Informační systém o vzniku a vývoji sucha na území ČR – vyhodnocení provozu v letech 2023 až 2025

Information system on the onset and development of drought in the Czech Republic – evaluation of operation in the years 2023 to 2025

Martin Pecha
Český hydrometeorologický ústav
oddělení rozvoje předpovědní služby
oddělení povrchových vod
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ martin.pecha@chmi.cz

Radek Vlnas
Český hydrometeorologický ústav
oddělení podzemních vod
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ radek.vlnas@chmi.cz

Radek Čekal
Český hydrometeorologický ústav
oddělení hydrologických předpovědí
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ radek.cekal@chmi.cz

Ondřej Ledvinka
Český hydrometeorologický ústav
oddělení hydrofondu a bilancí
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ ondřej.ledvinka@chmi.cz

Vojtěch Svoboda
Český hydrometeorologický ústav
oddělení povrchových vod
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ vojtech.svoboda@chmi.cz

Adam Vizina
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
oddělení hydrologie
Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6
✉ adam.vizina@vuv.cz

Anna Lamačová
Český hydrometeorologický ústav
oddělení podzemních vod
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ anna.lamacova@chmi.cz

Irina Georgievová
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
oddělení hydrologie
Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6
✉ irina.georgievova@vuv.cz

Petr Pavlík
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
oddělení hydrologie
Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6
✉ petr.pavlik@vuv.cz

This paper describes the development, implementation, and evaluation of an information system for monitoring and forecasting hydrological drought on the territory of the Czech Republic, developed by the Czech Hydrometeorological Institute in response to increasing drought frequency and legislative requirements. The system enables early drought detection and supports decision-making by public authorities. The methodology integrates the assessment of surface water, groundwater, and the combined hydrological drought status at the level of municipalities with extended jurisdiction. Outputs are published weekly via the IS HAMR platform. Evaluation of the system's performance for 2023–2025, based on comparisons of forecasts and observations, demonstrates high accuracy in identification of affected areas. A slight tendency to overestimate the number of warnings reflects a precautionary approach, which, in turn, supports timely preparedness for drought onset and its further development.

KLÍČOVÁ SLOVA: sucho hydrologické – vody povrchové – vody podzemní – výstraha – predikce – změna klimatu – nedostatek vody – informační systém HAMR (IS HAMR) – projekt PERUN

KEYWORDS: hydrological drought – surface water – groundwater – alert (warning) – prediction – climate change – water shortage – HAMR information system (IS HAMR) – PERUN project

1. Úvod

Jak v České republice (ČR), tak v Evropě se v posledních letech stále častěji a na delší dobu vyskytuje stav sucha, který je způsobený dlouhodobě nadnormálními teplotami a často také různě dlouhým kumulativním deficitem srážek (Brázdil et al. 2021; Zahradníček et al. 2021). Jelikož dlouho rostla poptáv-

https://doi.org/10.59984/mz.2026.02.02

ka po hodnocení dopadů sucha, ale především po podchycení rozvoje sucha již v jeho počátku, byl v průběhu roku 2022 Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) ve spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka (VÚV, T. G. M.) uveden do provozu oficiální informační systém, prostřednictvím kterého se na aktuální stav a další vývoj sucha na území ČR pravidelně a systematicky upozorňuje.

Nutnost pravidelného informování o stavu hydrologického sucha zavedla novela vodního zákona (544/2020 Sb.), která stanovuje předpovědní službu a plány pro zvládání sucha. ČHMÚ musí dle této novely informovat kraje a obce s rozšířenou působností (ORP) o nebezpečí vzniku a vývoje sucha, a to jednoznačným a nezatěžujícím způsobem, což následně umožní efektivní rozhodování o případných opatřeních. Z hlediska prezentace běžným uživatelům by tento typ informace měl být přičleněn ke stávajícím jevům, což je ale poněkud komplikováno velmi specifickou povahou tohoto jevu.

Sucho představuje dočasný pokles dostupnosti vody a je považováno za přirozený jev. Sucho je charakteristické velmi pozvolným začátkem a typické dlouhodobým trváním a velmi malou dynamikou. Často je také charakteristické značným plošným rozsahem. Na území ČR se dlouhodobé i plošně rozsáhlé sucho vyskytovalo významněji od roku 2014, přičemž nejhorší situace byla v letních obdobích v letech 2015 a 2018 (Daňhelka et al. 2019), ale například hladiny podzemní vody dosáhly svých minim až na jaře 2020. Hydrologové ČHMÚ, ale i jiných institucí, se intenzivně věnovali vyhodnocení nejsušší periody od roku 2014 do roku 2018 (ČHMÚ 2018; 2019). Okamžitá nebezpečnost sucha je, oproti jiným hydrometeorologickým jevům, zdánlivě nulová. Z tohoto důvodu je nutné k informování o stavu a vývoji sucha přistupovat poněkud odlišným způsobem. Dle již zmíněné novely vodního zákona je jednou z klíčových výzkumných činností v současnosti tvorba nástrojů pro predikci stavu vodních zdrojů v dlouhodobém měřítku a následná interpretace těchto nástrojů v plánech pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody.

Na úrovni Ministerstva zemědělství ČR a Ministerstva životního prostředí ČR vznikla společná metodika, která představuje základní východiska právě při tvorbě plánů pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody. Nejdříve byly vytvořeny krajské plány a na ně navazoval plán pro zvládání sucha pro celé území České republiky, který byl zpracován na počátku roku 2024 (MZE a MŽP 2024).

Hlavním cílem těchto tzv. plánů pro sucho je návrh opatření k zajištění dostatku vody k zabezpečení základních společenských potřeb, minimalizace negativních dopadů nakládání s vodami během sucha na životní prostředí a minimalizace dopadů sucha a nedostatku vody na hospodářskou činnost. Plán pro zvládání sucha obsahuje vymezení a popis území s identifikací zdrojů vody, popis rizik sucha, včetně jeho možných dopadů. Orgánem s rozhodovací pravomocí pro vydávání opatření podle plánů pro zvládání sucha při stavu nedostatku vody je komise pro sucho. Jednání komisí pro sucho na úrovni krajů probíhají a pravidelně se jich účastní i zástupci ČHMÚ.

V Evropě i ve světě existuje několik přístupů, jak monitorovat stav sucha, ale většinou se jedná o kombinaci různých typů sucha v jedné mapě, případně na více mapách. V provozu je například Drought Observatories of the Copernicus Emergency Management Service (https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/edo/map/), kde je pravidelně aktualizovaná mapa sucha jak pro Evropu, tak i pro celý svět pomocí indexu SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index dle Vicente-Serrano et al. 2010; https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/gdo/map/?prodCode=spe03).

Pravidelně aktualizovaná mapa několika stupňů sucha vzniká také pro USA v rámci The US drought monitor USA (https://www.drought.gov/data-maps-tools/us-drought-monitor). Kombinovaný monitoring sucha je v provozu například také v Austrálii (Australian combined drought monitor dle Guillory et al. 2023; https://nacp.org.au/drought_monitor).

V České republice lze mnoho informací o suchu získat na stránkách projektu HAMR (https://hamr.chmi.cz/), kde jsou kromě sekce „Výstražné informace“ dostupné mapové výstupy zohledňující různé typy sucha a také celá řada dalších podkladů. Dalším zdrojem, kde lze v ČR sledovat vývoj sucha, je například portál projektu Intersucho (https://www.intersucho.cz/).

Český informační (výstražný) systém v týdenním kroku hodnotí ale pouze hydrologické sucho, tedy aktuální stav a predikci v podzemních a povrchových vodách. V tomto článku se tak zaměříme pouze na vyhodnocení provozu tohoto systému.

2. Informační systém – stručný vývoj a přehled

Vytvoření metodiky a následně informačního systému bylo hlavní náplní dílčího cíle 5.4 výzkumného projektu PERUN. S ohledem na naplnění požadavků novely vodního zákona bylo při tvorbě metodiky zohledněno sucho na neovlivněných menších vodních tocích a sucho v podzemních vodách (vrty či prameny).

Způsob informování o aktuálním stavu a vývoji sucha na území ČR svou strukturou vychází z již provozovaného Systému integrované výstražné služby (SIVS), u kterého jsou jednotlivé výstrahy vydávány s přesností až na úroveň ORP. Toto vztažení je optimální jak z hlediska podrobnosti, tak i z hlediska možných, na informace a výstrahy, navazujících opatření. Naopak ne vždy je zrovna optimální z hlediska reprezentativnosti vodoměrných profilů či vrtů.

Informace o možnosti rozvoje sucha jsou také předávány prostřednictvím tzv. Common Alert Protocolu (CAP), vytvářeného ve specializovaném softwaru Alert Editor. Z důvodu již zmiňované specifické povahy tohoto jevu nejsou pravidelné týdenní informace o vzniku a vývoji sucha zveřejňovány na webové stránce Výstražného systému ČHMÚ (https://vystrahy-cr.chmi.cz/), ale jsou pravidelně v týdenním kroku (úterý odpoledne) zveřejňovány v informačním systému HAMR (IS HAMR). Informační systém o stavu a vývoji sucha je provozován hydrology z Oddělení hydrologických předpovědí v ČHMÚ na Centrálním předpovědním pracovišti (CPP) v Praze-Komořanech.

Informační systém tedy umožňuje, aby všechny orgány pro zvládání sucha měly k dispozici nástroje pro zahájení řešení nepříznivé situace od počátku reálné hrozby hydrologického sucha.

Pro hodnocení aktuálního stavu a zejména pro predikci vývoje sucha na území ČR byla v průběhu roku 2022 v ČHMÚ vytvořena metodika. Tato metodika zahrnuje predikce pro tři typy sucha – sucha v povrchových vodách, sucha v podzemních vodách a sucha hydrologického (tj. vyskytujícího se zároveň v podzemních i povrchových vodách). Vzhledem k tomu, že informační systém vychází z výstražného předpovědního systému SIVS ČHMÚ, jsou jednotlivé typy sucha identifikovány pro

územní jednotky ORP. Kompletní popis metodiky je popsán ve starším článku (Pecha et al. 2022).

Testování informačního systému, který vyhodnocuje aktuální stav a také predikuje vývoj hydrologického sucha na území ČR, započalo již v září 2022. Od přelomu září a října 2022 byly tyto výstupy plně k dispozici na webových stránkách IS HAMR, a to konkrétně v sekci „Výstražné informace“ (https://hamr.chmi.cz/hamr-JS/vystraha.html). Součástí této prezentace je také doplňková mapa, která zobrazuje pro jednotlivé ORP porovnání průměrného 7denního průtoku v příslušných referenčních vodoměrných profilech ve vztahu k *M*-denním průtokům za nové referenční období 1991–2020. Tato mapa velmi dobře slouží i k vyhodnocení celého systému. Do plného operativního provozu byl systém o stavu a vývoji sucha na území ČR uveden na začátku vegetační sezony roku 2023.

3. Informace o stavu sucha v povrchových vodách – vyhodnocení

3.1 Shrnutí a vývoj

Na základě pravidelného vyhodnocení provozu systému bylo přistoupeno k nutným dílčím úpravám výše zmíněné metodiky. Kontinuální vydávání výstražných informací o nebezpečí vzniku a vývoje hydrologického sucha (dále v textu jen výstraha) ukázalo, že je nutné více přihlížet k aktuálním stavům i v dalších neovlivněných profilech, které se nacházejí na menších vodních tocích, a nerozhodovat vždy pouze na podkladě 137 referenčních profilů. Také je potřeba, s ohledem na predikci srážek na nejbližší období, která není často úplně jednoznačná, při vydávání výstrah více regionalizovat. Postupem času byla do systému tvorby a vydávání výstrah zapojena i regionální předpovědní pracoviště, a to z důvodu jejich detailnější znalosti hydrologického režimu jednotlivých menších vodních toků.

Jak bylo naznačeno v úvodu, v naprosté většině případů jsou výstrahy o stavu a vývoji sucha na našem území vydávány v úterních odpoledních hodinách s platností do začátku následujícího týdne. Úterní odpolední termín je zvolen z toho důvodu, že v pondělí probíhá stažení a vyhodnocení dat povrchových vod a v úterý dopoledne jsou připraveny podklady pro výstrahu. V úterý odpoledne je vytvářen také pravidelný týdenní report o aktuálním stavu vody v krajině pro projekt HAMR a výstraha na sucho je jeho součástí. Navíc v úterý odpoledne už většinou bývá znám výhled počasí do konce týdne. Pokud se tedy sucho v povrchových vodách v určité ORP aktuálně vyskytuje a vyskytovalo se i v minulém týdnu, ale ve výstraze se již tato ORP neobjeví, znamená to, že lze na základě predikce teploty vzduchu a srážek očekávat, že v průběhu týdne hladiny vodních toků v této oblasti vystoupají na normální stav. Naopak, pokud se jednotlivé ORP ve výstraze nově objeví, je predikován pokles pod stav sucha v průběhu nadcházejících dní. U podzemních vod je situace poněkud odlišná, jelikož zde dochází k mnohem pozvolnějším změnám, které se projevují až s určitým časovým odstupem. Zde se až do konce týdne pro jednotlivé ORP využívají data vyhodnocená v dané oblasti v úvodu aktuálního týdne. Podrobnosti jsou uvedeny v sekci 4 o podzemních vodách.

V některých týdnech během roku je však vydávání výstrah poměrně problematické, a to i pro povrchové vody. Zejména se jedná o případy během letního období, kdy se očekává pokračování velmi teplého, často až tropického počasí, ale téměř každý den se mají alespoň na části našeho území vyskytovat intenzivní, ale zároveň lokální, přeháňky a bouřky. Přesnější lokalizace těchto srážek je však velmi obtížná, a to zvláště na 3 až 5 dnů dopředu. Problematická situace je i u vydávání informací v zimním období. Například v době mrazů a souvislé sněhové pokrývky na většině našeho území, kdy jsou často stavy a průtoky ve vodních tocích minimální, a to i pod stavem sucha, se výstraha nevydává. Obdobná situace nastává i v případech, kdy jsou hladiny vodních toků výrazně ovlivněny ledovými jevy. V těchto situacích je v jednotlivých malých povodích reálně většinou vody dostatek, ta je však aktuálně převážně v pevném skupenství a vodní stav na stanicích je tak výrazně ovlivněn (zkreslen).

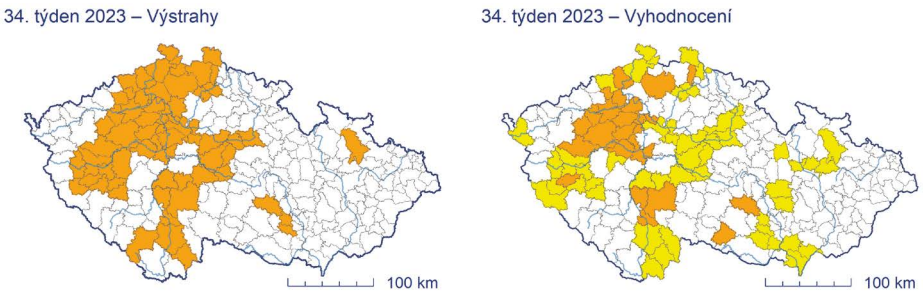
V případech, kdy se od úterního odpoledne, tedy zhruba od doby vydání výstražných informací, do pátečního dne výrazně změní meteorologická předpověď na víkend a počátek dalšího týdne, dochází k aktualizaci výstrahy. Stejně se postupuje také v případě, kdy do pátku na nějaké části území významně zaprší a sucho je zde náhle přerušeno. V roce 2025 k tomu došlo hned v šesti případech, nicméně v předchozích letech takových situací bylo mnohem méně. V tomto případě je pravidelná úterní výstraha aktualizována většinou v průběhu pátečního odpoledne a platí do dalšího úterního vydání. Aktualizace se však týká pouze výstrahy pro povrchové vody, protože, jak již bylo zmíněno, podzemní vody mají větší setrvačnost a zde stačí v naprosté většině případů aktualizace až v úvodu dalšího týdne.

Aby bylo pro vydávání výstrah k dispozici vše potřebné, bylo v průběhu řešení projektu vytvořeno kontinuální automatické vyhodnocování týdenních výstrah pro povrchové vody. Vždy hned následující týden po vydání výstrah, jakmile jsou již dostupná všechna potřebná data za uplynulý týden, je spuštěn připravený skript, který porovná vydanou výstrahu s reálně naměřenými daty v příslušných referenčních vodoměrných stanicích pro jednotlivé ORP. Zároveň jsou při tvorbě výstrahy vždy k dispozici jak kompletní data za uplynulý týden, tak i nejčerstvější data z pondělního a úterního dne, která navíc procházejí nutnou revizí.

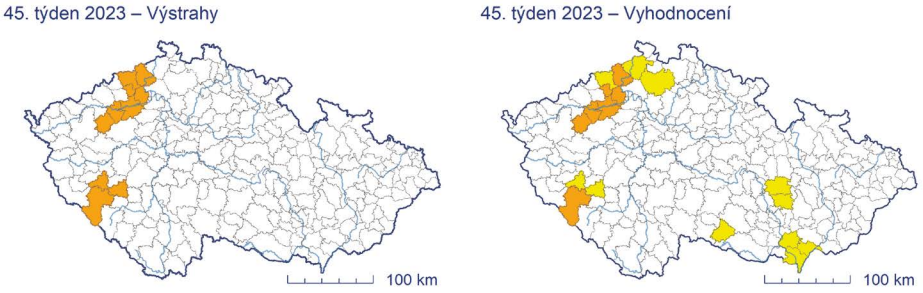
3.2 Ukázka provozu systému v letech 2023 až 2025

V této sekci jsou shrnuty zkušenosti z provozu informačního systému z období let 2023 až 2025. Do výstrahy jsou vždy zahrnuty ucelenější regiony, a to zvláště v případech, kdy už sucho v povrchových vodách v některé části našeho území přetrvává delší dobu. Kromě tohoto vizuálního vyhodnocení probíhá každý týden také porovnání počtu ORP s výstrahou a počtu ORP, kde následně sucho dle dat opravdu nastalo, případně zde byla naměřena alespoň úroveň Q_{330d}. Velmi často se totiž stává, že je vodní stav na stanici na pomezí Q_{330d} a Q_{355d}, což je stav velmi blízký stavu sucha. U podzemních vod je takovéto vyhodnocení mnohem více specifické, více opět uvádí sekce 4.

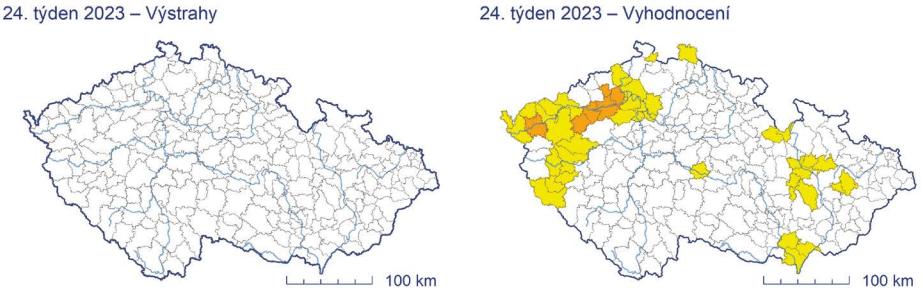
Sucho v povrchových vodách se v průběhu roku 2023 velmi často vyskytovalo v severozápadní polovině Čech. Na obr. 1 a 2 jsou uvedeny ukázky výstrah pro týdny 34 a 45. Z následného porovnání je patrné, že vydaná výstraha velmi dobře vystihla oblasti, kde se v průběhu dalšího týdne opravdu sucho vysky-



Obr. 1 Vlevo: výstraha na sucho v povrchových vodách, oranžově; vpravo: skutečně naměřená data (pro 34. týden roku 2023), žlutě podkročení Q_{330d} a oranžově Q_{355d}.
Fig. 1. Left: surface water drought warning, in orange; right: observed data (for week 34 in 2023), flow under-range Q_{330d} in yellow and Q_{355d} in orange.



Obr. 2 Vlevo: výstraha na sucho v povrchových vodách, oranžově; vpravo: skutečně naměřená data (pro 45. týden roku 2023), žlutě podkročení Q_{330d} a oranžově Q_{355d}.
Fig. 2. Left: surface water drought warning, in orange; right: observed data (for week 45 in 2023), flow under-range Q_{330d} in yellow and Q_{355d} in orange.



Obr. 3 Vlevo: výstraha na sucho v povrchových vodách nebyla vydána; vpravo: skutečně naměřená data (pro 24. týden roku 2023), žlutě podkročení Q_{330d} a oranžově Q_{355d}.
Fig. 3. Left: No surface water drought warning; right: observed data (for week 24 in 2023), flow under-range Q_{330d} in yellow and Q_{355d} in orange.

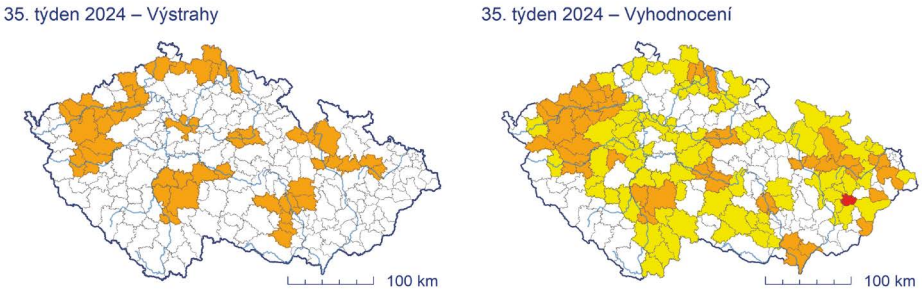
tovalo. Jak již bylo zmíněno, snahou je vždy vydávat výstrahy pro ucelené oblasti, tudíž výsledná plocha území s výstrahou na stav sucha je převážně mírně nadhodnocena. Na všech uvedených obrázcích (1 až 6) jsou v levém panelu oranžově vybarveny ORP s výstrahou pro povrchové vody, v pravém panelu jsou pak oranžové ty ORP, kde byl opravdu stav sucha (Q_{355d}) následně na referenčních stanicích zaznamenán. Pokud jsou v pravém panelu ORP označeny červeně, byl zde vyhodnocen stav sucha dokonce už na úrovni Q_{364d}. Žlutě jsou naopak vybarveny ORP, kde se stav pohyboval velmi blízko hranice stavu sucha, tedy někde mezi Q_{330d} a Q_{355d}.

Na obr. 3 je uvedena také jedna situace, kdy výstraha nevyšla. Jak je vidět z následného vyhodnocení 24. týdne, tak v severozápadních Čechách už došlo k rozvoji sucha v jarním období, ale výstraha ještě nebyla vydána. V tomto konkrétním případě k tomu došlo z toho důvodu, že predikované srážky se v severozápadní polovině Čech nevyskytly, a navíc i teplota vzduchu byla v tomto týdnu nakonec vyšší, než bylo původně očekáváno.

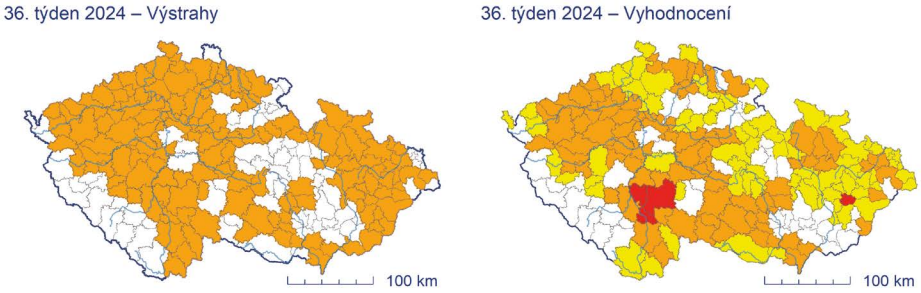
Rok 2023 přinesl díky pravidelnému vydávání výstrah celou řadu poznatků a zkušeností, které byly využity v dalších letech. V úvodu roku 2024 proběhlo vyhodnocení fungování informačního systému na sucho během celého roku 2023. Toto vyhodnocení posloužilo jako jeden z podkladů pro vydávání pravidelných výstrah v roce 2024, a také ukázalo nutnost automatizace vyhodnocení systému v týdenním kroku. Současně se potvrdila potřeba aktualizace výstrah v případě výrazné změny či upřesnění povětrnostní situace v dnech následujících po vydání výstrahy.

Z pohledu vydávání výstrah na sucho bylo problematické letní období 2024, protože se celkem pravidelně střídala období beze srážek s obdobími místních, ale velmi intenzivních srážek, které byly často pouze lokální, navíc obvykle přívalového charakteru. Výstrahy byly vydávány především mezi 25. a 37. týdnem roku. V září, po období sucha, které trvalo cca tři týdny a rychle se prohlubovalo, nastala velmi významná povodňová situace, která zasáhla velkou plochu našeho území, nejhorší situace byla v oblasti Jeseníků. Tato povodňová situace velmi rychle ukončila stav sucha v povrchových i podzemních vodách a až do konce roku už se výraznější sucho nevyskytlo, a to i přesto, že byl na podzim zaznamenán deficit srážek. Naopak předchozí sucho alespoň zmírnilo následnou odtokovou odezvu.

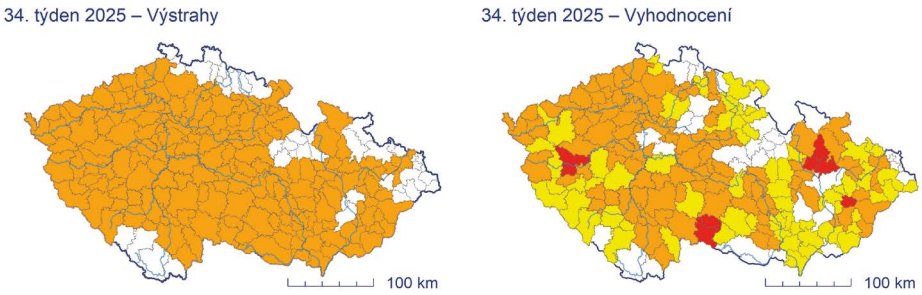
Závěr roku 2024 byl znovu využit k vyhodnocení systému v roce 2024. Pro ukázku jeho fungování v tomto období velmi dobře posloužily týdny na přelomu srpna a září 2024. Nejdříve se vlivem velmi teplého a suchého počasí prohlubovalo sucho v týdnech 35 (obr. 4) a 36 (obr. 5). Toto sucho bylo ale později velmi rychle ukončeno již zmiňovanými mimořádnými srážkami. Pro 37. týden roku už žádná výstraha vydána nebyla, což se ukázalo jako správné rozhodnutí, protože předpověď srážek vyšla velmi dobře.



Obr. 4 Vlevo: výstraha na sucho v povrchových vodách, oranžově; vpravo: skutečně naměřená data (pro 35. týden roku 2024), žlutě podkročení Q_{330d}, oranžově Q_{355d} a červeně Q_{364d}.
Fig. 4. Left: surface water drought warning, in orange; right: observed data (for week 35 in 2024), flow under-range Q_{330d} in yellow, Q_{355d} in orange and Q_{364d} in red.



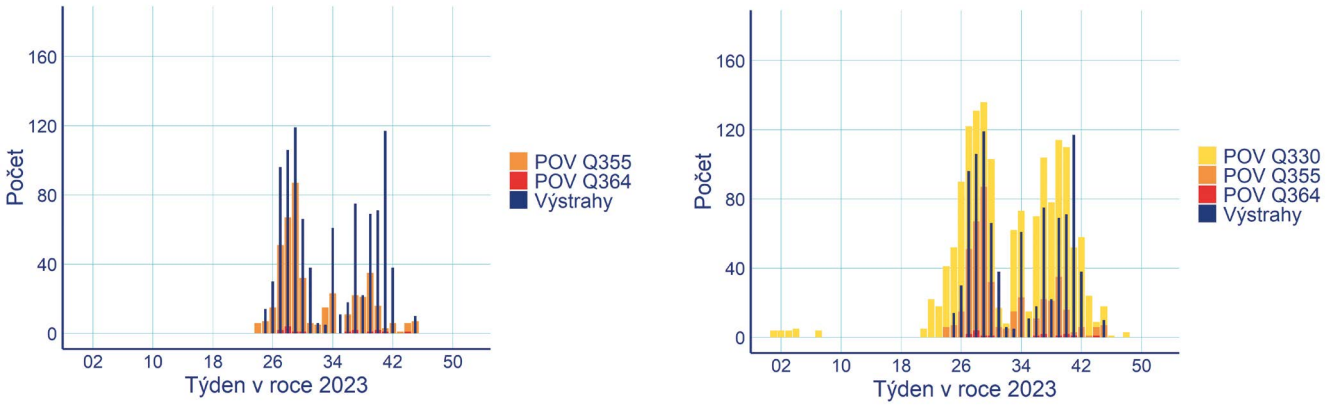
Obr. 5 Vlevo: výstraha na sucho v povrchových vodách, oranžově; vpravo: skutečně naměřená data (pro 36. týden roku 2024), žlutě podkročení Q_{330d}, oranžově Q_{355d} a červeně Q_{364d}.
Fig. 5. Left: surface water drought warning, in orange; right: observed data (for week 36 in 2024), flow under-range Q_{330d} in yellow, Q_{355d} in orange and Q_{364d} in red.



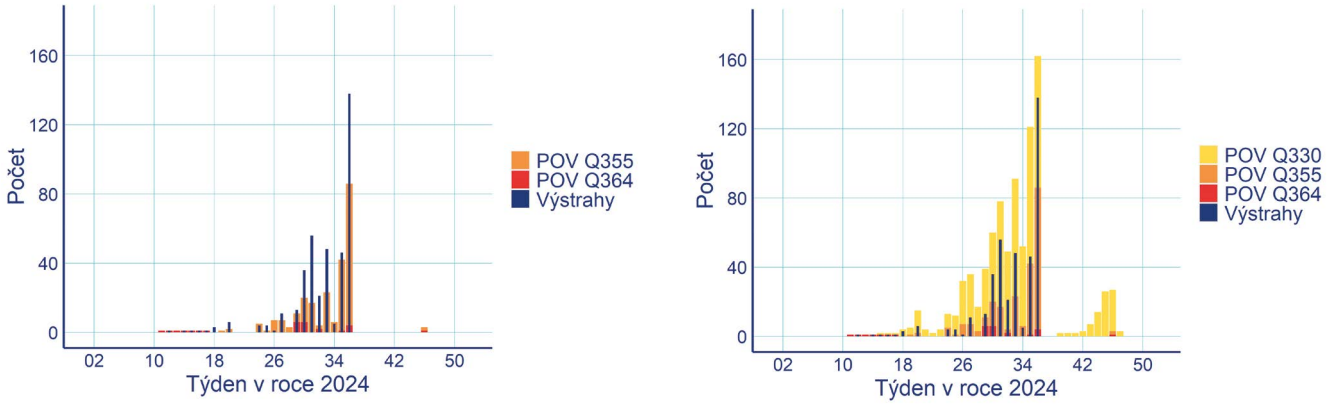
Obr. 6 Vlevo: výstraha na sucho v povrchových vodách, oranžově; vpravo: skutečně naměřená data (pro 34. týden roku 2025), žlutě podkročení Q_{330d}, oranžově Q_{355d} a červeně Q_{364d}.
Fig. 6. Left: surface water drought warning, in orange; right: observed data (for week 34 in 2025), flow under-range Q_{330d} in yellow, Q_{355d} in orange and Q_{364d} in red.

Rok 2025 byl charakteristický tím, že zimní období bylo ukončeno poměrně brzy, stejně tak sníh z horských a podhorských poloh rychle odtál. Už v průběhu jarního období se proto řada vodních toků pohybovala velmi blízko stavu sucha. Většinou ale nedocházelo k podkročení této úrovně, takže přestože průtoky ve stanicích byly výrazně podprůměrné, výstrahy na sucho nebyly vydávány. Pravidelně však bylo upozorňováno, že je ke stavu sucha v povrchových vodách již velmi blízko. Výstrahy byly nakonec vydávány až od 25. týdne roku, jak je vidět z ukázky na obr. 9. Na obr. 6 je ukázka výstrahy a následného vyhodnocení pro 34. týden, kdy se sucho vyskytovalo na velké ploše území ČR.

Na následujících obrázcích 7, 8 a 9 je znázorněn průběh vydávání výstrah v letech 2023, 2024 a 2025, kdy už byl informační systém v plném provozu. Dlouhodobě je počet ORP, pro které je výstraha vydávána, mírně nadhodnocen oproti počtu skutečně vyhodnocených stavů sucha na jednotlivých referenčních profilech pro jednotlivé ORP. Toto nadhodnocení má však své důvody. Prvním z nich je snaha na sucho upozorňovat s dostatečným předstihem, tedy ideálně ještě dříve, než dojde k jeho plnému rozvoji. Někdy je tak varováno i pro ORP, kde se následně stav pohybuje pouze mezi Q_{330d} a Q_{355d}, případně je jen velmi těsně nad úrovní Q_{355d}. K tomu je však potřeba dodat, že výsledná hodnota (srovnávaná s Q_{355d} či

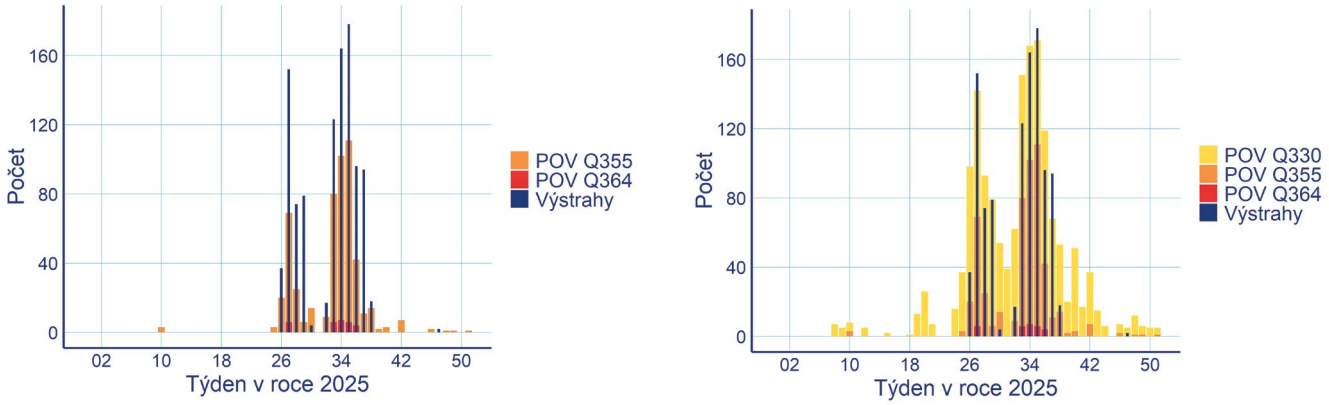


Obr. 7 Počet výstrah na sucho v povrchových vodách pro jednotlivé ORP v průběhu všech týdnů v roce 2023 v porovnání se skutečným počtem ORP se stavem sucha (vlevo); porovnání s celkovým počtem výskytů pod kvantily Q_{364d}+Q_{355d}+Q_{330d} v ORP (vpravo).
Fig. 7. Number of surface water drought warnings for individual MEPs throughout 2023, compared with the actual number of MEPs where drought conditions were observed (left), and with the total number of MEPs with occurrences below quantiles Q_{364d}+Q_{355d}+Q_{330d} (right).



Obr. 8 Počet výstrah na sucho v povrchových vodách pro jednotlivé ORP v průběhu všech týdnů v roce 2024 v porovnání se skutečným počtem ORP se stavem sucha (vlevo); porovnání s celkovým počtem výskytů pod kvantily Q_{364d}+Q_{355d}+Q_{330d} v ORP (vpravo).

Fig. 8. Number of surface water drought warnings for individual MEPs throughout 2024, compared with the actual number of MEPs where drought conditions were observed (left), and with the total number of MEPs with occurrences below quantiles Q_{364d}+Q_{355d}+Q_{330d} (right).



Obr. 9 Počet výstrah na sucho v povrchových vodách pro jednotlivé ORP v průběhu všech týdnů v roce 2025 v porovnání se skutečným počtem ORP se stavem sucha (vlevo); porovnání s celkovým počtem výskytů pod kvantily Q_{364d}+Q_{355d}+Q_{330d} v ORP (vpravo).

Fig. 9. Number of surface water drought warnings for individual MEPs throughout 2025, compared with the actual number of MEPs where drought conditions were observed (left), and with the total number of MEPs with occurrences below quantiles Q_{364d}+Q_{355d}+Q_{330d} (right).

Q_{330d}) na referenční stanici je dána průměrem za celý poslední týden. Pokud tedy sucho nastane až v posledních dvou dnech příslušného týdne, výsledná hodnota může zůstat těsně nad Q_{355d}, i když už v příslušném profilu byl stav sucha podkročen.

Jak je patrné z obr. 7, 8 a 9, jednoznačně nejméně výstrah na sucho v povrchových vodách bylo vydáno v roce 2024, kdy se sucho rychle a výrazně prohlubovalo především až na přelomu srpna a září a následně bylo rychle ukončeno (obr. 8). V ostatních letech (obr. 7 a 9) bylo suchých period mezi 25. a 45. týdnem mnohem více. Grafy jsou prezentovány se stejnými měřítky pro všechny tři roky, aby bylo dobře patrné, ve kterém roce či období bylo vydáváno nejvíce, případně nejméně, výstrah.

4. Informace o suchu v podzemních vodách – vyhodnocení

4.1 Vývoj

Pro Informační systém ČHMÚ o stavu a vývoji sucha v podzemních vodách byl vytvořen soubor objektů z monitorovací sítě podzemních vod. Výběr objektů byl podmíněn splněním následujících kritérií: i) objekt leží na území ORP, ii) ze zastižených zvodní sleduje tu nejvýznamnější, iii) má souvislé pozorování alespoň od roku 1991 (jen výjimečně kratší řadu). Těmito objekty jsou ve vodohospodářsky významných strukturách (pánevní oblasti apod.) hluboké vrty, na ostatním území pak mělké vrty, v menší míře také prameny (v případě absence vhodného vrtu; viz tab. 1).

V současném systému je pro každou ORP vydána výstraha o nebezpečí vzniku a vývoji sucha, je-li splněno následující kritérium: průměrná týdenní výška hladiny ve vrtu, resp. vydatnost pramene, se u alespoň jednoho objektu, přiřazeného danému ORP, nachází pod úrovní 95% kvantilu křivky překročení za referenční období 1991–2020. Princip alespoň jednoho objektu vychází z prvních pokusů hodnotit sucho v plošném rozlišení ORP již v roce 2016 a hodnocení výstrah v letech 2022–2025 se jím řídí. Na toto hodnocení byl adaptován stávající systém pro zpracování režimových informací pro periodické zprávy o hydrometeorologické situaci (týdenní, měsíční, roční) s tím rozdílem, že podobně jako u povrchových vod je použit konstantní roční limit (pro podzemní vody 95% kvantil křivky překročení; Vlnas 2015).

Tab. 1 Počet objektů podzemních vod pro hodnocení jednotlivých ORP (princip alespoň jednoho objektu) podle typu (hluboké vrty, mělké vrty, prameny) a souhrnně (může zahrnovat smíšený typ).
Table 1. The number of groundwater objects used to assess individual MEPs (following the principle of at least one object) by type (deep boreholes, shallow boreholes, springs) and in total (which may include mixed types).

Počet objektů v ORP	ORP s hlubokými vrty	ORP s mělkými vrty	ORP s prameny	Počet ORP
1	50	81	5	112
2	5	51	1	59
3	1	13	0	16
4	0	8	0	10
5	0	4	0	5
6	0	3	0	2
7	0	1	0	2

Hlavní rozdíly v principu hodnocení ORP a hodnocením stavu podzemních vod v periodických zprávách jsou tedy následující: i) konstantní limit, ii) hodnocení je založeno na jednotlivých objektech, zatímco v periodických zprávách jsou plošné jednotky (skupiny povodí, dílčí povodí, ČR) reprezentovány pomocí jedné standardizované proměnné pro všechny objekty v daném regionu. Při rozsáhlejších plošných jednotkách (skupiny povodí, dílčí povodí, ČR) je takové řešení přirozené a robustní. V jednotkách s malou plochou (ORP), kdy jednotku reprezentuje často jen jeden objekt, je však takový postup zranitelný. Z tab. 1 je zřejmé, že naprostá většina ORP je hodnocena na základě jednoho (112 ORP) či dvou (59 ORP) objektů. Pouze 15 ORP z celkového počtu 206 ORP je hodnoceno pomocí čtyř nebo pěti objektů. Více objektů k hodnocení mají pouze 2 ORP, Písek (7 mělkých vrtů) a Pardubice (6 mělkých a 1 hluboký vrt). Zranitelnost tohoto řešení při malém počtu objektů tkví především v možné dočasné absenci dat (chyba data loggeru, chyba dálkového přenosu dat), ale je také spjata se závislostí na režimu (kolísání) jedné či dvou řad, které navíc mohou pocházet z různých typů objektů (hluboké vrty, mělké vrty, prameny). Naopak při pěti objektech v ORP je sice menší nebezpečí výpadku dat, ale platí, že je téměř pětkrát větší pravděpodobnost, že jeden z objektů klesne pod limit pro výstrahu.

Hodnocení je nastaveno na automatický provoz, kdy je každé úterý dopoledne vyhodnocena aktuální situace a na oddělení hydrologických předpovědí odeslán soubor s plošným rozlišením na ORP s výstrahou. Jeho obsah je sloučen s výstrahou za povrchové vody a poslán do systému HAMR. Během podzimu 2022 proběhlo odladění automatického provozu vyhodnocení. Objekty podzemních vod, používané pro vydání výstrah, které dosud disponovaly záznamovým měřicím zařízením, příp. manuálním měřením, byly během roku osazeny měřicím zařízením s dálkovým přenosem do operativní databáze. Podrobněji je metodika popsána v článku Pechy et al. (2022). Hodnocení sucha je také tématem konferenčního příspěvku Vlnase a Lamačové (2022).

4.2 Vyhodnocení provozu

Na přelomu let 2025 a 2026 bylo vyhodnoceno dosavadní vydávání výstrah v rámci Informačního systému o stavu a vývoji sucha. Zhruba do poloviny roku 2023 bylo zřejmé, že výstrahy jsou generovány převážně suchem v podzemních vodách (obr. 10). To bylo způsobeno několika faktory: i) podzemní vody mají méně přísný limit než povrchové – podlimitní je tedy větší množství hodnot, ii) hluboké vrty mají víceletý režim – některé vrty mohou být podlimitní po většinu roku, iii) nevhodně zvolený objekt – objekt s dlouhodobým klesajícím trendem. S ohledem na dostupnou délku časových řad a s tím související přesnost statistického vyhodnocení není vhodné dále zpřísňovat limit (95% kvantil) pro výstrahu. Přesto byl v následujících letech testován vliv snížení limitu pro výstrahu na četnost vydaných výstrah. Víceletý režim hlubokých vrtů bohužel odpovídá realitě. Některé nevhodně zvolené objekty byly v navazujících letech nahrazeny jinými, u jiných ORP však vhodnější objekty v monitorovací síti nejsou k dispozici.

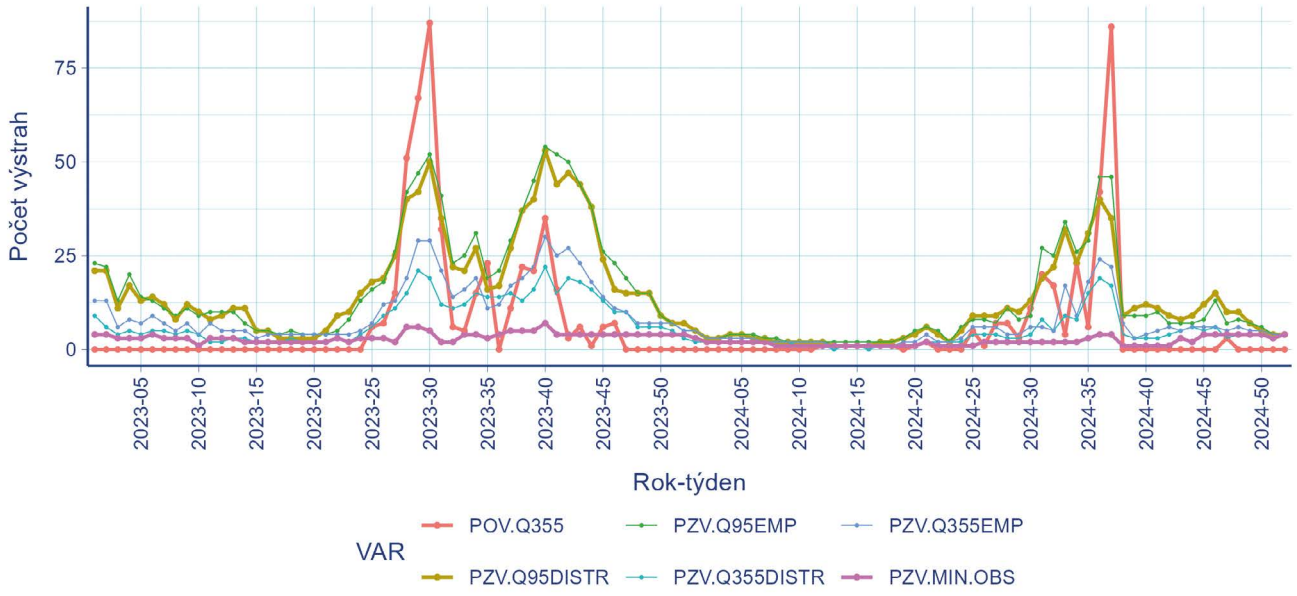
Dalším faktorem, který může mít vliv na četnost vydávání výstrah, je způsob vyhodnocení dat. Ve verzi vyhodnocení výstrah během let 2022–2023 (ale i v dalších letech) byla měřená data prokládána teoretickou distribuční funkcí. Použití empirické distribuční funkce v oblasti minim mimo pozorovaná data bylo dosud problematické s ohledem na nutnou extrapolaci dat mimo rozsah hodnot měřených za referenční období. Z toho důvodu byla testována varianta vyhodnocení s využitím extrapolační aproximační funkce approxExtrap (Harrell Jr. 2026). Toto řešení by vedlo naopak k mírnému zvýšení četnosti výstrah. Na druhou stranu se po vyhodnocení celého roku 2023 ukázalo, že výstrah v podzemních vodách není vydáváno výrazně více než ve vodách povrchových (tak tomu bylo jen v 1. půlroce), jen kolísání během roku není u podzemních vod tak dynamické, jako je tomu u vod povrchových. To je však očekávatelné chování podzemních vod jako systému s dlouhou pamětí (vysoká autokorelace).

Dále byl testován vliv snížení limitu pro výstrahu ze současného 95% kvantilu hladiny vody ve vrtu nebo vydatnosti pramene na minimum za referenční období 1991–2020. Toto řešení by sice přineslo výrazné snížení počtu výstrah, ale je natolik extrémní, že dále slouží spíše pro referenci s ostatními variantami vyhodnocení (obr. 10).

Během roku 2024 byly testovány i jiné varianty limitu pro výstrahu v podzemních vodách než 95% kvantil (Q95.DISTR a Q95.EMP) za účelem kompatibility řešení povrchových a podzemních vod. Rozšíření spočívalo ve zpracování a vyhodnocení limitu, který statisticky odpovídá Q_{355d} (ve variantě teoretické Q355.DISTR a empirické Q355.EMP funkce), tzn. kvantilu 97,5 %. Jak již bylo uvedeno výše, takto nízký kvantil s sebou nese riziko nepřesného odhadu průběhu rozdělení v oblasti minim. Limit Q_{355d} by vedl ke snížení četnosti výstrah v obou variantách (ve variantě empirické a teoretické funkce), limit odpovídající minimální hladině by pak výskyt výstrah téměř anuloval (obr. 10).

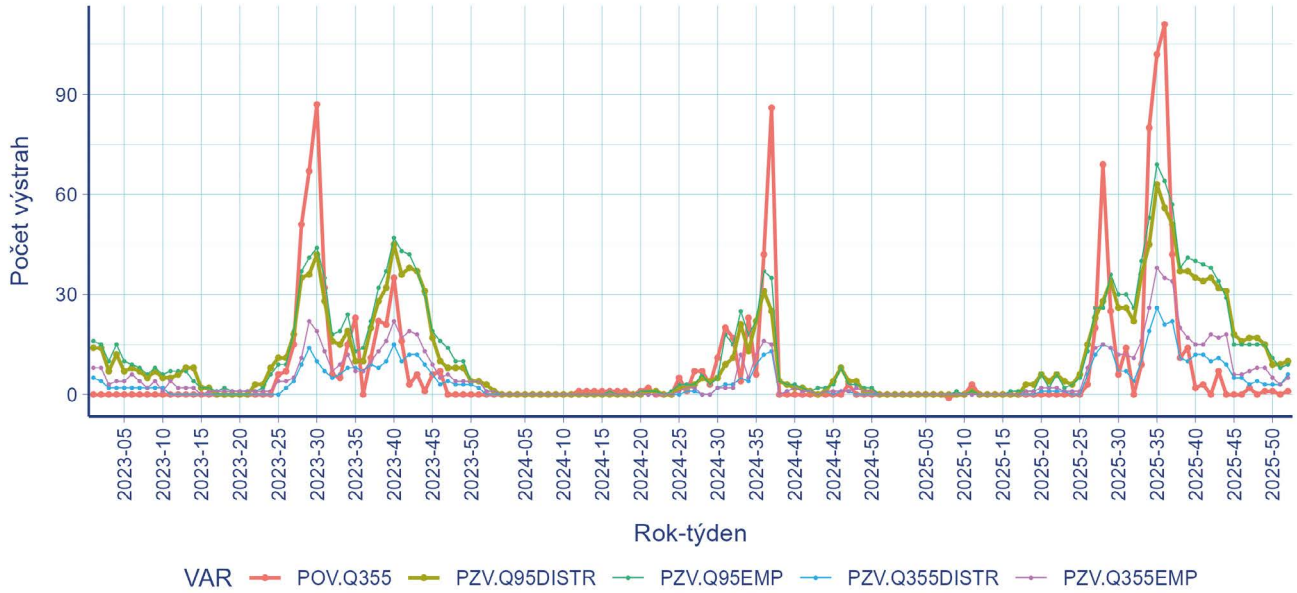
Při vyhodnocení celého období 2023–2024 bylo zřejmé, že rozdíl mezi počtem výstrah pro povrchové a podzemní vody není až tak zásadní. Jak je uvedeno v části věnované metodologii, v povrchových vodách je v určitých situacích vydávání výstrah omezeno. V zimním období se výstrahy vydávají pouze tehdy, pokud stav sucha pokračuje od podzimu a v povodí neleží dostatečné množství sněhu. Dále se také nereflektuje pokles průtoků pod limit pro výstrahu v případě dlouhodobých mrazů, kdy často dochází k ovlivnění. Pokud bychom podobně omezili vydávání výstrah v podzemních vodách v chladné části roku, počet výstrah by ještě výrazně poklesl.

V roce 2025 byly objekty s dlouhodobým podkročením limitu (20 a více výstrah ročně) ve větší míře nahrazeny vhodnějšími objekty, v řadě případů to však nebylo možné z důvodu řídké monitorovací sítě. Na konci roku 2025 byly vyhodnoceny



Obr. 10 Počet výstrah pro ORP v období 2023–2024. Povrchové vody: POV.Q355 (výskyty v ORP pod kvantilem Q_{355d}), podzemní vody: PZV.Q95DISTR (současná varianta), PZV.Q95EMP (empirická funkce s extrapolací), PZV.Q355DISTR (limit Q_{355d} podle teoretické distribuční funkce), PZV.Q355EMP (limit Q_{355d} podle empirické funkce), PZV.MIN.OBS (limit odpovídající minimu pozorování za referenční období 1991–2020).

Fig. 10. Number of drought warnings for MEPs in the period 2023–2024. Surface water: POV.Q355 (occurrences in MEPs below quantile Q_{355d}); groundwater: PZV.Q95DISTR (current variant), PZV.Q95EMP (empirical function with extrapolation), PZV.Q355DISTR (Q_{355d} threshold based on theoretical distribution), PZV.Q355EMP (Q_{355d} threshold based on empirical function), PZV.MIN.OBS (threshold corresponding to the observed minimum for the reference period 1991–2020).



Obr. 11 Počet výstrah pro ORP v období 2023–2025. Povrchové vody: POV.Q355 (výskyty v ORP pod kvantilem Q_{355d}), podzemní vody: PZV.Q95DISTR (současná varianta), PZV.Q95EMP (empirická funkce s extrapolací), PZV.Q355DISTR (limit Q_{355d} podle teoretické distribuční funkce), PZV.Q355EMP (limit Q_{355d} podle empirické funkce).

Fig. 11. Number of drought warnings for MEPs in the period 2023–2025. Surface water: POV.Q355 (occurrences in MEPs below quantile Q_{355d}); groundwater: PZV.Q95DISTR (current variant), PZV.Q95EMP (empirical function with extrapolation), PZV.Q355DISTR (Q_{355d} threshold based on theoretical distribution), PZV.Q355EMP (Q_{355d} threshold based on empirical function).

všechny varianty limitu pro výstrahy s použitím tohoto nového výběru objektů. Samotný upravený výběr objektů vedl ke snížení počtu výstrah. Z výsledků srovnání v delším časovém horizontu je dále dobře patrné, že používaný limit pro výstrahu (Q95DISTR) je vhodné zachovat.

Když porovnáme v současnosti používané limity v povrchových (POV.Q355) a podzemních (PZV.Q95DISTR) vodách v období od začátku provozu systému, dojdeme k 1 212 zaznamenaným podkročením v povrchových vodách a k 1 715 v podzemních vodách (obr. 11, tab. 2). Reálně vydaných výstrah v povrchových vodách pak bylo za celé období celkem 2 407. V podzemních vodách by bylo při omezení vydávání výstrah v chladné části roku pouze 1 029 výstrah.

Tab. 2 Počet výstrah v období 2023–2025. 'VO' značí výsledky PZV bez výstrah v chladné části roku.
Table 2. Number of warnings during 2023–2025. 'VO' indicates PZV results excluding warnings in the cold period.

	POV			PZV			
	Q355	VYSTRAHA		Q95DISTR	Q95EMP	Q355DISTR	Q355EMP
VYSTR.2023_2025	1212	2407		1715	1896	549	847
VYSTR.2023_2025.VO	–	–		1029	1153	348	514

Pokud bychom naopak v rámci povrchových vod přistoupili na podobný režim jako u podzemních vod, tzn. vydávání výstrah pouze dle aktuálních dat a bez reakce na očekávané počasí v nejbližším týdnu (snaha o co nejčasnější podchycení nedostatku vody) a bez snahy vydávat výstrahy pro alespoň trochu ucelené oblasti, dostali bychom se na velmi podobný počet výstrah (POV.Q355 – 1212, PZV.Q95DISTR – 1029).

5. Informace o souhrnném hydrologickém suchu

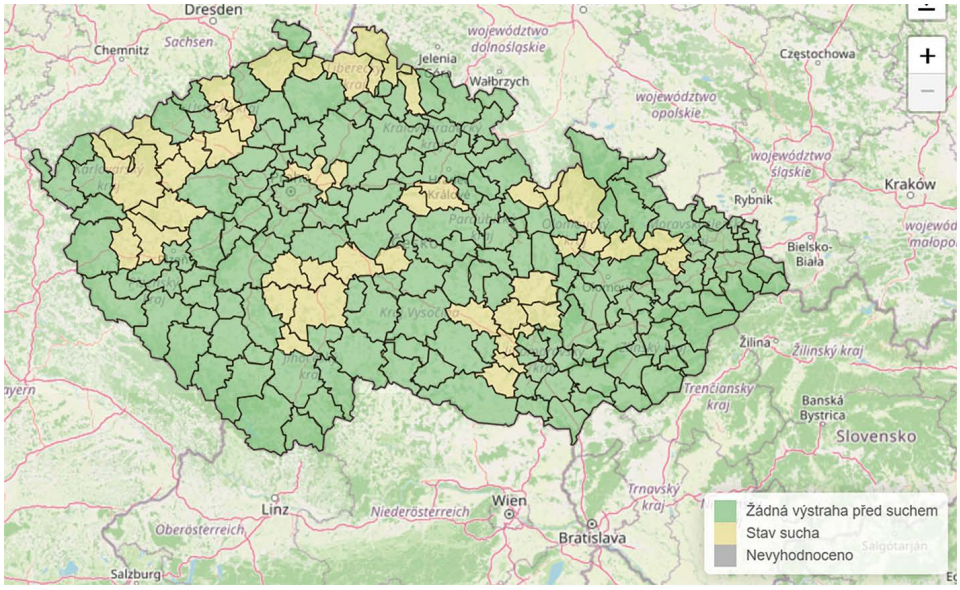
Všechny pravidelně vydávané výstrahy na hydrologické sucho jsou ukládány a vyhodnocovány a jsou dostupné na stránkách projektu HAMR na odkaze https://hamr.chmi.cz/hamr-JS/vystraha.html. Lze zde dohledat nejen kompletní historii výstrah na hydrologické sucho, ale i historii zaměřenou pouze na sucho v povrchových či v podzemních vodách, a to od září roku 2022 až do současnosti.

Při zvolení pouze povrchových vod se lze dostat k historii vydaných výstrah pouze v povrchových vodách, viz obr. 12. Zde je navíc možné zaškrtnout políčko „Průměrná vodnost v minulém týdnu", kde je archiv vyhodnocení reálného stavu sucha v povrchových vodách v příslušném týdnu. Velmi dobře lze následně vyhodnotit, jestli vydaná výstraha pro příslušný týden odpovídala skutečnosti, nebo nikoliv, případně, ve kterém regionu byla zaznamenána největší odchylka, viz obr. 13.

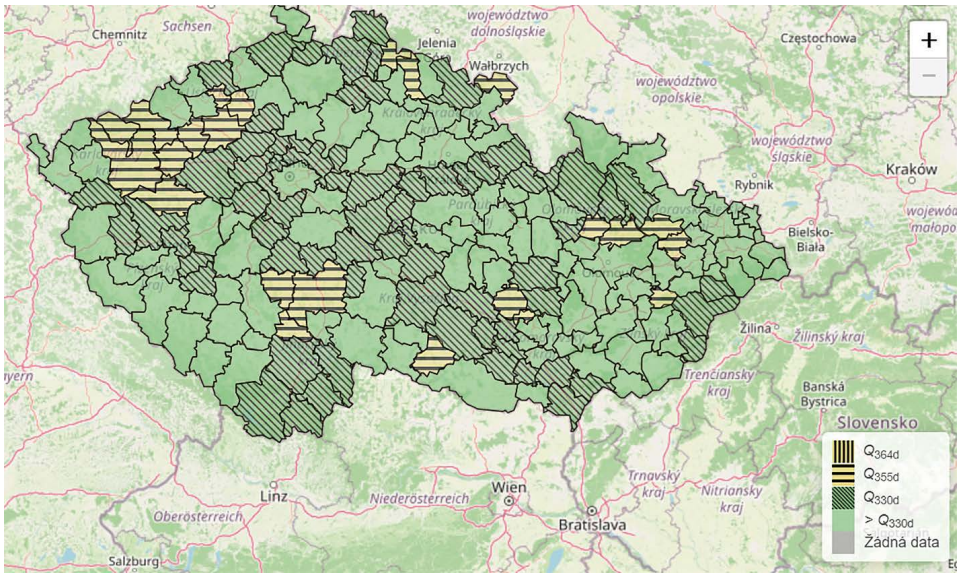
6. Diskuse a závěr

Předkládaný článek prezentuje zkušenosti z operativního provozu informačního (výstražného) systému pro sledování a predikci hydrologického sucha na území ČR v období 2023–2025. Zavedený systém umožňuje systematické a včasné informování o stavu a očekávaném vývoji sucha na úrovni obcí s rozšířenou působností a představuje důležitý nástroj pro podporu rozhodovacích procesů při zvládání sucha.

V letech 2023 až 2025 bylo již vydávání výstrah na hydrologické sucho součástí rutinního provozu Oddělení hydrologických předpovědí v Praze-Komořanech. Do vydávání výstrah na sucho v povrchových vodách byly postupně zapojeny i jednotlivé pobočky ČHMÚ, protože přispívají znalostí místních podmínek a jednotlivých poměrů na menších vodních tocích. Stejně tak



Obr. 12 Ukázka vydané výstrahy na vybraný týden.
Fig. 12. Example of a warning issued for a selected week.



Obr. 13 Skutečně naměřená data v jednotlivých ORP v příslušném týdnu pro potřeby vyhodnocení výstrahy.
Fig. 13. Observed data in individual MEPs for the respective week used for evaluation.

se již od průběhu sezony 2023 přihlíží i k malým vodním tokům v okolí referenčních stanic, protože za určitých situací tato data výrazně pomohou v rozhodovacím procesu.

Zejména v letním období se stává, že měření na některých referenčních vodních tocích je ovlivněno (například zarůstáním koryta), a tudíž data z těchto stanic přechodně není možno využívat. Je pak nutno využít okolních stanic, které jsou aktuálně online k dispozici a měření na nich ovlivněno není, případně i konzultací s odborníky z daného regionu. V zimním období jsou některé vodní toky ovlivněny ledovými jevy. Velmi důležité je pravidelně kontrolovat a proměřovat jednotlivé malé vodní toky a upravovat příslušné měrné křivky.

Vyhodnocení provozu ukazuje, že systém je schopen s dobrou spolehlivostí identifikovat oblasti ohrožené suchem, a to jak v povrchových, tak podzemních vodách. Zároveň se potvrdilo, že mírné nadhodnocení rozsahu výstrah je z hlediska principu včasného varování žádoucí. Mezi hlavní nejistoty celého systému patří nejistoty meteorologických předpovědí pro výstrahy na sucho v povrchových vodách, zejména v letním období s výskytem lokálních srážek, a dále také specifika hodnocení podzemních vod s jejich výraznou setrvačností.

V podzemních vodách je v současné době testována varianta, kdy každou ORP reprezentují i další vhodné objekty (vrty, prameny) mimo vlastní území ORP. Tato varianta se skupinami objektů (s replikací vhodných objektů napříč sousedními ORP) do značné míry eliminuje řídkou monitorovací síť, je výpočtově robustnější, takže je i více plošně konzistentní (ORP s vyhodnocenou výstrahou mají tendenci vytvářet souvislejší celky namísto roztroušených ORP) a více odpovídá logice sucha jako jevu, který se vyskytuje v rozsáhlé ploše.

Získané poznatky z doby provozu systému vedly k dílčím úpravám metodiky, zejména ve smyslu větší regionalizace predikcí, zapojení regionálních pracovišť a lepšího využití dat z menších vodních toků či sousedních profilů. Do budoucna se počítá s dalším zpřesněním predikčních přístupů, rozvojem automatizace vyhodnocení a integrací nových datových zdrojů.

Jako významný směr dalšího rozvoje se jeví rozpracování a zpřesňování místních směrodatných limitů, které již jsou v systému zakomponovány, avšak jejich praktické uplatnění je třeba dále rozvíjet a vyhodnocovat. Důležitým krokem bude zejména jejich důslednější provázání s plány pro zvládání sucha a se zpětným hodnocením toho, jak tyto limity v současném provozu skutečně fungují, jak odpovídají regionálním podmínkám a nakolik podporují rozhodování vodoprávních úřadů a komisí pro sucho. V tomto směru se jako podstatná jeví i potřeba lepší dostupnosti výstupů pro povolovací a operativní rozhodování, dalšího rozvoje uživatelského rozhraní systému a širšího sdílení dat a modelových výsledků prostřednictvím API a mapových služeb. Další směřování IS HAMR by proto nemělo spočívat pouze ve zpřesňování samotné predikce, ale také v průběžném ověřování a metodickém rozvoji těch prvků systému, které mají přímou vazbu na rozhodovací praxi při zvládání sucha a stavu nedostatku vody.

Informační systém představuje stabilní a funkční základ pro operativní opatření na zmírnění stavu sucha a případného nedostatku vody v ČR. Další rozvoj systému bude důležitý nejen s ohledem na pokračující klimatickou změnu a očekávaný růst průměrné teploty a variability hydrologických poměrů, ale také s ohledem na rostoucí požadavky na praktickou využitelnost dat a prognóz při správě vodních zdrojů. Perspektivou dalšího vývoje proto není pouze přesnější identifikace hydrologického sucha, ale také vytvoření robustního, uživatelsky přístupného a rozhodovací praxi skutečně podpůrného systému, který bude schopen lépe reagovat na regionální specifika, ale i potřeby krizového a vodohospodářského managementu.

Poděkování:

Tento výzkum byl částečně financován Technologickou agenturou České republiky v rámci programu „Prostředí pro život“ (Program aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti životního prostředí), projektu PERUN (SS02030040) – Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (https://www.perun-klima.cz/).

Literatura:

BRÁZDIL, R., ZAHRADNÍČEK, P., DOBROVOLNÝ, P., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., 2021. Observed changes in precipitation during recent warming: The Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology*, Vol. **41**, No. 7, s. 3881–3902. ISSN 0899-8418, 1097-0088. Dostupné z: https://doi.org/10.1002/joc.7048.

ČHMÚ, 2018. Suché období 2014-2017: vyhodnocení, dopady a opatření. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-81-3.

ČHMÚ, 2019. Sucho 2014–2018: sborník abstraktů. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-91-2.

DAŇHELKA, J., KUBÁT, J., ŠERCL, P. (eds.), 2019. Sucho na území České republiky v roce 2018. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-98-1.

GUILLORY, L., PUDMENZKY, C., NGUYEN-HUY, T., COBON, D., STONE, R., 2023. A drought monitor for Australia. *Environmental Modelling & Software*, Vol. **170**, Article No. 105852. ISSN 1364-8152. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105852.

HARRELL Jr., F., 2026. Hmisc: Harrell Miscellaneous. Dostupné z: https://doi.org/10.32614/CRAN.package.Hmisc, R package version 5.2-5, https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc.

MZE, MŽP, 2024. Plán pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody pro území České republiky. Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí, Praha. Dostupné z: https://heis.vuv.cz/projekty/plansuchocrver/.

PECHA, M., ČEKAL, R., LEDVINKA, O., LAMAČOVÁ, A., VLNAS, R. et al., 2022. Informační systém o stavu a vývoji sucha na území České republiky. *Meteorologické zprávy*, roč. **75**, č. 6, s. 165–169. ISSN 0026-1173.

VICENTE-SERRANO, S. M., BEGUERÍA, S., LÓPEZ-MORENO, J. I., 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*. Vol. **23** No. 7, s. 1696–1718. ISSN 0894-8755, 1520-0442. Dostupné z: https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1.

VLNAS, R., 2015. Metodika pro stanovení mezních hodnot indikátorů hydrologického sucha. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v. v. i. 18 s.

VLNAS, R., LAMAČOVÁ, A., 2022. Vliv sucha na podzemní vody. In: *Hydrologické vyhodnocení sucha v povodí Labe v roce 2018* [online]. Magdeburk: Mezinárodní komise pro ochranu Labe. s. 52–63. ISBN 978-3-910400-01-6. Dostupné z: https://www.ikse-mkol.org/fileadmin/media/user_upload/CZ/06_Publikace/02a_Sucho/2022_MKOL-Sucho-2018.pdf.

ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., 2021. Reflections of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology*, Vol. **41**, No. 2, s. 1211–1229. ISSN 0899-8418, 1097-0088. Dostupné z: https://doi.org/10.1002/joc.6791.

Lektoři (Reviewers):
Ing. Karel Březina, Ing. Josef Reidinger