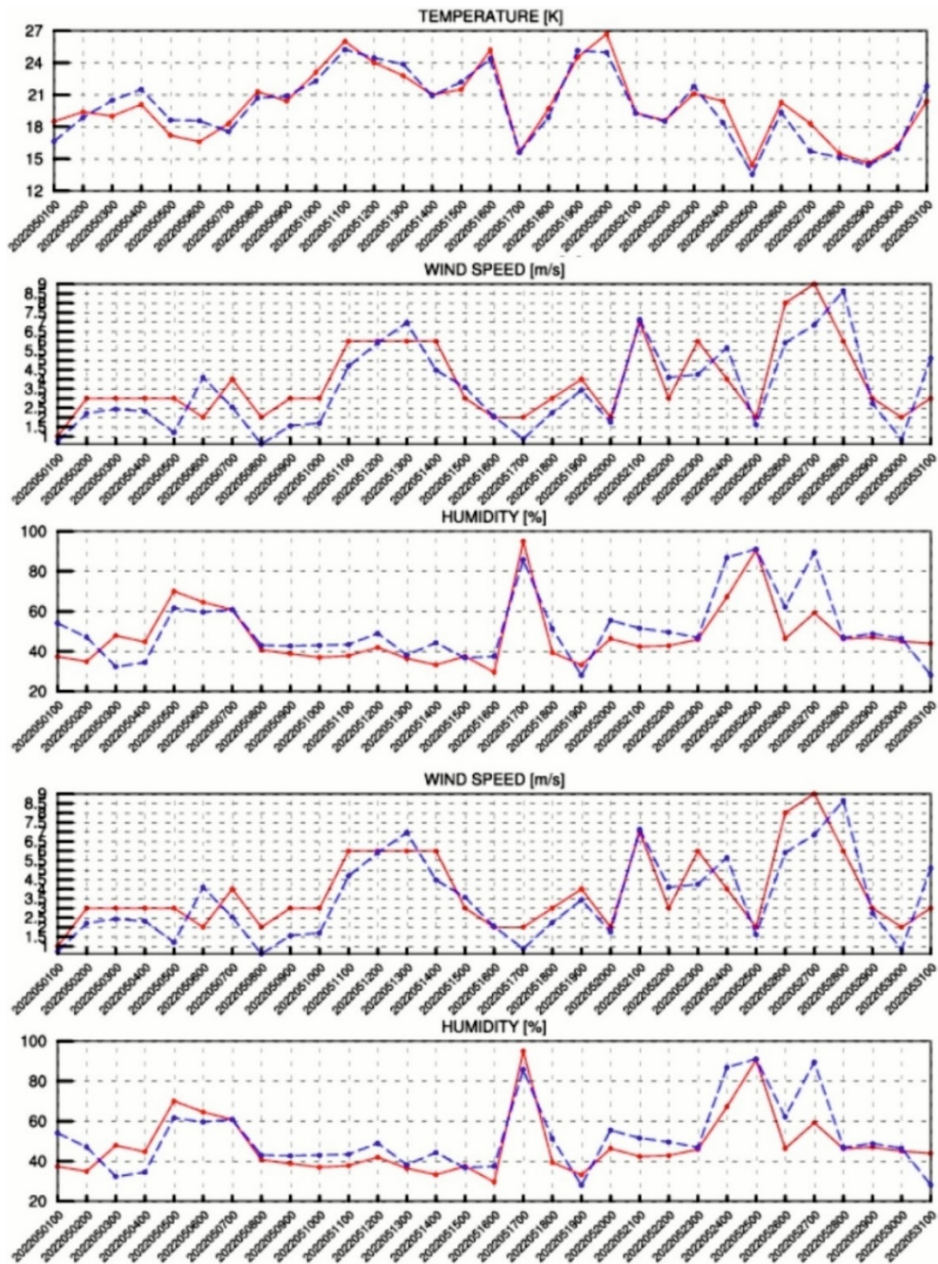
7.6 Úspěšnost předpovědi počasí

Sdružení meteorologických služeb RC LACE (www.rclace.eu) koordinuje numerické modelování předpovědi počasí ve střední Evropě (mj. zahrnuje Polsko, Česko, Rakousko, Slovensko, Maďarsko, Slovinsko, Chorvatsko a Rumunsko). RC LACE vydává hodnotící zprávy ukazující úspěšnost jednotlivých modelů. V roce 2022 měl podle těchto srovnání model ALADIN nejlepší statistické skóre (nejmenší chybu) ze všech dostupných modelů.

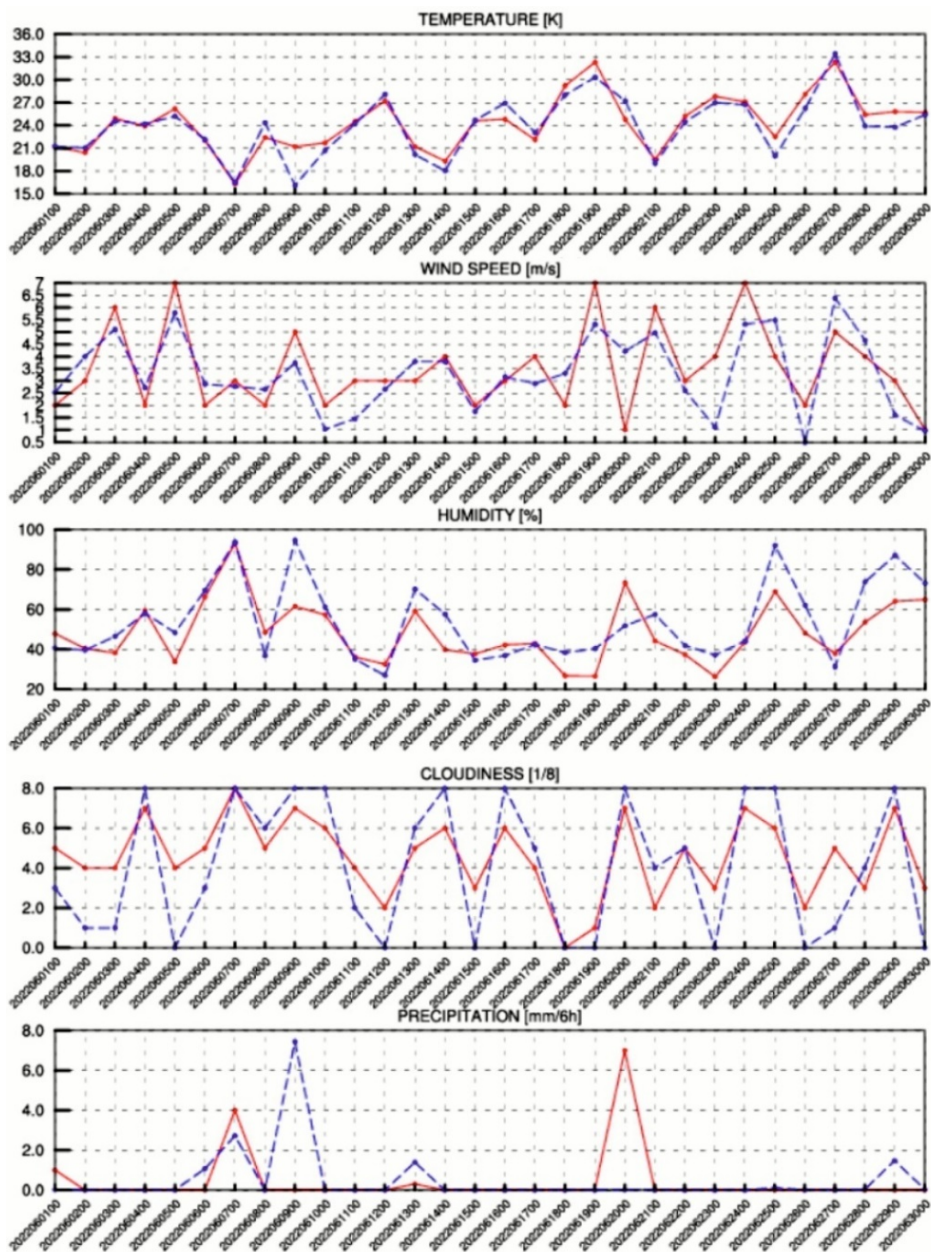
Na obr. 60 až 71 jsou zobrazeny grafy ukazující průběh předpovídaných a skutečně naměřených teplot a vlhkostí vzduchu, rychlostí větru, oblačnosti a srážek pro Pardubice a Znojmo-Kuchařovice. Obrázky v jednotlivých měsících dokumentují velmi dobrou shodu v teplotách a vlhkostech vzduchu a rychlosti větru. Shoda u oblačnosti a srážek je již mírně nižší.



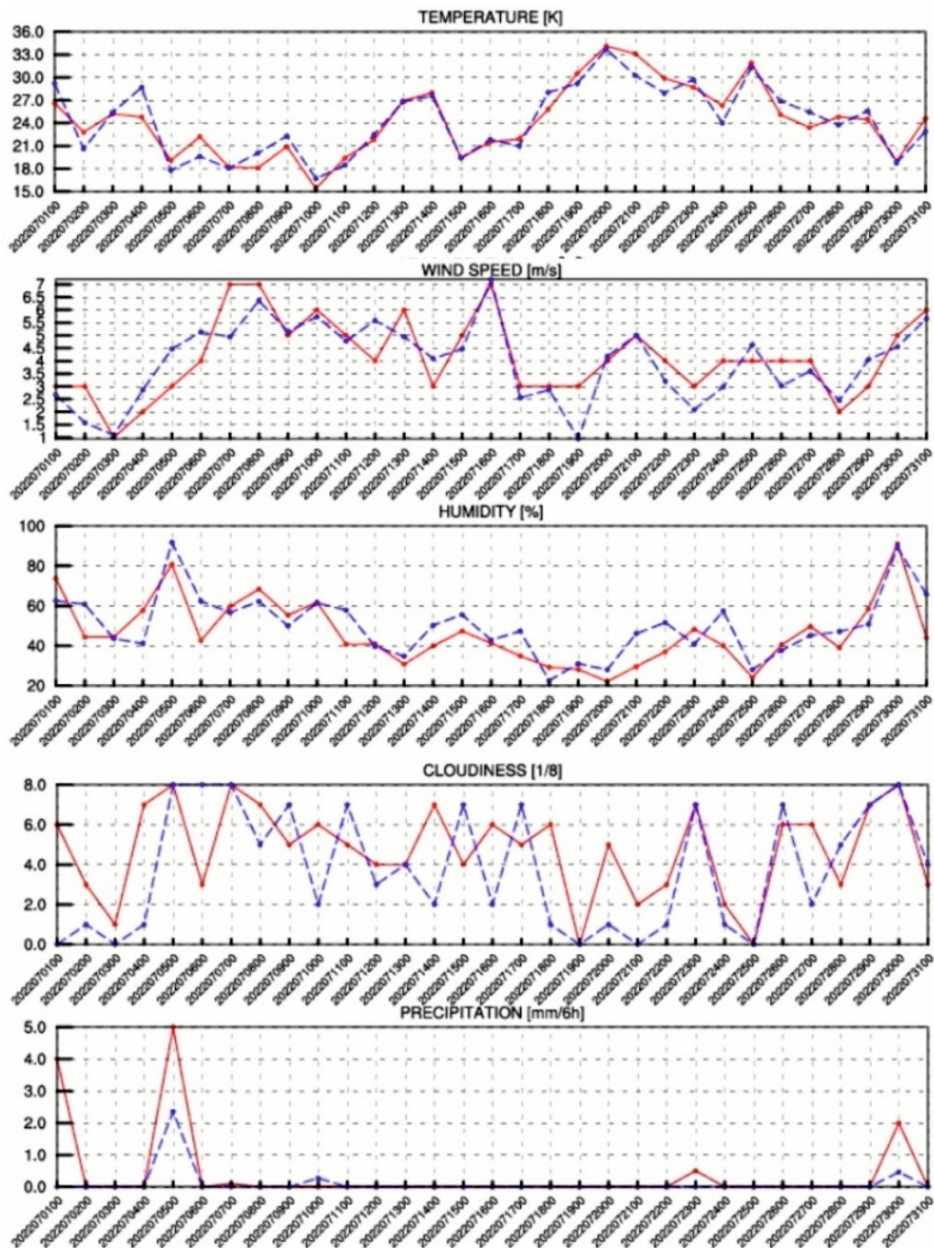
Obr. 57 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro duben 2022 v Pardubicích



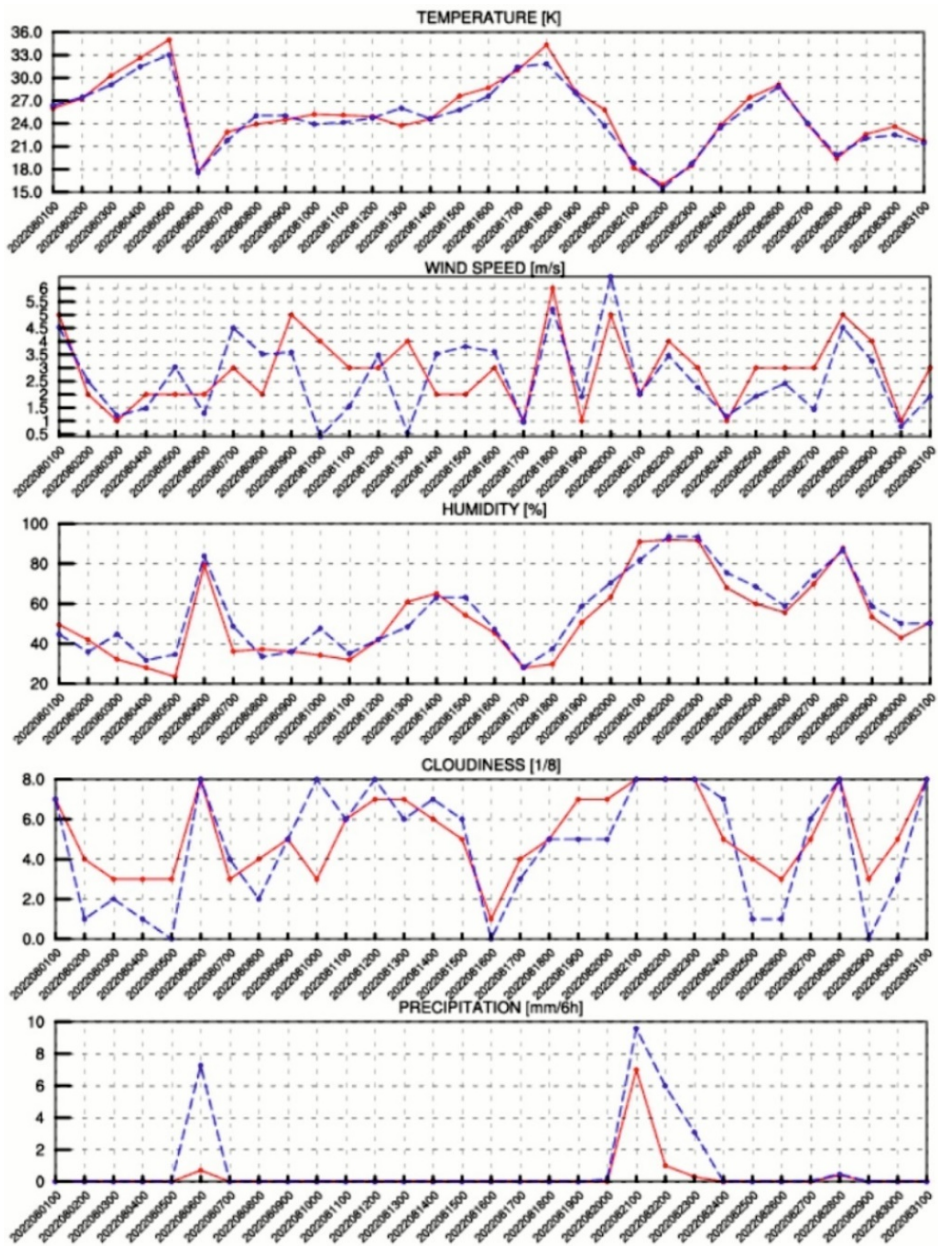
Obr. 58 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro květen 2022 v Pardubicích



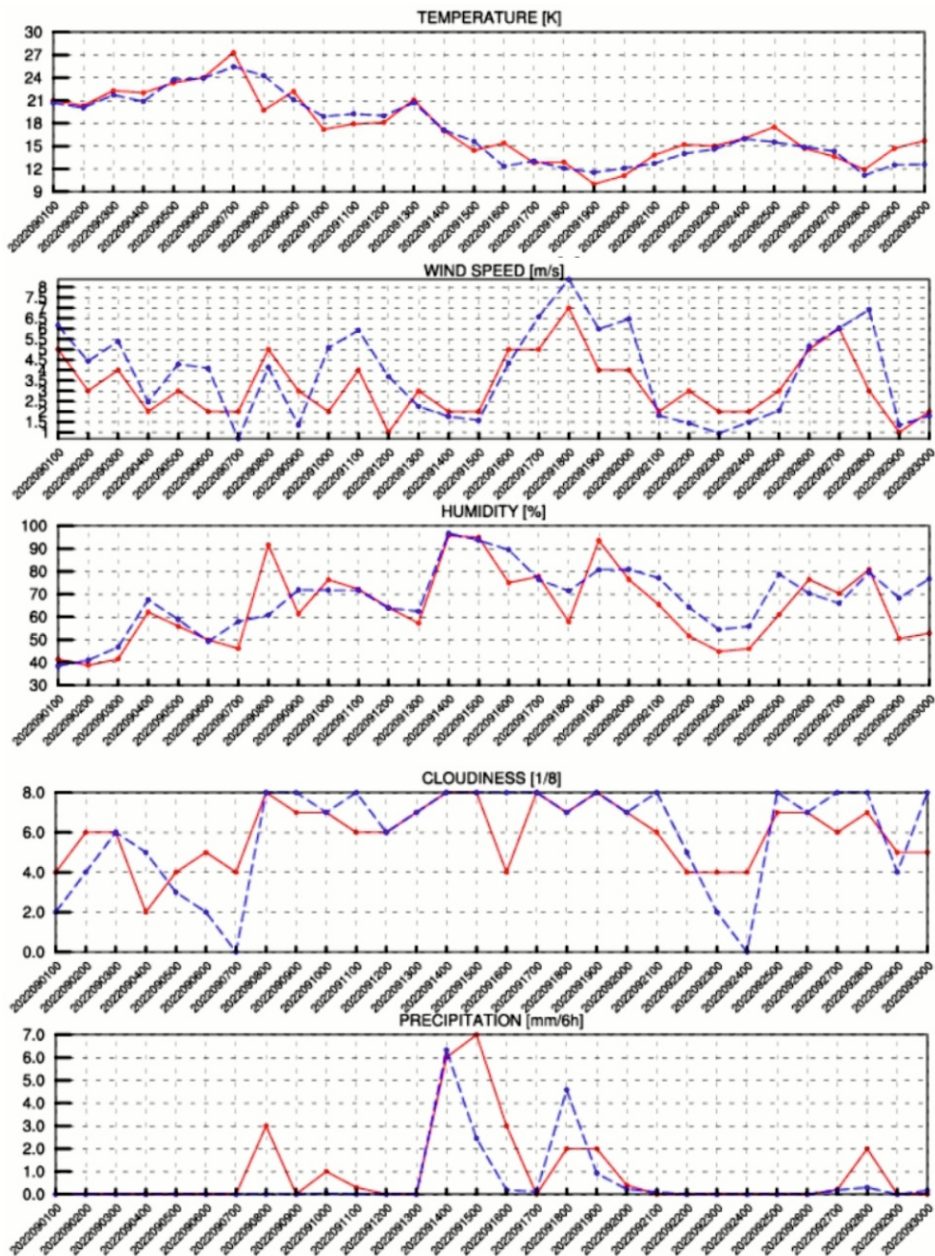
Obr. 59 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro červen 2022 v Pardubicích



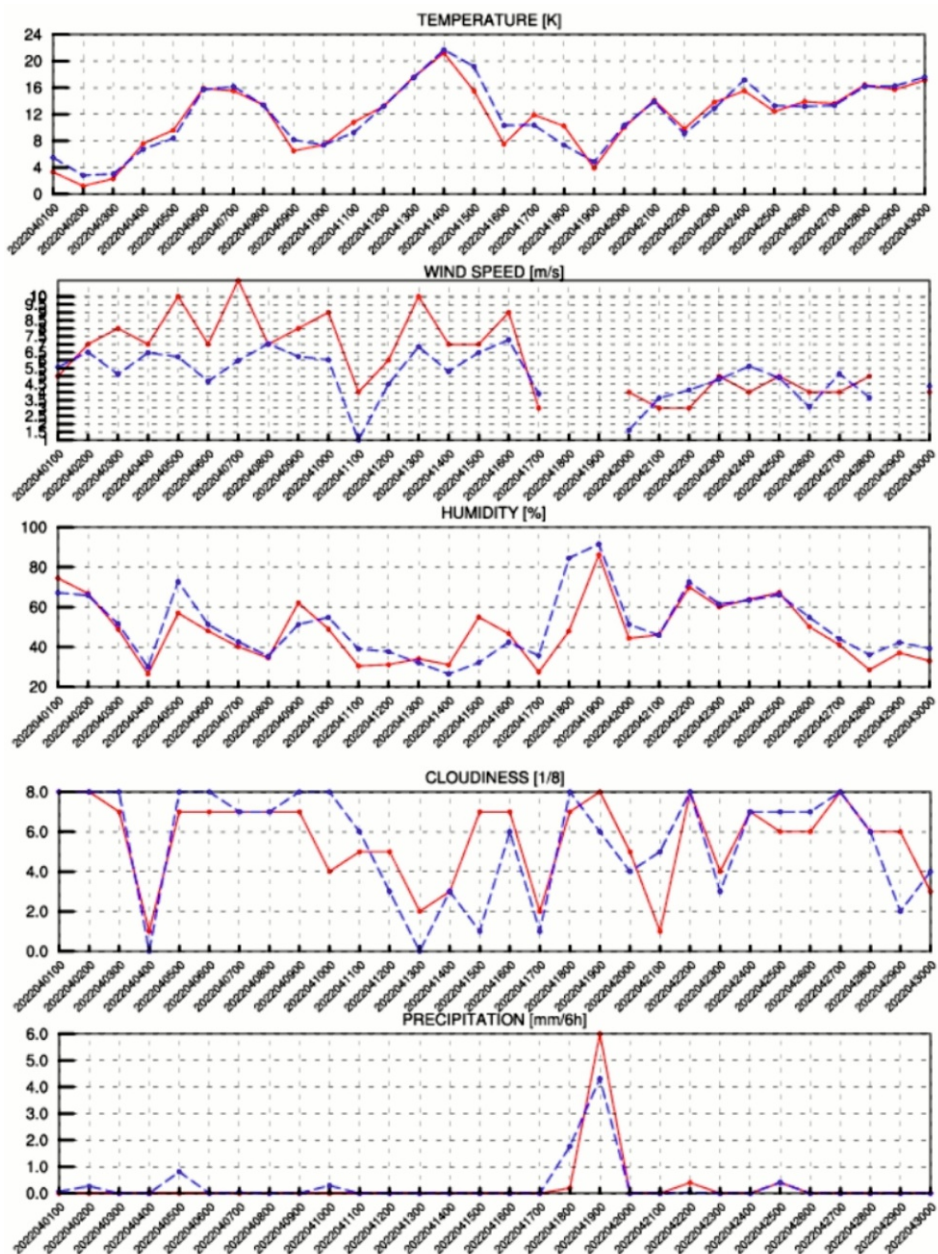
Obr. 60 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro červenec 2022 v Pardubicích



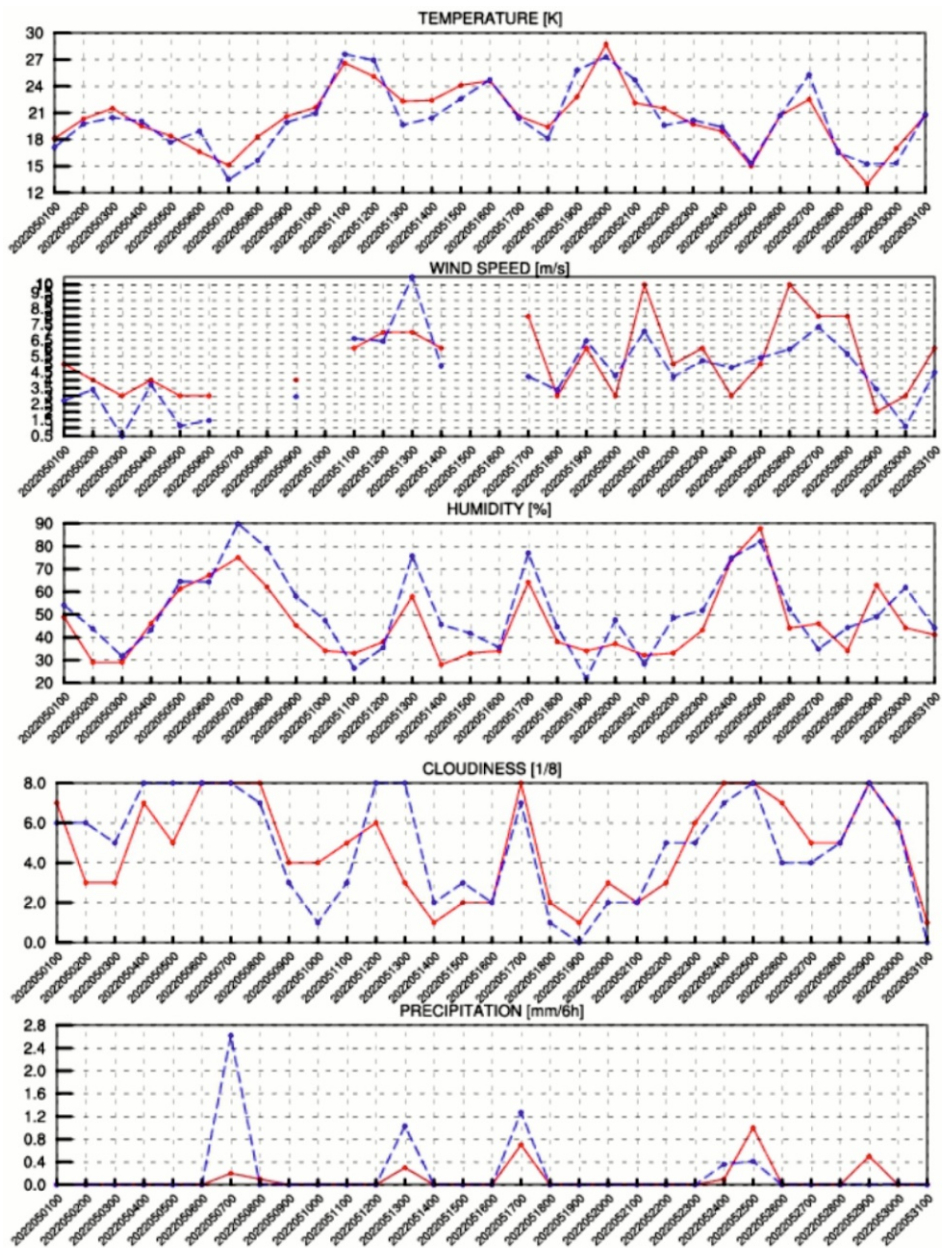
Obr. 61 Porovnání předpovědí teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro srpen 2022 v Pardubicích



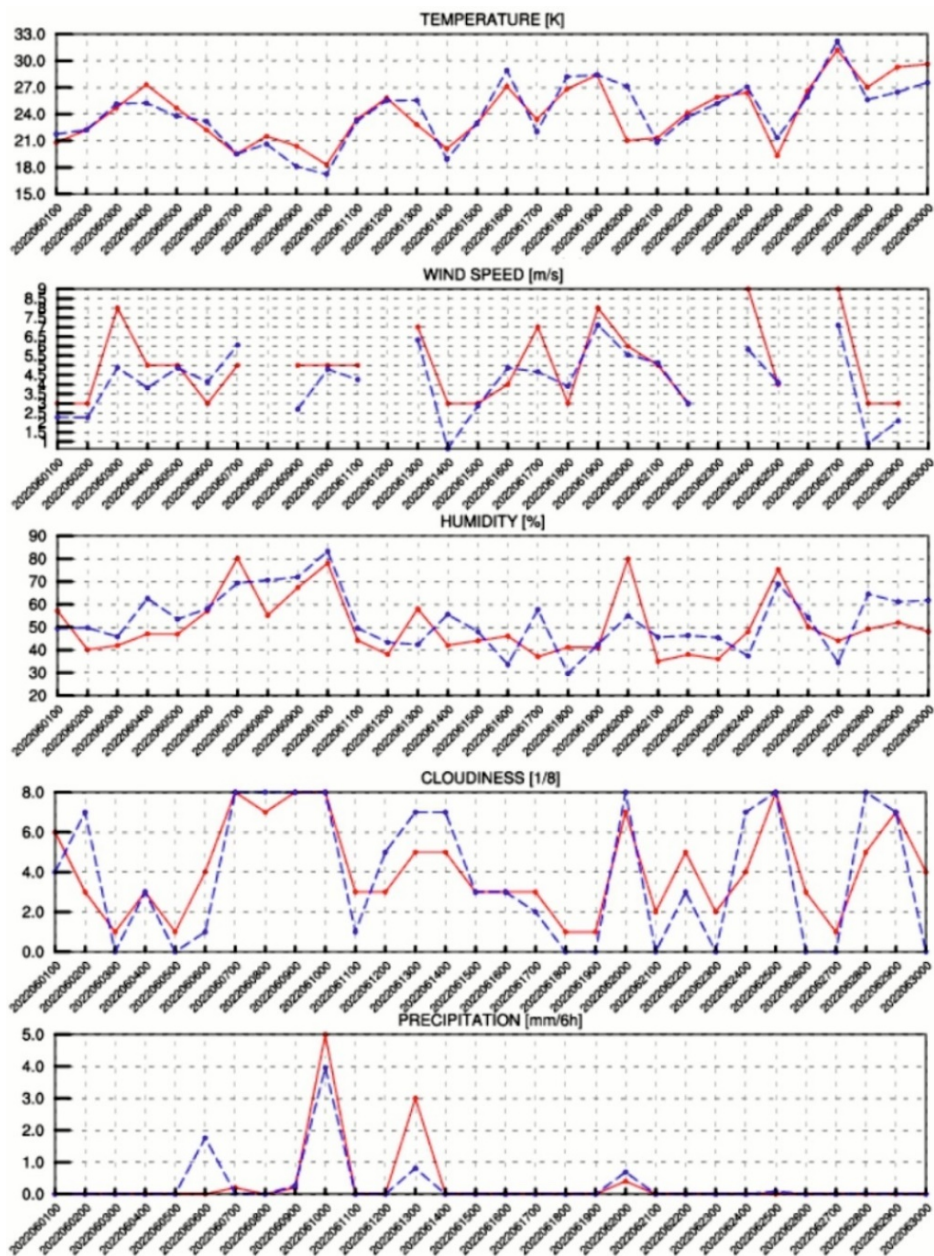
Obr. 62 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro září 2022 v Pardubicích



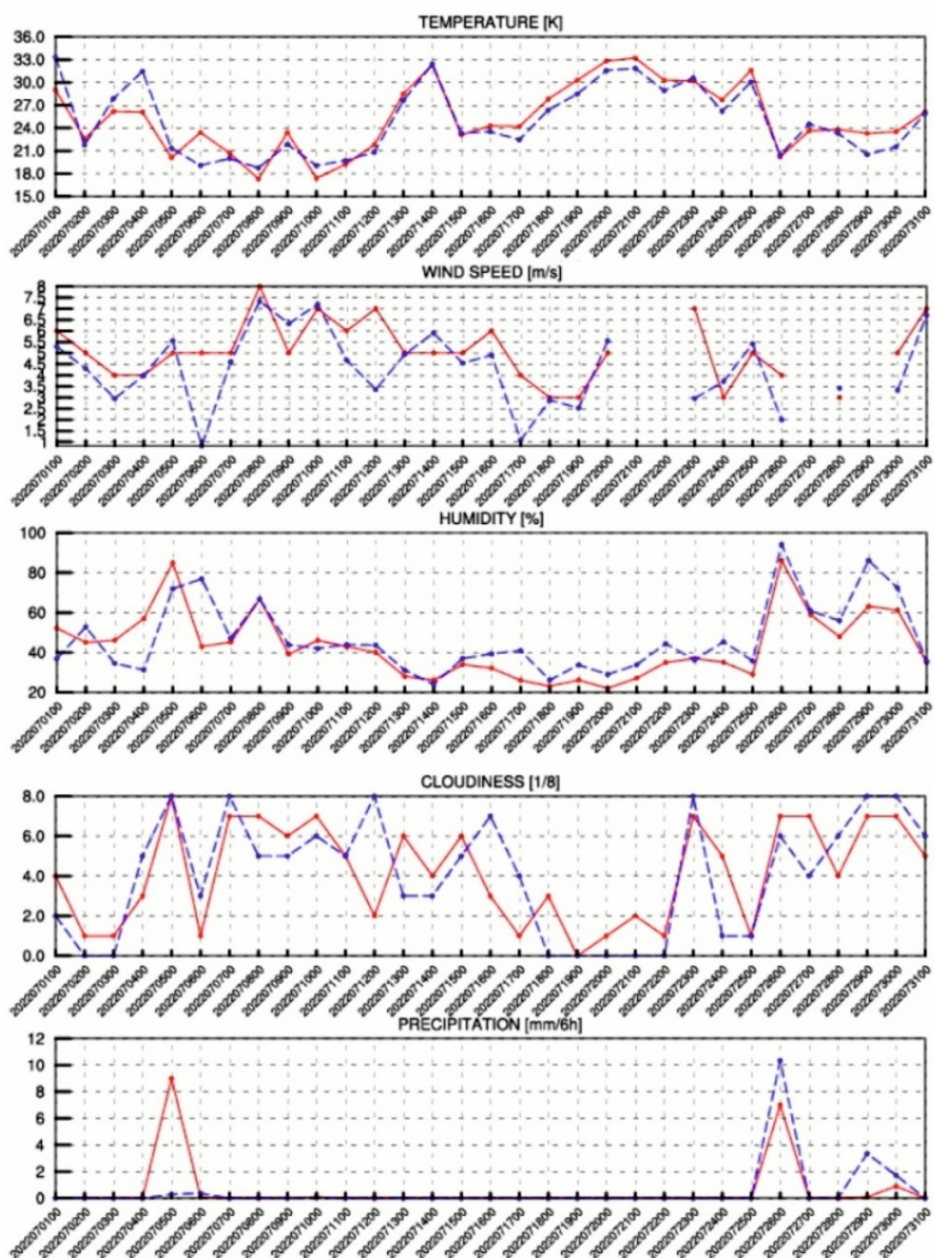
Obr. 63 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro duben 2022 ve Znojmě



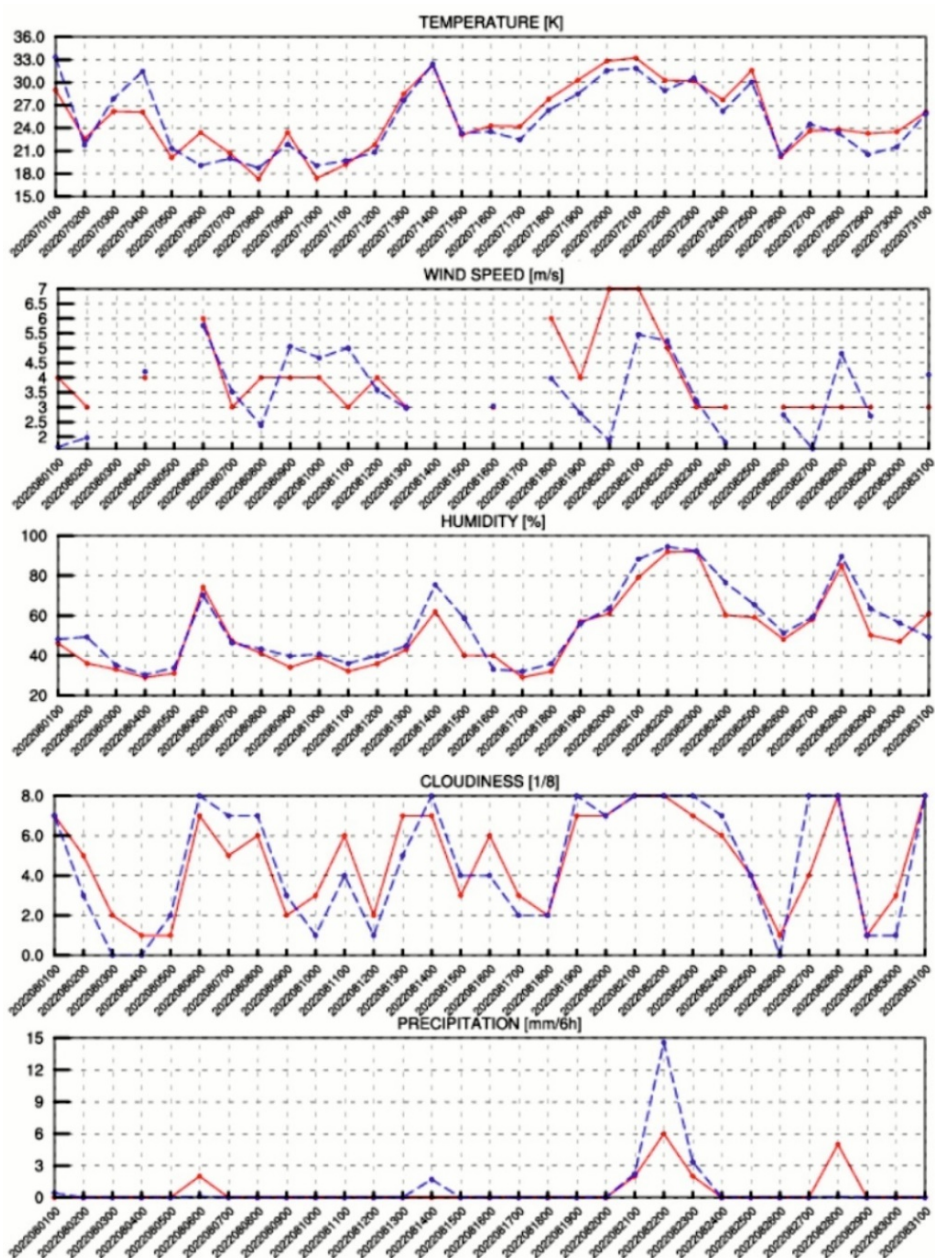
Obr. 64 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro květen 2022 ve Znojmě



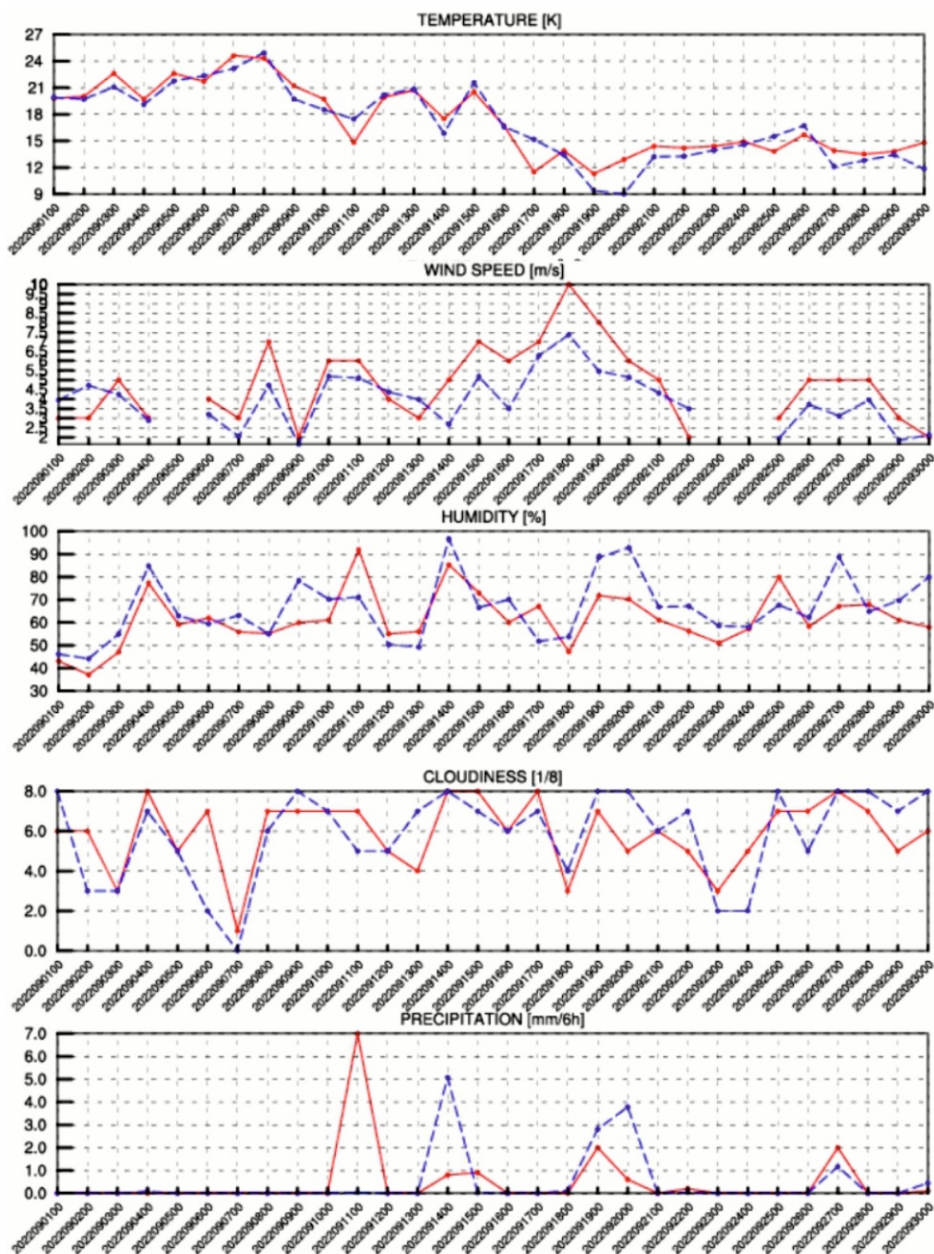
Obr. 65 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro červen 2022 ve Znojmě



Obř. 66 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro červenec 2022 ve Znojmě



Obr. 67 Porovnání předpovědi teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro srpen 2022 ve Znojmě



Obr. 68 Porovnání předpovědí teplot, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu, oblačnosti a srážek s naměřenými údaji pro září 2022 ve Znojmě

8. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- BROŽKOVÁ, R., BUČÁNEK, A., MAŠEK, J., SMOLÍKOVÁ, P., TROJÁKOVÁ, A., 2019. Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, č. 5, s. 129–139, ISSN 0026–1173.
- FULLER, M. P., FULLER, A. M., KANIOURAS, S., CHRISTOPHERS, J., FREDERICKS, T., 2007a. The freezing characteristics of wheat at ear emergence. *European Journal of Agronomy*, Vol. **26**, s. 435–441. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.01.001>
- FULLER, M. P., FULLER, A. M., KANIOURAS, S., CHRISTOPHERS, J., FREDERICKS, T., 2007b. The freezing characteristics of wheat at ear emergence. *European Journal of Agronomy*, Vol. **26**, s. 435–441. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.01.001>
- KLABZUBA, J., KOŽNAROVÁ, V., 2004. Aplikovaná meteorologie a klimatologie VI. Díl Voda v atmosféře, výpar, vlhkost vzduchu, půdy a materiálu. Praha: Česká zemědělská univerzita, 38 stran, ISBN 80-213-1123-1
- KULL, D., RIISHOJGAARD, L. P., EYRE, J., VARLEY, R. A. 2021. The Value of Surface-based Meteorological Observation Data. World Bank, Washington, DC
- LIPINA, P., KAIN, I., JIRÁK, J., BERCHA, Š., ŽIDEK, D., 2022. Návod pro pozorovatele automatizovaných meteorologických stanic. Metodický předpis 13a, Praha: ČHMÚ
- NOVÁK, M., 2004. Meteorologie a ochrana prostředí – Úvod do meteorologie a klimatologie. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2004. ISBN 80-7044-597-1
- PRÁŠIL, I., MUSILOVÁ, J., HERMUTH, J., KOSOVÁ, K., VÍTÁMVÁS, P., KLÍMA, M., 2022. Teplé zimy a jarní mrazy – růst a odolnost ozimů. Aktuality VÚRV, www.vurv.cz
- SHEN, D., SHI, W.-F., TANG, W., WANG, Y., LIAO, J., 2022. The Agricultural Economic Value of Weather Forecasting in China. *Sustainability*, Vol. **14**, Art. 17026. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su142417026>
- SOLER-MÉNDEZ, M., PARRAS-BURGOS, D., BENOUNA-BENNOUNA, R., MOLINA-MARTÍNEZ J. M., 2022. Agroclimatic Evolution web application as a powerful solution for managing climate data. *Scientific Report*, Vol. **12**, Art. 6716. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10316-7>
- WANG, H., VICENTE-SERRANO, S. M., TAO, F., ZHANG, X., WANG, P., ZHANG, C., CHEN, Y., ZHU, D., KENAWY, A. E. 2016. Monitoring winter wheat drought threat in Northern China using multiple climate-based drought indices and soil moisture during 2000–2013. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. **228–229**, s. 1–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.06.004>
- ZACHAROV, P., ŘEZÁČOVÁ, D., 2022. Strukturovaná verifikace předpovědí srážek produkovaných současnou konfigurací modelu ALADIN-CZ. *Meteorologické zprávy*, roč. **75**, č. 3, s. 89–98, ISSN 0026–1173

9. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- BARTOŠOVÁ, L., DÍŽKOVÁ, P., BAUEROVÁ, J., HÁJKOVÁ, L., FISCHER, M., BALEK, J., BLÁHOVÁ, M., MOŽNÝ, M., ZAHRADNÍČEK, P., ŠTĚPÁNEK, P., ŽALUD, Z., TRNKA, M., 2022a. Phenological Response of Flood Plain Forest Ecosystem Species to Climate Change during 1961–2021. *Atmosphere*, Vol. **13**, čl. 978. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/atmos13060978>
- BARTOŠOVÁ, L., FISCHER, M., BALEK, J., BLÁHOVÁ, M., KUDLÁČKOVÁ, L., CHUCHMA, F., HLAVINKA, P., MOŽNÝ, M., ZAHRADNÍČEK, P., WALL, N., HAYES, M., HAIN, C., ANDERSON, M., WAGNER, W., ŽALUD, Z., TRNKA, M., 2022b. Validity and reliability of drought reporters in estimating soil water content and drought impacts in central Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. **315**, čl. 108808. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108808>
- BRÁZDIL, R., MOŽNÝ, M., KLÍR, T., ŘEZNÍČKOVÁ, L., TRNKA, M., DOBROVOLNÝ, P., KOTYZA, O., 2019. Climate variability and changes in the agricultural cycle in the Czech Lands from the sixteenth century to the present. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **136**, s. 553–573. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2508-3>
- GRABENWEGER, P., LALIC, B., TRNKA, M., BALEK, J., MURER, E., KRAMMER, C., MOŽNÝ, M., GOBIN, A., ŞAYLAN, L., EITZINGER, J., 2021. Simulation of Daily Mean Soil Temperatures for Agricultural Land Use Considering Limited Input Data. *Atmosphere*, Vol. **12**, čl. 441. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/atmos12040441>
- HÁJKOVÁ, L., KOŽNAROVÁ, V., MOŽNÝ, M., ŽALUD, Z., 2020. Vliv klimatické změny na termíny setí, vzcházení a sklizně cukrové řepy. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. **136**, č. 7–8, s. 256–261.
- HÁJKOVÁ, L., MOŽNÝ, M., BARTOŠOVÁ, L., DÍŽKOVÁ, P., ŽALUD, Z., 2022. A prediction of the beginning of the flowering of the common hazel in the Czech Republic. *Aerobiologia*, Vol. **39**, s. 21–35. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10453-022-09770-7>
- HÁJKOVÁ, L., MOŽNÝ, M., OUŠKOVÁ, V., BARTOŠOVÁ, L., DÍŽKOVÁ, P., ŽALUD, Z., 2023a. Increasing Risk of Spring Frost Occurrence during the Cherry Tree Flowering in Times of Climate Change. *Water*, Vol. **15**, s. 497. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/w15030497>
- HÁJKOVÁ, L., MOŽNÝ, M., OUŠKOVÁ, V., MUSILOVÁ, A., VLACH, V., DÍŽKOVÁ, P., BARTOŠOVÁ, L., ŽALUD, Z., 2023b. Common snowdrop as a climate change bioindicator in Czechia. *International Journal of Biometeorology*, Vol. **67**, s. 465–473. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02426-2>
- MOŽNÝ, M., TRNKA, M., BRÁZDIL, R., 2021. Climate change driven changes of vegetation fires in the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **143**, s. 691–699. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03443-6>
- OUŠKOVÁ, V., MOŽNÝ, M., VLACH, V., HÁJKOVÁ, L., 2021. Meteorologické sucho v letech 1971–2020 v České republice vymezené kombinovaným indexem sucha SPEIc. *Meteorologické zprávy*, roč. **74**, č. 5, s. 136–140.
- OUŠKOVÁ, V., MOŽNÝ, M., VLACH, V., 2022. Suchá dekáda. *Statistika a My*, roč. **12**, s. 32–34.

- OUŠKOVÁ, V., MOŽNÝ, M., HÁJKOVÁ, L., 2022. Jarní přzemní mrazy v období let 1991–2021. *Úroda*, roč. **71**, č. 1, s. 19–22.
- POTOPOVÁ, V., LHOTKA, O., MOŽNÝ, M., MUSIOLKOVÁ, M., 2021a. Vulnerability of hop-yields due to compound drought and heat events over European key-hop regions. *International Journal of Climatology*, Vol. **41**, s. E2136–E2158. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.6836>
- POTOPOVÁ, V., TRNKA, M., VIZINA, A., SEMERÁDOVÁ, D., BALEK, J., CHAUDHERY, M. R. A., MUSIOLKOVÁ, M., PAVLÍK, P., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P., CLOTHIER, B., 2022. Projection of 21st century irrigation water requirements for sensitive agricultural crop commodities across the Czech Republic. *Agricultural Water Management*, Vol. **262**, čl. 107337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107337>
- POTOPOVÁ, V., TŮRKOTT, L., MUSIOLKOVÁ, M., MOŽNÝ, M., LHOTKA, O., 2021b. The compound nature of soil temperature anomalies at various depths in the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **146**, s. 1257–1275. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03787-7>
- PRÁŠIL, I., MUSILOVÁ, J., PRÁŠILOVÁ, P., KOSOVÁ, K., VÍTÁMVÁS, P., KLÍMA, M., FRANTOVÁ, N., STŘEDA, T., SMUTNÁ, P., HOLKOVÁ, L., MARTÍNEK, P., MOŽNÝ, M., 2021. Přezimování, jarní mrazy a poškození ozimů. *Agromanuál*, č. 11-12, s. 24–27.
- THALER, S., EITZINGER, J., TRNKA, M., MOŽNÝ, M., HAHN, S., WAGNER, W., HLAVINKA, P., 2018. The performance of Metop Advanced SCATterometer soil moisture data as a complementary source for the estimation of crop-soil water balance in Central Europe. *The Journal of Agricultural Science*, Vol. **156**, s. 577–598. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000011>
- TRNKA, M., BRÁZDIL, R., BALEK, J., DUBROVSKÝ, M., EITZINGER, J., HLAVINKA, P., CHUCHMA, F., MOŽNÝ, M., PRÁŠIL, I., RŮŽEK, P., SEMERÁDOVÁ, D., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., ŽALUD, Z., 2021. Observed changes in the agroclimatic zones in the Czech Republic between 1961 and 2019. *Plant, Soil and Environment*, Vol. **67**, s. 154–163. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/327/2020-PSE>
- TRNKA, M., BRÁZDIL, R., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P., DOBROVOLNÝ, P., ZAHRADNÍČEK, P., BALEK, J., SEMERÁDOVÁ, D., DUBROVSKÝ, M., HLAVINKA, P., EITZINGER, J., WARDLOW, B., SVOBODA, M., HAYES, M., ŽALUD, Z., 2015. Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. *International Journal of Climatology*, Vol. **35**, s. 3733–3747. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.4242>
- TRNKA, M., HLAVINKA, P., MOŽNÝ, M., SEMERÁDOVÁ, D., ŠTĚPÁNEK, P., BALEK, J., BARTOŠOVÁ, L., ZAHRADNÍČEK, P., BLÁHOVÁ, M., SKALÁK, P., FARDA, A., HAYES, M., SVOBODA, M., WAGNER, W., EITZINGER, J., FISCHER, M., ŽALUD, Z., 2020. Czech Drought Monitor System for monitoring and forecasting agricultural drought and drought impacts. *International Journal of Climatology*, Vol. **40**, s. 5941–5958. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.6557>

POZNÁMKY

Portál agropocasi.cz byl představen na tiskové konferenci, která probíhala 21. března 2023 ve Výukovém centru zpracování zemědělských produktů FAPPZ ČZU v Praze za účasti a pod záštitou ministra zemědělství Ing. Zdeňka Nekuly a ministra životního prostředí Mgr. Petra Hladíka. Aplikaci představil prof. Josef Soukup, děkan Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU a ředitel ČHMÚ Mgr. Mark Rieder.



Název: WEBOVÁ APLIKACE AGROPOČASÍ

Martin Možný a kol.

Český hydrometeorologický ústav

Martin Možný, Lenka Hájková, Vojtěch Vlach, Adéla Musilová, Veronika Oušková

Česká zemědělská univerzita

Martin Možný, Luboš Türkott, Martin Opatrný, Vera Potopová

Elektronická verze publikace v pdf.

Vydavatel: Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4
1. vyd., Praha, 2023

Počet stran: 78 s.

ISBN 978-80-7653-053-9 (online; pdf)

Publikace neprošla jazykovou úpravou. Za věcnou a jazykovou správnost díla odpovídají autoři. Metodika je poskytována bezplatně.