

Výstražný systém na suchu a místní směrodatné limity

ADAM VIZINA, PETR PAVLÍK, IRINA GEORGIEVOVÁ, MARTIN PECHA, MARTIN HANEL, MARTINA PELÁKOVÁ, MIROSLAV TRNKA, RADEK ČEKAL, EVA MELIŠOVÁ, RADEK VLNAS

Klíčová slova: sucho – hydrologické sucho – povrchové vody – podzemní vody – výstraha – predikce – změna klimatu – nedostatek vody – informační systém HAMR (IS HAMR) – projekt „PERUN“

ABSTRAKT

Sucho a povodně jsou extrémní hydrologické jevy, jež v současnosti s rostoucími dopady klimatických změn získávají na četnosti a mohou významně ovlivnit naše životy. V rámci výzkumného projektu „PERUN“ se vyvíjí hodnocení stavu a vývoje sucha v České republice (ČR) a inovace výstražného systému Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Sucho je přirozený jev charakterizovaný postupným nástupem, dlouhodobým trváním a malou dynamikou, který vyžaduje specifický přístup. Novela zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (Vodní zákon), zavádí povinnost pravidelného informování o suchu a zavedení předpovědní služby, kterou má provádět ČHMÚ. Vytvářejí se nástroje pro dlouhodobou predikci stavu vodních zdrojů a metodika plánů pro řešení sucha a nedostatku vody. Plány mají zajistit oddálení nedostatku vody, ochranu životního prostředí a minimalizaci ekonomických dopadů. Orgánem s rozhodovací pravomocí je Komise pro sucho, jež koná na úrovni krajů, případně na úrovni ČR. Výstražné informace jsou dostupné na webovém portálu HAMR, který zobrazuje i místní směrodatné limity pro jednotlivé vodní zdroje.

ÚVOD

Sucho a povodně jsou extrémní hydrologické jevy, jež představují přirozenou součást našeho životního prostředí. S ohledem na rostoucí dopady klimatických změn se však četnost těchto jevů zvyšuje a mohou významně ovlivňovat naše životy. Je nezbytné, abychom byli připraveni na změnu časového i plošného rozsahu extrémních hydrologických událostí, a mohli tak minimalizovat jejich negativní důsledky [1–4].

Sucho je považováno za přirozený jev a označuje se jím dočasný pokles dostupnosti vody. Je charakterizováno postupným nástupem, dlouhodobým trváním a malou dynamikou. Často se vyskytuje na rozsáhlých územích. Přestože okamžitá nebezpečnost sucha je ve srovnání s jinými hydrometeorologickými jevy minimální, informování o jeho stavu a vývoji vyžaduje průběžný specifický přístup.

Hlavním cílem výzkumného projektu „PERUN“ – Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku, který je spolufinancován s podporou Technologické agentury ČR, je vytvořit metodiku pro hodnocení stavu a vývoje sucha v ČR a inovovat výstražný systém ČHMÚ. Tato práce zahrnuje hodnocení sucha v povrchových i podzemních vodách tak, aby byly splněny požadavky novely Vodního zákona (zákonem č. 544/2020 Sb.).

Do roku 2021 neexistoval žádný oficiální systém výstrah, jenž by systematicky a pravidelně upozorňoval na vznik a další vývoj sucha v ČR. Novela Vodního zákona přinesla povinnost pravidelného informování o suchu a zavedení předpovědní služby. ČHMÚ musí podle této novely jasným a srozumitelným způsobem informovat kraje a obce s rozšířenou působností (ORP) o riziku vzniku a vývoje sucha. To pak umožní efektivní rozhodování o případných opatřeních. Pokud jde o prezentaci pro běžné uživatele, musí být tato informace začleněna ke stávajícím jevům, což je však kvůli specifické povaze tohoto jevu poněkud složité.

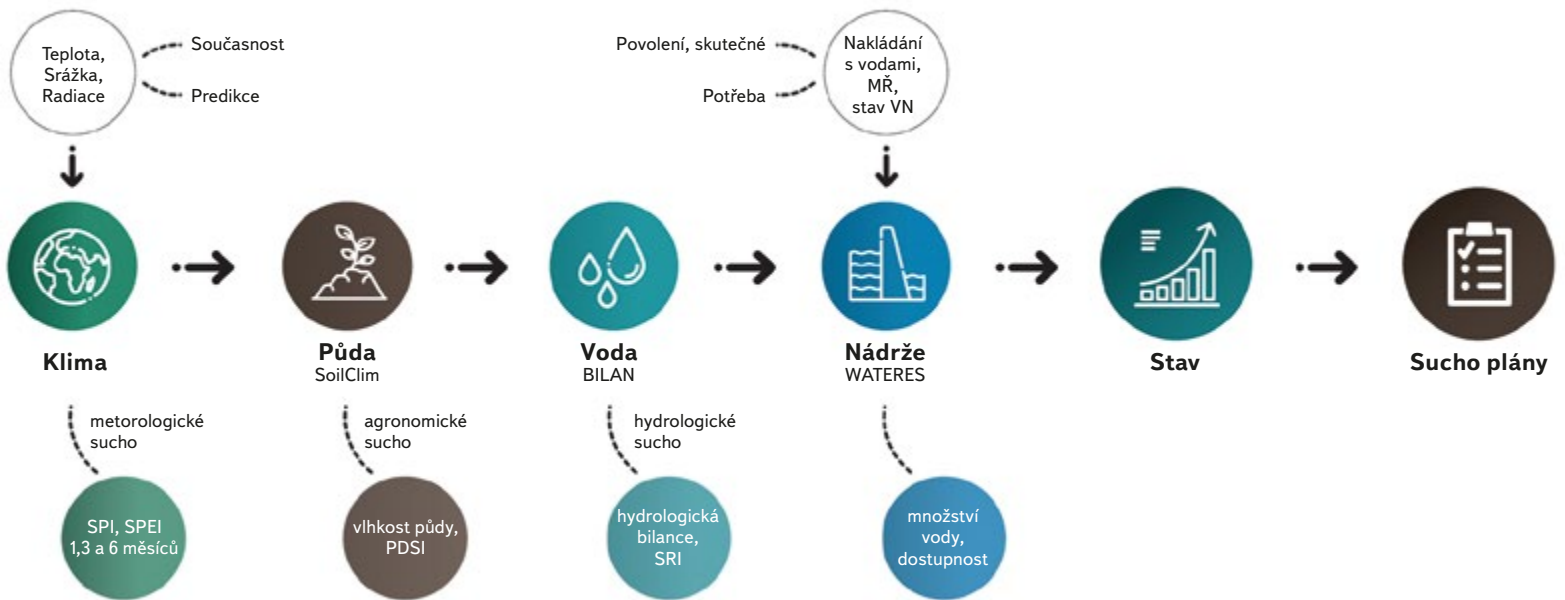
Podle již zmíněné novely Vodního zákona je v současnosti klíčovou výzkumnou činností vytváření nástrojů pro dlouhodobou predikci stavu vodních zdrojů a následná interpretace získaných dat při plánování opatření pro zvládnutí sucha a nedostatku vody. Ministerstvo zemědělství (MZe) a Ministerstvo životního prostředí (MŽP) vydala počátkem roku 2023 společnou metodiku [5], jež zahrnuje postupy při tvorbě plánů pro řešení sucha a nedostatku vody, zpracované na úrovni krajů. V průběhu roku 2023 vzniká plán národní. Cílem plánů je zajištění dostatku vody pro základní potřeby, ochrana životního prostředí před negativními dopady sucha a minimalizace ekonomických dopadů sucha a nedostatku vody. Plán obsahuje informace o identifikaci vodních zdrojů, rizik sucha a jejich možných dopadech. Hlavní část plánu obsahuje postupy pro zvládnutí sucha a opatření při nedostatku vody.

Orgán s rozhodovací pravomocí pro vydávání opatření na základě plánů pro sucho při stavu nedostatku vody je a bude Komise pro sucho. Jednání Komise pro sucho již na úrovni krajů probíhají a účastní se jich i zástupci ČHMÚ [6]. Výstražné informace jsou dostupné na portálu informačního systému HAMR [7], kde jsou také zobrazeny místní směrodatné limity [8].

METODIKA A MATERIÁL

HAMR

Vývoj systémového nástroje HAMR [9] financuje MŽP spolu s dalšími aktivitami zabývajícími se dopadem sucha, adaptačními opatřeními, monitoringem a klimatickými změnami (více na www.suchovkrajine.cz). Sucho se dělí na meteorologické, agronomické, hydrologické a socioekonomické. Z toho vychází samotný název systému HAMR (Hydrologie, Agronomie, Meteorologie, Retence), jehož schéma je znázorněno na *obr. 1*. Každá komponenta je reprezentována matematickým modelem založeným na fyzikálním základě (SoilClim [10], Bilan [11, 12] a Wateres [13]) a následně je hodnocena dle vypočtených indikátorů.



Obr. 1. Schéma systému HAMR
Fig. 1. Scheme of HAMR system

Pro hodnocení aktuálního stavu a zejména predikci vývoje sucha na území ČR byla v průběhu roku 2022 na ČHMÚ vytvořena metodika, jež zahrnuje predikce pro tři typy sucha: sucho v povrchových vodách, sucho v podzemních vodách a sucho hydrologické (sucho v podzemních i povrchových vodách). Jednotlivé typy sucha jsou identifikovány pro územní jednotky ORP [6].

Data pro výstražný systém

Pro hodnocení sucha v povrchových vodách bylo podle stanovených kritérií vybráno 135 referenčních vodoměrných profilů (z cca 520). Výběr referenčních profilů se řídil reprezentativností pro příslušný správní obvod ORP. Cílem bylo vybrat profily s menší plochou povodí, jež lépe vypovídají o odtokových poměrech daného ORP. Některé referenční profily leží na území okolních ORP, zejména kvůli menšímu pokrytí vodoměrnými profily s menší plochou povodí. Každému ORP je přiřazen jeden referenční vodoměrný profil, ideálně přímo v rámci daného ORP. Pokud v ORP není vhodný profil, je vybrán nevhodnější profil z blízkého okolí. Některé profily jsou tak reprezentativní pro více ORP, zejména v oblastech s řídkou říční sítí.

Při stanovování nebezpečí sucha v povrchových vodách se primárně vychází z údajů referenčního profilu přiřazeného k danému ORP. Nicméně jsou brány v úvahu také hodnoty z okolních referenčních profilů a neovlivněných profilů, zejména v hraničních situacích, kdy jsou hodnoty průměrných průtoků blízké úrovni 355denního průtoku (Q_{355d}) za období 1991–2020 [6].

Při hodnocení nebezpečí sucha v povrchových vodách se primárně vychází z údajů referenčního profilu přiřazeného danému ORP. Každý týden se zohledňují průměrné hodnoty vodnosti v referenčních vodoměrných profilech za poslední týden a aktuální hydrometeorologická situace. Pokud se předpokládá pokles průměrných denních průtoků na nebo pod úroveň Q_{355d} , je pro dané ORP indikováno nebezpečí sucha v povrchových vodách.

Výsledná informace o nebezpečí sucha v nadcházejícím týdnu v povrchových vodách pro příslušné ORP je pravidelně vytvářena v úterý odpoledne na základě syntézy výpočtů a očekávané hydrometeorologické situace. Tato predikce je následně zveřejněna na webových stránkách systému HAMR v sekci *Výstražné informace* v samostatné mapě s názvem „Povrchové vody“.

Pro hodnocení sucha v podzemních vodách se využívá monitorovací síť podzemních vod ČHMÚ, která zahrnuje 874 mělkých vrtů, 440 hlubokých vrtů a 317 pramenů. Mělké vrty měří úroveň podzemních vod v kvartérních sedimentech s volnou hladinou, zatímco hluboké vrty měří úroveň podzemních vod podložních struktur bez vlivu povrchových útvarů. Vývěry pramenů představují přirozený odtok podzemních vod.

Pro hodnocení sucha byl vybrán soubor 332 objektů, z nichž 251 jsou mělké vrty, 75 jsou hluboké vrty a šest jsou prameny. Při výběru objektů bylo zohledněno umístění v rámci ORP a sledovaná zvědeň [6]. Většina objektů je sledována od roku 1991. Každé ORP má alespoň jeden přiřazený objekt, a pokud nebyl nalezen vhodný objekt na území ORP, byl vybrán nejbližší objekt sledující stejnou hydrogeologickou strukturu. Pro hodnocení sucha je rozhodující průměrná týdenní hladina ve vrtu nebo průměrná týdenní vydatnost pramene. Pokud hodnota alespoň u jednoho objektu spadá pod 95% kvantil za referenční období, je indikováno nebezpečí sucha v podzemních vodách ORP. Hodnocení probíhá každé pondělí a výsledky jsou zveřejněny ve středu v mapě „Podzemní vody“ v systému HAMR.

Místní směrodatné limity

Místní směrodatné limity (MSL) pro vodní zdroje k přípravě plánů pro zvládnání sucha a nedostatku vody [14] doplňují *Metodiku k přípravě plánů pro zvládnání sucha a stavu nedostatku vody*, kterou vydaly MZe a MŽP v roce 2021. Plánování opatření ke zvládnání sucha a nedostatku vody je povinností krajských úřadů podle § 87c Vodního zákona, ve spolupráci s příslušnými správci povodí a ČHMÚ. MSL jsou stanoveny pro vodní zdroje, které jsou důležité pro daný kraj.

MSL je dosaženo, když existuje vysoká pravděpodobnost nedostatečné vydatnosti nebo jakosti vodního zdroje v souvislosti se suchem a zároveň je dostatečně dlouhé časové období, než zdroj již nebude schopen pokrýt potřeby uživatelů vody. MSL jsou analogií povodňových stupňů a slouží k operativní implementaci opatření ke zvládnání sucha. MSL mohou mít více hodnot během roku v souladu s hydrologickým cyklem a proměnlivými požadavky na vodní zdroje. Jsou odvozeny od okamžiku, kdy zdroj nedokáže plnit svou funkci v souvislosti se suchem, a to buď kvůli nedostatku vody, nebo nevyhovující jakosti.

MSL doplňují informaci o nebezpečí sucha poskytovanou ČHMÚ. Představují místní informaci o reakci konkrétního vodního zdroje na nepříznivou hydrologickou situaci. Metodika pro suché plány popisuje základní přístup k stanovení MSL a pracovní pomůcka [14] obsahuje příklady pro různé typy vodních zdrojů s různou úrovní podrobnosti vstupních dat. Cílem pracovní pomůcky bylo poskytnout tvůrcům plánů pro sucha možné přístupy a inspiraci při stanovování MSL pro strategické vodní zdroje kraje. Nemůže však zohlednit všechny skutečnosti v reálném prostředí, proto jednotliví zpracovatelé krajských plánů volili při stanovování MSL různé strategie, jež jsou popsány v samotných plánech. Stanovení MSL vodního zdroje mělo proběhnout ve spolupráci s konzultačním týmem, který zahrnuje provozovatele, uživatele vody, správce povodí, krajské úřady, zpracovatele plánů pro sucha a další relevantní subjekty, a to ve čtyřech krocích [14]:

- Výběr klíčových veličin se systematickým monitorováním fungování vodního zdroje během dlouhodobého sucha.
- Stanovení mezní úrovně této veličiny, která označuje vyčerpání disponibilního množství vody ve zdroji nebo limitu pro upravitelnost vody v souvislosti se suchem, při němž nelze zajistit všechny požadavky na vodu včetně environmentálních požadavků.
- Návrh časového předstihu pro dosažení MSL, což je období mezi vyčerpáním disponibilního množství vody ve zdroji či limitem pro upravitelnost vody a dosažením MSL.
- Odvození úrovně vybrané veličiny, která předchází vyčerpání disponibilního množství vody ve zdroji nebo limitu pro upravitelnost vody s přiměřeným časovým předstihem.

Data pro místní směrodatné limity většinou poskytuje ČHMÚ nebo samotní provozovatelé. Tato data jsou podkladem pro zobrazení MSL v systému HAMR a jsou dostupná na webových stránkách systému [8].

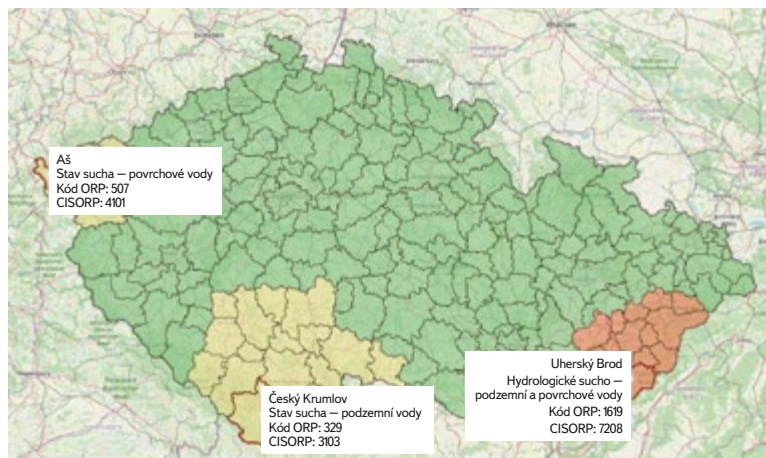
VÝSLEDKY

Výsledná informace (výstraha) o stavu a vývoji hydrologického sucha vzniká pravidelně v úterý odpoledne kombinací dat o obou typech sucha pro jednotlivá ORP a je vizualizována ve středu dopoledne v samostatné mapě v systému HAMR v sekci *Výstražné informace*. V případě, že žádný z uvedených typů sucha není indikován pro příslušnou ORP podle referenčních profilů, jsou tato ORP na výsledné informační mapě vybarvena zeleně. Pokud je indikován pouze jeden typ sucha, buď v podzemních, nebo povrchových vodách, jsou příslušná ORP vybarvena žlutě. Pokud je indikováno suché období ve vodách obou typů (podzemních i povrchových), je takové území ve výsledné informační mapě vybarveno oranžově (obr. 2). ORP je dále informováno e-mailem.

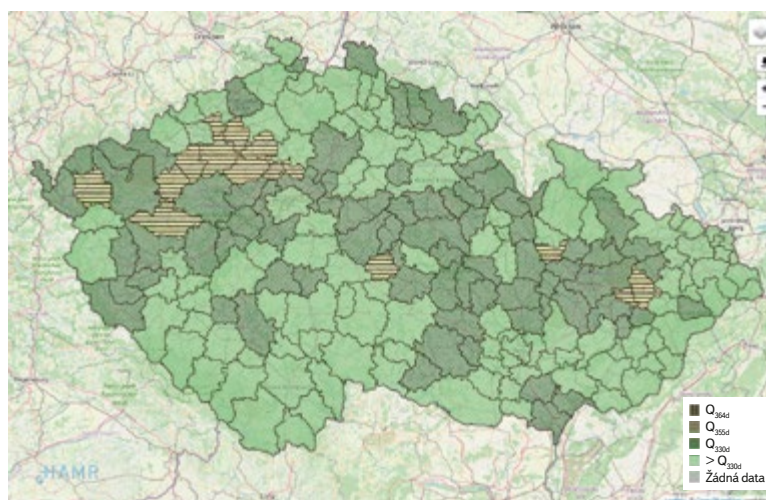
Jako doplněk k informačnímu systému byla vytvořena mapa (obr. 3) porovnávací průměrný sedmidenní průtok v referenčních vodoměrných profilech s M-denními průtoky pro nové referenční období 1991–2020 pro jednotlivá ORP. Tato doplňková mapa slouží jako indikátor možného dosažení úrovně stavu sucha (Q_{355d}) v blízké budoucnosti, zejména pokud se průměrný sedmidenní průtok pohybuje blízko úrovně 330denního průtoky (Q_{330d}).

Zároveň tato mapa jasně ukazuje, kde se nízké stavy povrchové vody prohloubily natolik, že průměrné sedmidenní vodnosti klesly až na úroveň Q_{364d} . Tato doplňková mapa je pravidelně vytvářena během úterního dne a nejpozději ve středu dopoledne zveřejněna v systému HAMR v sekci *Výstražné informace* a dále v sekci *Povrchové vody*, kde je možné vyhledat průměrné vodnosti za poslední týden.

Stanovené místní směrodatné limity jsou zobrazeny v aplikaci HAMR v mapovém okně, kde je indikován aktuální stav, tedy zda jsou MSL podkročeny, či nikoli. Aplikace zobrazuje MSL pro povrchové vody, podzemní vody a vodní nádrže, na nichž jsou MSL často stanoveny. V rámci systému je možné zobrazit také časové řady zvolených veličin, pokud jsou k dispozici. Aplikace pro MSL byla zprovozněna v září 2023 a je znázorněna na obr. 4.



Obr. 2. Ukázka predikce sucha na území České republiky pro jednotlivé ORP [6]
Fig. 2. Demonstration of drought prediction in the Czech Republic for Municipalities with Extended Powers [6]



Obr. 3. Ukázka doplňkové mapy průměrných sedmidenních vodností v porovnání s vybranými kvantily získanými z křivek překročení průměrných denních průtoků v období 1991–2020
Fig. 3. Example of a complementary map of 7-day flow-rate averages in comparison to selected quantiles taken using flow duration curves of mean daily discharges of the period 1991–2020



Obr. 4. Mapová aplikace pro zobrazení místních směrodatných limitů
Fig. 4. Mapping application for displaying local threshold limits

ZÁVĚR

Od září 2022 ČHMÚ každý týden vyhodnocuje a predikuje stav hydrologického sucha v České republice. Výstupy jsou od přelomu září a října plně dostupné na webových stránkách IS HAMR v sekci *Výstražné informace*. Během zimní sezony 2022/2023 proběhlo vyhodnocení testovacího provozu a verifikace referenčních vodoměrných profilů povrchových vod a objektů podzemních vod pro jednotlivé ORP. Na základě tohoto testování byly před novou vegetační sezonou provedeny drobné změny ve výběru reprezentativních objektů. Informační systém o stavu a vývoji sucha v ČR byl od začátku vegetační sezony v roce 2023 plně zařazen do operativního provozu ČHMÚ. V průběhu září 2023 byla v systému HAMR zprovozněna aplikace na zobrazení a hodnocení stanovených místních směrodatných limitů pro vodní zdroje, jež vycházejí z jednotlivých krajských plánů, zpracovaných převážně v roce 2022.

Poděkování

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

Literatura

- [1] FISCHER, M., PAVLÍK, P., VIZINA, A., BERNSTEINOVÁ, J., PARAJKA, J., ANDERSON, M., TRNKA, M. a kol. Attributing the Drivers of Runoff Decline in the Thaya River Basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2023, 48, 101436.
- [2] POTOPOVÁ, V., TRNKA, M., VIZINA, A., SEMERÁDOVÁ, D., BALEK, J., CHAWDHURY, M. R. A., MUSIOLKOVÁ, M., PAVLÍK, P., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P., CLOTHIER, B. Projection of 21st Century Irrigation Water Requirements for Sensitive Agricultural Crop Commodities across the Czech Republic. *Agricultural Water Management*. 2023, 262, 107337.
- [3] TRNKA, M., BRÁZDIL, R., VIZINA, A., DOBROVOLNÝ, P., MIKŠOVSKÝ, J., ŠTĚPÁNEK, P., HLAVINKA, P., ŘEZNÍČKOVÁ, L., ŽALUD, Z. Droughts and Drought Management in the Czech Republic in a Changing Climate. *Drought and Water Crises: Integrating Science, Management, and Policy*. 2017, s. 461–480.
- [4] MELIŠOVÁ, E., VIZINA, A., HANEL, M., PAVLÍK, P., ŠUHÁJKOVÁ, P. Evaluation of Evaporation from Water Reservoirs in Local Conditions at Czech Republic. *Hydrology*. 2021, 8(4), 153.
- [5] MŽP, MZe. *Metodika k přípravě plánů pro zvládnutí sucha a stavu nedostatku vody*, 2021. Dostupná z: https://eagri.cz/public/web/file/679559/metodika_plan_sucho.pdf
- [6] PECHA, M., ČEKAL, R., LEDVINKA, O., LAMAČOVÁ, A., VLINAS, R., VIZINA, A., GEORGIEVOVÁ, I., PAVLÍK, P. a kol. Informační systém o stavu a vývoji sucha na území České republiky. *Meteorologické zprávy*. 2022, 75(6), s. 165–169.
- [7] <https://hamr.chmi.cz/hamr-JS/vystraha.html>
- [8] <https://hamr.chmi.cz/hamr-JS/msl.html>
- [9] VIZINA, A., HANEL, M., TRNKA, M., DAŇHELKA, J., GREGORIEOVÁ, I., PAVLÍK, P., HEŘMANOVSKÝ, M. HAMR: Online Drought Management System—Operational Management during a Dry Episode. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, 60(5), s. 22–28.
- [10] HLAVINKA, P., TRNKA, M., BALEK, J., SEMERÁDOVÁ, D., HAYES, M., SVOBODA, M., EITZINGER, J., MOŽNÝ, M., FISCHER, M., HUNT, E., ŽALUD, Z. Development and Evaluation of the SoilClim Model for Water Balance and Soil Climate Estimates. *Agricultural Water Management*. 2011, 98(8), s. 1 249–1 261.
- [11] MELIŠOVÁ, E., VIZINA, A., STAPONITES, L. R., HANEL, M. The Role of Hydrological Signatures in Calibration of Conceptual Hydrological Model. *Water*, 2020, 12(12), 3401.
- [12] VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. Nové možnosti modelu Bilan. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2015, 57(4–5), s. 7–10.
- [13] GEORGIEVOVÁ, I., HANEL, M., PAVLÍK, P., VIZINA, A. Streamflow Simulation in Poorly Gauged Basins with Regionalised Assimilation Using Kalman Filter. *Journal of Hydrology*. 2023, 620, 129373.
- [14] NESLÁDKOVÁ, M., PELÁKOVÁ, M. *Stanovení místních směrodatných limitů pro vodní zdroje k přípravě plánů pro zvládnutí sucha a stavu nedostatku vody: Pracovní pomůcka pro zpracovatele plánů pro zvládnutí sucha a stavu nedostatku vody podle § 87b až § 87d zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů*, 2021.

Autoři

Ing. Adam Vizina, Ph.D.^{1,2}
✉ adam.vizina@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-4683-9624

Ing. Petr Pavlík^{1,2}
✉ petr.pavlik@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-6138-1156

Ing. Irina Georgievová^{1,2}
✉ irina.georgievova@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-5760-6471

Ing. Martin Pecha³
✉ martin.pecha@chmi.cz
ORCID: 0000-0003-0294-8981

Prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.^{1,2}
✉ martin.hanel@vuv.cz
ORCID: 0000-0001-8317-6711

Ing. Martina Peláková¹
✉ martina.pelakova@vuv.cz
ORCID: 0000-0003-0485-1542

Prof. Miroslav Trnka, Ph.D.⁴
✉ mirek_trnka@yahoo.com
ORCID: 0000-0003-4727-8379

RNDr. Radek Čekal³
✉ radek.cekal@chmi.cz

Ing. Eva Melišová, Ph.D.¹
✉ eva.meliso@vuv.cz
ORCID: 0000-0001-5677-2673

Ing. Radek Vlnas³
✉ radek.vlnas@chmi.cz
ORCID: 0009-0008-1196-6261

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

²Česká zemědělská univerzita, Praha

³Český hydrometeorologický ústav, Praha

⁴Ústav výzkumu globální změny, Brno

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.07.004

DROUGHT WARNING SYSTEM AND LOCAL THRESHOLD LIMITS

**VIZINA, A.^{1,2}; PAVLÍK, P.^{1,2}; GEORGIEVOVÁ, I.^{1,2}; PECHA, M.³;
HANEL, M.^{1,2}; PELÁKOVÁ, M.¹; TRNKA, M.⁴; ČEKAL, R.³;
MELIŠOVÁ, E.¹; VLNAS, R.³**

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

²Czech University of Life Sciences, Prague

³Czech Hydrometeorological Institute, Prague

⁴CzechGlobe – Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Brno

Keywords: drought – hydrological drought – surface water – groundwater – warning – prediction – climate change – water scarcity – HAMR Information System (HAMR IS) – „PERUN“ project

Droughts and floods are extreme hydrological phenomena that are currently increasing in frequency due to the growing impacts of climate change and can have significant effects on our lives. Within the research project „PERUN“, an assessment of drought conditions and their development in the Czech Republic is being developed, along with the innovation of the warning system by the Czech Hydrometeorological Institute (CHMI). Drought is a natural phenomenon characterized by a gradual onset, long duration, and low dynamics, which requires a specific approach. The amendment to the Water Act introduces the obligation of regular reporting on drought and the establishment of a predictive service to be conducted by CHMI. Tools are being developed for long-term prediction of water resource conditions and a methodology for drought and water scarcity management plans. These plans aim to ensure water supply, protect the environment, and minimize the economic impacts. The decision-making body for issuing measures based on the drought plans is the Drought Commission, which operates at the regional level. The warning information is available on the HAMR web portal, which also displays local threshold limits for individual water resources.

