ATLAS KOUPACÍCH VOD ČESKÉ REPUBLIKY

Maťašovská a kolektiv

Praha, 2021

ATLAS KOUPACÍCH VOD ČESKÉ REPUBLIKY

Výzkumný ústav vodohospodářský
T. G. Masaryka, v. v. i.

Státní zdravotní ústav

Zpracoval a vydal:

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., v. v. i.,
Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6
web: www.vuv.cz, e-mail: info@vuv.cz

ve spolupráci se

Státním zdravotním ústavem,
Šrobárova 49/48, 100 00 Praha 10
web: www.szu.cz, e-mail: podatelna@szu.cz

Autorský kolektiv:

Ing. Tomáš Fojtík, Mgr. Lucie Jašíková, Ph.D., Mgr. Filip Kothan, Ing. Marcela Makovcová, Ing., Bc. Václava Maťašovská, Ing. Lenka Mayerová, Ph.D., Ing. Hana Nováková, Ph.D., Mgr. Petr Pumann, Mgr. Petra Šuhájková

Vydání:

2021, 1. vydání

**Veškeré reprodukce map nebo jejich částí jakoukoli formou
jsou možné pouze s předchozím písemným souhlasem vydavatele.**

OBSAH

TEXTOVÁ ČÁST

ÚVODEM 1

KOUPACÍ VODY 5
Právní úprava koupacích vod 5
Členění přírodních koupacích vod 5
I. kategorie: Koupací oblasti 5
II. kategorie: Přírodní koupaliště provozovaná na povrchových vodách 6
III. kategorie: Nádrže ke koupání 6
IV. kategorie: Přírodní biotopy 6

SEZNAM KOUPACÍCH VOD 8

ZDRAVOTNÍ RIZIKA PŘI KOUPÁNÍ 10

MONITORING A HODNOCENÍ 11
Sinice 11
Průhlednost 11
Vodní květ 12
Stanovení chlorofylu-*a* a mikroskopický rozbor sinic 12
Patogenní organismy 13
Přírodní znečištění a znečištění odpady 13
Četnost vzorkování 14
Hodnocení stavu a kvality přírodních koupacích vod 15
Hodnocení sinic a řas 15
Hodnocení patogenních mikroorganismů 16
Souhrnné hodnocení 17

DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ 18
Definice DPZ 18
Elektromagnetické záření 18
Odraz 19

Přednosti DPZ 20
Satelitní data 20
Mise Sentinel 21

METODIKA 23
Terénní sběr dat 23
Laboratorní práce 26
Stanovení sinic a řas mikroskopicky 26
Stanovení chlorofylu-*a* 26
Fluorescenční analýzy fytoplanktonu 26
Zpracování satelitních dat 27
Prediktivní modelování 29
Random Forests 29
Partial Least Square regression 30

VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR 32
Využitelnost satelitních dat 32
Modelované ukazatele 33
Závěr 34

SEZNAM TABULEK 35

SEZNAM OBRÁZKŮ 35

LITERATURA A ZDROJE 36

GRAFICKÁ ČÁST

SEZNAM LOKALIT 40
Koupací místa 41

SEZNAM ZKRATEK 209

SEZNAM ONLINE ZDROJŮ 210

TEXTOVÁ CAST

ÚVODEM

Povrchové vody (zahrnující vodní plochy i vodní toky) jsou často využívány ke koupání a dalším rekreačním účelům. Ve druhé polovině 20. století však díky intenzifikaci v zemědělství, rozvoji průmyslové výroby a rychlé urbanizaci, která nebyla doprovázena čištěním odpadních vod, byly tyto volnočasové aktivity na řadě míst značně ovlivněny špatnou kvalitou vody. V 90. letech, kdy se začalo otázkám životního prostředí věnovat daleko více pozornosti, se kvalita povrchových vod začala postupně zlepšovat [54]. Důvodem pro některá opatření bylo právě rekreační využití lokality [1, 15, 37]. I když ani v současné době není kvalita povrchových vod na mnoha místech ideální, je koupání ve volné přírodě i přes rostoucí počet nových plaveckých bazénů a zábavních vodních parků stále velmi rozšířené. To dokládají například výsledky dotazníkového šetření z roku 2014 na reprezentativním vzorku populace ve věku nad 15 let, které bylo zaměřené na koupání v předchozím roce. Alespoň jednou se na přírodních lokalitách koupalo 48 % dotázaných [40].

Údaje o stavu a kvalitě koupacích vod jsou shromažďovány a aktualizovány na základě pravidelného monitoringu provozovatelů přírodních koupališť a krajských hygienických stanic (KHS). Po vyhodnocení výsledků monitoringu je sestavován Ministerstvem zdravotnictví (MZd) „Seznam přírodních koupališť na povrchových vodách, ve kterých nabízí službu koupání provozovatel, a dalších povrchových vod vhodných ke koupání“ (dále jen Seznam koupacích vod) [44].

Systém monitoringu koupacích vod a jejich kvality je, stejně jako každé jiné pravidelné sledování složek životního prostředí, jehož hlavním cílem je ochrana lidského zdraví, rozdělen do několika základních kroků. V první řadě musí být identifikována místa, na kterých bude monitoring prováděn. Následuje nezbytně nutné určení rizikových faktorů, které jsou z hlediska lidského zdraví významné, stanovení četnosti vzorkování a metod pro odběr a provedení analýz v místě odběru i laboratoři. Musí být také stanoven způsob hodnocení výsledků, což zahrnuje nejen nastavení limitních hodnot, ale v některých případech i složitější postupy, jak získaná data interpretovat, a také jak získané výsledky srozumitelně sdělit široké veřejnosti.

Monitoring kvality koupacích vod je poměrně časově i finančně nákladná záležitost. Vzniká tedy přirozeně potřeba tyto nároky co nejvíce minimalizovat. Snížení časových i finančních nároků lze docílit tzv. distančním monitoringem, tj. bez nutnosti přímého kontaktu se sledovanou lokalitou. A právě to se stalo hlavní motivací pro realizaci výzkumného projektu TJ02000091 „Využití metod dálkového průzkumu Země pro monitoring stavu a kvality koupacích míst v České republice“ (dále jen projekt). Vlastní práce na projektu započaly v březnu roku 2019 a jeho hlavním cílem bylo nalezení a popis vzájemných vztahů mezi hodnotami některých ukazatelů kvality vody naměřenými přímo v terénu a hodnotami získanými ze satelitních dat. To vše probíhalo s pomocí nástrojů geografických informačních systémů (GIS) v kombinaci s využitím některých moderních statistických technik (převážně pomocí prediktivního modelování). Vytvořené prediktivní modely se v budoucnu mohou stát vysoce efektivním nástrojem nejen pro stanovení hodnot běžně sledovaných ukazatelů kvality koupacích vod, ale mohou být rovněž vhodným doplňkem pro identifikaci potenciálně vhodných nových koupacích míst. Zároveň díky snadné dostupnosti některých satelitních dat lze vytvářet a analyzovat časové řady modelovaných ukazatelů, což může sloužit jako jeden z podkladů při hodnocení uplynulých koupacích sezón. Základní parametry projektu jsou uvedeny v tab. č. 1.

Tab. č. 1: Základní parametry projektu TJ02000091

Název projektu:	TJ02000091 - Využití metod dálkového průzkumu Země pro monitoring stavu a kvality koupacích míst v České republice
Doba realizace:	03/2019 – 02/2021 (24 měsíců)
Účastníci projektu:	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce (VÚV) Státní zdravotní ústav (SZÚ)
Hlavní řešitel:	Ing. Bc. Václava Maťašovská (vaclava.matasovska@vuv.cz)
Ostatní řešitelé:	Ing. Tomáš Fojtík (VÚV), Mgr. Lucie Jašíková, Ph.D. (VÚV), Mgr. Filip Kothan (SZÚ), Ing. Marcela Makovcová (VÚV), Ing. Lenka Mayerová, Ph.D. (SZÚ), Ing. Hana Nováková, Ph.D. (VÚV), Mgr. Petr Pumann (SZÚ), Mgr. Petra Šuhájková (VÚV)
Program:	Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Zéta, 2. veřejná soutěž.
Výsledky:	*Nmap* – Atlas koupacích vod České republiky (www.dibavod.cz/DPZ-koupaci-vody), *O* - Monotematické číslo časopisu AHEM - Využití metod dálkového průzkumu Země pro detekci a monitoring koupacích míst v ČR, *O* – Odborný článek publikovaný v periodiku VTEI, *Nmap* – Webová mapová aplikace, *O* – Workshop pro KHS a aplikační garanty

Jedním z plánovaných výsledků projektu je tato popularizačně – naučná publikace, určena nejen odborné, ale i široké laické veřejnosti. V současné době neexistuje žádná obdobná publikace, která by přehlednou formou poskytovala informace o stavu, kvalitě a dalších relevantních informací získaných ze satelitních dat. Atlas koupacích vod České republiky prezentuje přehlednou a moderní formou dílčí i komplexní výsledky prováděných analýz pro jednotlivé lokality. Cílem tištěné publikace je především ukázka jedné z možností aplikace metod dálkového průzkumu Země (DPZ) pro monitoring vod využívaných veřejností ke koupání.

Atlas se skládá ze dvou částí, a to z textové a mapové. Textová část je rozčleněna celkem do osmi samostatných kapitol. V prvních čtyřech kapitolách je nastíněna problematika monitoringu koupacích vod v České republice a vysvětleny její základní termíny. Zároveň jsou zde podrobněji popsány postupy využité při monitoringu a jeho vyhodnocení. Kapitola věnovaná dálkovému průzkumu Země obsahuje základní principy této metody získávání prostorových dat, její přednosti a v neposlední řadě i stručný přehled datových zdrojů, které jsou pro účel monitoringu vhodné. Kapitola Postupy zpracování je v podstatě popisem jednotlivých dílčích činností, které vedly k naplnění hlavního cíle projektu, včetně odůvodnění využití uvedených postupů. V poslední kapitole Závěr se autoři věnují převážně diskuzi o vhodnos-

ti použitých postupů v souvislosti s využitím satelitních dat pro soustavný monitoring koupacích vod, o přednostech a nedostatcích těchto postupů a výslednému zhodnocení splnění cílů realizovaného projektu.

Pro účely atlasu bylo pro mapovou část publikace zvoleno 40 lokalit. Při výběru prezentovaných lokalit bylo dbáno na rozmanitost vodních ploch ve smyslu jejich velikosti, typu (nádrž, tok, rybník, pískovna,…) a oživení fytoplanktonem. Dále bylo zohledněno jejich zařazení, případně nezařazení do stávajícího Seznamu koupacích vod.

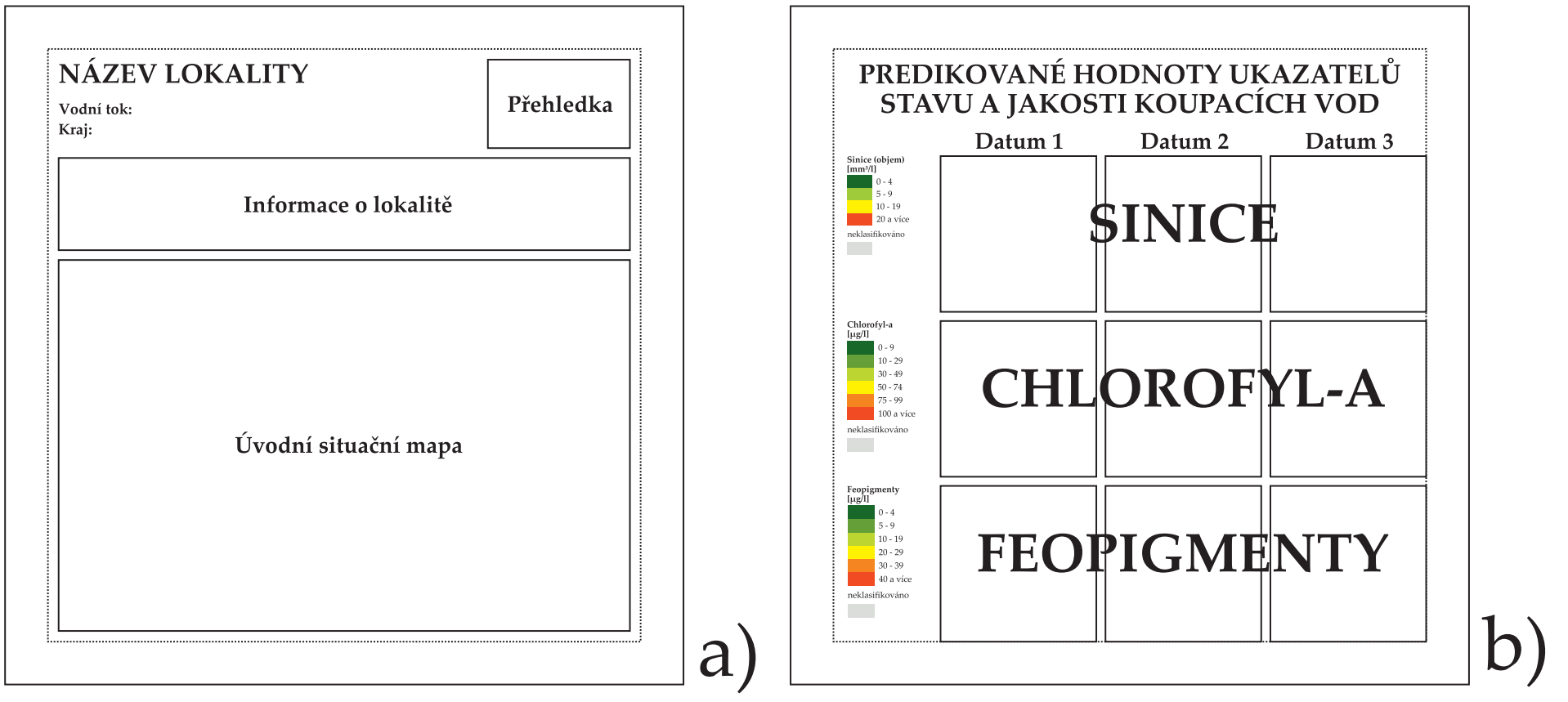
Pro každou popisovanou lokalitu jsou vyčleněny čtyři listy (zjednodušené schéma na obr. č. 1). Úvodním listem je daná lokalita představena. Kromě oficiálního názvu lokality a jejího popisu jsou zde zmíněny i některé názvy lokální (alternativní) a případně i vodní tok, kterém se lokalita nachází. Dále je zde uvedena informace o kraji (krajích), do kterých dotčená vodní plocha zasahuje. Ta je doplněna přehledkou zobrazující umístění koupacího místa v rámci ČR v pravém horním rohu listu pro snazší orientaci čtenáře. Značnou část úvodního listu zaujímá mapové pole, na kterém je zobrazena popisovaná lokalita na mapovém podkladu Základní mapy (ČÚZK), opatřené základními kompozičními prvky mapy (legenda, měřítko, tiráž).

Druhý a třetí list je věnován vizualizaci výsledků prediktivního modelování. Prezentovány jsou vždy predikce šesti modelovaných ukazatelů stavu a kvality koupacích vod (tab. č. 2) pro tři data roku 2020, korespondující s přeletem družice a vizualizovány pomocí zařazení dle hodnot jednotlivých pixelů do intervalu nespojité barevné škály (každý modelovaný ukazatel má vlastní stupnici).

Tab. č. 2: Vybrané modelované ukazatele stavu a jakosti koupacích vod

Ukazatel	**Slovní popis**	**Jednotka**
SINICE	sinice (objem) - standardní odběr pro koupací vody (0–30 cm)	mm^3/l
CHLOROFYL-*A*	chlorofyl-*a* - standardní odběr pro koupací vody (0–30 cm)	µg/l
FEOPIGMENTY	feopigmenty (buňky) - standardní odběr pro koupací vody (0–30 cm)	µg/l
ŘASY	řasy - standardní odběr pro koupací vody (0–30 cm)	jedinci/ml
TEPLOTA	teplota - standardní odběr pro koupací vody (0–30 cm)	°C
ZÁKAL	zákal - standardní odběr pro koupací vody (0–30 cm)	NTU

Na posledním listu je zobrazen časový vývoj jednotlivých ukazatel na dané lokalitě za uplynulé tři koupací sezóny, tedy v období let 2018 – 2020. A to formou krabicových grafů, ve kterých jsou meziročně porovnávány průměrné hodnoty ukazatelů v rámci celé vodní plochy. Tento list obsahuje rovněž krátké slovní shrnutí zobrazených výsledků.



Obr. č. 1: Zjednodušené schéma uspořádání listů v mapové části
a) úvodní list; b, c) predikce ukazatelů; d) časový vývoj ukazatelů

KOUPACÍ VODY

Právní úprava koupacích vod

Základními legislativními předpisy, sloužícími pro identifikaci a monitorování koupacích vod v České republice a vycházejícími z požadavků směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES [45], jsou zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví [58] a jeho prováděcí vyhláška č. 238/2011 Sb. [53]. Mezi další související legislativní předpisy pak lze zařadit vodní zákon [57] a vyhlášku č. 155/2011 Sb [52].

Zákon o ochraně veřejného zdraví koupací vody podrobněji člení na přírodní a umělá koupaliště. Pro potřeby problematiky řešené v této publikaci jsou v úvahu brána pouze koupaliště přírodní. Těmi se podle § 6 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, *rozumí stavba povolená k účelu koupání nebo nádrž ke koupání, v nichž je voda ke koupání obměňována řízeným přítokem a odtokem pitné vody nebo trvalým přítokem a odtokem chemicky neupravované podzemní nebo povrchové vody, nebo stavba povolená k účelu koupání vybavená systémem přírodního způsobu čištění vody ke koupání, nebo povrchová voda, ve které nabízí službu koupání provozovatel* [58].

Členění přírodních koupacích vod

Přírodní vody ke koupání lze rovněž rozdělit do několika kategorií dle různých hledisek – například zda mají provozovatele, podle teoretické kapacity a skutečné návštěvnosti, zdroje vody a možnosti jej nějak regulovat, na základě charakteru vodní nádrže (s přírodním či zpevněným dnem a břehy), kvality vody, nebo podle přítomnosti základního vybavení na břehu. Nejen tyto, ale i některé další vlastnosti se projevily v kategorizaci koupacích vod a ovlivnily tak zařazení lokality mezi sledované. Od roku 2012, kdy vstoupila v platnost nová legislativa, jsou rozlišovány 4 kategorie přírodních vod ke koupání [39].

I. kategorie: Koupací oblasti

Koupací oblasti, nebo také další povrchové vody ke koupání (pojem koupací oblasti se v současné právní úpravě již nevyskytuje), jsou lokality, které nemají svého provozovatele. Povinnost monitorovat kvalitu vody na nich vykonává stát prostřednictvím KHS. Podle zákona o ochraně veřejného zdraví se zpravidla jedná o lokality, které leží na povrchových vodách a jsou využívány ke koupání velkým počtem osob. Vybavení (např. sociální zařízení, odpadkové koše,…) sice není legislativou nařízeno, nezřídka však bývá součástí přilehlého kempu, restaurace apod. Koupacích oblastí je v současné době v České republice přibližně 120 a v posledních letech se jejich počet téměř nemění.

II. kategorie: Přírodní koupaliště provozovaná na povrchových vodách

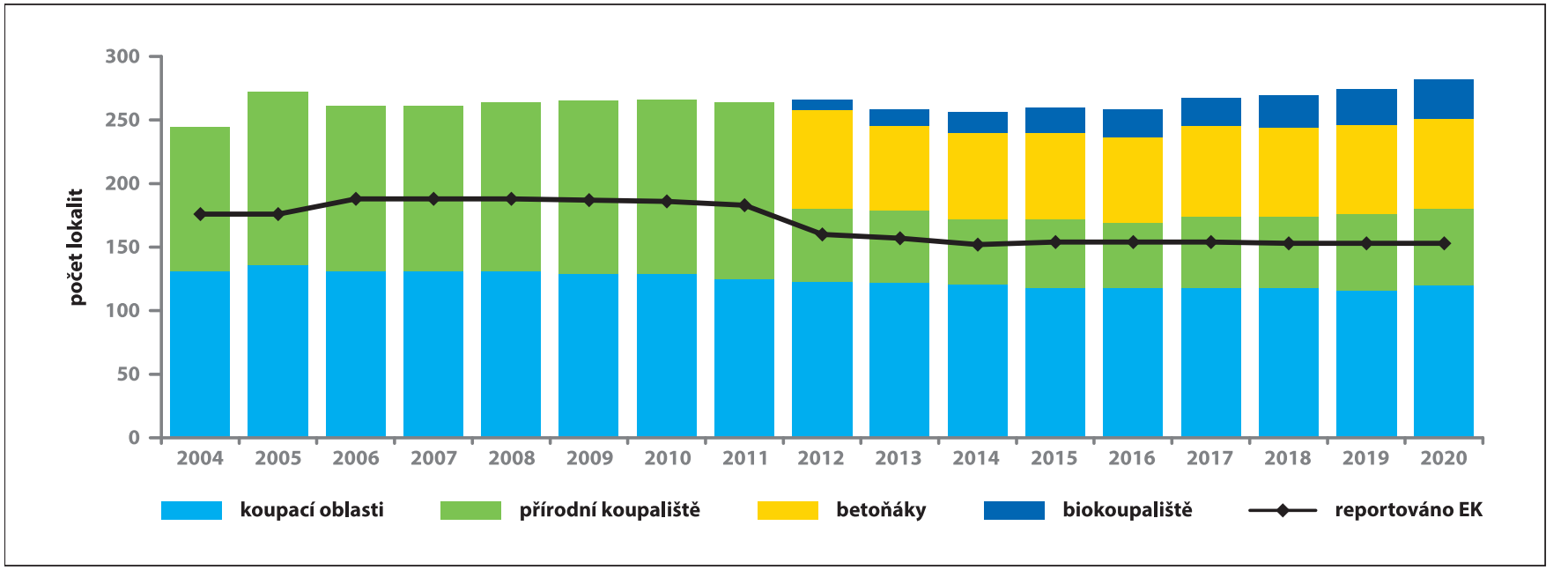
V tomto případě se jedná vždy o lokality provozované fyzickou či právnickou osobou. Koupaliště jsou umístěna na stejném typu vod jako kategorie koupací oblasti, ale na rozdíl od nich je minimální vybavení a údržba povinné. Z hlediska plnění povinností ze strany státu je zde důležité rozlišit, zdali se jedná lokality pouze místního významu nebo, zda lze očekávat, že se v nich bude koupat velký počet osob. Ve druhém případě jsou povinnosti státu stejné jako u koupacích oblastí. Povinnosti za sledování kvality vody má však provozovatel [58].

III. kategorie: Nádrže ke koupání

Nádrže ke koupání, též zvané jako betonové nádrže nebo betoňáky, zákon o ochraně veřejného zdraví ne zcela zdařile definuje jako *„stavbu povolenou k účelu koupání nebo nádrž ke koupání, v nichž je voda ke koupání obměňována řízeným přítokem a odtokem pitné vody nebo trvalým přítokem a odtokem chemicky neupravované podzemní nebo povrchové vody“* [58]. Jedná se zpravidla o menší nádrže se zpevněným dnem a stěnami, které by měly být plněny z kvalitního zdroje s dostatečnou kapacitou, což ne vždy odpovídá skutečnosti. Často se jedná o venkovní bazény, ve kterých není na rozdíl od umělých koupališť voda upravována (vždy chybí recirkulace; nárazovou dezinfekci či algicidní přípravky někteří provozovatelé občas tajně aplikují). Tomuto typu přírodních koupališť je věnována samostatná část ve vyhlášce č. 238/2011 Sb. [53].

IV. kategorie: Přírodní biotopy

Přestože se v praxi termín „přírodní biotopy“ (někdy také „biokoupaliště“) hojně využívá, ve stávající legislativě koupacích vod se neobjevuje. Důvodem pro jeho nezařazení byl jeho jiný význam v ekologii a v ochraně přírody a krajiny. Tyto lokality jsou označovány jako *stavba povolená k účelu koupání vybavená systémem přírodního způsobu čištění vody ke koupání*. V právní úpravě pro koupací vody jsou takto samostatně vymezeny od roku 2011 (poprvé se objevují v hlášeních za koupací sezónu 2012) [58]. Do této doby byly řazeny mezi přírodní koupaliště provozovaná na povrchových vodách. První biotop v Kovalovicích u Brna je v provozu již od roku 2007. Jejich počet neustále roste, v roce 2012 jich bylo 8, v roce 2016 pak 22 a v roce 2020 již 31. Tento trend lze očekávat i v blízké budoucnosti. Stejně jako v případě betoňáků jsou požadavky na tento typ přírodních koupališť shrnuty samostatné části vyhlášky č. 238/2011 Sb. [53].



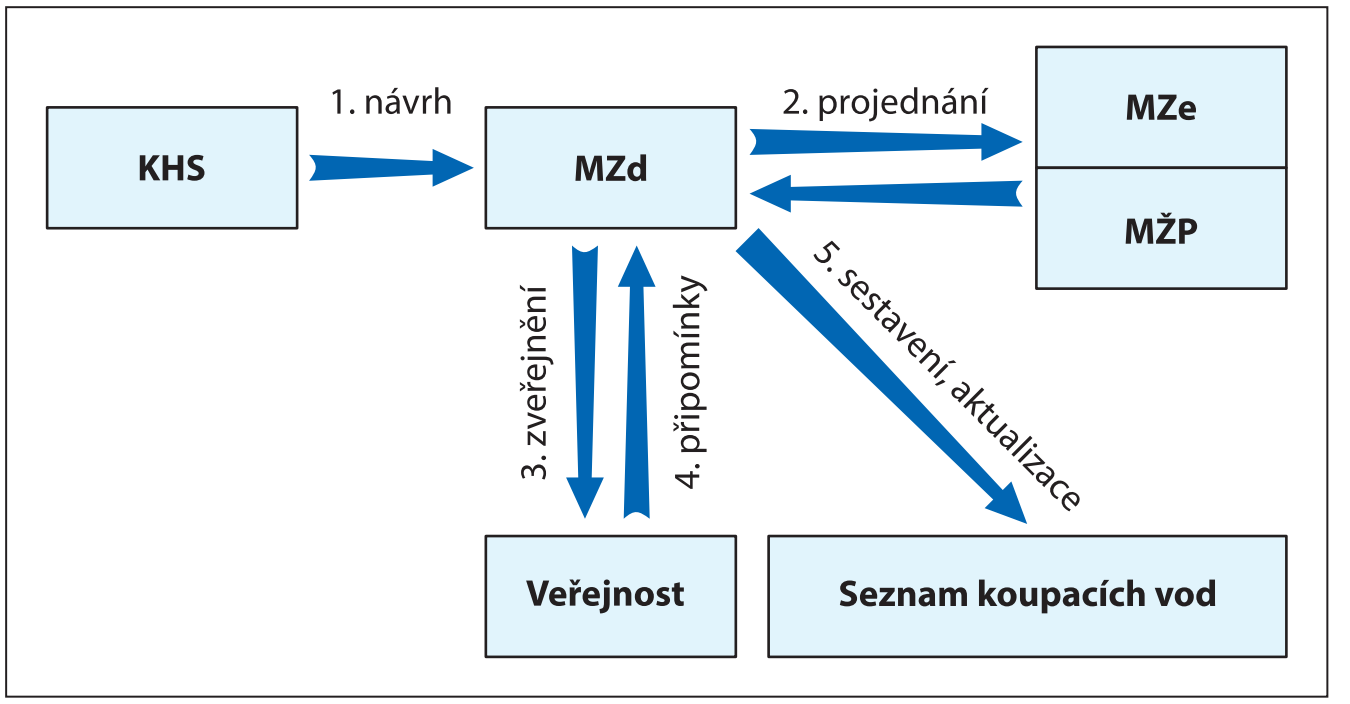
Obr. č. 2: Počet koupacích vod v České republice a jeho vývoj v letech 2004 – 2020,
včetně rozdělení na jednotlivé kategorie - před rokem 2012 byly kategorie III. a IV. zahrnuty v kategorii I.

Přesné určení počtu přírodních lokalit, které jsou využívány ke koupání (obr. č. 2), je poměrně těžké. Například v mobilní aplikaci projektu *Swimplaces*, která je postupně doplňována uživateli, je v současné době uvedeno více než 1500 různých nádrží a tekoucích vod, v nichž se lze koupat [51]. Zdaleka se však nejedná o úplný výčet koupacích vod, avšak sledování i takového počtu míst by nebylo ani ekonomicky únosné, ani smysluplné, protože se často jedná o místa, kde se koupe jen malý počet osob, nebo o místa ke koupání málo vhodná. V koupací sezóně roku 2020 byl v České republice prováděn pravidelný monitoring na 282 lokalitách přírodních koupacích vod.

SEZNAM KOUPACÍCH VOD

Pro účely tohoto atlasu jsou relevantní především lokality zařazené do kategorií I. a II., tedy zejména do těch, které se nacházejí na povrchových vodách. Ty jsou také součástí Seznamu koupacích vod [44], dostupném online na portálu MZd, který je každoročně sestavován dle § 6g zákona o ochraně veřejného zdraví [58].

Každoroční aktualizace Seznamu koupacích vod (obr. č. 3) navrhují KHS. MZd následně projedná Seznam s Ministerstvem životního prostředí (MŽP) a Ministerstvem zemědělství (MZe). Tento aktualizovaný dokument je po dobu 10 kalendářních dnů zpřístupněn na úředních deskách MZd a KHS veřejnosti k připomínkám. Po vyhodnocení všech uplatněných připomínek je upravený seznam ještě před zahájením koupací sezony znovu uveřejněn na úředních deskách a na portálu veřejné správy.



Obr. č. 3: Schéma procesu aktualizace Seznamu koupacích vod

Seznam koupacích vod je rozdělen na dvě části. V první jsou zahrnuty všechny koupací vody, u nichž se očekává velký počet koupajících se osob (bez ohledu na to, zda se jedná o koupací oblast či přírodní koupaliště), ve druhé části jsou pak jen přírodní koupaliště místního významu. Informace o stavu a kvalitě vody na lokalitách uvedených v první části seznamu jsou každoročně reportovány Evropské komisi. Je pro ně sestavován profil vod ke koupání podle vyhlášky č. 155/2011 Sb. [52] V jejich blízkosti musí být instalována tabule s informacemi o kvalitě vody (obr. č. 4). Tyto lokality mají vyšší stupeň ochrany kvality vody. Pokud kvalita vody přestane splňovat legislativní požadavky, musí vodoprávní úřad činit opatření k nápravě dle § 34 odst. 3 vodního zákona [57].



Obr. č. 4: Informační tabule umístěná v blízkosti koupacích vod

Určitě není zcela na místě se domnívat, že Seznam koupacích vod je sestaven dokonale. Na našem území existuje řada lokalit navštěvovaných velkým počtem koupajících se, která zařazena nejsou. To může být zapříčiněno mnoha okolnostmi. Například tím, že se v okolí nachází jiná významnější místa s více návštěvníky, lepší kvalitou vody nebo větším zázemím. To je typické třeba pro nádrže po těžbě štěrkopísku v okolí dolních toků větších řek (např. v Polabí či v okolí Moravy). Velmi často byly také dříve sledované lokality vyřazeny z důvodů poklesu zájmu o koupání, který mohl být způsoben např. stavbou bazénu či přírodního biotopu v blízkosti lokality, zvláště pak když kvalita vody na původní lokalitě nebyla ideální. Rovněž dochází k vyřazení lokalit, nebo k jejich nezařazení do Seznamu koupacích vod v případech, kdy dochází ke kolizi s jiným využíváním vody (např. chov ryb v produkčních rybních nebo probíhající těžba). Existují i případy, kdy nájemce či majitel má k vyhlášení takové oblasti výhrady, nebo místní samospráva nemá o zařazení lokality zájem, a to i přes to, že je hojně koupajícími využívána a bývá vybavena příslušnou infrastrukturou. Konkrétní důvody nebyly zjišťovány, ale bez pochyby mezi ně patří negativní reklama, pokud by voda nebyla hodnocena dobře, zvláště v případech, kdy lokalita před tím prošla nákladnou revitalizací. Jaké informace mají být při zařazování míst do seznamu vod ke koupání brány v úvahu je obsahem metodického návodu MZd [29].

ZDRAVOTNÍ RIZIKA PŘI KOUPÁNÍ

Koupání v přírodě patří bez pochyby mezi zdravotně prospěšné aktivity. Přináší však s sebou i některá rizika. Kromě utonutí, vážných úrazů a následků nadměrného pobytu na slunci, se jedná o možné zdravotní následky způsobené špatnou kvalitou vody. V našich podmínkách bývá kvalita vody snížena především rozvojem fytoplanktonu, především sinic, a přítomností mikrobiálního znečištění (tj. výskytem pro člověka patogenních mikroorganismů). Zvláštní pozici zaujímají původci cerkáriové dermatitidy, které by sice bylo možné zařadit k druhé zmiňované skupině, avšak vzhledem k některým zásadním odlišnostem se obvykle vyčleňují do samostatné kategorie.

Nejčastěji diskutovaným rizikovým faktorem - ne však nutně ze zdravotního hlediska nejvýznamnějším - je masový rozvoj sinic, který často zapříčiňuje snížení kvality vody. Sinice produkují látky ovlivňující lidské zdraví, které jsou identifikovány jako příčina vážných, v některých případech i smrtelných, otrav. Tyto otravy obvykle mají původ v průniku toxinů sinic (cyanotoxinů) do pitné vody, případně do vod používaných při hemodialýze. Vážné následky byly rovněž popsány i z využívání rekreačních vod. Mezi pitnou a koupací vodou je však zásadní rozdíl v tom, že při koupání většinou vodu člověk pozře jen náhodně, a ne v takovém množství jako u vody pitné. Navíc vody se sinicových vodním květem, u nichž dochází k největší kumulaci cyanotoxinů, velkou část zájemců o koupání odradí již svým nevábným vzhledem. Proto jsou vážné případy otrav z koupacích vod spíše ojedinělé. Vzhledem k tomu, že při plavání i dalších aktivitách ve vodě, se vdechují i aerosoly, které obsahují sinice a cyanotoxiny, důležitá je také respirační expozice. Mezi případy otrav cyanotoxiny po kontaktu s rekreační vodou byly také vážné pneumonie [50]. Zvýšení respiračních problémů po koupání ve vodách s vyšším počtem sinic byly také popsány v rámci epidemiologické studie provedené v Austrálii a USA [49]. Důležitá u koupání je pochopitelně i kožní expozice. Problémy však nemusí způsobovat jen sinice. Za některými kožními reakcemi mohou být i řasy, např. bičíkovec rodu *Gonyostomum*, který v roce 2019 způsobil kožní reakce u více osob po koupání na jedné lokalitě v Libereckém kraji.

Koupací voda může obsahovat pro člověka i patogenní mikroorganismy. Zdrojem infekce totiž kromě odpadních vod z lidských sídel mohou být i samotní koupající se, ale také domácí i divoká zvířata.

Cerkáriová dermatitida je onemocnění, které se poslední dobou jako následek z využívání našich koupacích vod objevuje stále častěji [5]. Původci tohoto onemocnění jsou cerkárie, což jsou larvální stádia ptačích motolic (v našich podmínkách především rodu *Trichobilharzia*). Tyto parazitické organismy potřebují ke svému životu mezihostitele, kterým je vodní plž (u nás především rody *Radix* a *Lymnaea*), a definitivního hostitele, kterým je nějaký vodní pták (často kachna divoká). Cerkárie se za slunečních dní ve velkých počtech uvolňují z nakažených plžů a snaží se nalézt svého definitivního hostitele. Pokud při tom narazí na koupajícího se člověka, proniknou do jeho kůže, kde však nemohou dokončit svůj životní cyklus. Nežádoucím projevem průniku cerkárií do lidské kůže je imunitní reakce, které se projeví výrazně svědivými kožními projevy (makulami, později papulami). Tato reakce se objeví během několika hodin po koupání a úplně odezní až po dvou až třech týdnech [28]. Epidemie z našeho území jsou hlášeny většinou z menších vod nepříliš oživených fytoplanktonem [22]. Často se jedná pouze o dočasný jev, například první rok po napuštění nádrže nebo po provedení různých revitalizačních zákroků.

MONITORING A HODNOCENÍ

Sinice

Do roku 2006 nebyla problematika sinic v legislativě Evropské unie zohledněna [46] a ke splnění požadavků současné směrnice 2006/7/ES [45] by pro monitorování sinic postačovalo vizuální pozorování vodních květů na lokalitě. To je sice užitečné, ale nedostatečné. Proto byly v České republice vypracovány vlastní postupy [8, 38, 53], které vychází z doporučení Světové zdravotnické organizace (WHO) [20]. K monitorování látek produkovaných sinicemi se v České republice nepřistupuje přímo. Jejich detekce ve vodách je finančně i časově náročná, navíc pro některé látky nejsou k dispozici ani v provozních laboratořích použitelné postupy stanovení. V praxi se tak místo měření cyanotoxinů sledují zástupné parametry, které různými způsoby ukazují na množství přítomných sinic a řas. Jedná se jak o ukazatele stanovované v místě odběru, tak ukazatele, jejichž analýzu je nutné provést v laboratoři.

Průhlednost

Jedná se o ukazatel s nejjednodušším způsobem stanovení jeho hodnot. Stanovuje se přímo na konkrétní lokalitě pomocí bílé desky, případně desky s černobílými kvadranty. Hodnota průhlednosti odpovídá hloubce, ve které je deska právě postřehnutelná (obr. č. 5). Měření průhlednosti je součástí dvou metodických norem [6, 10]. Hodnota průhlednosti je nepřímo úměrná s množstvím částic přítomných ve vodě. Tyto částice jsou většinou tvořeny sinicemi a řasami. V některých případech však za nižší průhledností mohou být jiné faktory, např. splachy po deštích nebo materiál dna zvířený koupajícími. Některé nádrže mají trvale nižší průhlednost způsobenou částicemi z materiálu dna a břehů (tento jev byl pozorován například na lokalitách nádrže Očko nebo dolní části nádrže Rozkoš).



Obr. č. 5: Za průhlednost je označována hloubka, ve které je měřící deska právě postřehnutelná (vpravo)

Vodní květ

Velký význam pro hodnocení sinic má také přímé pozorování vodních květů sinic při odběru vzorků. Oproti stanovení vzorků v laboratoři je sice pozorování v místě odběru mnohem více subjektivní, ale pokud je pracovník, který ho provádí, schopen situaci správně vyhodnotit, je možné dobře podchytit nehomogenní rozložení vodních květů v širším okolí místa odběru, u menších lokalit i v rámci celé nádrže. Situace se kategorizuje podle čtyřbodové stupnice (tab. č. 3) a zároveň je opatřena podrobnějším popisem, nákresem, případně fotografií [8, 53].

Tab. č. 3: Stupnice pro hodnocení výskytu vodních květů sinic

Stupeň	Výskyt	Popis
0	žádný	Sinice nejsou pouhým okem pozorovatelné.
1	pozorovatelný	Ve vodě jsou zjistitelné ojedinělé zelené vločky, kolonie nebo jednotlivá vlákna.
2	hojný	Při břehu se vyskytují slabší shluky sinic nebo je ve vodním sloupci rozptýleno větší množství kolonií nebo jednotlivých vláken sinic.
3	masový	Výskyt silných květů velkého rozsahu. Na břehu může být naplaveno větší množství zeleného kašovitého materiálu.

Stanovení chlorofylu-*a* a mikroskopický rozbor sinic

Pro hodnocení výskytu sinic a řas je zásadní laboratorní rozbor. Ten se skládá ze dvou částí, a to stanovení chlorofylu-*a* a mikroskopického rozboru sinic. Odběr pro ukazatele se provádí v souladu s ČSN 75 7717 [8] smícháním minimálně tří dílčích vzorků z horizontu 0–30 cm v místě, kde je hloubka alespoň 1 metr. Svrchní horizont 0–30 cm byl zvolen jako zóna, se kterou přijdou koupající se do styku. Směsný vzorek z několika dílčích vzorků má minimalizovat nebezpečí nehomogenního výskytu sinic v okolí odběrového místa.

Chlorofyl-*a* obsahují sinice i řasy, a tak jsou jeho hodnoty bez doprovodných rozborů pouze ukazatelem celkového množství fytoplanktonu. Ve srovnání se stanovením sinic je však postup méně zatížen zkušenostmi analytika a jeho výsledky na mezilaboratorní úrovni vykazují menší variabilitu. Pro stanovení chlorofylu-*a* v koupacích vodách se zatím výhradně používá postup podle mezinárodní normy ČSN ISO 10620 [13], který zahrnuje filtraci vzorku, extrakci 90% etanolem a měření vyčištěného extraktu ve spektrofotometru.

Stanovení sinic se provádí podle národní metodické normy ČSN 75 7717 [8], která je založena na kvantifikaci sinic v počítací komůrce ve světelném mikroskopu. Výsledkem stanovení je počet buněk [buňky/ml] nebo objemová biomasa [mm^3/l]. U některých taxonů, které tvoří velké kolonie (typické pro rod *Microcystis*), je nutné před počítáním tyto kolonie dezintegrovat na menší fragmenty nebo lépe na jednotlivé buňky. Problémy nastávají i u vyjadřování výsledků vláknitých sinic (u některých sinic, např. rodu *Planktothrix*, nejsou při počítání vidět jednotlivé buňky, proto byl obvykle zvolen za jednu buňku úsek vlákna o délce 5 μm). Velkou nevýhodou mikroskopické kvantifikace sinic jsou především značné rozdíly ve výsledcích mezi jednotlivými laboratořemi. Proto je součástí rozboru také mikroskopický obraz, který slovně popisuje organismy (nejen sinice) obsažené ve zpracovávaném vzorku.

Patogenní organismy

Vzhledem k tomu, že patogenních mikroorganismů je velké množství (viry, bakterie, prvoci), metody jejich stanovení jsou pracné a drahé, provádí se jejich sledování pomocí mikrobiálních indikátorů. Pro koupací vody se v souladu se směrnicí 2006/7/ES [45] v současné době využívají dva indikátorové ukazatele *E. coli* a intestinální enterokoky. Není to řešení dokonalé - pokrývá především patogeny přenášené fekálně-orální cestou, takže některé možné patogenní mikroorganismy nemusí být dobře podchyceny (např. *leptospiry*) [18]. Stanovení indikátorových organismů se provádí kultivačně podle mezinárodních norem.

Sledování původců cerkáriové dermatitidy by mělo být prováděno jen na lokalitách, kde bylo identifikováno zvýšené riziko jejich výskytu. Zakládá se na pečlivém sběru mezihostitelských plžů - pozitivní bývá obvykle jen velmi malá část z nich - a jejich vyšetření v laboratoři, kde se z pozitivních jedinců po osvícení umělým světlem začnou uvolňovat cerkárie [53]. Počátkem roku 2021 byl tento postup na národní úrovni standardizován vydáním nové technické normy ČSN 75 7737 [9].

Přírodní znečištění a znečištění odpady

Monitoring koupacích vod v České republice zahrnuje i vizuální sledování přírodního znečištění a znečištění odpady. Naplňuje se tím požadavek směrnice 2006/7/ES [45], podle které má být sledováno znečištění odpady a tam, kde je to podle profilu vod ke koupání relevantní, také rozmnožení makroskopických řas. Naše legislativa problematiku ještě mírně rozšiřuje o znečištění přírodního původu, jako jsou zbytky vodních i suchozemských rostlin, které mohou v některých případech výrazně snížit kvalitu koupací vody. To mohou i rostoucí vyšší rostliny, například vodní mor či stolístek v případě Velkého Boleveckého rybníka [2] či pískovny v Hlučíně [19]. Pro hodnocení přírodního znečištění a znečištění odpady byla vypracována stupnice, která je součástí vyhlášky č. 238/2011 Sb. [53] (tab. č. 4).

Tab. č. 4: Stupnice pro hodnocení přírodního znečištění a znečištění odpady

Stupeň	Rozsah znečištění	Popis
0	zanedbatelné	Žádné znečištění není přítomno nebo jen v zanedbatelné míře (většinou přírodního původu).
1	mírné	Ojedinělý výskyt odpadků nebo přírodního znečištění, které nemá významný vliv na rekreační využití koupaliště.
2	místy značné	Na některých místech je nahromaděno znečištění takového rozsahu nebo charakteru, že to značně omezuje nebo znemožňuje rekreační využití postižených částí koupaliště.
3	značné podél celého břehu	Podél celého břehu je nahromaděno znečištění takového rozsahu, že to značně omezuje nebo znemožňuje rekreační využití koupaliště.

Četnost vzorkování

Četnost odběru vzorků jednotlivých ukazatelů se řídí vyhláškou č. 238/2011 Sb. [48] Ta ve svých požadavcích na odběr vzorků pro mikrobiální indikátory fekálního znečištění vychází z požadavků směrnice 2006/7/ES [45]. Pro stanovení sinic, chlorofylu-*a* a souvisejících ukazatelů zhruba přejímá četnost z doporučení WHO [20]. U přírodního znečištění a znečištění odpady byla četnost stanovení stanovena tak, aby zapadala do požadavků na ostatní ukazatele. Požadavky na termíny pro stanovení původců cerkáriové dermatitidy byla určena na základě předchozích zkušeností, mimo jiné z vyšetřování proběhlých epidemií. Ukazatele jsou stanovovány s následující četností:

- na všech lokalitách se jedenkrát za 28 dní odebírají vzorky pro stanovení mikrobiálních indikátorů (*E. coli* a intestinální enterokoky) a provádí se stanovení průhlednosti a vizuální zhodnocení vodních květů, přírodního znečištění a znečištění odpady,
- na lokalitách, u kterých lze během koupací sezóny odůvodněně předpokládat rozmnožení sinic, se navíc odebírají vzorky pro stanovení chlorofylu-*a*, sinic a mikroskopického obrazu základní četností jedenkrát za 14 dní, a se stejnou četností se provádí i stanovení průhlednosti a vizuální stanovení vodních květů. V případě, že výskyt sinic překročí hodnoty pro I. stupeň, se četnost zvyšuje na jedenkrát za 7 dní,
- na lokalitách, u kterých lze během koupací sezóny předpokládat vysoké riziko výskytu původců cerkáriové dermatitidy, se provede jeden sběr plžů před koupací sezónou a další s odstupem 3 – 5 týdnů.

První vzorek musí být odebrán krátce před koupací sezónou. Dále se vzorkování provádí v koupací sezóně, kterou zákon o ochraně veřejného zdraví definuje jako období zpravidla od 30. května do 1. září nebo období, během něhož lze očekávat velký počet koupajících se osob. Koupací sezóna má být zároveň každoročně přesně vymezena v Seznamu koupacích vod. To se však neodlišuje od vymezení daného zákonem [58].

Směrnicí 2006/7/ES [45] byla zavedena povinnost předsezónního plánování přesných termínů odběru prostřednictvím monitorovacího kalendáře. V něm musí být uvedeny konkrétní termíny, ve kterých se bude provádět odběr vzorků. Odběr nemusí být ve skutečnosti proveden přesně v den, který je uveden v monitorovacím kalendáři, nejpozději však čtyři dny po tomto datu. Odběr bývá v monitorovacím kalendáři plánován na pondělí, tím pádem musí být proveden během následujícího pracovního týdne. Většina vzorků však bývá z praktických důvodů odebrána v pondělí, aby se do konce týdne stihly provést laboratorní rozbory, jejich vyhodnocení a informování veřejnosti. Monitorovací kalendář (tab. č. 5) je vydáván pravidelně před zahájením koupací sezony do 1. května krajskými hygienickými stanicemi jako opatření obecné povahy.

Tab. č. 5: Tabulka s termíny odběrů a sledovanými ukazateli z monitorovacího kalendáře *vydaného Hygienickou stanicí hlavního města Prahy pro rok 2020 pro čtyři koupací vody (Šeberák, Hostivař, Motol, Džbán), které se na území Prahy nacházejí [34]. Ukazatel „vizuální kontrola" zahrnuje stanovení vodních květů, přírodního znečištění a znečištění odpady.*

Ukazatel	18. 5.	1. 6.	15. 6.	29. 6.	13. 7.	27. 7.	10. 8.	24. 8.
Escherichia coli	+	-	+	-	+	-	+	-
Střevní enterokoky	+	-	+	-	+	-	+	-
Vizuální kontrola	+	+	+	+	+	+	+	+
Průhlednost	+	+	+	+	+	+	+	+
Vodní květ	+	+	+	+	+	+	+	+
Sinice	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorofyl-*a*	+	+	+	+	+	+	+	+
Mikroskopický obraz	+	+	+	+	+	+	+	+

+ ukazatel se v tomto termínu stanovuje;
- ukazatel v tomto termínu není nutné stanovovat

Hodnocení stavu a kvality přírodních koupacích vod

Zjištěné hodnoty ukazatelů stanovených v místě odběru i v laboratoři se vyhodnocují v souladu s legislativními požadavky. Hodnocení probíhá nejprve na úrovni jednotlivých rizikových faktorů (sinice, mikrobiální znečištění, atd.) a následně je provedeno souhrnné hodnocení podle přílohy č. 6 vyhlášky č. 238/2011 Sb. [53].

Hodnocení sinic a řas

Hodnocení sinic a řas vychází z limitních hodnot WHO [18, 20], které však byly pro účely naší legislativy poměrně významně modifikovány (tab. č. 6). Základní hodnocení je založeno na kombinaci koncentrace chlorofylu-*a* a mikroskopické kvantifikace sinic (buď v buňkách, nebo, především v případě sinic s drobnými buňkami, v objemové biomase). Pro zařazení do příslušného stupně musí být překročena jak hodnota chlorofylu-*a*, tak sinic. III. stupeň zároveň ve většině případů bývá doprovázen silným vodním květem na nádrži. Číselné hodnoty pro chlorofyl-*a* a sinice ve III. stupni byly do vyhlášky zařazeny především s ohledem na sinici *Planktothrix agardhii*, která ani při masovém výskytu nemusí být patrná jako vodní květ, ale pouze jako silný zákal. Na druhé straně, pokud voda obsahuje větší množství řas, které jsou z hlediska zdraví méně významné, a při tom nejsou překročeny limitní hodnoty pro výskyt sinic, hodnotí se pouze zeleným příznakem na základě snížené průhlednosti - nižší než 1 metr.

Tab. č. 6: Hodnocení výskytu sinic a řas podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. [53]

Ukazatel	Jednotka	< I. stupeň	< I. stupeň	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň
sinice	buňky/ml	≤20000	≤20000	20000	100000	250000
sinice	mm^3/l	≤2	≤2	2	10	20
chlorofyl-*a*	µg/l	≤10	≤10	10	50	100
vodní květ	stupeň					2
průhlednost	metr	≥1	<1			
hodnocení	stupeň	1(☺)	2(☺)	3(😐)	4(☹)	5 (☹)

Hodnocení patogenních mikroorganismů

Zásadním problémem při hodnocení patogenních organismů (resp. mikrobiálních indikátorů) je to, že jejich výskyt ve vodním prostředí podléhá rychlým změnám. Změny jsou obvykle rychlejší, než čas potřebný k analýze vzorků. Proto není vhodné využívat k hodnocení pouze data z posledního odběru. Zásadní je však při hodnocení podle směrnice 2006/7/ES [45] sestavení souboru údajů za předchozí tři nebo čtyři koupací sezóny (podle rozhodnutí členského státu). V naší legislativě [58] je uvedeno, že se soubor údajů sestavuje vždy po skončení koupací sezóny za předcházející čtyři koupací sezóny (tj. právě skončenou sezónu a tři předchozí). S limitními hodnotami (tab. č. 7) se srovnává 95. nebo 90. percentil vypočítaný po logaritmické transformaci podle algoritmu uvedeného v legislativě [45, 53]. Provede se tzv. klasifikace, tj. přiřazení k jedné ze čtyř kategorií (výborná, dobrá, přijatelná, nevyhovující), která pak platí pro lokalitu celou příští sezónu bez ohledu na aktuální výsledky. Ty se berou v úvahu především v případech zhoršení, kdy je důvod se domnívat, že se jedná o trvalejší znečištění, nebo v případech, kdy se jedná o neočekávanou hodnotu, kterou je nutné prověřit opakovaným odběrem. Limity ve směrnici 2006/7/ES [45] byly stanoveny především s ohledem na dvě epidemiologické studie z Velké Británie [23] a Německa [55].

Tab. č. 7: Limity a hodnocení mikrobiálních indikátorů *(pro zařazení se vždy berou v úvahu hodnoty horšího z ukazatelů)*

ukazatel	jednotka	výborná jakost	dobrá jakost	přijatelná jakost	nevyhovující jakost
intestinální enterokoky	KTJ/100ml	≤200 (95. percentil)	≤400 (95. percentil)	≤330 (90. percentil)	>330 (90. percentil)
Escherichia coli	KTJ/100 ml	≤500 (95. percentil)	≤1000 (95. percentil)	≤900 (90. percentil)	> 900 (90. percentil)
hodnocení	stupeň	**1(☺)**	**2(☺)**	**3(😐)**	**4(☹)**

Pro hodnocení nálezů cerkáriové dermatitidy vyhláška č. 238/2011 Sb. (novelizace z konce roku 2020) [53] obsahuje čtyřbodovou stupnici vyhodnocení závažnosti nálezu. Zohledňuje se druh či rod a počet nalezených plžů vylučujících ocelátní furkocerkárie (tj. těch, které mohou vyvolat u člověka dermatitidu) a také to, zda byli plži nalezeni v blízkosti hodnoceného místa nebo ve vzdálenějších částech nádrže. Toto hodnocení je následně využito jako jedno z kritérií při souhrnném hodnocení podle přílohy 6 vyhlášky č. 238/2011 Sb.

Souhrnné hodnocení

Souhrnné hodnocení je určeno především ke srozumitelnému informování široké veřejnosti o kvalitě koupací vody. Každý odběr je hodnocen podle nejhoršího dílčího rizikového faktoru do jednoho z pěti stupňů (tab. č. 8). Příloha č. 6 vyhlášky obsahuje poměrně přesný postup, jak přiřazení jednotlivých stupňů provést. Je v ní zároveň uvedeno ustanovení, že v některých případech je možné se s ohledem na různé okolnosti od postupu odchýlit. Poskytuje tak pracovníku KHS nástroj pro odborně správný přístup v případech, kdy není šablonovité řešení vhodné. Souhrnné hodnocení se zveřejňuje na stránkách krajských hygienických stanic, na mapovém portálu www.koupacivody.cz a dalších místech.

Tab. č. 8: Jednotlivé stupně souhrnného hodnocení podle přílohy č. 6 vyhlášky č. 238/2011 Sb. [53]***,***
které je určeno především k informování široké veřejnosti

Stupeň	Příznak	Název stupně	Obecný popis
1	☺	voda vhodná ke koupání	Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci s vyhovujícími smyslově postižitelnými vlastnostmi.
2	☺	voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi	Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci především se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi, v případě možnosti je vhodné se osprchovat.
3	😐	voda nevhodná ke koupání	Mírně zvýšená pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci, u některých vnímavých jedinců by se již mohly vyskytnout zdravotní obtíže, po koupání se doporučuje osprchovat.
4	☹	voda nevhodná ke koupání	Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a pro uživatele představuje zdravotní riziko, koupání a provozování vodních sportů nelze doporučit zejména pro děti, těhotné ženy, osoby trpící alergií a osoby s oslabeným imunitním systémem.
5	☹	voda nebezpečná ke koupání - zákaz koupání	Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a hrozí akutní poškození zdraví, vyhlašuje se zákaz koupání.

Souhrnné hodnocení může být upravováno i na základě přírodního znečištění či znečištění odpady.

DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

Definice DPZ

Relativně nová a v současné době populární metoda soustavného získávání informací o objektech a jevech, dálkový průzkum Země, má nespočet definicí, přičemž autoři se nejvíce ztotožňují s následujícím vysvětlením: DPZ je postaven na dvou základních principech. Prvním je přenos informací, který musí být zajištěn pomocí elektromagnetického záření. Jak již ze samotného názvu techniky vyplývá, druhým základním principem je skutečnost, že pozorované objekty a jevy musí být umístěny na zemském povrchu. Tato část definice je poněkud zavádějící v případě, že jsou brány v úvahu i sledované jevy související například s atmosférickými procesy.

Důležitými pojmy v oboru DPZ jsou metody konvenční a nekonvenční (tab. č. 9). Zatímco v případě konvenčních metod jsou pořizovány a dále zpracovávány fotografické snímky zachycené centrální projekcí na fotografický materiál (typickým zástupcem například letecké snímkování), nekonvenční metody – snímání zemského povrchu pomocí družicových systémů využívají registrace elektromagnetického záření pomocí speciálních snímačů (senzorů) [14].

Tab. č. 9: Základní dělení metod DPZ

Konvenční metody	**Nekonvenční metody**
• analogová forma záznamu • velmi vysoké prostorové rozlišení (řádově v cm) • využití velmi úzké části spektra • pořizují se v jednom konkrétním okamžiku • typickými nosiči letadla, řidčeji balóny a drony • registrace změn způsobených chemickou reakcí	• digitální forma záznamu • nižší prostorové rozlišení (řádově v m) • využití většího rozsahu elektromagnetického spektra • elektromagnetické záření registrováno pro jednotlivé pixely obrazu • nosičem družice • registrace změn elektrických veličin

Dalším možným postupem je rozdělení metod DPZ dle původu snímaného záření. Aktivní metody využívají vysílání záření z umělého zdroje umístěného na nosiči, jehož část je od sledovaných objektů odražena zpět a následně je registrována jeho velikost. Typickými aktivními metodami jsou například radarové techniky a LIDAR (*Light Detection and Ranging*). Pasivní metody provádí pouze záznam registrovaného záření. Tyto metody mohou být dále děleny na pasivní metody přímé, kdy registrují odražené a rozptýlené záření Slunce a pasivní metody nepřímé, které sledují záření emitované zemskými objekty, vyvolané slunečním zářením (tepelné záření) [21].

Elektromagnetické záření

Základní vlastností elektromagnetického záření je, že v ideálním případě, tj. v homogenním prostředí, se šířené elektromagnetické záření nemění. V případě přítomnosti jakékoliv nehomogenity v prostředí se elektromagnetické zá-

ření změní, respektive změny se projeví v jeho elektromagnetických či geometrických vlastnostech. Nehomogenita prostředí je doprovázena existencí rozhraní. Elektromagnetická vlna způsobuje při hranici dvou prostředí oscilační pohyb elektromagnetických nábojů, čímž vzniká druhotná elektromagnetická vlna s odlišnou intenzitou záření, vlnovou délkou, polarizací nebo směrem šíření.

V případě druhotné elektromagnetické vlny je nutné rozlišovat tři typy záření:

1.) odražené - vlna šířena do stejného prostředí, ze kterého vzešla,
2.) pohlcené - vlna šířena do druhého prostředí, kterým je pohlcena, následně je zvýšena vnitřní energie tohoto prostředí
3.) a prošlé - vlna s nízkou úrovní absorpce prochází až za druhé prostředí.

Elektromagnetické záření je na základě vlnové délky rozčleněno do elektromagnetického spektra, které je velmi rozsáhlé a spojité. DPZ operuje s pouze nepatrnou částí elektromagnetického spektra, a to s vlnovými délkami pásem viditelného záření, infračerveného záření a mikrovlnného záření. Pro potřeby projektu byly však využívány zejména vlnové délky v rozsahu 0,3 – 3 μm (viditelné pásmo a pásmo infračerveného záření).

Záznam elektromagnetického záření, který lze získat, může být dvojího typu, a to buď obrazový (vlastní digitální snímek), nebo neobrazový (v takovém případě se jedná převážně o různé formy grafů). Rovněž informace získané pomocí elektromagnetického záznamu lze rozlišit na geometrické a tematické. Zatímco geometrické informace přímo souvisí s polohou, velikostí nebo tvarem pozorovaného objektu či jevu, tematické informace ho identifikují a charakterizují [14].

Odraz

Odraz, resp. jeho velikost, je jedna ze základních veličin, které jsou v rámci DPZ sledovány. Je zkoumána výhradně část druhotné elektromagnetické vlny, která je vrácena do stejného prostředí, ze kterého vzešlo primární záření.

V ideálním případě platí, že úhel dopadu se rovná úhlu odrazu, pro tuto skutečnost však musí být splněny dva předpoklady. Prvním je, že povrch rozhraní obou prostředí je dokonale rovný, druhým předpokladem je, že obě dotčená prostředí jsou homogenní. V praxi se však tento ideální případ téměř nevyskytuje. V případě DPZ je zpravidla prvním prostředím vzduch, přičemž intenzita odraženého záření je ovlivňována zejména relativní permitivitou materiálu druhého prostředí.

Pro určení odrazivosti je velmi hojně využíván koeficient záře, který lze definovat jako poměr mezi září sledovaného objektu a září za standardních podmínek. Standardními podmínkami je myšlen povrch se sníženou směrovou závislostí a dokonalý odražeč s maximálním podílem odraženého záření a minimální absorpcí. Odraz přírodních objektů je popisován tzv. albedem. To je vysvětlováno jako poměr toku záření odcházejícího z atmosféry k toku záření přicházejícímu, přičemž je v něm zahrnuto i záření rozptýlené. Výhodou tohoto ukazatele je možnost určení odrazivosti v různých výškách [14].

Přednosti DPZ

Obor DPZ se postupně stává více populárním, ať už v přírodovědných či technických oborech, pro své nedocenitelné vlastnosti.

Satelitní data výrazně předčí svou aktuálností informací data získaná klasickou formou pozemního šetření, nehledě na porovnání finančních a časových nákladů vynaložených na získání těchto informací. S tím je úzce spjata i další vysoce ceněná vlastnost - opakovatelnost pořízení informace. V případě družicových systémů s pevně stanovenou dráhou svého oběhu lze zachytit časovou dynamiku vývoje pozorovaných jevů. Nelze opomenout ani rozsah území zachyceného v jednom konkrétním okamžiku. Ten může činit řádově desítky až stovky km^2 (závisí na družicovém systému).

Po provedení geometrických a radiometrických korekcí, jejichž účelem je odstranění zkreslení dat, je zpravidla získán geometricky přesný a standardizovaný obraz. Ten umožňuje nejen zjištění přesné polohy objektu zájmu, ale i stanovení a porovnání získaných hodnot registrovaného elektromagnetického záření [21].

Satelitní data

Mezi základní družicové systémy se mimo družice pro tematické sledování řadí ještě meteorologické mise (např. *Meteosat, MSG, NOAA*, atd.), vojenské mise a mise kosmických letů. Jak bylo již dříve naznačeno, družice jsou pro sběr dat využívány zejména z následujících důvodů: velká výška letu, tudíž i velký rozsah snímané plochy, krátká doba snímání a jeho periodické opakování, stabilní dráha družice s minimálními odchylkami a možnost dodání pořízených dat v reálném čase.

Nejčastějším členěním družicových dat je rozdělení na data optická a data radarová. Optická data jsou snímána ve vlnových délkách viditelného a infračerveného pásma, data radarová využívají mikrovlnných pásem. Dalším významným je dělení na základě jejich prostorového rozlišení. Zjednodušeně řečeno, tento parametr udává velikost území zobrazeného jedním pixelem (například *Sentinel–2*: 10 x 10 m). V rámci prostorového rozlišení jsou definovány tři (případně čtyři) úrovně:

1.) Data s nízkým *(LR – Low Resolution)* a středním *(MR – Medium Resolution)* prostorovým rozlišením jsou pořizována výhradně v multispektrálním režimu (tzn. z více částí elektromagnetického spektra). Frekvence snímání zemského povrchu se často pohybuje v řádu jednoho až několika dní. Rovněž se vyznačují velkým rozsahem snímané plochy v jednom okamžiku. Proto jsou tato data vhodná pro aplikace malých měřítek (cca 1: 1 000 000), např. globální a kontinentální mapování pevniny, sledování stavu a vývoje atmosféry či oceánů, monitoring přírodních katastrof (zemětřesení, vulkanická činnost, atd.), aj. Typickými zástupci dat s nízkým rozlišením (řádově tisíce metrů) jsou snímky získané družicemi *Sentinel – 5P*, *Sentinel – 3* nebo *Spot 5*. Střední prostorové rozlišení (cca stovky metrů) snímku poskytují například senzory družic *TERRA (MODIS)* či *Envisat (Meris)*.

2.) Data s vysokým prostorovým rozlišením (*HR – High Resolution*) jsou pořizována jak v multispektrálním režimu, tak i v režimu panchromatickém, díky kterému je možné provést tzv. *pansharpening*. Jedná se o kombinaci multispektrálních dat s nižším prostorovým rozlišením s panchromatickým pásmem, které má zpravidla vyšší prostorové rozlišení. Výsledkem jsou pak informace získané z multispektrálních dat s prostorovým rozlišením panchromatického pásma. Prostorové rozlišení těchto dat činí řádově desítky metrů a jsou proto využívána pro aplikace regionálních měřítek (přibližně 1: 25 000 - 1: 100 000). Nejčastěji data slouží pro aktualizace stávajících tematických map, sledování průběhu lesní těžby nebo mapování stavu, vývoje a změn v krajině. Mezi družice snímající data s vysokým prostorovým rozlišením lze zařadit *Landsat*, *TERRA* (*ASTER*) a *Sentinel–2*.

3.) Data s velmi vysokým prostorovým rozlišením (*VHR – Very High Resolution*) jsou velmi často pořizována za pomoci komerčních družicových systémů, což se velmi často odráží na pořizovacích nákladech snímků. Podrobnost dat je však často vykoupena menším rozsahem plochy snímání. Díky velice podrobnému prostorovému rozlišení (v současnosti v řádech centimentrů) nachází snímky nejčastěji své uplatnění při urbanistických studiích, modelování měst ve 3D, kontrole zemědělských aktivit, mapování vegetace či při tvorbě digitálního modelu terénu (DMT). Odpovídající mapové měřítko se přibližně pohybuje v hodnotách 1: 5 000 – 1: 25 000. Mezi významné zástupce dat s velmi vysokým prostorovým rozlišením lze zařadit například *Ikonos*, *CarSat*, *WorldView*, *QuickBird* a *GeoEye*.

Dalšími typy rozlišení obrazu jsou spektrální a časové rozlišení. Spektrálním rozlišením je myšlen počet částí spektra, která jsou digitalizována v obraze. Zatímco panchromatický snímek obsahuje pouze jedno pásmo (zpravidla z viditelné části spektra), multispektrální snímek obsahuje n pásem vymezených rozsahem frekvencí nebo vlnovými délkami. Zvláštním případem pak jsou snímky hyperspektrální, které jsou složeny z desítek až stovek pásem s velmi úzkými rozsahy. Časové rozlišení snímku udává informaci o frekvencí opakovaného záznamu obrazu ze stejného území za stejných podmínek (například *Landsat* 8 - 16 dní) [21].

Mise Sentinel

Relativně novou výzvou pro oblast DPZ jsou volně dostupné produkty Evropské kosmické agentury (ESA). Ta v současné době zajišťuje provoz šesti typů družicových systémů (mise *Sentinel-6* zahájena 21. listopadu 2020) se zaměřením na různé složky životního prostředí, díky kterým jsou naplňovány cíle vesmírného programu *Copernicus*. Program *Copernicus* byl zahájen roku 2014 a jeho hlavním cílem je poskytování služeb založených na DPZ, které umožní soustavné pozorování některých složek životního prostředí. ESA v současné době provozuje šest typů družic mise *Sentinel*, přičemž nejvíce využívanými jsou *Sentinel-1*, *2* a *3*, které jsou níže podrobněji popsané [43].

Sentinel-1 tvořena dvěma samostatnými družicemi (A, B), které se nacházejí vždy vůči sobě v protilehlých stranách Země. Samostatně opakuje družice snímání stejného místa jednou za 12 dní, společně tedy snímají stejné území jednou za 6 dní, v okolí rovníku je perioda snímání nižší. Tyto družice jsou opatřeny radarovým snímačem *SAR*, který snímá zemský povrch v mikrovlnném pásmu C. Jeho prostorové rozlišení je 5 m.

Sentinel-2 rovněž tvořen dvěma družicemi (A, B). Jeho úkolem je pořizování optických dat ve vysokém prostorovém rozlišení (10 m). Senzor, jímž jsou obě družice vybaveny, *MultiSpectral Imager* snímá data ve 13 pásmech - chybí termální a panchromatické pásmo, přičemž za nejdůležitější jsou považována pásma viditelné a infračervené části elektromagnetického spektra, ostatní pásma jsou určena především pro korekce obrazu. Doba oběhu jedné družice je 10 dní, ve spolupráci se svou sesterskou družicí je však možné periodu snímání stejného území opět snížit na polovinu, v případě rovníkových oblastí až na 3 dny. Velikost jedné pořízené scény činí 290 km. *Sentinel–2* má do určité míry podobné parametry snímání, proto by v budoucnu mohla konkurovat programu *Landsat*, co se týče možnosti zachycení časové dynamiky jevů.

Sentinel-3 díky svému nízkému prostorovému rozlišení (300 m, 500 m, 1000 m) je určena zejména pro pořizování globálních dat. Zaměřuje se z velké části na vodní složku naší planety. *Sentinel-3* je opět stejně jako její předchůdci tvořen dvěma sesterskými družicemi pro zvýšení snímací kapacity (ze 4 dní na 2 dny). Družice jsou opatřeny třemi přístroji. OLCI *(Ocean and Land Color Instrument)* snímá zemské objekty ve 21 spektrálních pásmech v rozsahu od 0,400 – 1,020 μm v prostorovém rozlišení 300 m, přičemž velikost snímané scény je 1270 km. Snímač je tematicky zaměřen převážně na sledování územních změn a jeho výsledky by měly navazovat na data získaná ze ztracené družice *Envisat*. Dalším neseným snímačem je SLSTR *(Sea nad Land Surface Temperature Radiometer)*, který měří energii vyzařovanou zemským povrchem. Snímá v 9 spektrálních pásmech a přesnost měřených teplot zemského povrchu či vodní hladiny se pohybuje cca kolem 0,3 °C. Družice jsou navíc vybaveny radarovým výškoměrem *SAR*, který je schopen měřit výšku mořské hladiny a rychlost větru při hladině, rovněž díky němu po provedení korekcí lze měřit obsah vodní páry v oblacích [43].

Pro naplnění cílů vytýčených v projektu byla využívána data družicového systému *Sentinel-2*. Jeho hlavním úkolem je monitoring stavu lesů a zemědělství, avšak díky vysoce atraktivním parametrům výsledných produktů (prostorové, časové a spektrální rozlišení) jsou v současné době snímky družice *Sentinel-2* hojně využívány i pro jiná odvětví monitoringu. Rovněž napomohla i skutečnost, že již v minulosti byla prokázána závislost mezi projevy odrazivosti a množstvím pevných částic ve vodním prostředí. Například v případě fytoplanktonu, tedy mikroskopických řas a sinic vznášejících se volně na vodní hladině, byly popsány změny v projevech odrazivosti při využití červeného a infračerveného pásma (vlnové délky 0,5 – 0,75 μm) [4, 35].

METODIKA

Terénní sběr dat

První etapa terénního šetření probíhala v období měsíců června až října 2019, kdy byl pracovníky SZÚ prováděn pravidelný odběr vzorků vody na patnácti modelových lokalitách (ML) v Praze, Středočeském, Pardubickém, Královehradeckém a Jihočeském kraji (tab. č. 10). V roce 2020 byl s ohledem na výsledky roku 2019 seznam ML mírně modifikován. To zahrnovalo jak vyřazení či zařazení monitorovaných nádrží, tak úpravu počtu odběrových míst na některých lokalitách.

Více než polovina ML patří mezi oficiálně sledované koupací vody zařazené do seznamu podle zákona o ochraně veřejného zdraví [58]. Byly vybrány typově různé nádrže (nádrže po těžbě písku a štěrkopísku, přehradní nádrže, rybníky), lišící se velikostně (od malých jako je rybník Eliška v Praze – Horních Počernicích, až po velké jako jsou Seč nebo Rozkoš) i oživením fytoplanktonem (od nádrží s velmi nízkým oživením jako jsou Opatovický písník nebo Mělické písníky, až po nádrže s pravidelně se vyskytujícími vodními květy jako jsou horní nádrž Rozkoš, Seč, Hostivař nebo Šeberák).

V úvahu byla brána nejen kvantita, ale i předpokládané složení fytoplanktonu. Zohledněny byly i některé další faktory jako zvýšený zákal abiogenního původu nebo zvýšené mikrobiální znečištění. Na lokalitách bylo vybráno jedno hlavní odběrové místo (OM) a pak s výjimkou Labe a malého písníku v Mělicích i několik dalších odběrových míst, které měly postihnout prostorovou heterogenitu kvality vody.

Tab. č. 10: Modelové lokality projektu

Lokalita	Typ	Výměra (km²)	Seznam koupacích vod	Oficiální místa odběru	Rok 2019		Rok 2020	
					počet míst odběru	počet odběrů	počet míst odběru	počet odběrů
Očko	písník	0,11	ne	x	3	4	1	3
Ovčáry	písník	0,17	ne	x	5	4	2	3
Proboštské jezero	písník	0,27	ano	1	4	4	5	3
Opatovický písník	písník	0,31	ano	1	3	4	x	x
Mělice	písník	0,43	ano	1	5	4	5	3
Mělice – malý písník	písník	0,10	ne	x	1	4	1	3
Eliška	nádrž	0,02	ne	x	3	4	3	3
Marvánek	nádrž	0,02	ne	x	3	4	x	x
Vyžlovka	nádrž	0,20	ano	1	3	4	x	x
Hostivař	nádrž	0,35	ano	1	9	7	8	4
Seč	nádrž	1,62	ano	3	3	4	x	x
Rozkoš (horní)	nádrž	8,95	do 2018	dříve 1	4	4	5	3
Rozkoš (dolní)			ano	1	3	4	3	3
Šeberák	nádrž	0,08	ano	1	x	x	5	4
Labe (Stará Boleslav)	řeka	x	ne	x	1	4	1	3
Staňkovský rybník	nádrž	2,72	ano	1	5	2	5	2

Předběžný časový harmonogram terénních šetření byl vytvořen tak, aby korespondoval s dobou přeletu družice. Letový plán družic *Sentinel-2* je dostupný online [16] od listopadu 2015 ve formátu *KML*. O tom, zda bude v naplánovaný den vzorkování provedeno, se rozhodovalo operativně podle předpovědi počasí. Pokud mělo být jasno nebo alespoň polojasno, bylo vzorkování provedeno.

Na hlavním OM byla změřena průhlednost a teplota vody (v hloubce 10 a 30 cm), zaznamenán vodní květ a další přímo pozorovatelné skutečnosti související s kvalitou vody. Dále zde byl odebrán vzorek způsobem shodným s běžným postupem pro sinice a chlorofyl-*a* podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. [53], resp. podle ČSN 75 7717 [8], na kterou se vyhláška odkazuje. Odběr byl v souladu s tímto postupem prováděn Andělovou tyčí, což je trubkový odběrák speciálně určený k odběru koupacích vod, z horizontu 0 - 30 cm. Bylo vždy smícháno několik (obvykle pět) dílčích vzorků v okruhu několika metrů kolem OM. V místě odběru byla vždy hloubka větší než 1 metr.

V takto odebraných vzorcích byl v laboratoři stanoven chlorofyl-*a*, mikroskopický obraz (sinice a řasy), zákal a provedena měření na fluorimetru. Na hlavním OM a na dalších místech byly dále odebrány bodové vzorky (těsně pod hladinou – tj. do hloubky cca 10 cm). V těchto vzorcích byl v laboratoři stanoven zákal a provedena měření na fluorimetru. Na vybraných lokalitách byly z hloubky 30 cm pod hladinou také odebrány vzorky pro mikrobiologický rozbor.

Odběr byl proveden podle možností po vstupu do vody, z mola, ze břehu nebo z lodě (na ML Hostivař). V případě vzorků odebíraných těsně pod hladinou byla na některých místech k odběru použita pětimetrová tyč s připevněnou plastovou kádinkou (obr. č. 6).



Obr. č. 6: Možnosti provádění odběru vzorků

Laboratorní práce

Stanovení sinic a řas mikroskopicky

Vzorky pro mikroskopické rozbory, tj. stanovení sinic podle ČSN 75 7717 [8] a stanovení řas podle ČSN 75 7712 [7] byly vždy v den příjezdu do laboratoře fixovány ve většině případů kyselým Lugolovým roztokem v úpravě podle Utermöhla, v případě dominance koloniálních sinic byl použit zásaditý roztok [8]. V živých vzorcích byl podle potřeby a podle časových možností proveden kvalitativní rozbor sinic a řas.

Kvantifikace sinic a řas probíhala s časovým odstupem (po sezóně) podle ČSN 75 7717 [8] a ČSN 75 7712 [7]. Ke stanovení objemové biomasy sinic byly měřeny rozměry jednotlivých taxonů pomocí analýzy obrazu (software *Lucia*). U méně zastoupených taxonů byly pro výpočet objemové biomasy v některých případech použity hodnoty z determinační literatury [24].

Stanovení chlorofylu-*a*

Chlorofyl-*a* byl stanoven pomocí standardní metody ČSN ISO 10260 [13]. Filtrace vzorku přes filtry *Whatman GF/B* a extrakce 90% etanolem (25 ml) byly vždy provedeny bezprostředně po návratu do laboratoře (tj. v den odběru). Přes noc byly nevyčištěné extrakty skladovány v ledničce, druhý den pak odstředěny. Následně bylo automatickou pipetou odměřeno do skleněných kyvet s optickou dráhou 4 cm 10 ml supernatantu. Absorbance při 665 nm a 750 nm byly měřeny na spektrofotometru *Alfa Helios*. Okyselení extraktu bylo provedeno přímo v kyvetách. Stanovován byl ve shodě s metodickou normou nejen chlorofyl-*a*, ale rovněž jeho rozkladné produkty (feopigmenty).

Fluorescenční analýzy fytoplanktonu

Fluorescenční analýzy byly vždy prováděny bezprostředně po návratu do laboratoře (tj. v den odběru) v 1 cm plastových kyvetách fluorimetrem *AquaPen AP100* (od firmy PSI), který měří odezvu vzorků excitovaných při vlnových délkách 450 a 620 nm. To umožňuje rozlišení sinic a řas, i když ne zcela bez problémů. Před změřením byla kyveta se vzorkem ponechána alespoň 30 sekund v temnu v přístroji. Stanovována byla hodnota okamžité fluorescence chlorofylu (Ft) po excitaci při obou vlnových délkách a OJIP křivky (450 nm a 620 nm). Pro kvantifikaci sinic a řasy byl využit parametr *fixed area* (protokol OJIP). Vzorky s koloniálními taxony sinic byly měřeny vždy bez dezintegrace, v některých případech také po dezintegraci ultrazvukem (U) či mechanicky stříkačkou s tupou jehlou [8].

Úkolem fluorescenčních analýz bylo díky rychlosti a jednoduchosti stanovení zastoupit ve všech vzorcích časově mnohem náročnější mikroskopické rozbory a stanovení chlorofylu-*a* metodou podle ČSN ISO 10260 [13]. Samozřejmě bylo nutné při interpretaci výsledků vzít v úvahu i nedostatky této metody. Závislost stanovení fytoplanktonu pomocí fluorimetru a stanovení chlorofylu-*a* extrakčně podle ČSN ISO 10260 není příliš silná. Velikost odezvy se liší nejen podle kvantity, ale i podle složení přítomného fytoplanktonu, takže porovnání vzorků z různých nádrží je problematičtější, než porovnání vzorků v rámci jedné nádrže. Avšak i vzorky odebrané v jeden den z jedné nádrže se neliší jen kvantitou, ale

kolísá i poměrné zastoupení jednotlivých taxonů (bičíkovců, sinic). Zvláště u koloniálních sinic fluorometrické stanovení může poskytovat výrazně podhodnocené výsledky (samozastínění). Pokud se vzorek dezintegruje (mechanicky, ultrazvukem), signál se sice výrazně zvýší, ale poškodí se tím buňky (především u nostokálních sinic). Fluorescenční odezva je pak příliš vysoká a výsledek pro změnu je nadhodnocen. Proto byla zvolena práce s nedezintegrovanými vzorky s vědomím možného podhodnocení. Kromě uvedeného samozastínění je zde ještě problém velmi velkých kolonií. Pokud se do kyvety o objemu 4 ml dostane velká kolonie *Microcystis* či vločka *Aphanizomenon flos-aquae* (v případě výskytu těchto kolonií např. v jednotkách na 100 ml), bude fluorescence takového dílčího vzorku výrazně vyšší než by odpovídalo průměrné hodnotě ve vzorku. Navíc kyveta s velkou kolonií má většinou nestabilní signál. U vzorků s velkými koloniemi bylo obvykle stanovení několikrát opakováno.

Zákal byl obvykle měřen ještě v den příjezdu do laboratoře. Ke stanovení zákalu byl využíván turbidimetr *HACH 2100P*. *E. coli* byla stanovena metodou *Colilert Quanti/tray* (dle ČSN EN ISO 9308-2) [12], intestinální enterokoky pak metodou membránové filtrace dle normy ČSN EN ISO 7899-2 [11].

Zpracování satelitních dat

Zpracovávaná data pocházela z mise *Sentinel-2*, která byla zahájena 23. června 2015 vypuštěním družice *Sentinel-2A* do oběhu. Je vybavena senzorem *MultiSpectral Imager*, který snímá data ve 13 pásmech (tab. č. 11) ve vysokém prostorovém rozlišení (10 – 60 m). Za nejdůležitější je považováno pásmo viditelné (B2, B3, B4) a infračervené části (B5, B6, B7, B8 a B8a) elektromagnetického spektra. Ostatní pásma jsou určena především pro radiometrické korekce obrazu. Doba oběhu této družice je 10 dní, ve spolupráci se sesterskou družicí *Sentinel-2B* (vypuštěna do oběhu 7. března 2017) se však perioda snímání stejné lokality snižuje na polovinu, v případě rovníkových oblastí dokonce až na tři dny. V rámci jedné pořízené scény je zachyceno 290 × 290 km zemského povrchu [17].

Tab. č. 11: Vlnové délky snímané misí Sentinel-2 [17]

Spektrální pásmo	Rozsah [μm]	Prostorové rozlišení [m]
COSTAL	0,4330 – 0,4530	60
BLUE	0,4575 – 0,5225	10
GREEN	0,5425 – 0,5775	10
RED	0,6500 – 0,6800	10
RED EDGE	0,6978 – 0,7125	20
NIR	0,7325 – 0,7475	20
NIR	0,7730 – 0,7930	20
NIR	0,7845 – 0,8995	10
NIR	0,8550 – 0,8750	20
NIR	0,9350 – 0,9550	60
NIR	1,3600 – 1,3900	60
SWIR	1,5650 – 1,6550	20
SWIR	2,100 – 2,2800	20

Pro základní kroky zpracování multispektrálního obrazu bylo testováno několik softwarových prostředí. Testovaným zástupcem komerčních software (SW) pro zpracování satelitních dat se stal software *Geomatica* (PCI). Software *Geomatica* byl navržen jako komplexní aplikace pro práci s prostorovými daty. Je rozčleněn na několik modulů, přičemž v základním modulu jsou zahrnuty nejčastěji využívané nástroje pro zpracování, analýzu, vyhodnocení a vizualizaci všech typů prostorových dat (vektorové, rastrové i tabulkové). Ostatní doplňkové specializované moduly nabízí řadu nejmodernějších algoritmů a nástrojů pro pokročilejší zpracování prostorových dat. Výhodou tohoto software je možnost pořízení a sestavení celku z pouze požadovaných potřebných modulů. Software je rovněž nezávislý na hardwarové platformě a podporuje i možnosti určité modifikace dle aktuálních požadavků uživatele [36].

Prvním krokem předzpracování bylo převzorkování jednotlivých pásem na stejné prostorové rozlišení - 10 m. Tento krok byl nezbytný pro další předzpracování obrazu. Následně byly provedeny pro jednotlivé scény atmosférické korekce. Jedná se o nejkomplikovanější formy opravy obrazu. Vlivem rozptylu, pohlcování a také emisivity atmosféry dochází k modifikaci hodnot pixelu. Všeobecně je pro úpravu hodnot pixelů využíváno přírodního modelu a jeho aproximací, s cílem zajistit, aby tyto hodnoty co nejvíce odpovídaly skutečným odrazovým nebo zářivým vlastnostem sledovaného objektu. Zároveň zde byly vygenerovány tzv. masky mraků a stínů, tedy pixely, které byly z dalších analýz vyloučeny.

Vzhledem k tomu, že bylo získáno velké množství dat, vznikla potřeba (z důvodů časové a výpočetní náročnosti) velikost získaných dat a čas nutný k jejich zpracování snížit. Prvním krokem bylo tzv. mozaikování dlaždic. Jedná se o proces, při kterém v případě, kdy sledované území je pokryto více snímky, je dosaženo bezešvé a barevně vyrovnané mozaiky (nebudou zde patrné přechody mezi jednotlivými snímky). Kvalita výsledné mozaiky závisí především na geometrické přesnosti snímků, velikosti jejich překryvů a rozdílech ve způsobu jejich pořízení. K mozaikování byl využit modul softwaru *Geomatica, Mosaic Tool*, ve kterém bylo na základě uživatelských recenzí využito manuální metody [36]. Díky tomuto procesu byl následně snížen počet opakování u dalších kroků digitálního zpracování snímku. Ke snížení celkového objemu dat bylo nutné vybrat z mozaiky pouze vodní plochy. Ty byly získány výběrem prvků z vrstvy vodních ploch *ZABAGED®* (ČÚZK). Takto získané datové sady očištěné o nepotřebná data vstupovaly do dalších analýz. Je patrné, že zdrojová satelitní data a manipulace s nimi představují poměrné velkou zátěž pro paměť pracovní stanice a vysoké časové nároky na získání a zpracování obrazových dat.

Pro předzpracování satelitních dat byly vyzkoušeny i produkty s tzv. otevřeným zdrojovým kódem. Prvním byl *SNAP* – ver. 6.0 vyvíjený společností *Brockmann Consult, Array Systems Computing and C-S* pro účely programu *Copernicus*. Tento software je distribuován pod licencí GPL *(General Public Licence)*, je tedy volně k dispozici. Jeho nevýhodou však je, že se stále vyvíjí, jeho moduly jsou vyvíjeny samostatně a velmi často se vyskytují problémy s aplikací v různých operačních systémech [47].

Poměrně zajímavou možnost automatizace nabízí R balíček „*sen2r*“ (R [41] je rovněž „opensource“ software, původně určený pro účely statistického zpracování dat, v současné době se však díky neustále narůstajícímu počtu balíčků vytvořených uživateli, stává multifunkčním prostředím). Při využití některých jeho funkcí lze podle zadání požadovaných parametrů získat více snímků najednou, provést na nich atmosférickou korekci (za využití nástroje *Sen2Cor*), vytvořit je-

jich mozaiky (po dnech snímání), maskování oblačnosti, ořez na požadované vodní plochy a výpočet spektrálních indexů v uživatelsky přívětivém prostředí [42].

Data z terénních šetření byla ještě před vstupem do procesu modelování při standardizaci (např. převod z dlouhého formátu tabulky na formát široký) zbavena zjevných chyb, které mohly být způsobeny častou konverzí datových typů v rámci různých uživatelských prostředí. Pro pozice se známými souřadnicemi bylo po transformaci na společný souřadnicový systém z družicových dat (*WGS 84/UTM zone 33N*) pro budoucí modely vypočteno 105 spektrálních indexů a určeny hodnoty odrazivosti 11 samostatných spektrálních pásem družic *Sentinel-2*, tedy celkem 116 prediktorů. Algoritmy pro výpočet vhodných spektrálních indexů byly sestaveny na základě formulací uvedených v databázi indexů využitelných v DPZ (IDB) dostupné online na https://www.indexdatabase.de/.

Při výběru zdrojových kombinací spektrálních pásem byl především brán ohled na uvedenou primární aplikaci konkrétního spektrálního indexu a na spektrální pásma obsažena v kombinaci. Bylo zjištěno, že ve zdrojové databázi IDB jsou uvedeny duplicitní kombinace spektrálních pásem uvedené pod jiným názvem nebo chybně uvedeny rovnice. Duplicitní prediktory a kombinace s nestandardními či chybějícími hodnotami byly odstraněny, tedy byl redukován počet prediktorů vstupujících do modelu na 104 (93 spektrálních indexů a 11 samostatných spektrálních pásem).

Prediktivní modelování

Vlastní modelování hodnot ukazatelů jakosti vody prostřednictvím satelitních dat proběhlo pomocí dvou modelovacích technik v prostředí statistického softwaru R [41]. Pro konstrukci modelů a vlastní prediktivní modelování byla využita kombinace R balíčků „*caret*“ a „*pls*“ [30].

Random Forests

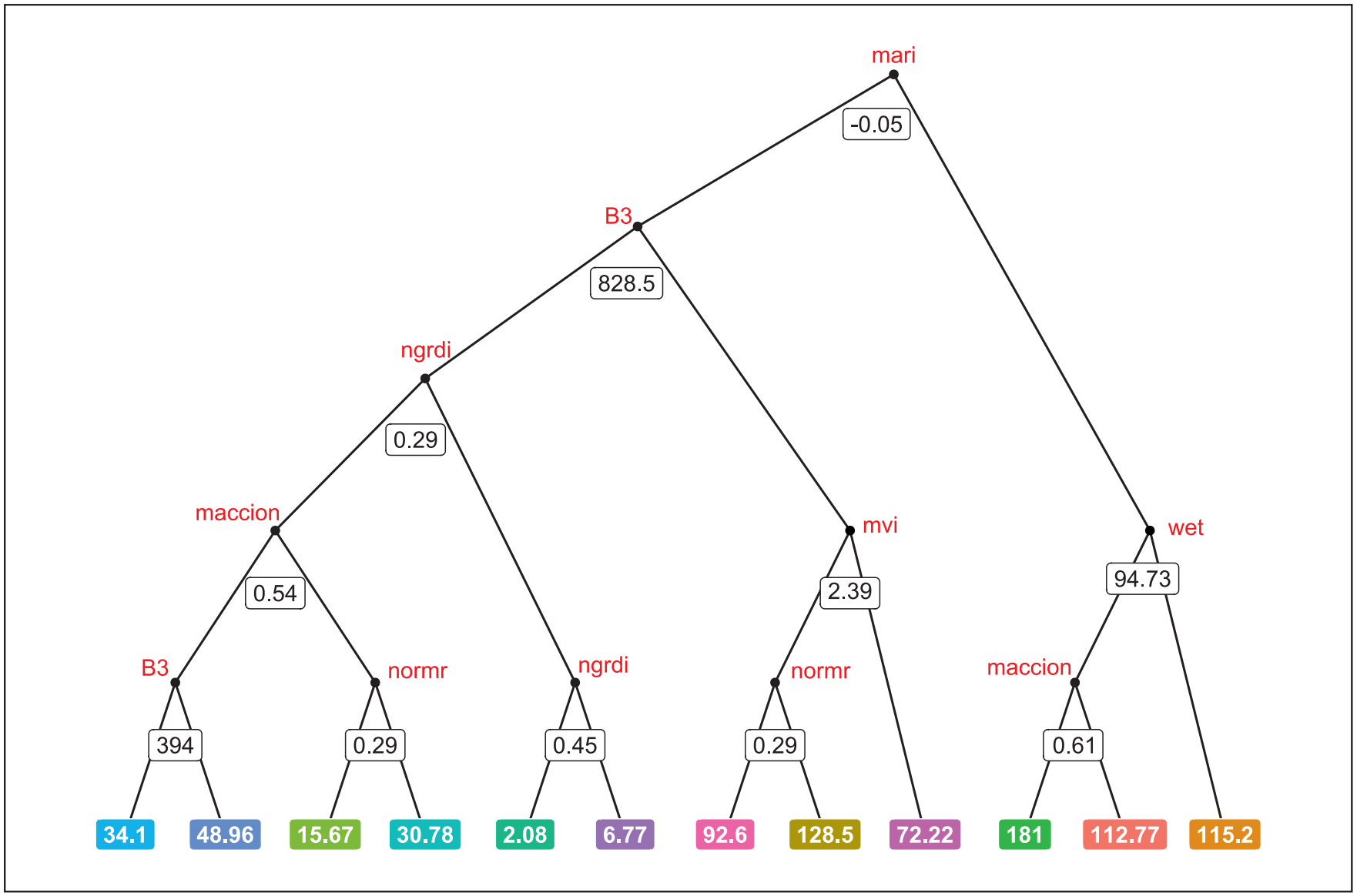
Random Forests (RF) je jednou z technik využívajících např. klasifikačních a regresních stromů (*CART*). Jedná se o metodu učení pro klasifikaci, predikci, měření významnosti proměnných, měření efektu proměnných na predikci, shlukování a detekci odlehlých hodnot. Spočívá především v konstrukci velkého počtu rozhodovacích stromů, přičemž výsledná regresní funkce je vážený průměr regresních funkcí všech stromů.

Při konstrukci RF jsou využívány binární stromy (obr. č. 7), při jejichž tvorbě se vstupní data dělí na testovací a trénovací soubor. Souborem vstupních dat, se kterým se zde pracuje, je myšlen soubor bootstrapových výběrů. Jedná se tedy o náhodné výběry s opakováním vzniklé z původního vzorku pozorovaných dat. Tím lze zajistit, že i velmi malé soubory dat mohou být rozděleny na velký počet testovacích a trénovacích souborů. Trénovací soubory jsou použity pro konstrukci stromů. Testovací soubory, tedy pozorování, která se do výběru pro trénování nedostala, jsou využity k odhadu chyby.

Základním algoritmem tvorby RF je: 1.) vytvoření bootstrapového podsouboru o velikosti N (trénovací soubor), 2.) výběr náhodné podmnožiny prediktorů s předem zvoleným počtem těchto prediktorů, 3.) vytvoření stromu na boot-

strapovém souboru pouze pomocí této podmnožiny prediktorů, 4.) zařazení hodnot z testovacího souboru vytvořeným stromem a určení predikce, 5.) opakování kroků 1 – 4 až do vytvoření lesa s požadovaným počtem stromů [3].

Volba optimálního počtu prediktorů ve druhém kroku algoritmu byla zajištěna postupem implementovaným v R balíčku „*CAST*“, kde bylo využito funkcí dalších balíčků „*caret*“ a „*randomForest*“ [25, 26, 27, 31, 32, 33]. Ostatní parametry byly ponechány ve výchozím nastavení.



Obr. č. 7: Příklad zkonstruovaného binárního stromu pro modelování ukazatele chlorofyl-a

Partial Least Square regression

Partial Least Square regression (PLSR) technika pro vytvoření modelu a následnou predikci je v současné době hojně využívána nejen v přírodních vědách, ale například v ekonomii či marketingu. Původně byla vyvinuta pro účely zpracování chemických dat a poprvé byla popsána statistikem H. Woldem [56].

Své uplatnění nalézá především při posuzování velkého množství možných korelací a vysvětlujících proměnných. Promítnutím mnoha proměnných do výrazně nižšího počtu ortogonálních latentních proměnných redukuje jejich dimenzi. Jinými slovy, informační obsah prediktorů přenese do uměle vytvořených vzájemně nekorelovaných proměnných, při zachování maximálního informačního rozsahu. Tyto proměnné jsou následně optimalizovány pro aplikaci vícerozměrné lineární regrese.

PLSR se snaží pomocí latentních proměnných v prostoru matice prediktorů popsat směr rozptylu v prostoru matice vysvětlovaných proměnných. Před samotným modelováním je část vstupních dat skryta. Kalibrace tedy probíhá nasazením modelu na data známá, zatímco validace modelu pomocí skryté části dat [30].

Pro individuální vysvětlované proměnné byly konstruovány modely s maximálním počtem latentních proměnných získávaných z původních proměnných vysvětlujících (tj. spektrálních indexů či pásem). Výkonnost finálních modelů byla posouzena běžnými *performance* statistikami, jako jsou například koeficient determinace (R2), symetrická střední absolutní procentní chyba (SMAPE), střední čtvercová chyba (MSE) a odmocninová střední čtvercová chyba (RMSE).

VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Využitelnost satelitních dat

Hodnocení parametrů stavu a kvality pomocí metod dálkového průzkumu Země se na první pohled jeví jako velmi lákavé. Na rozdíl od odběru bodových vzorků *in-situ*, pro které je charakteristická omezená četnost a jejich počet, jsou satelitní snímky relativně snadno dostupným zdrojem prostorových dat s pravidelnými, relativně krátkými intervaly jejich aktualizace a možnosti zachycení celého sledovaného objektu (nádrže).

I přesto mají však metody DPZ své specifické požadavky a omezení, tudíž nelze uvažovat o tom, že by jimi mohl být plnohodnotně nahrazen současný způsob standardního pozemního monitoringu.

Všeobecně by se za nejzásadnější omezení využívání metod DPZ (v případě využívání optických dat) dala označit naprostá závislost na aktuálním stavu atmosféry (počasí) v době snímkování (pořízení satelitních dat). Jinými slovy, pokud je sledované území pokryto vysokou oblačností, nejsou tato data pro hodnocení stavu a kvality koupacích vod nikterak využitelná. Existuje tedy reálná hrozba, že při dlouhodobě zvýšené oblačnosti nad sledovaným územím vznikne delší interval (mezera) mezi použitelnými snímky a následně tak bude ohroženo smysluplné vyhodnocení vývoje ukazatelů stavu a kvality koupacích vod z hlediska času.

V období relevantním pro tuto publikaci, tedy od 1. června do 30. září 2020, nebyly pro některé lokality k dispozici dostatečně kvalitní satelitní data déle než 30 dní. Například na lokalitě Vranovská přehrada (na vodním toku Dyje) byl pro hodnocení koupací sezóny roku 2020 vhodný snímek zaznamenán až 14. července, tedy 44 dní po začátku koupací sezóny. Na většině „atlasových" lokalit průměrný interval mezi dvěma použitelnými snímky činil přibližně 7 dní.

Ani při nízké oblačnosti však není plně zaručen korektní průběh hodnocení stavu a kvality koupacích vod. Plocha vodní hladiny, kterou na snímku pokrývají mraky, sice není zahrnuta do vlastního prediktivního modelování, avšak stíny mraků dopadající na plochu vodní plochy (včetně stínů mraků vyskytujících se jižně a východně od vodní plochy) mohou značně ovlivnit hodnoty jednotlivých pixelů snímku. Je zde tedy na místě pečlivě zvolit vhodný algoritmus pro atmosférické korekce tak, aby docházelo k vyváženému kompromisu mezi vyloučením dat zcela nepoužitelných a zachováním dat relativně „dostačujících". Obdobně limitující faktor může představovat i velmi jemná oblačnost (opar), který řada běžných korekčních algoritmů není schopna správně detekovat, což se může rovněž promítnout na výsledných hodnotách zasažených pixelů snímku. Pixely snímku identifikované jako mrak či stín jsou v mapových kompozicích grafické části zobrazovány šedou barvou a označeny jako „neklasifikováno".

Dalším z meteorologických činitelů, který by mohl mít dopad na kvalitu satelitních dat, je vítr. Při určité intenzitě mohou být jeho vlivem na vodní hladině vytvářeny vlny. Hladina vodní plochy bývá často působení větru vystavena nerovnoměrně, ve smyslu prostoru, tím mohou být zapříčiněny významné rozdíly v hodnotách pixelů mezi jednotlivými částmi nádrže. Vítr rovněž může způsobovat i nerovnoměrnou distribuci fytoplanktonu v rámci vodní plochy. Prostoro-

vé rozdíly v rámci nádrže mohou být tedy kombinací zkreslení dat díky vzniklým vlnám i navátí např. vodních květů na závětrnou stranu.

Mimo klimatických činitelů je využitelnost metod DPZ limitována i bezprostředním okolím sledované vodní plochy. Sem lze zařadit například morfologii břehů nebo okolní vegetaci (především dřeviny). Významný problém však mohou představovat i vyšší vodní rostliny, především porosty rákosin nebo okřehek, které mohou pokrývat velkou část plochy, například u mělkých nádrží rybničního typu.

Vegetace na jižních a východních březích vodní plochy, včetně vegetace na ostrovech a poloostrovech, vrhá na přilehlou část vodní hladiny stín. Jeho velikost se odvíjí nejen od výšky břehů a vegetace, ale i od aktuálního ročního období, přičemž nejdelší stíny budou vrhány právě koncem koupací sezóny (srpen, září). V tomto případě mohou být silně ovlivněny například zatopené kamenolomy ležící na úpatích vysokých skalních stěn. Severní a západní břehy mohou také ovlivňovat kvalitu snímaných dat, a to nejen svou výškou, ale také materiálem (s vysokou odrazivostí), který jej tvoří. To se týká především některých zatopených pískoven a nádrží s kolísající vodní hladinou v době nízkého stavu vody. Význam břehové vegetace a morfologie břehu pochopitelně úzce souvisí s plochou nádrže – malé nádrže jsou těmito faktory více ovlivňovány než nádrže velké.

Modelované ukazatele

Zásadní vliv na podobu výsledných modelovaných hodnot jednotlivých ukazatelů z družicových snímků má pochopitelně podoba zkonstruovaného modelu. Velmi dobrá shoda s výsledky terénního šetření byla prokázána u ukazatelů teploty (v horizontu u hladiny) a zákalu, ze kterého lze odvodit na koupacích vodách často monitorovaný ukazatel, průhlednost. Zde se situace samozřejmě odvíjí zejména od vertikální distribuce částic ve vodním sloupci.

Chlorofyl-*a*, ukazatel indikující celkové množství řas a sinic, vykazuje poměrně dobrou shodu s výsledky odběrů v případech, kdy se jednalo o střední a vyšší hodnoty (zhruba na koncentrační úrovni desítek μg/l). U hodnot vysokých (např. u sinicových vodních květů vyskytujících se při hladině) v současnosti model výsledky zjevně podhodnocuje a u lokalit s nízkým oživením jsou výsledky naopak většinou výrazně nadhodnocovány.

V případě ukazatele vypovídajícího o přítomnosti a množství sinic je shoda terénních výsledků s modelem slabší než u chlorofylu-*a*. Stejně jako u chlorofylu-*a*, na nízké hodnoty nálezů model není příliš citlivý a výsledky nadhodnocuje, u vysokých nálezů (sinicových vodních květů) podhodnocuje. Tato skutečnost může být silně ovlivněna způsobem vzorkování, tedy četností odběrů na výše uvedených „problémových“ typech lokalit. Při trénování modelů zřejmě počet odběrů v terénu nedosahoval požadovaných limitů. Tím mohla být citlivost modelu na nízké a vysoké hodnoty ukazatelů chlorofyl-*a* a sinice značně snížena.

Zbylé dva ukazatele, tj. řasy (vyjádřené v jedincích / ml) a feopigmenty, které lze v publikaci nalézt, je nutno chápat jako ukázku výsledku modelování z terénních dat, pro hodnocení kvality koupacích vod praktické využití příliš nemají.

Vzhledem k tomu, že modely nebyly učeny na datech z nádrží s vysokými koncentracemi huminových látek, nedávají pro takové lokality dobré výsledky.

K nadhodnocení některých výsledků dochází také u grafů, protože byly využity střední hodnoty (mediány) za celou nádrž. U dlouhých nádrží je však kvalita vody v částech blíže přítoku znatelně horší než v částech v blízkosti hráze. Místa, kde se lidé koupou, však častěji bývají situována do blízkosti hráze.

Závěr

Monitoring a hodnocení stavu a kvality koupacích vod jsou významné nejen pro pravidelný reporting příslušným institucím, ale i pro informování veřejnosti o stavu životního prostředí. Výsledky v rámci řešeného projektu TJ02000091 – Využití metod dálkového průzkumu Země pro monitoring stavu a kvality koupacích míst v České republice částečně potvrzují počáteční hypotézu o tom, že data získaná pomocí metod dálkového průzkumu Země mohou představovat významnou podporu a zefektivnění těchto činností. Z výše uvedeného textu je patrné, že využívání satelitních snímků pro monitoring koupacích vod má své limity a omezení. V geoinformatice je však model definován jako zjednodušená reprezentace reálných objektů a jevů, respektive jen jejich podstatné části. A proto i přes výše uvedené nedostatky prediktivního modelování ukazatelů stavu a jakosti koupacích ze satelitních dat autoři spatřují v tomto výzkumném záměru velký potenciál, především pro výzkum a rozvoj dalších metod monitoringu koupacích vod pomocí DPZ.

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Základní parametry projektu TJ02000091 2
Tab. č. 2: Vybrané modelované ukazatele stavu a jakosti koupacích vod 3
Tab. č. 3: Stupnice pro hodnocení výskytu vodních květů sinic 12
Tab. č. 4: Stupnice pro hodnocení přírodního znečištění a znečištění odpady 13
Tab. č. 5: Tabulka s termíny odběrů a sledovanými ukazateli z monitorovacího kalendáře 15
Tab. č. 6: Hodnocení výskytu sinic a řas 16
Tab. č. 7: Limity a hodnocení mikrobiálních indikátorů 16
Tab. č. 8: Jednotlivé stupně souhrnného hodnocení 17
Tab. č. 9: Základní dělení metod DPZ 18
Tab. č. 10: Modelové lokality projektu 24
Tab. č. 11: Vlnové délky snímané misí *Sentinel-2* 27

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Zjednodušené schéma uspořádání listů v mapové části 4
Obr. č. 2: Počet koupacích vod v České republice a jeho vývoj v letech 2004 – 2020 7
Obr. č. 3: Schéma procesu aktualizace Seznamu koupacích vod 8
Obr. č. 4: Informační tabule umístěná v blízkosti koupacích vod 9
Obr. č. 5: Stanovení průhlednosti 11
Obr. č. 6: Možnosti provádění odběru vzorků 25
Obr. č. 7: Příklad zkonstruovaného binárního stromu pro modelování ukazatele chlorofyl-*a* 30

LITERATURA A ZDROJE

[1] Bolevák má před prvními vedry čistou vodu, rostliny seká vodní kombajn. www.idnes.cz. https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/bolevak-bolevecky-rybnik-cisti-od-vodnich-rostlin-zaci-lod.A160622_090342_plzen-zpravy_pp (accessed June 22, 2016).

[2] BREIMAN, L. Random forests. *Machine Learning*, 2001, vol. 45, no. 1, p. 5–32. ISSN 0885-6125.

[3] BROM, J., NEDBAL, V., DURAS, J. Rybníky pohledem z výšky – hodnocení kvality vody a eutrofizace pomocí dálkového průzkumu Země. In: *Sborník konference Rybníky* 2019, Praha, 13. – 14.6.2019, Česká společnost krajinných inženýrů, 2019, pp. 98–106. ISBN 978-80-01-06595-2.

[4] BULANTOVÁ, J.; PUMANN, P. Možnosti detekce původců cerkáriové dermatitidy: výzkum vs. praxe. In *Sborník konference Vodárenská biologie 2013*, Vodárenská biologie 2013, Praha, 6.-7.2.2013; ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., Ed.; 2013; pp 152–157.

[5] ČSN 75 7340. *Kvalita vod - Metody orientační senzorické analýzy*. 2020. 16 p.

[6] ČSN 75 7712. *Kvalita vod - Biologický rozbor - Stanovení biosestonu*. 2013. 20 p.

[7] ČSN 75 7717. *Kvalita vod - Stanovení planktonních sinic*. 2014. 28 p.

[8] ČSN 75 7737. *Kvalita vod - Stanovení původců cerkáriové dermatitidy ve vodním prostředí*. 2021. 24 p.

[9] ČSN EN ISO 7027-2. *Kvalita vod - Stanovení zákalu - Část 2: Semikvantitativní metody pro hodnocení průhlednosti vod.* 2019. 16 p.

[10] ČSN EN ISO 7899-2. *Jakost vod - Stanovení intestinálních enterokoků - Část 2: Metoda membránových filtrů.* 2001.

[11] ČSN EN ISO 9308-2. *Kvalita vod - Stanovení Escherichia coli a koliformních bakterií - Část 2: Metoda nejpravděpodobnějšího počtu.* 2014. 48 p.

[12] ČSN ISO 10260. *Jakost vod – Měření biochemických ukazatelů – Spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu-a.* 1996. 12 p.

[13] DOBROVOLNÝ, P. *Dálkový průzkum Země: digitální zpracování obrazu.* Masarykova univerzita Brno, Brno, 1998, 210 p. ISBN 80-210-1812-7.

[14] European Space Agency: Sentinel-2 Acquisition Plans. European Space Agency. https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/acquisition-plans

[15] European Space Agency: Sentinel-2 – Missions. European Space Agency. https:// sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2

[16] Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 1, Coastal and Fresh Waters. World Health Organization, 2003.

[17] Hlučínské jezero zarůstá podvodními rostlinami. Plavci se do nich zamotávají. Česká televize. https://ct24.ceskatelevize.cz/regiony/1891919-hlucinske-jezero-zarusta-podvodnimi-rostlinami-plavci-se-do-nich-zamotavaji (accessed August 30, 2016)

[18] CHORUS, I., BARTRAM, J. *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management.* 1st ed. CRC Press, 1999.

[19] CHVÁTALOVÁ, M., PUMANN, P., KOŽÍŠEK, F., JELIGOVÁ, H. Onemocnění z přírodních koupacích vod v České republice. In *Sborník konference Vodárenská biologie* 2021, Vodárenská biologie 2021, Praha, 10.-11.2.2021; ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., PETRÁKOVÁ KÁNSKÁ, K., Eds.; 2021; pp. 140–146.

[20] KAY, D., FLEISHER, J., SALMON, R., JONES, F., et al. Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomised exposure. *Lancet*, 1994, vol. 334, no. 8927, p. 905–909.
[21] KOMÁREK, J. Přehled planktonních sinic v povodí Labe. *Mezinárodní komise pro ochranu Labe*. Magdeburg, 1999, 84 p.
[22] KUHN, M. caret: Classification and Regression Training. 2020. https://CRAN.Rproject.org/package=caret
[23] KUHN, M., JOHNSON, K. *Applied Predictive Modeling*. Springer New York, 2013. ISBN 978-1-4614-6848-6.
[24] LIAW, A., WIENER, M. Classification and Regression by randomForest. *R News*, 2002, vol. 2, no. 3, p. 18–22. ISSN 1609-3631.
[25] MACHÁČEK, T., TURJANICOVÁ, L., BULANTOVÁ, J. et al. Cercarial dermatitis: a systematic follow-up study of human cases with implications for diagnostics. *Parasitology Research*, 2018, vol. 117, p. 3881–3895.
[26] Metodické doporučení hlavního hygienika k navrhování a vyřazování lokalit do a ze „Seznamu přírodních koupališť na povrchových vodách" sestavovaného podle § 6g zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů. *Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky*, 2016, částka 5, p. 58-63.
[27] MEVIK, B.-H., WEHRENS, R., LILAND, K.H. pls: Partial Least Squares and Principal Component Regression. 2020. https://CRAN.R-project.org/package=pls
[28] MEYER, H. CAST: „caret" Applications for Spatial-Temporal Models, 2020. https:// CRAN.R-project.org/package=CAST
[29] MEYER, H., REUDENBACH, CH., HENGL, T. et al. Improving performance of spatio-temporal machine learning models using forward feature selection and target-oriented validation. *Environmental Modelling & Software*, 2018, vol. 101, p. 1–9. ISSN 1364-8152. doi:10.1016/j.envsoft.2017.12.001.
[30] MEYER, H., REUDENBACH, CH., WÖLLAUER, S., NAUSS, T. Importance of spatial predictor variable selection in machine learning applications – Moving from data reproduction to spatial prediction. *Ecological Modelling*, 2019, vol. 411, 108815. ISSN 0304-3800. doi:10.1016/j. ecolmodel.2019.108815.
[31] Monitorovací kalendář pro koupací sezonu v roce 2020. Hygienická stanice hlavního města Prahy. http://www.hygpraha.cz/dokumenty/monitorovaci-kalendar-pro-koupaci-sezonu-v-roce-2020-4811_4811_161_1.html
[32] NEDBAL, V., BROM, J. Hodnocení znečištění povrchových vod pomocí satelitních snímků. *Vodní hospodářství*, 2019, vol. 69, n. 5, p. 6–8. ISSN 1211-0760.
[33] PCI Geomatica (2018). Geomatica Help.
[34] PUMANN, P., BAUDIŠOVÁ, D., KOŽÍŠEK, F. et al. Metodický návod na vzorkování, terénní a laboratorní vyšetřování a hodnocení jakosti vody v přírodních koupalištích a povrchových vodách ke koupání (certifikovaná metodika), Státní zdravotní ústav, Praha, 2016.
[35] PUMANN, P., KOTHAN, F. „Koupací oblasti" ČR a problémy s jejich vymezováním. In: Vodní nádrže 2015, Brno, 6.-7-10.2015, KOSOUR D. et al; Eds.; 2015; pp. 115 – 118.
[36] PUMANN, P., LUSTIGOVÁ, M., JELIGOVÁ, H., POUZAROVÁ T. et al. Vodní rekreace – koupání v přírodních koupalištích a dalších povrchových vodách. Monotematické číslo časopisu *Acta hygienica, epidemilogica et microbiologica*, 2015, vol. 1. 50 p.

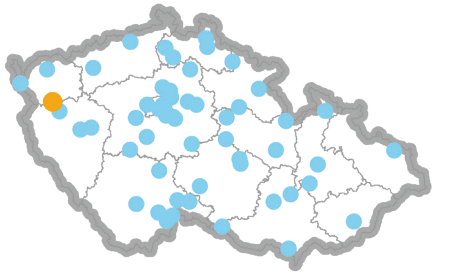
[37] R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing [online]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Dostupné z: https://www.R-project.org/
[38] RANGHETTI, L., BOSCHETTI, M., NUTINI, F., BUSETTO, L. "sen2r": An R toolbox for automatically downloading and preprocessing Sentinel-2 satellite data. Computers & Geosciences [online], 2020, vol. 139, 104473. ISSN 0098-3004. Dostupné z: DOI: 10.1016/j.cageo.2020.104473.
[39] Sentinel user guides. European Space Agency, 2020. https://sentinel.esa.int
[40] Seznam přírodních koupališť na povrchových vodách. Ministerstvo zdravotnictví. 2020. https://www.mzcr.cz/category/ochrana-verejneho-zdravi/koupani-v-prirode
[41] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS
[42] Směrnice Rady 76/160/EHS ze dne 8. prosince 1975 o jakosti vod ke koupání
[43] SNAP. ESA Step: Science Toolbox Exploitation [online]. 2020 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: http:// step.esa.int/main/toolboxes/snap/
[44] STEWART, I., WEBB P.M., SCHLUTER P.J., FlEMING L.E. et al. Epidemiology of recreational exposure to freshwater cyanobacteria – an international prospective cohort study. *BMC Public Health*, 2006, vol. 6, no. 93.
[45] STEWART, I., WEBB, P.M., SCHLUTER, P.J, SHAW G.R. Recreational and occupational field exposure to freshwater cyanobacteria – a review of anecdotal and case reports, epidemiological studies and the challenges for epidemiologic assessment. *Environmental Health*, 2006, vol. 5 no. 6.
[46] Swimplaces. www.swimplaces.com (accessed Fubruary 15, 2021)
[47] Vyhláška č. 155/2011 Sb., o profilech povrchových vod využívaných ke koupání.
[48] Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch (ve znění pozdějších předpisů).
[49] WIEDENMANN, A., KRÜGER, P., DIETZ, K. et al. A randomized controlled trial assessing infectious disease risks from bathing in fresh recreational waters in relation to the concentration of Escherichia coli, intestinal enterococci, Clostridium perfringens, and somatic coliphages. Environmental Health Perspectives, 2006, vol. 114, no. 2, p. 228-36.
[50] WOLD, H. Estimation of principal components and related models by iterative least squares. In: *Mutivariate Analysis. Proceedings of the International Symposium*, Dayton, Ohio, 14.-19.6.1965, KRISHNAIAH, P.R. Ed.; 1965, pp. 391–420.
[51] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
[52] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

GRAFICKA CAST

SEZNAM LOKALIT

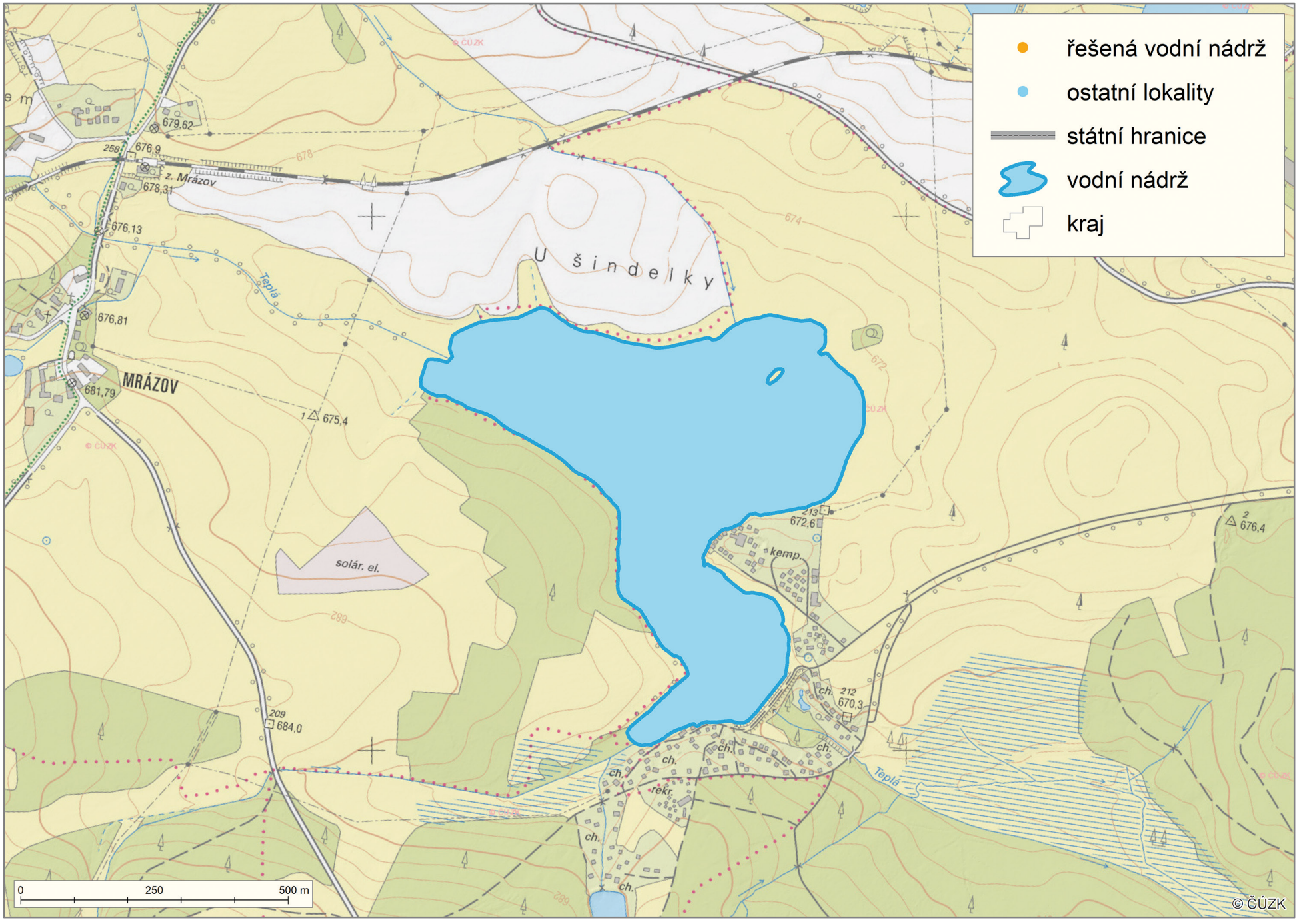
Betlémský rybník 41
Bezdrev 45
České údolí 49
Eliška 53
Hejtman 57
Horka 61
Hostivař 65
Hradišťský vrch 69
Jevanský rybník 73
Jordán 77
Jureček 81
Komorník 85
Luhačovice 89
Máchovo jezero 93
Marvánek 97
Mělice I. 101
Náklo 105
Nechranice 109
Očko 113
Olšovec 117
Orlík 121
Ovčáry 129
Pastviny 133
Pilská 137
Pískovna Dubice 141
Písník Bakov 145
Plumlov 149
Počernický rybník 153
Proboštský rybník 157
Rozkoš 161
Sadská 165
Seč 169
Skalka 173
Slapy 177
Staňkovský rybník 185
Svět 189
Vajgar 193
Velké Dářko 197
Velký Luční rybník 201
Vyžlovský rybník 205

BETLÉMSKÝ RYBNÍK



Vodní tok: Teplá
Kraj: Karlovarský

Betlémský rybník o rozloze 32 ha leží na horním toku řeky Teplé, zhruba 3 km jižně od města Teplá a východně od CHKO Slavkovský les. Nachází se v nadmořské výšce téměř 700 m. Nejedná se sice o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod, ale vzhledem k tomu, že se v okolí nachází větší počet rekreačních chat a zařízení, je rybník ke koupání hojně využíván. To se týká především jižního a východního břehu, na kterých jsou dva kempy a většina rekreačních objektů. Z hlediska koupání je nejvýznamnější autokemp Betlém, který je na poloostrově s travnatými plážemi. Autokemp je vybaven hygienickým zázemím a občerstvením. Rybník je využíván rovněž k rekreačnímu rybolovu.



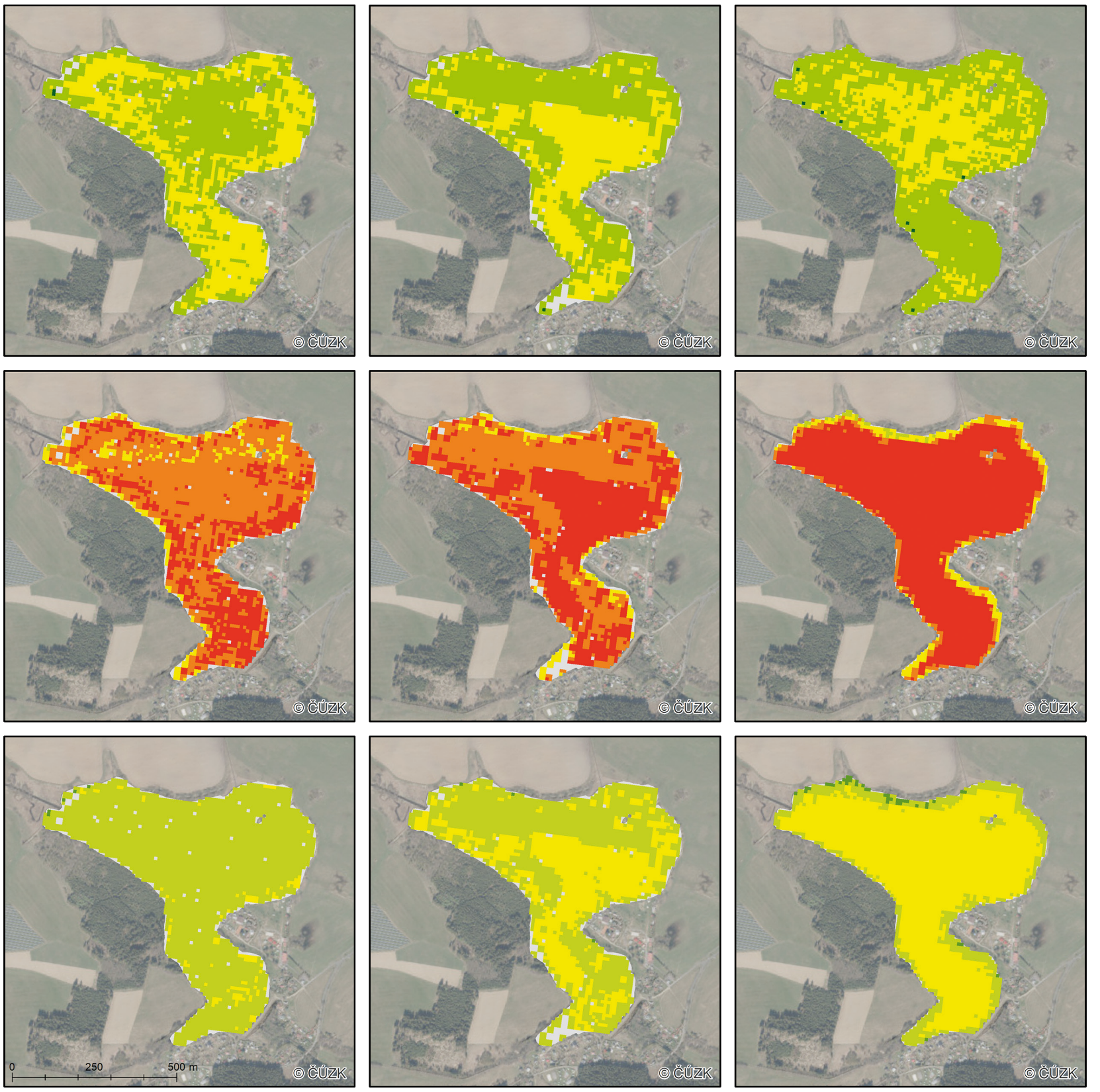
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

27. 06. 2020 | 21. 08. 2020 | 20. 09. 2020

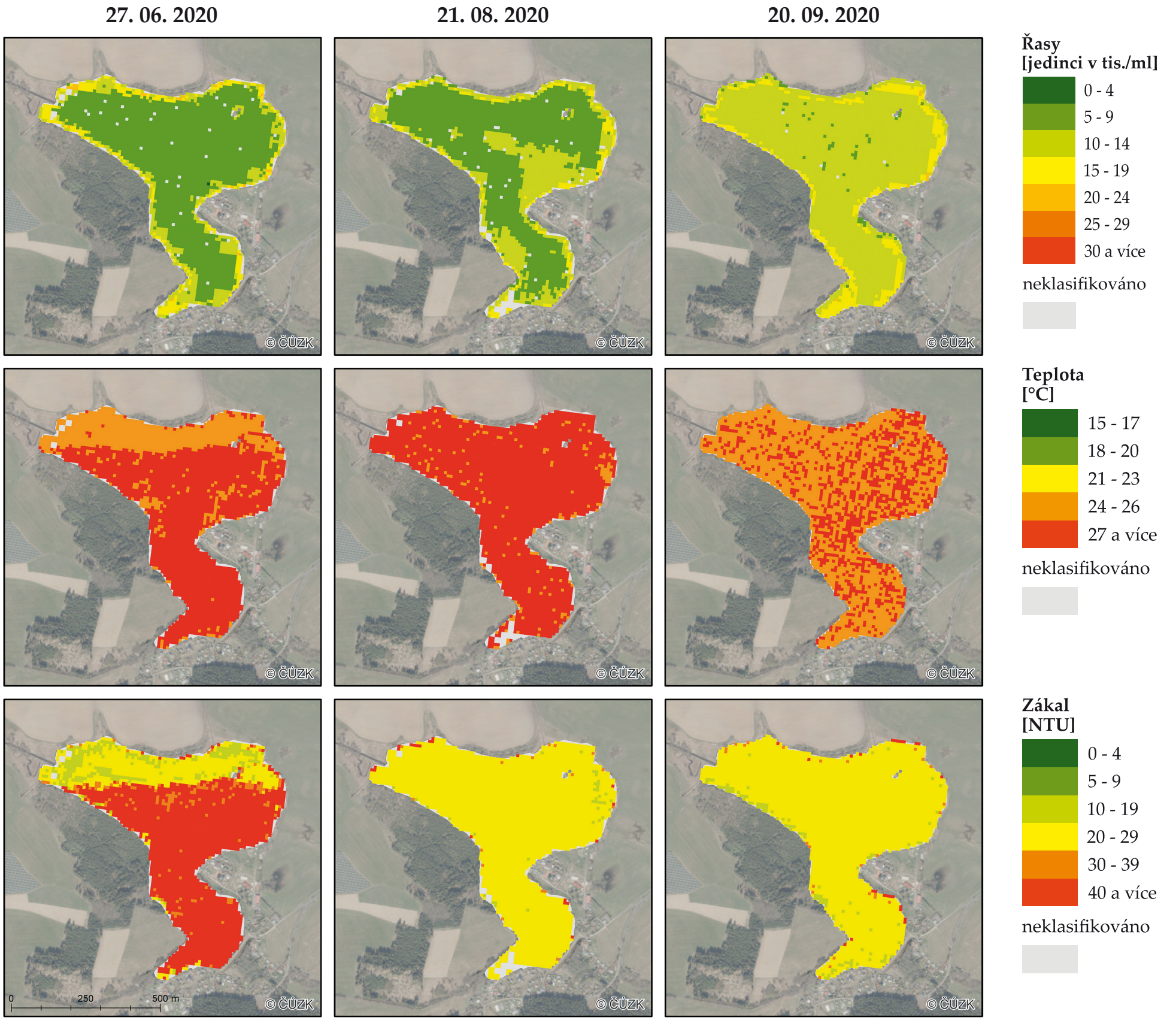
Sinice (objem) [mm³/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 a více
- neklasifikováno

Chlorofyl-a [µg/l]
- 0 - 9
- 10 - 29
- 30 - 49
- 50 - 74
- 75 - 99
- 100 a více
- neklasifikováno

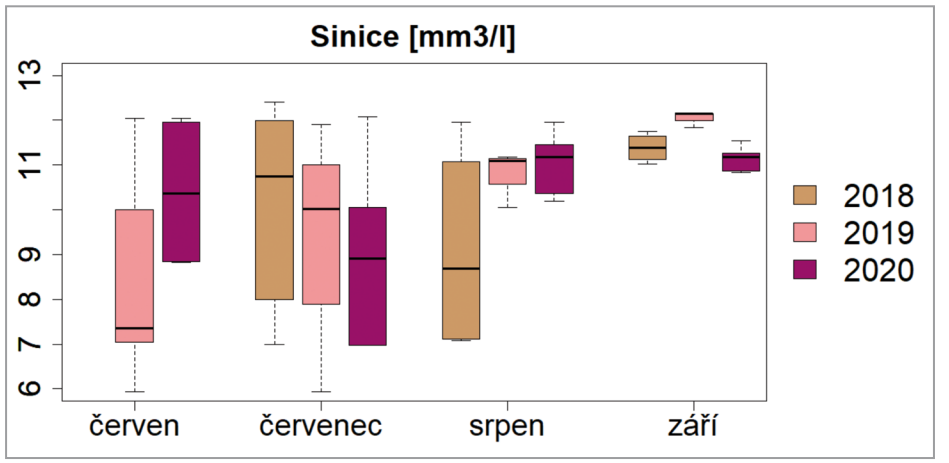
Feopigmenty [µg/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 - 29
- 30 - 39
- 40 a více
- neklasifikováno

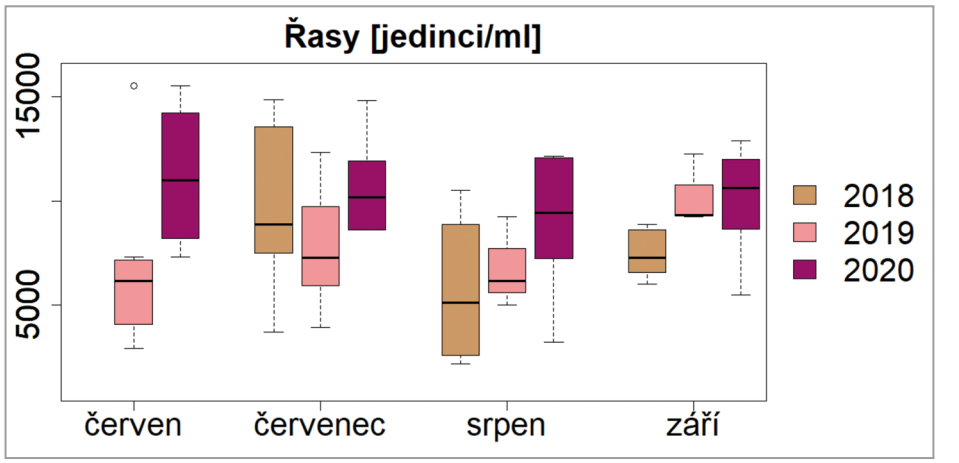


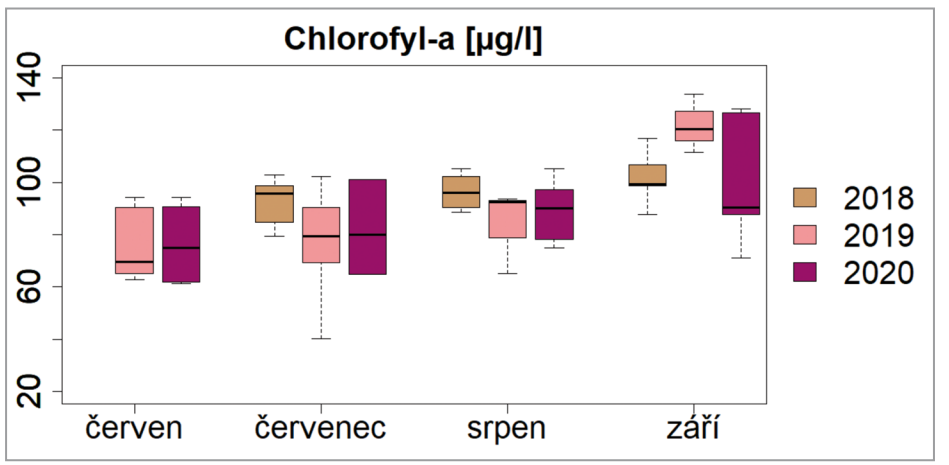
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

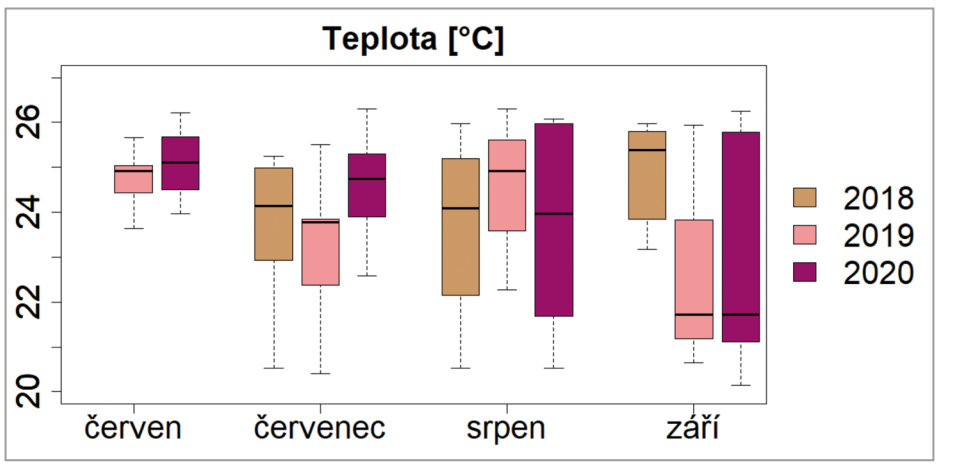


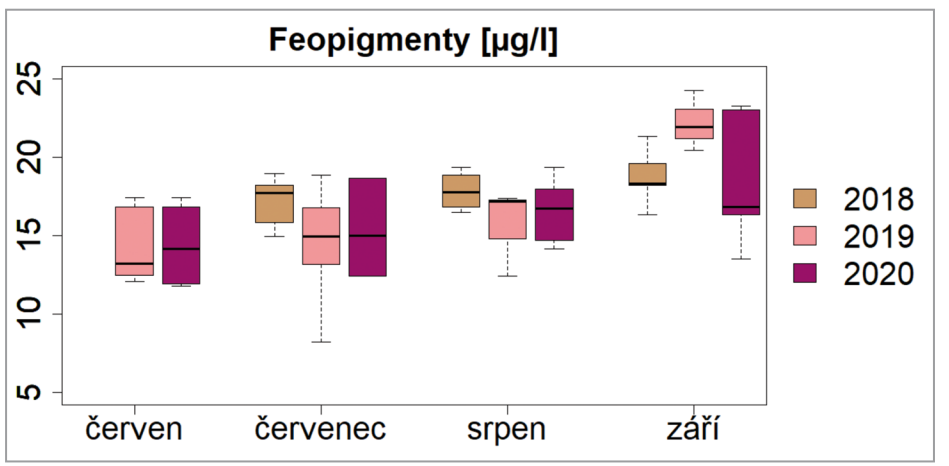
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

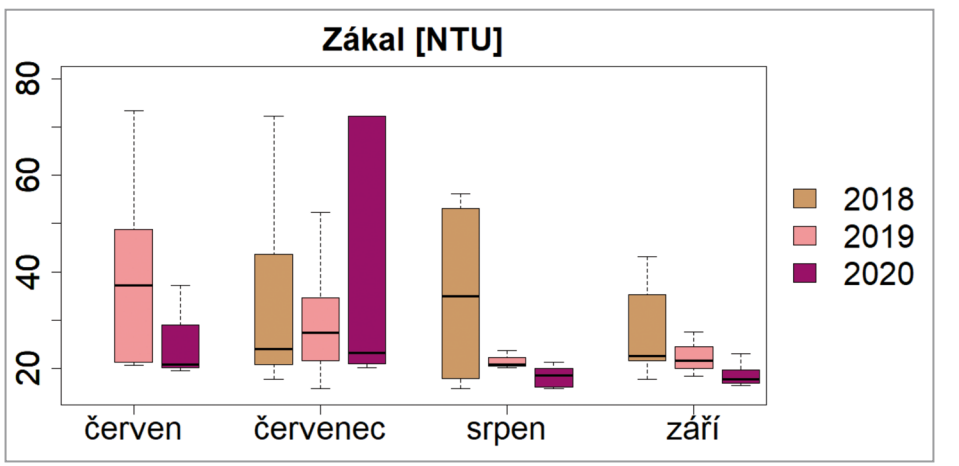








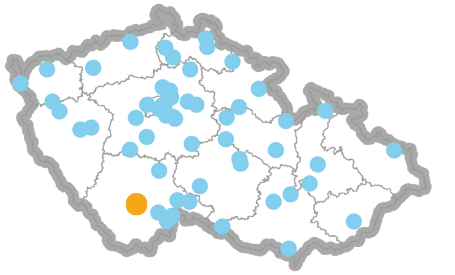




Shrnutí:

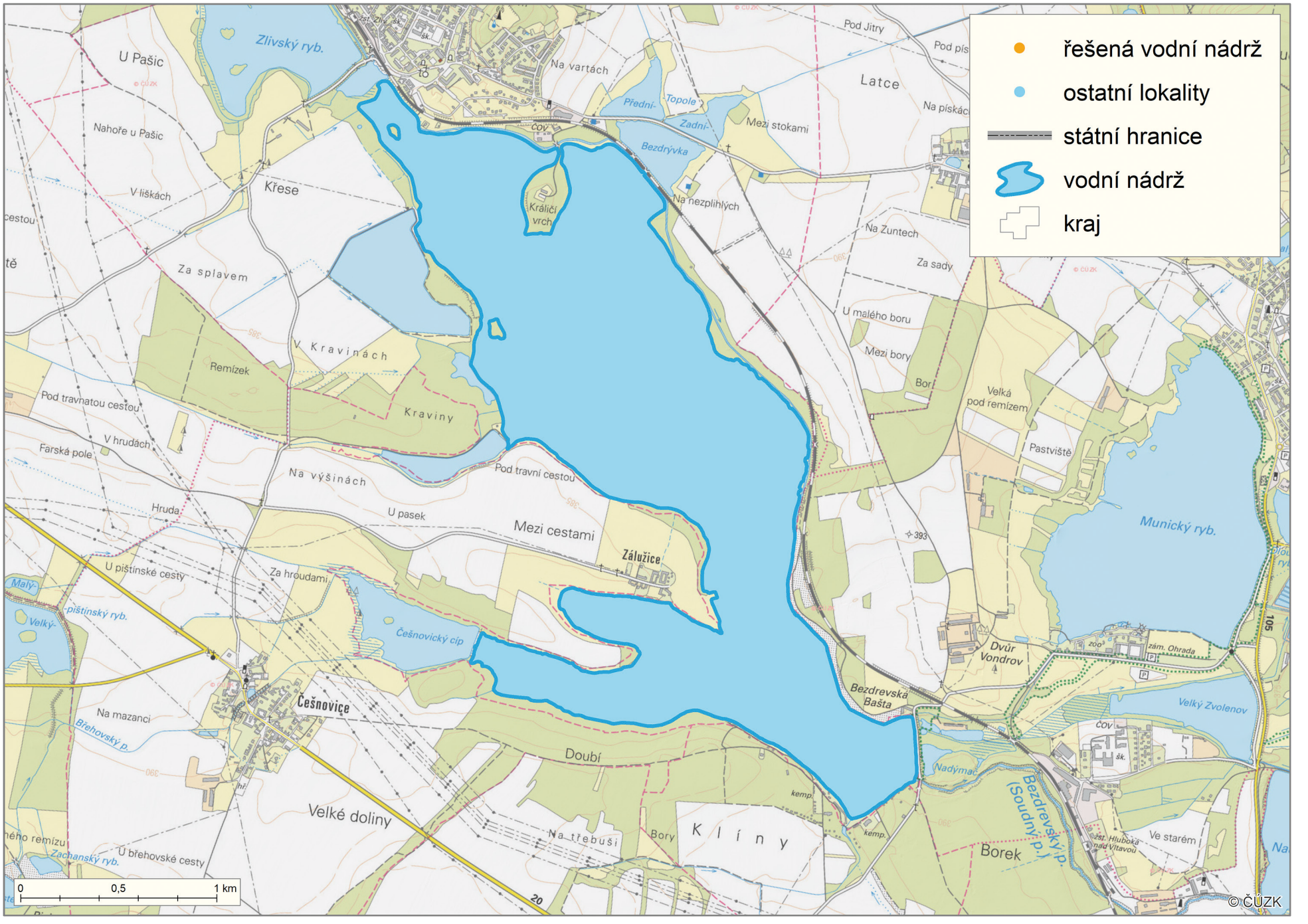
Vzhledem k tomu, že se nejedná o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod, mohou získané výsledky dat z DPZ plnit úlohu významného zdroje informací o kvalitě vody na této lokalitě. Mikrobiální znečištění, bohužel, pomocí DPZ zatím nelze hodnotit. Výsledky získané pomocí dat z DPZ poukazují na poměrně vysoké oživení fytoplanktonem, které postupně od počátku sezóny narůstá, což je patrné ve všech třech hodnocených koupacích sezónách. Hodnoty koncentrace chlorofylu-*a* přesahují koncem sezóny 100 µg/l. Sinice se také vyskytují ve významné míře. Teplota vody je vzhledem k poměrně vysoké nadmořské výšce přijatelná a neklesá v koupací sezóně pod 20 °C.

BEZDREV

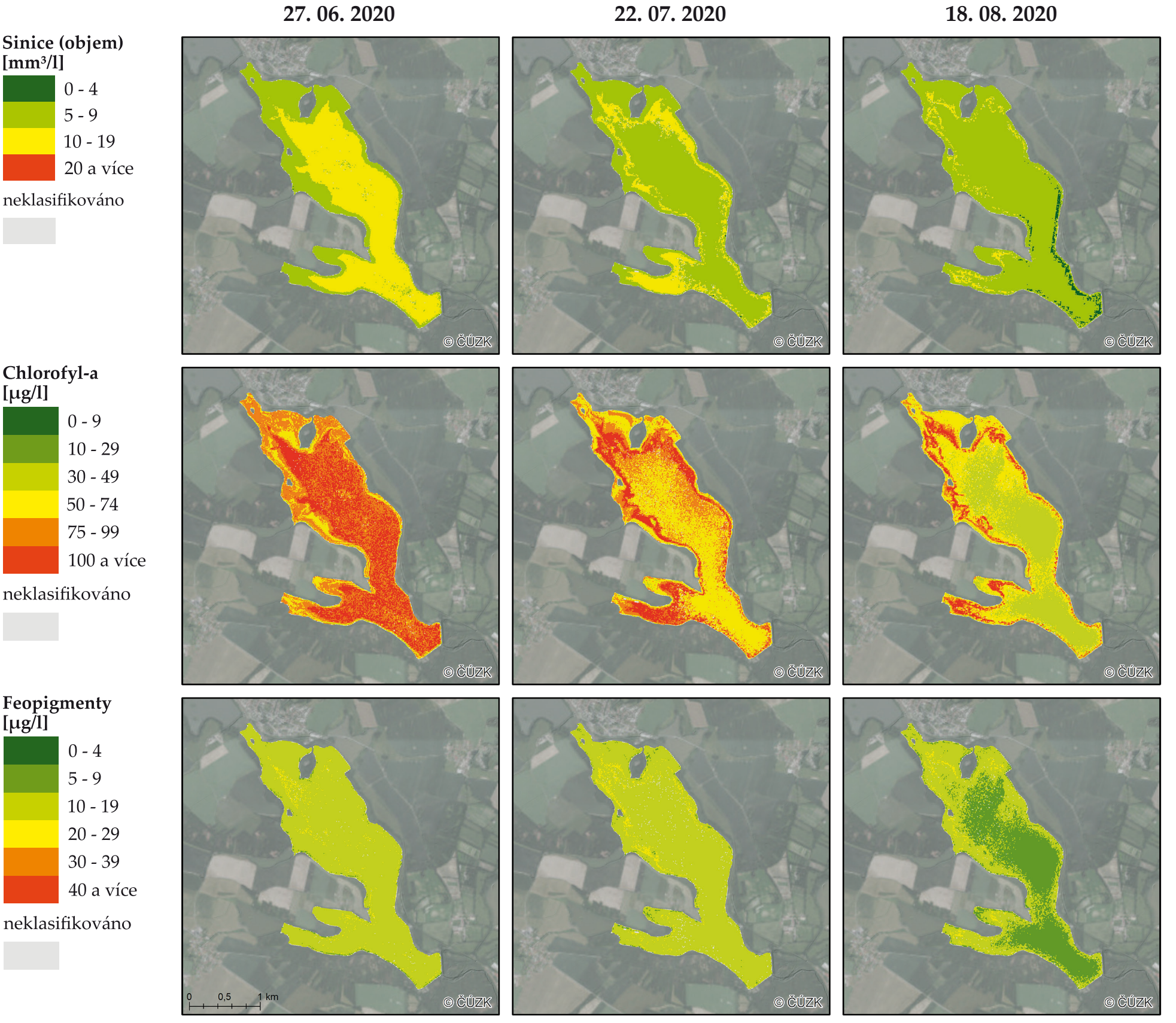


Vodní tok: Bezdrevský potok
Kraj: Jihočeský

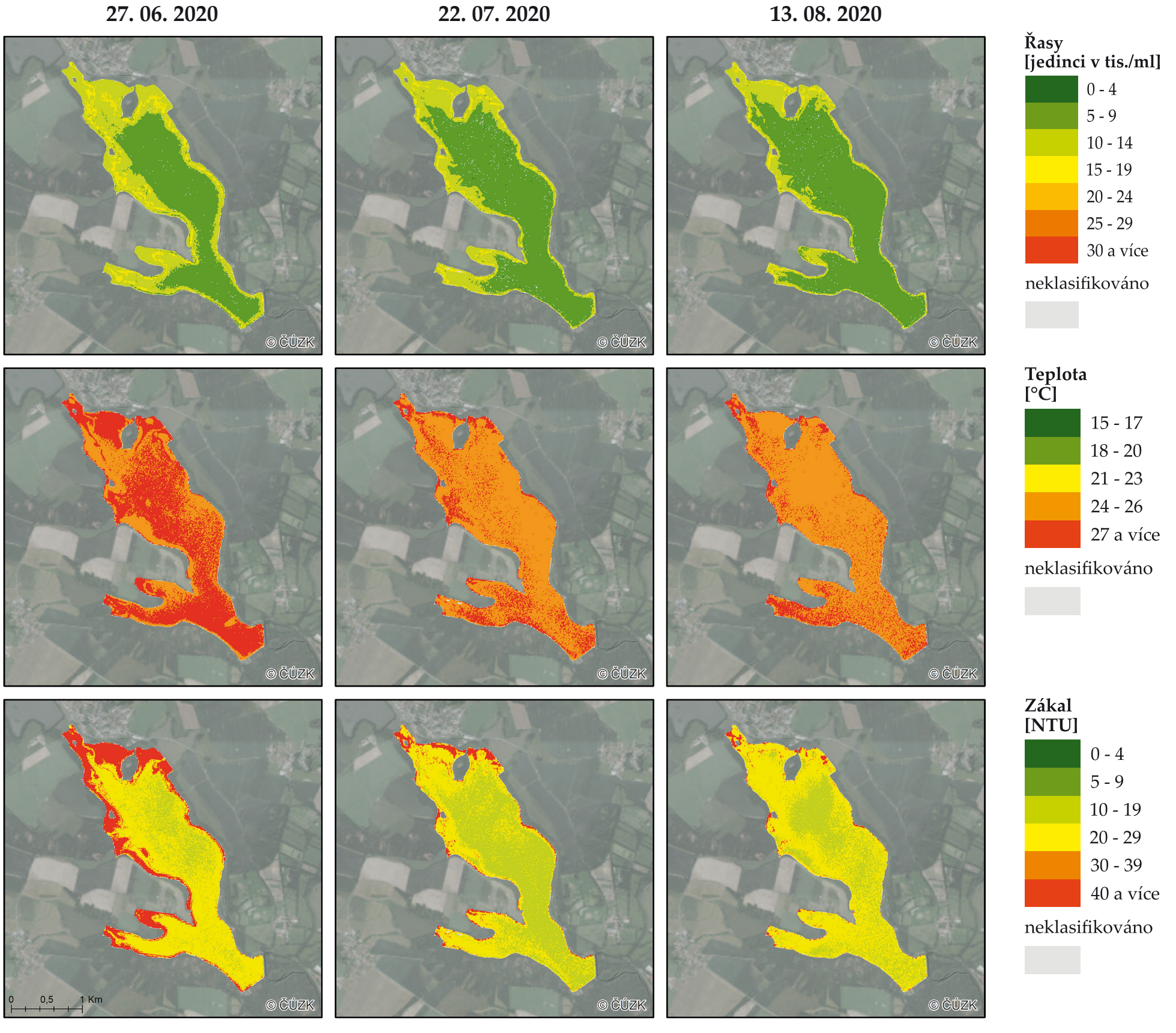
Rybník Bezdrev leží přibližně 10 km severozápadně od Českých Budějovic na Bezdrevském potoce. Jedná se o druhý největší rybník v Česku s rozlohou 520 ha, který byl vybudován již na konci 15. století. Jeho hlavním účelem je chov ryb, především kapra, ale zároveň je využíván i rekreačně [1]. V Seznamu koupacích vod však v současné době zařazen není. Na jižním břehu poblíž hráze jsou dva plně vybavené kempy a v jeho blízkém okolí se nachází soukromé rekreační objekty. Mimo koupání je v kempech možné zapůjčení loděk, šlapadel, apod. Vzhledem k jeho rozloze je Bezdrev využíván i pro jachting [1]. Rybářské využití občas výrazně snižuje rekreační možnosti této lokality (stížnosti rekreantů kempu Bezdrev na chlévský hnůj na plážích v roce 2020) [2].



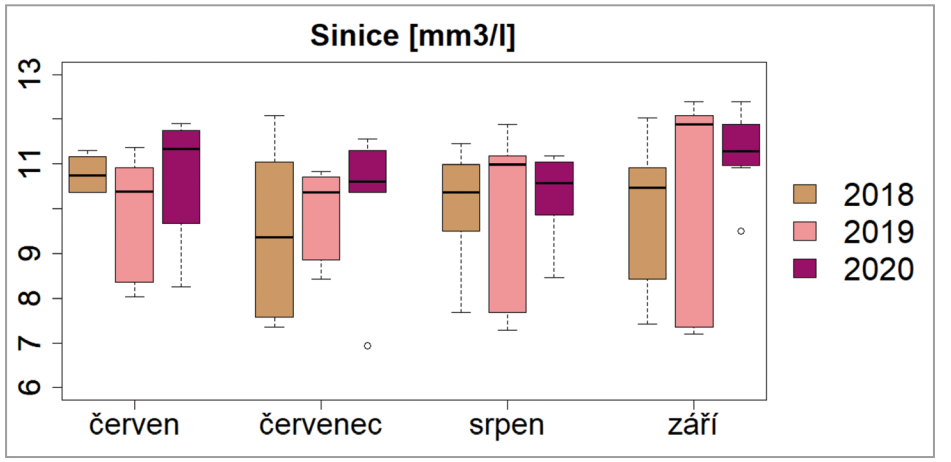
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

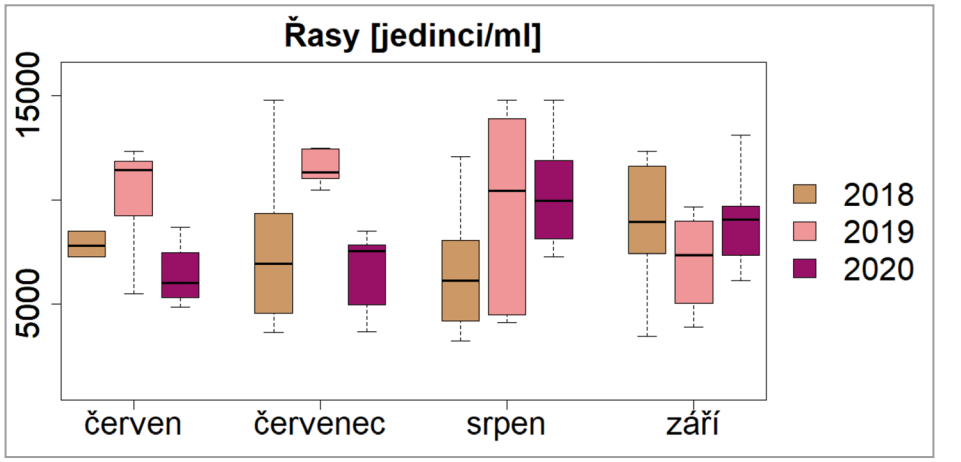


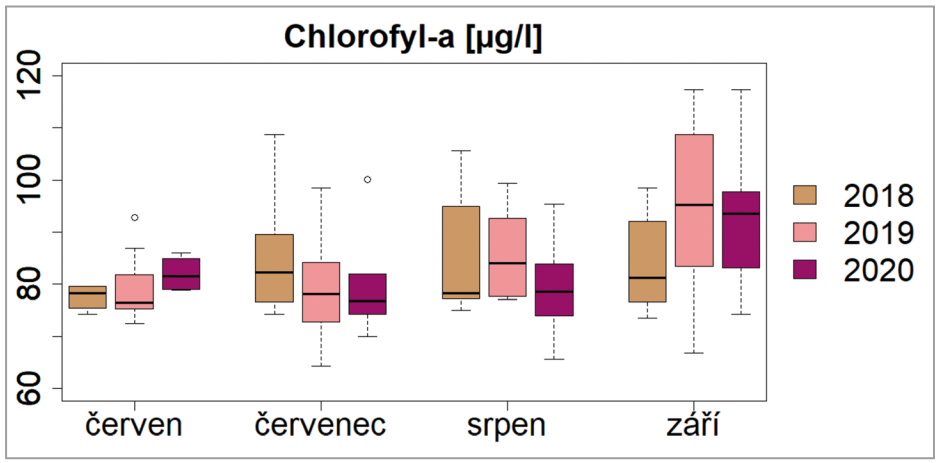
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

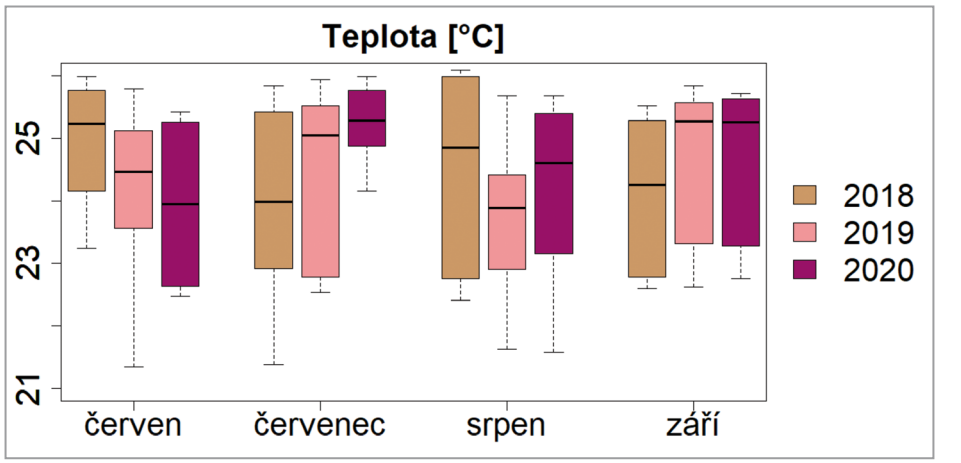


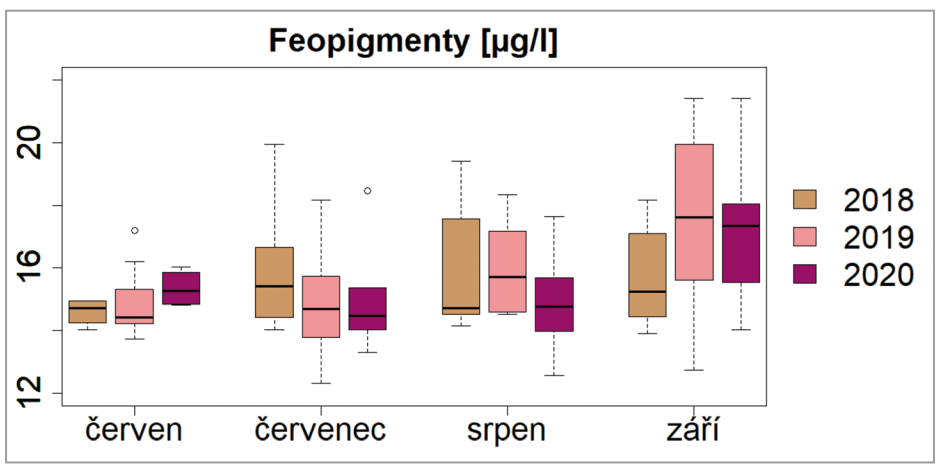
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

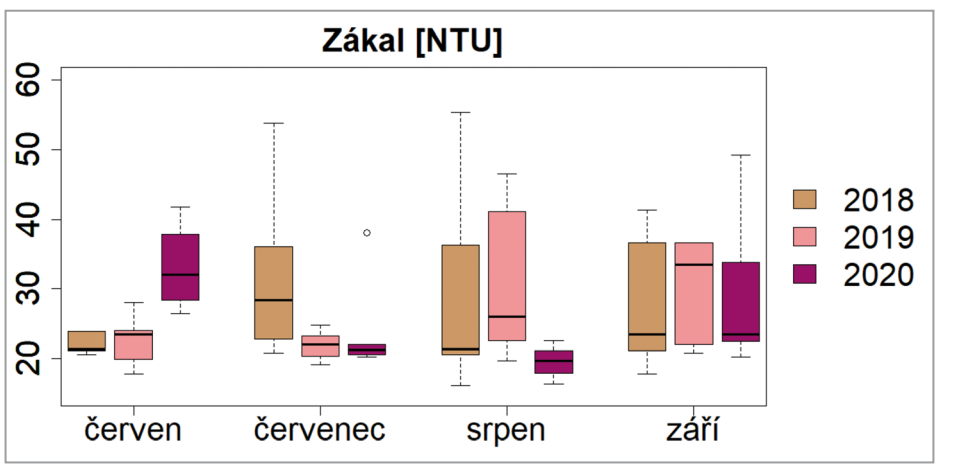








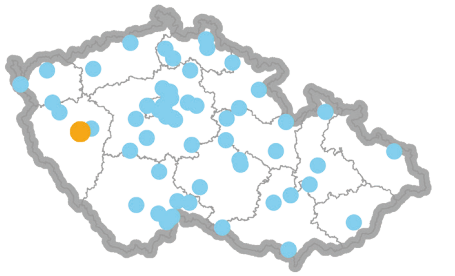




Shrnutí:

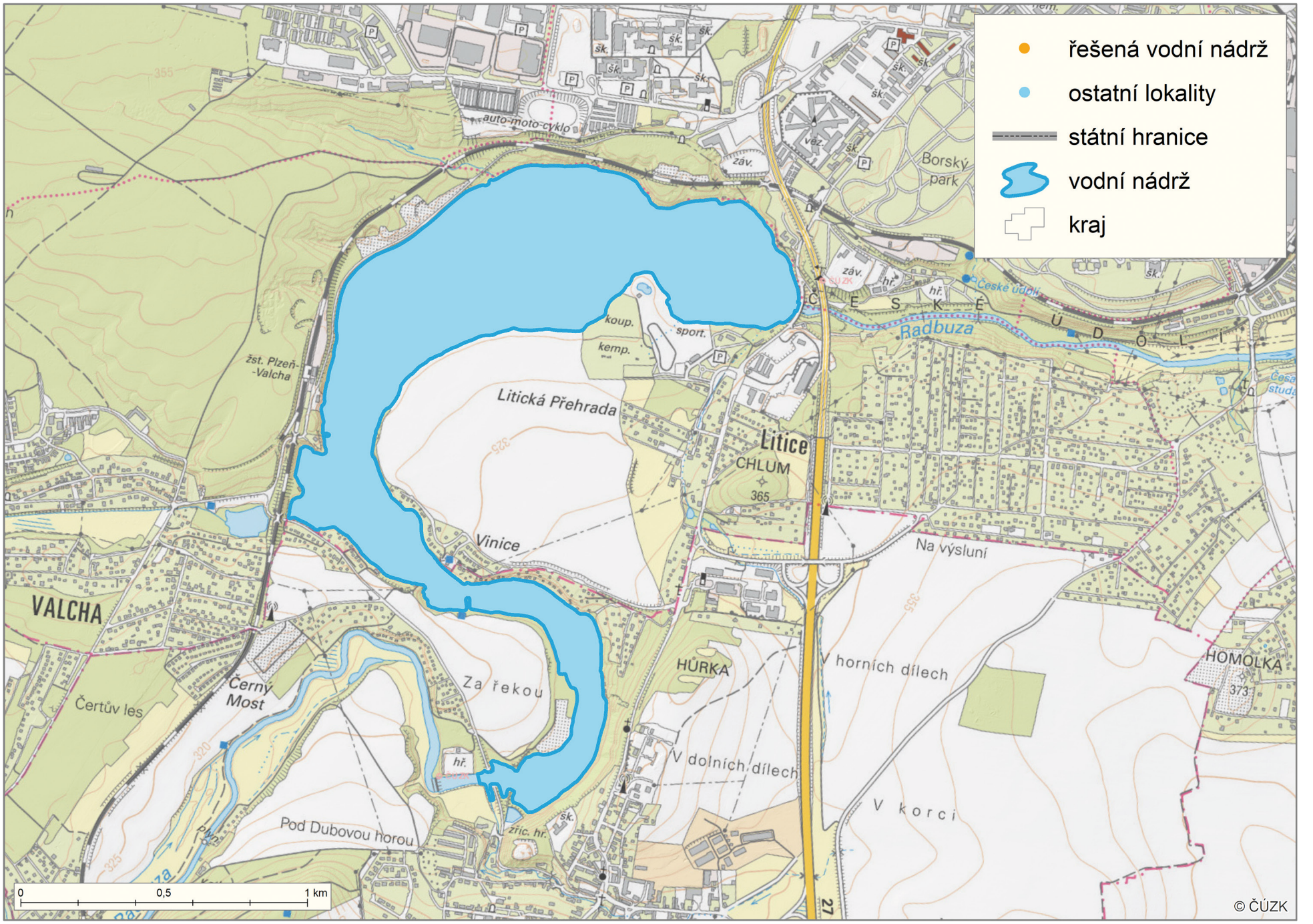
V případě rybníka Bezdrev se opět nejedná o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod, tudíž získané výsledky dat z DPZ zde mohou částečně zastoupit pozemní monitoring kvality vody. Kvalita vody je zde pochopitelně výrazně ovlivněna zejména využitím lokality k rybářským účelům. Nicméně pomocí metod DPZ zatím není možné hodnotit mikrobiální znečištění, lze však předpokládat, že přinejmenším v místech, kde se aplikuje hnůj, bude dočasně kvalita vody zhoršená. Oživení fytoplanktonem je vysoké. Hodnoty chlorofylu-*a* často přesahují 100 µg/l. V průběhu sezóny se postupně zvyšují. Ve významné míře se vyskytují také sinice. Teplota vody je přijatelná a pohybuje se v koupací sezóně většinou mezi 23 a 26 °C.

ČESKÉ ÚDOLÍ



Vodní tok: Radbuza
Kraj: Plzeňský

České Údolí je přehradní nádrž na jihu Plzně, na řece Radbuze, vybudovaná v letech 1969 až 1972, sloužící primárně k rekreačním účelům [3]. V jižní části města Plzeň se v současné době nenachází další přírodní koupací vody. Bohužel, díky špatné kvalitě vody, není tato nádrž pro koupání a jinou vodní rekreaci příliš vyhledávána. V minulosti byla kvalita vody sledována okresní hygienickou stanicí [4]. V současnosti zde není oficiálně vyhlášeno přírodní koupaliště či koupací oblast. Možnost snadného vstupu do vody je na jižní straně u hráze, kde byl v roce 2011 otevřen multifunkční sportovní areál Škodaland [5]. Jeho součástí je také nově vybudované jezírko - koupací biotop. Do roku 2016 fungoval v sousedství areálu naturistický kemp INA, nyní se zde nachází pouze neoficiální naturistická pláž [6].

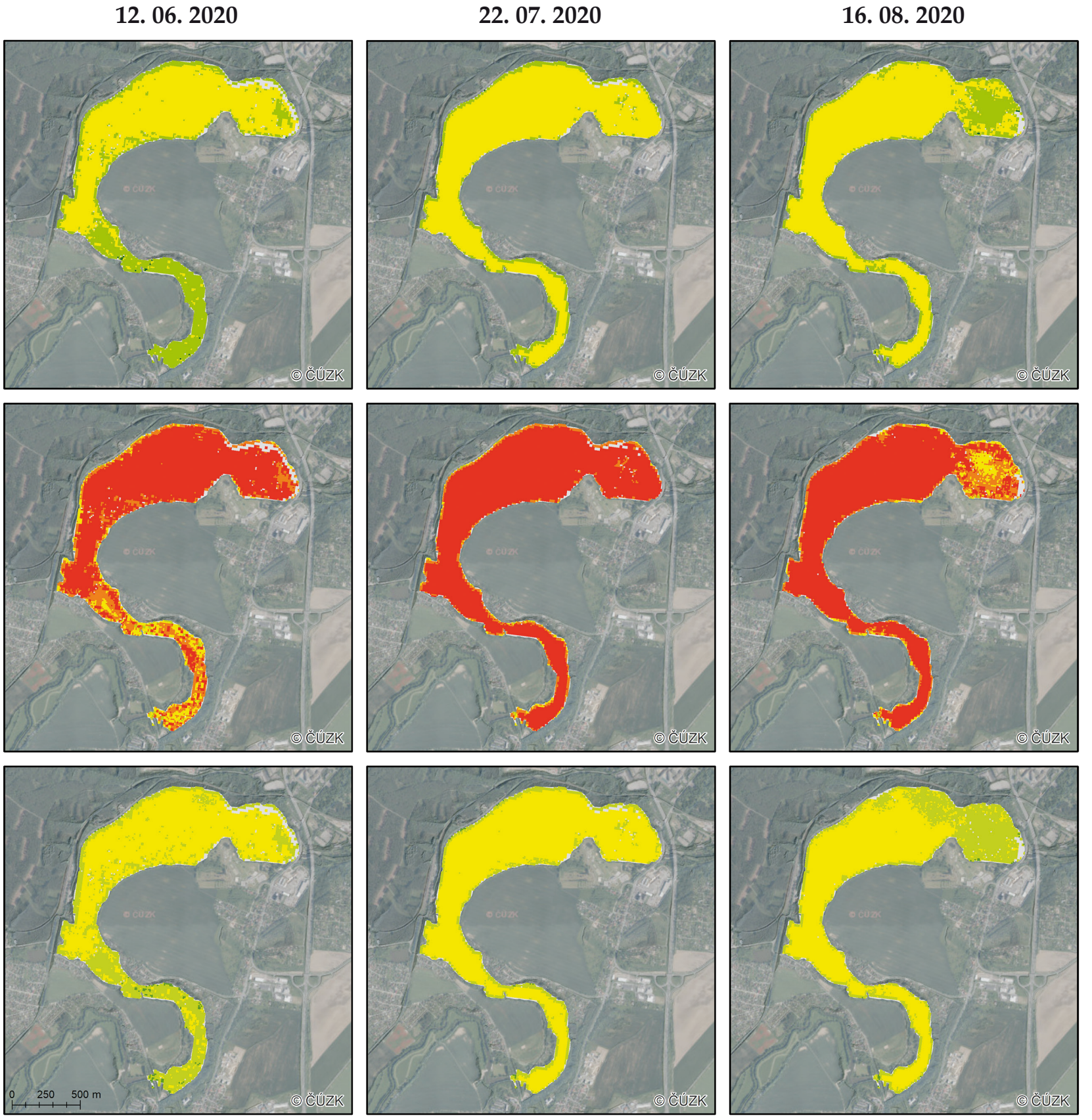


Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

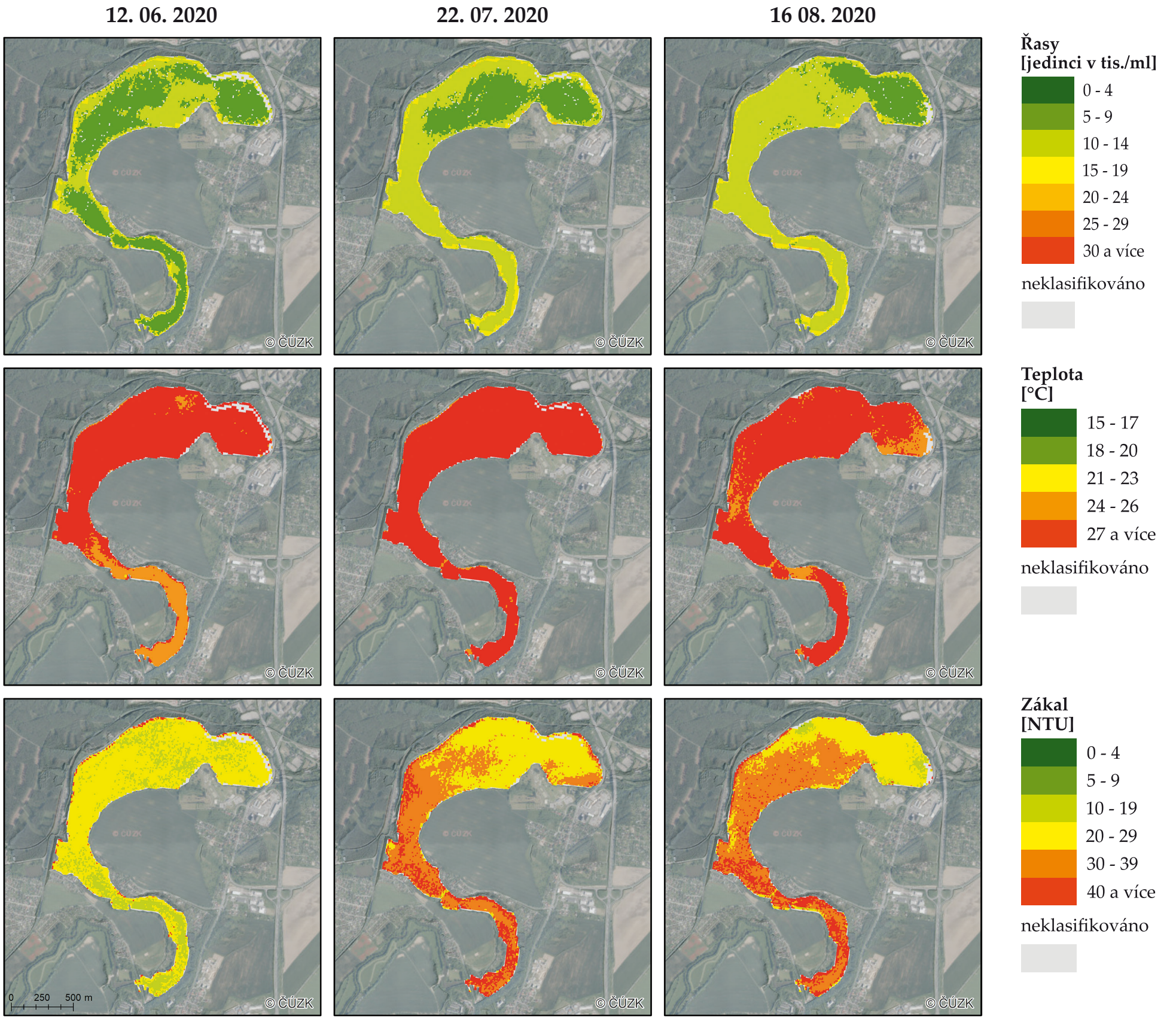
Sinice (objem) [mm³/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 a více
- neklasifikováno

Chlorofyl-a [µg/l]
- 0 - 9
- 10 - 29
- 30 - 49
- 50 - 74
- 75 - 99
- 100 a více
- neklasifikováno

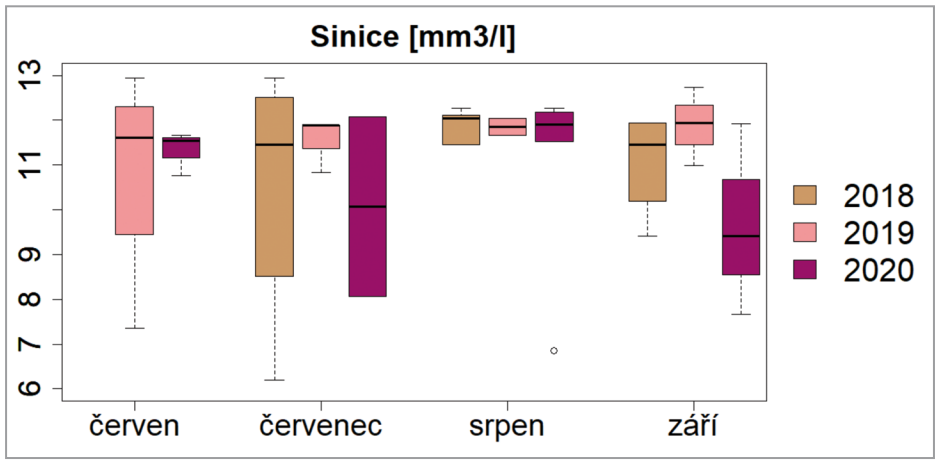
Feopigmenty [µg/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 - 29
- 30 - 39
- 40 a více
- neklasifikováno

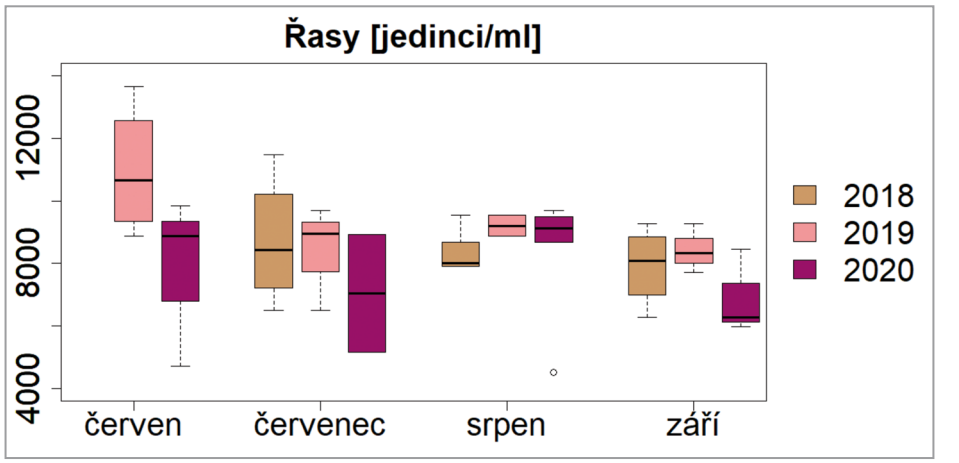


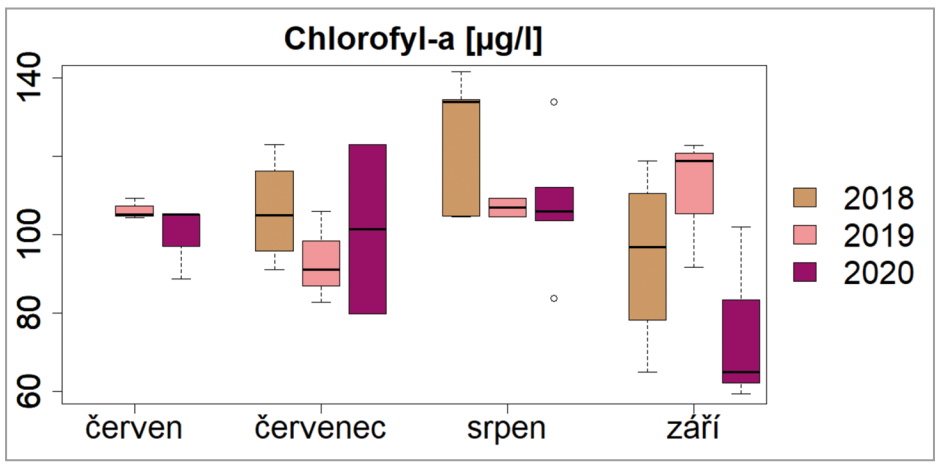
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

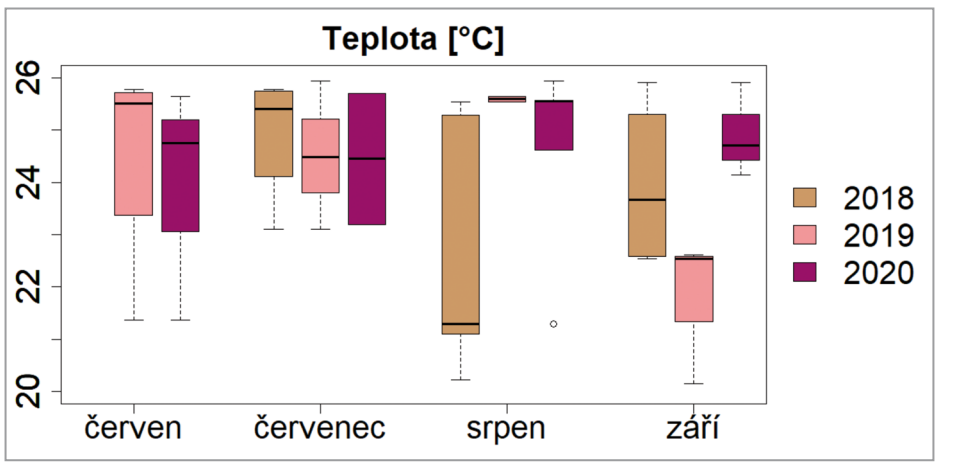


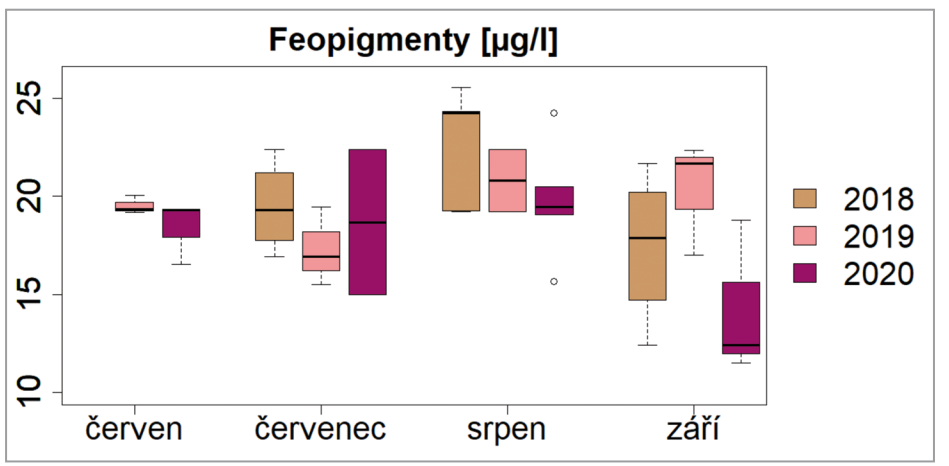
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

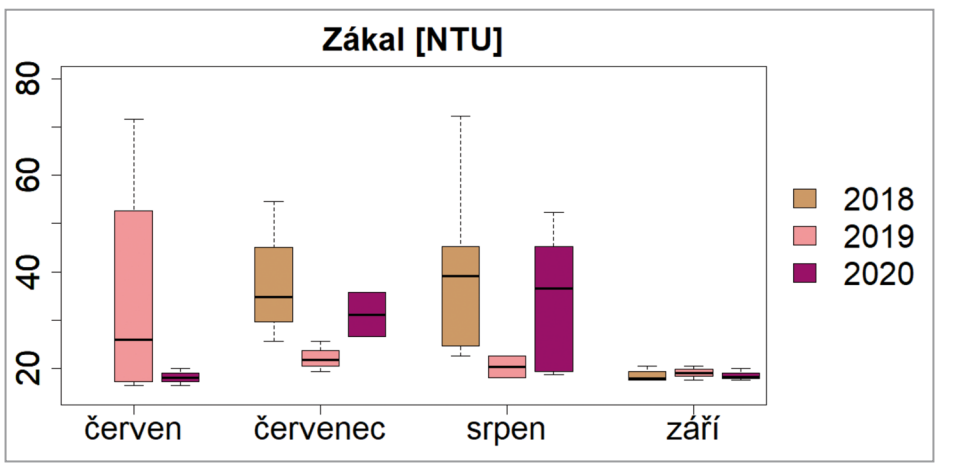








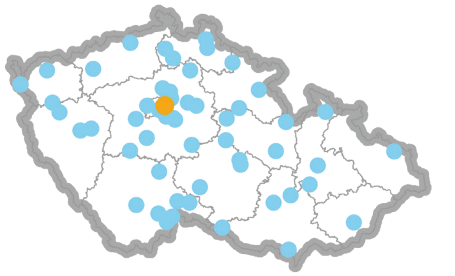




Shrnutí:

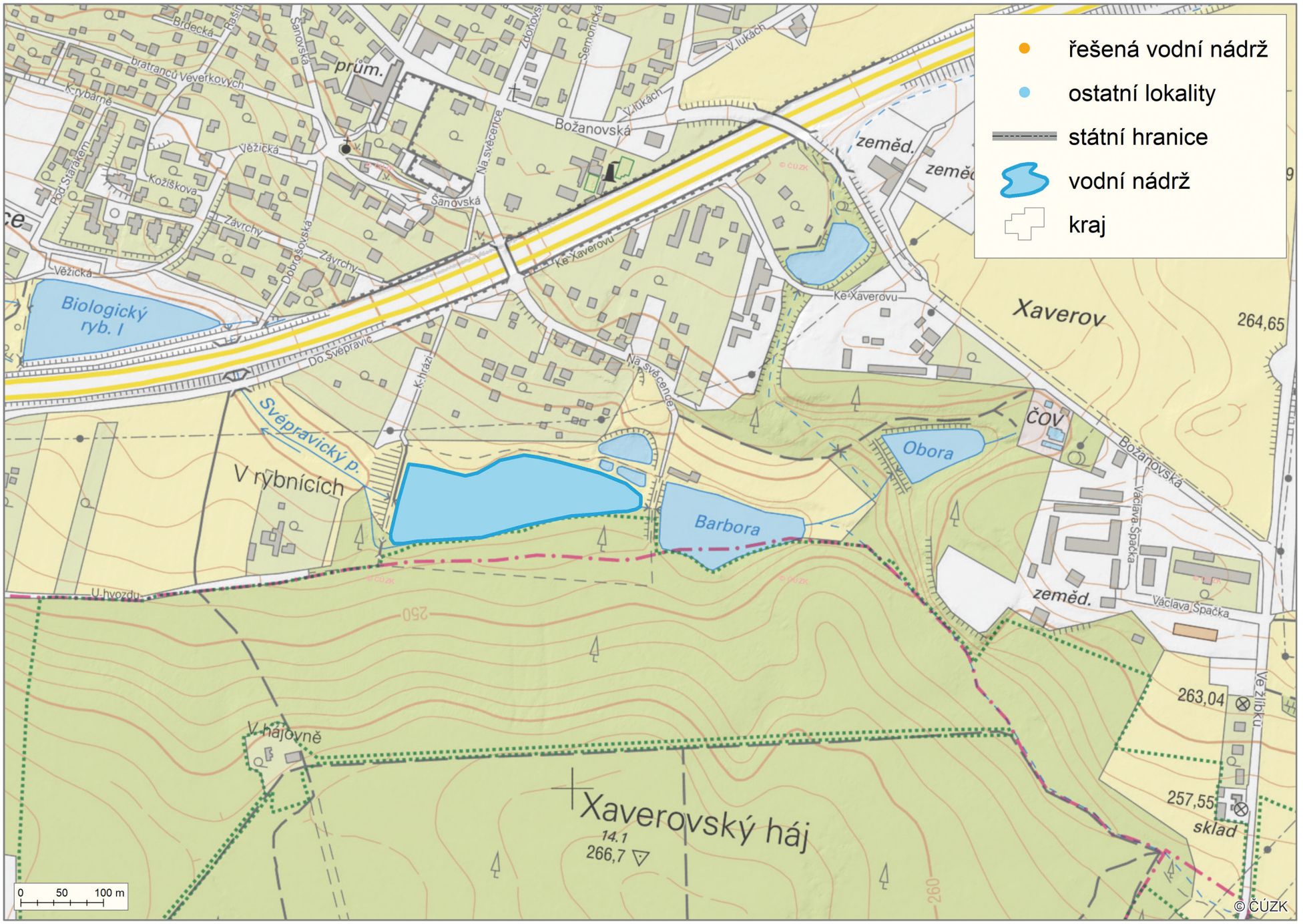
Nejedná se o lokalitu zařazenou do Seznamu vod ke koupání, tudíž zde není prováděn monitoring dle vyhlášky č. 238/2011 Sb. Nádrž je však pravidelně sledována a hodnocena Povodím Vltavy. Jsou tedy k dispozici naměřené hodnoty ukazatelů pro srovnání s výsledky dat z DPZ. Průměrná teplota nádrže se v koupací sezóně pohybuje kolem 20 °C. Oživení fytoplanktonem je obvykle po celou koupací sezónu velmi vysoké. Koncentrace chlorofylu-*a* většinou neklesají pod 100 µg/l, výskyt sinic je rovněž vysoký. Lokalita tak není pro koupání příliš atraktivní. Proto se v budoucnu chystá realizace opatření vedoucího ke zlepšení kvality vody založeného na oddělení části nádrže, kterou nebude přímo protékat hlavní tok Radbuzy.

ELIŠKA

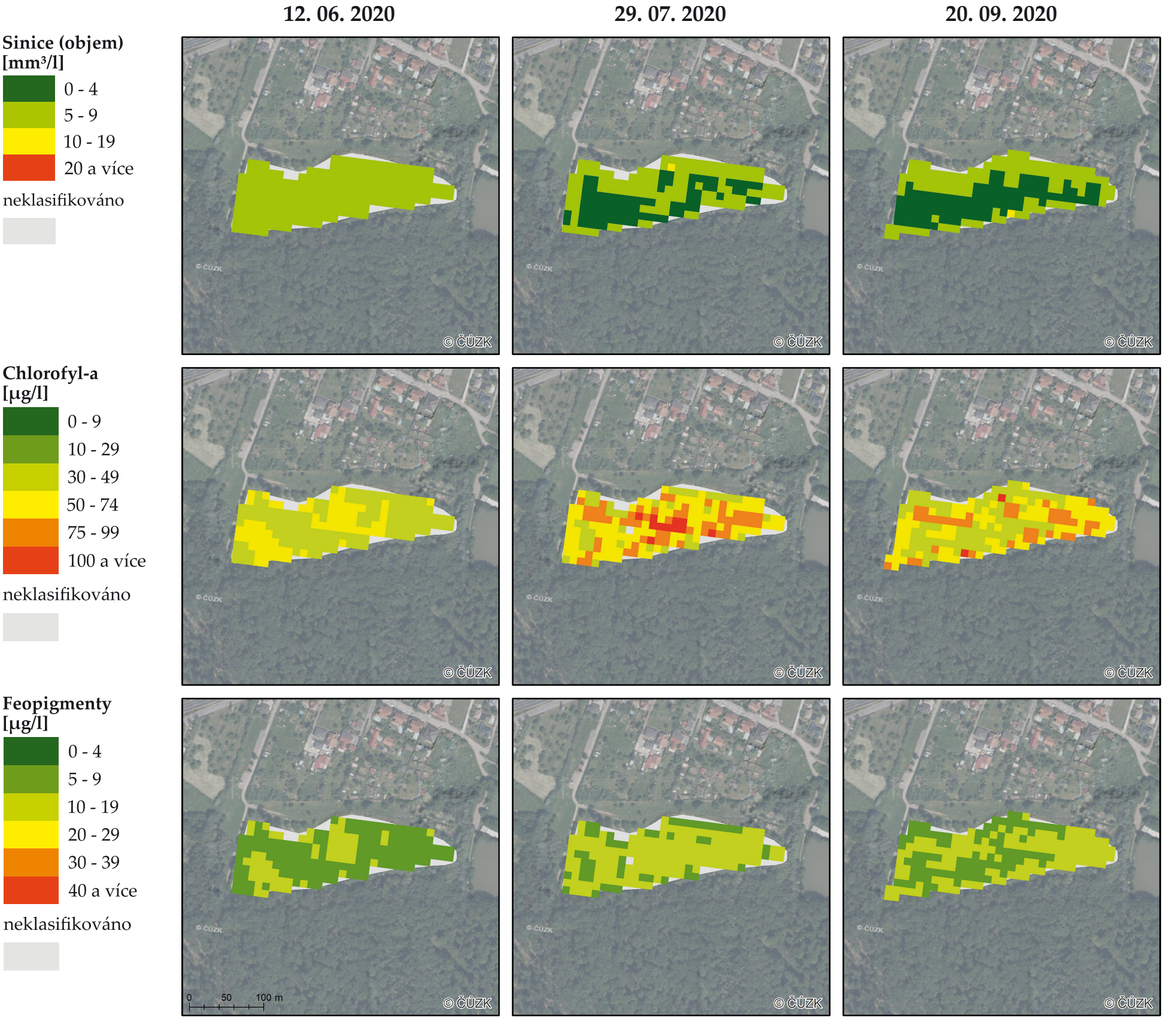


Vodní tok: Svépravický potok
Kraj: Hlavní město Praha

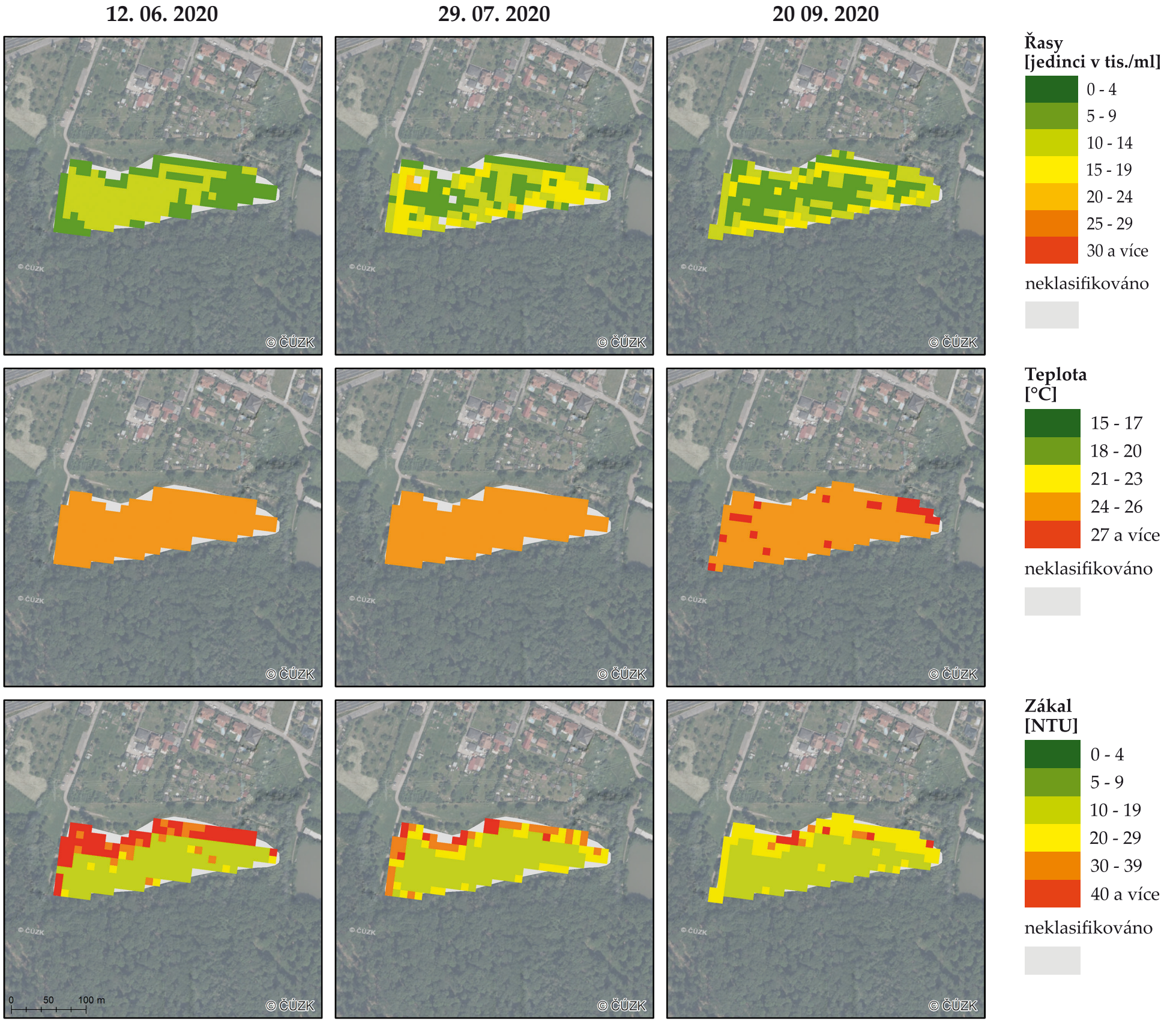
Eliška je svou rozlohou 2 ha řazena mezi malé rybníky a nachází se na Svépravickém potoce v Praze - Horních Počernicích. Travnatá pláž se rozkládá na pravém (severním) břehu. V koupací sezóně jsou k dispozici mobilní toalety a je zde rovněž provozován stánek s občerstvením. U příjezdové cesty je možnost parkování. Nejedná se o lokalitu ze Seznamu koupacích vod, kvalita vody tak není systematicky monitorována. Levý (jižní) břeh rybníka je součástí přírodní památky Xaverovský háj. Rybník je zároveň využíván ke sportovnímu rybolovu.



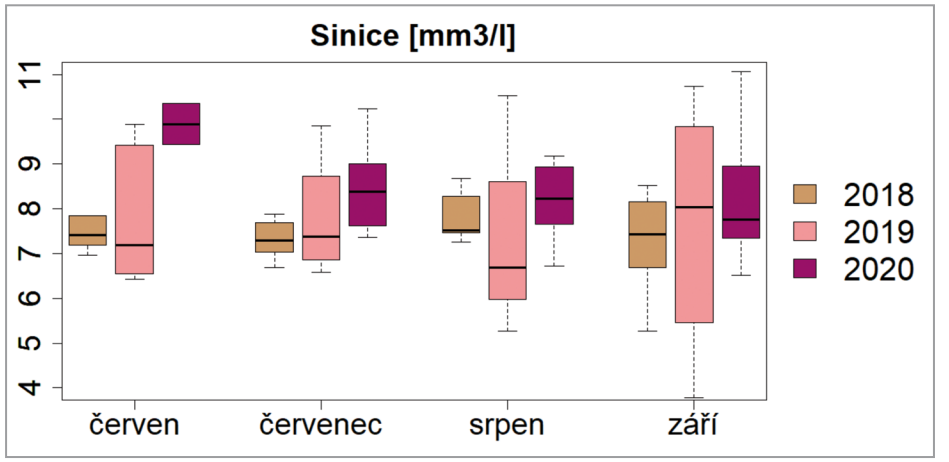
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

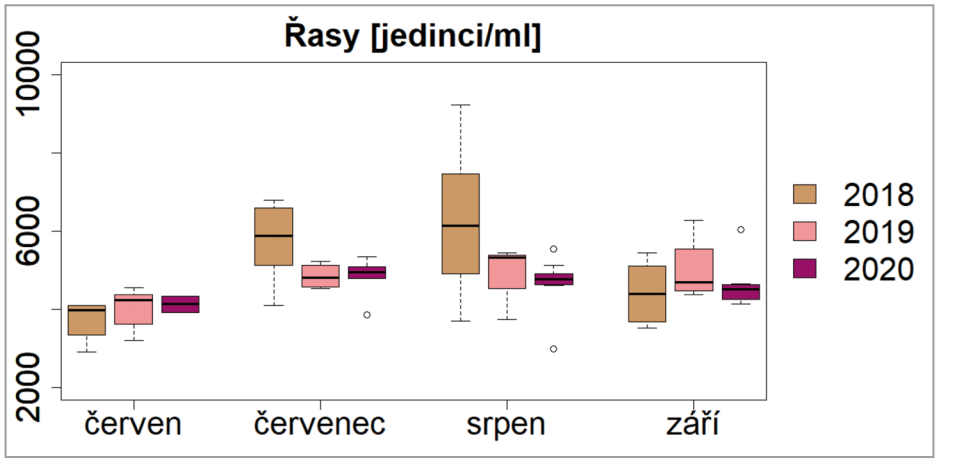


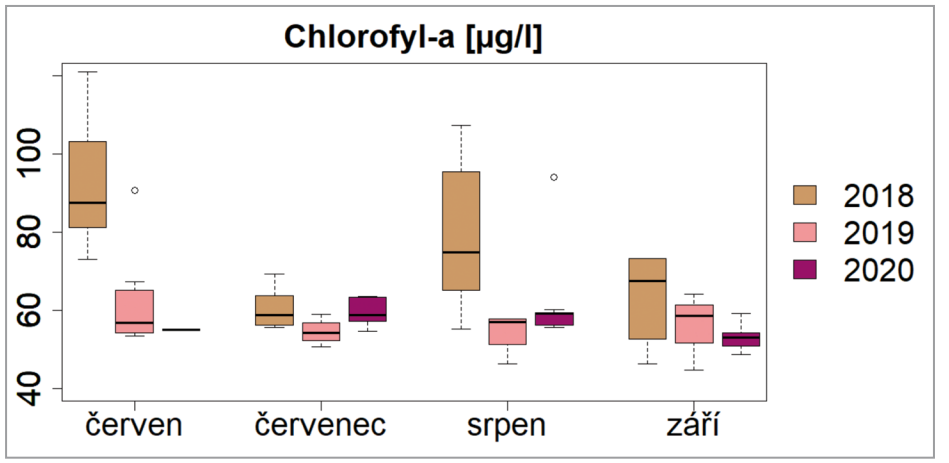
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

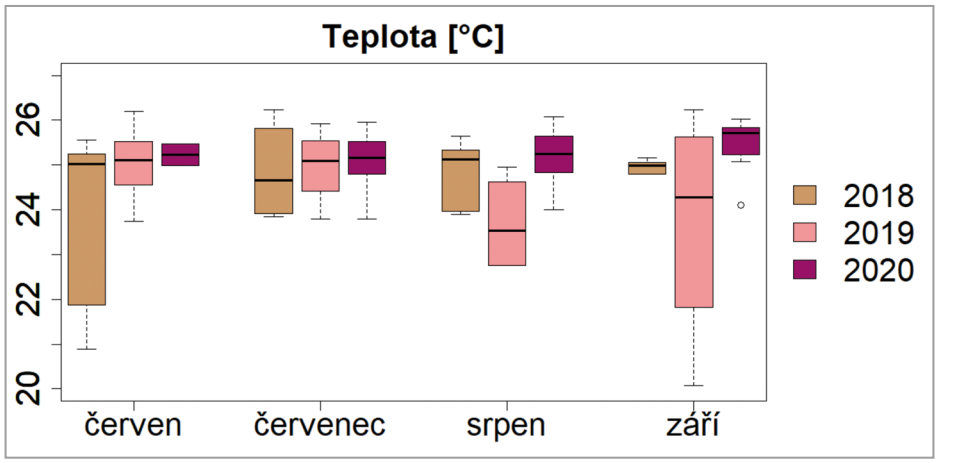


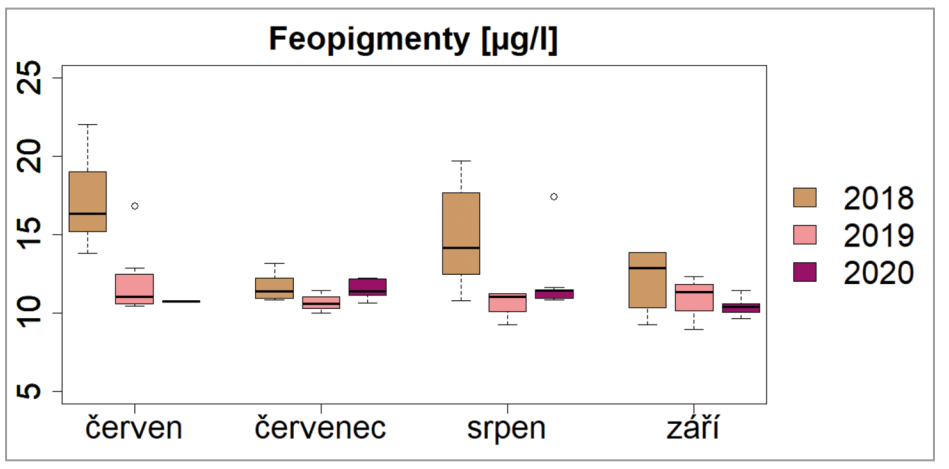
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

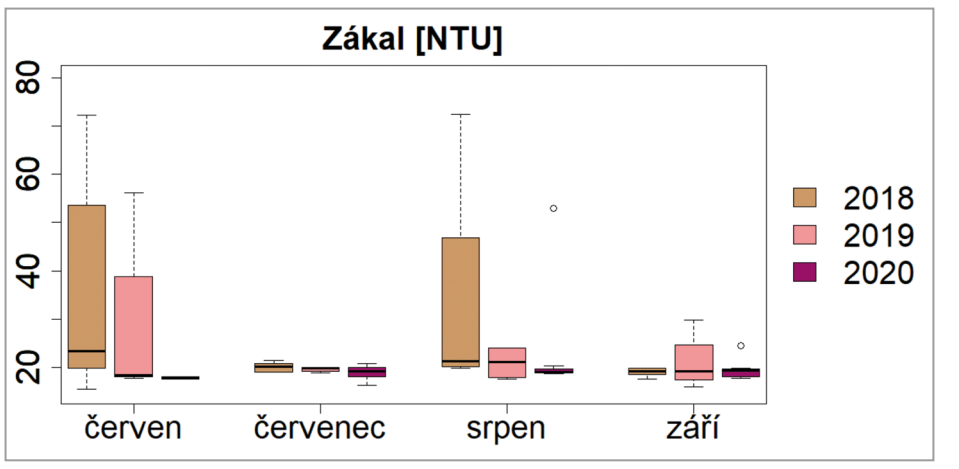








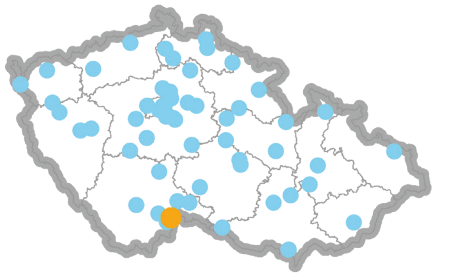




Shrnutí:

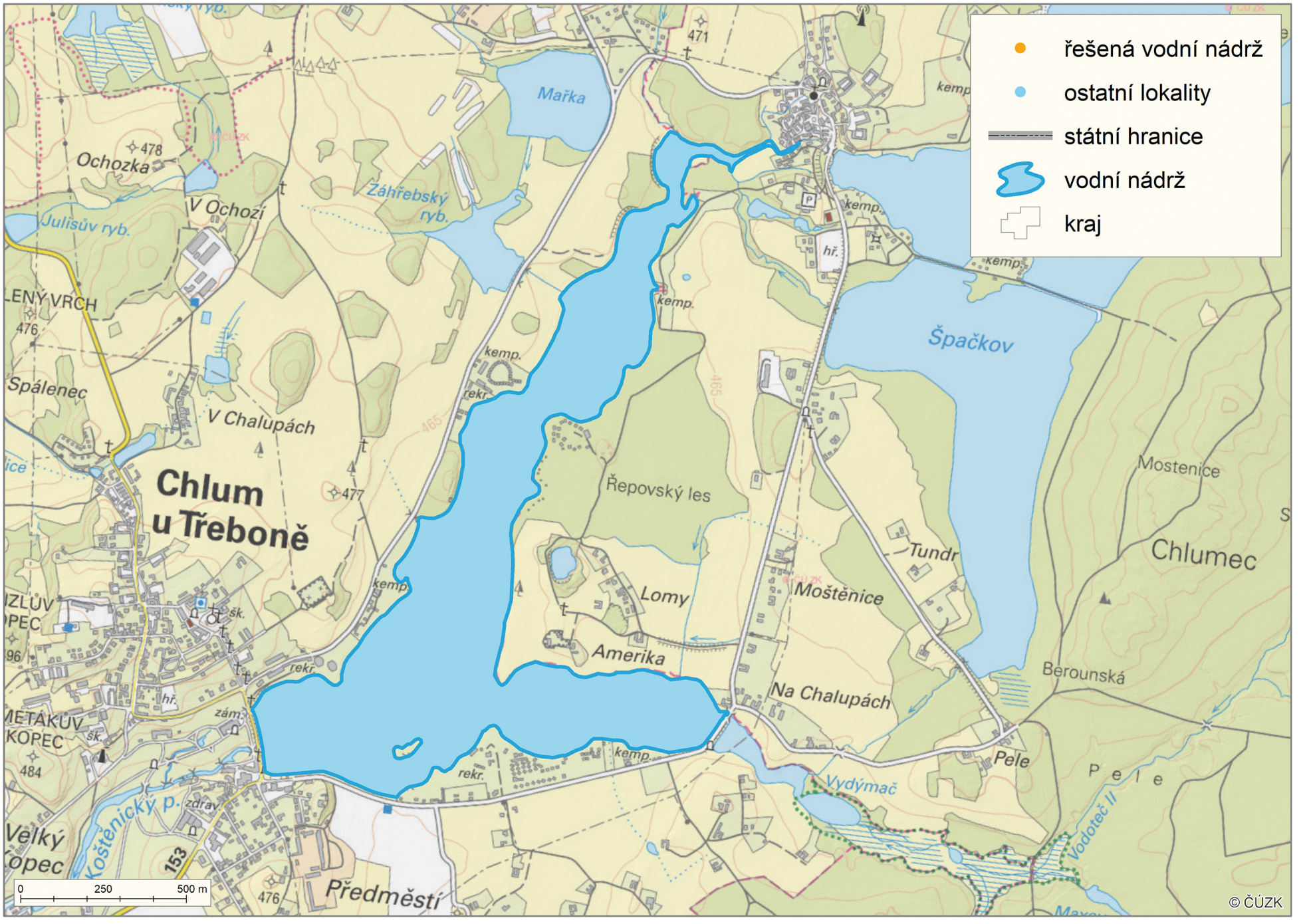
Rybník Eliška není zařazen do Seznamu koupacích vod a kvalita vody zde není pravidelně monitorována i přesto, že je pro koupání a jinou vodní rekreaci hojně využíván. Získané výsledky dat z DPZ tak mohou představovat významný zdroj informací o kvalitě vody. Zde je však několik omezujících faktorů, které by mohly představovat překážky pro monitoring této vodní plochy pomocí dat z DPZ. V případě rybníku Eliška se jedná o malou nádrž protáhlého tvaru, ohraničenou vzrostlými stromy, což značně komplikuje využití výsledků dat z DPZ (viz. kapitola Vyhodnocení a závěr v textové části). Hodnoty chlorofylu-*a* se pohybují během koupací sezóny v desítkách µg/l. Zákal je poměrně vysoký, proměnlivý a jen z části ho způsobují řasy a sinice. Z výsledků získaných v rámci projektu bylo patrné, že v letním fytoplanktonu dominují obrněnky nebo sinice, což však z grafů ukazujících na výskyt sinic není patrné. Výskyt sinic se jeví významnější, než ve skutečnosti je. Je pravděpodobné, že původcem zákalu jsou také ryby, které víří sedimenty na dně.

HEJTMAN

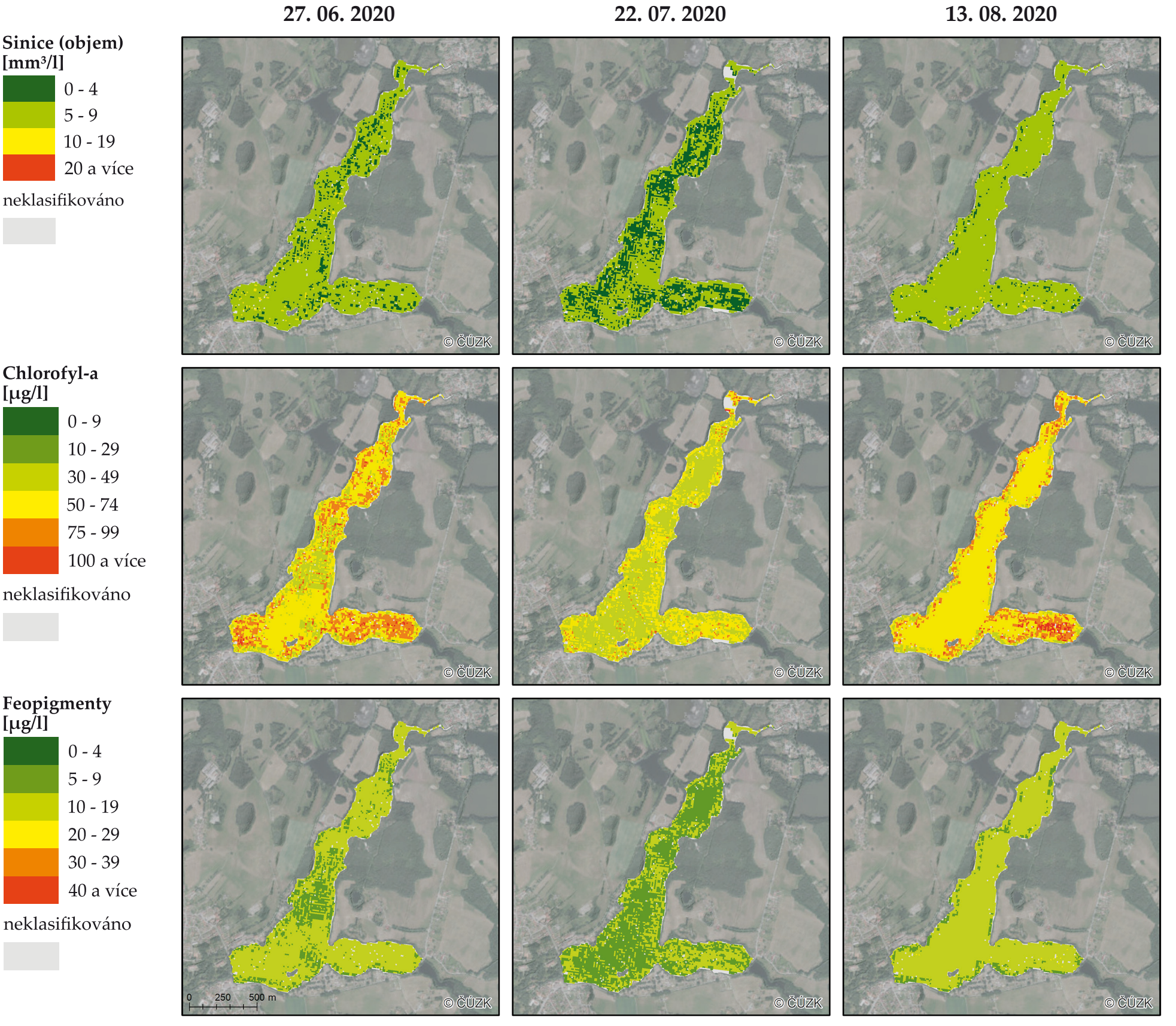


Vodní tok: Koštěnický potok
Kraj: Jihočeský

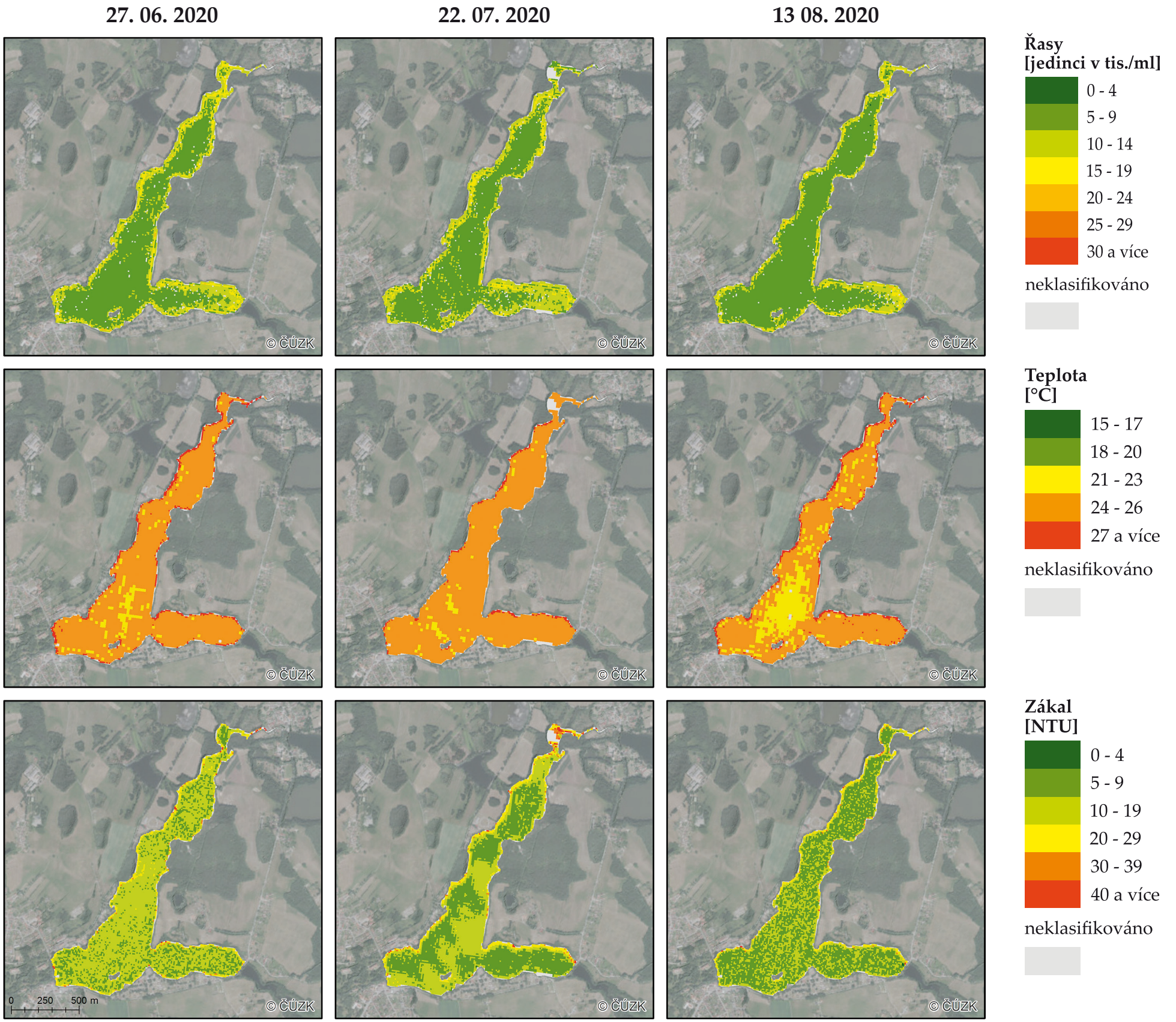
Rybník Hejtman leží v Chlumu u Třeboně v Jihočeském kraji v CHKO Třeboňsko. Byl vybudován v 16. století na Koštěnickém potoce. Jeho rozloha je 82 ha [7]. Na březích rybníka se nachází větší počet kempů a dalších rekreačních objektů (penzionů, apartmánů). Jedná se o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod. Na rybníce je kromě koupání a dalších s vodou spojených rekreačních aktivit umožněno také rekreační rybaření [7]. Těsně nad tímto rybníkem se nachází další významná rekreační nádrž – Staňkovský rybník.



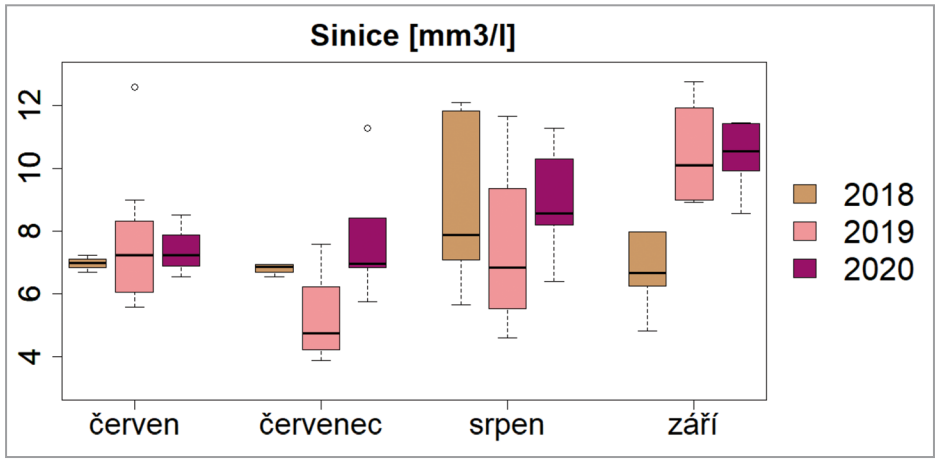
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

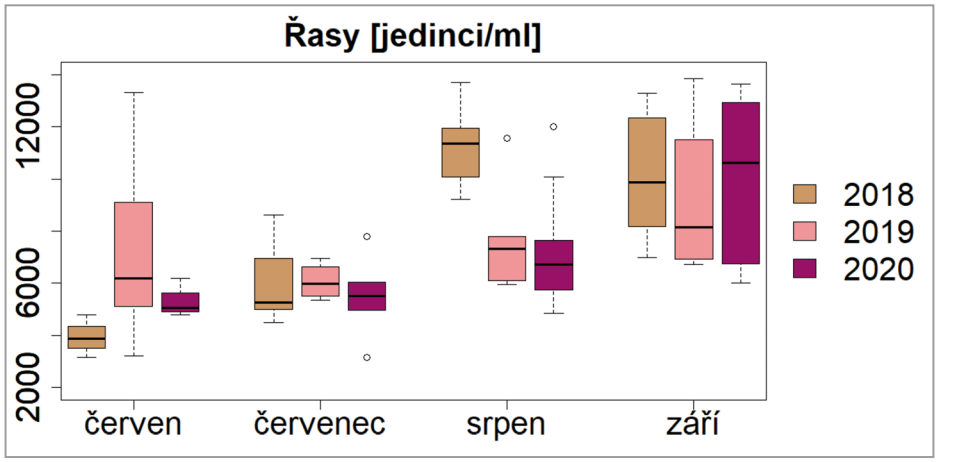


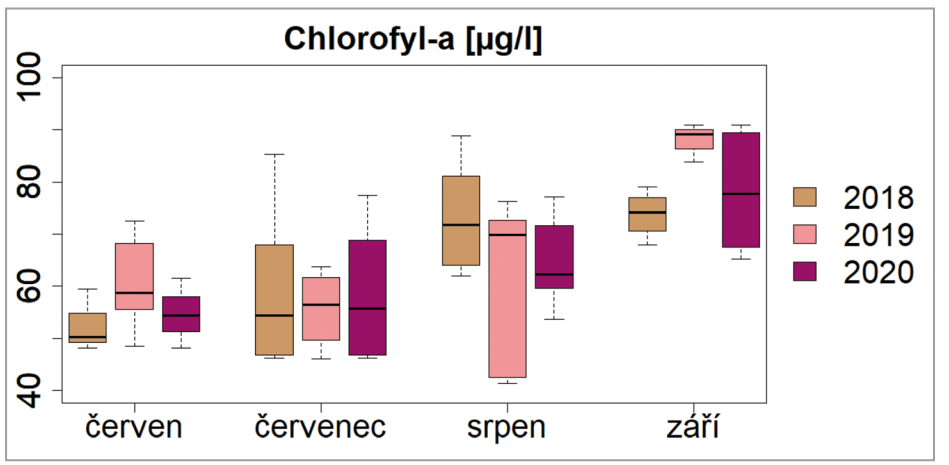
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

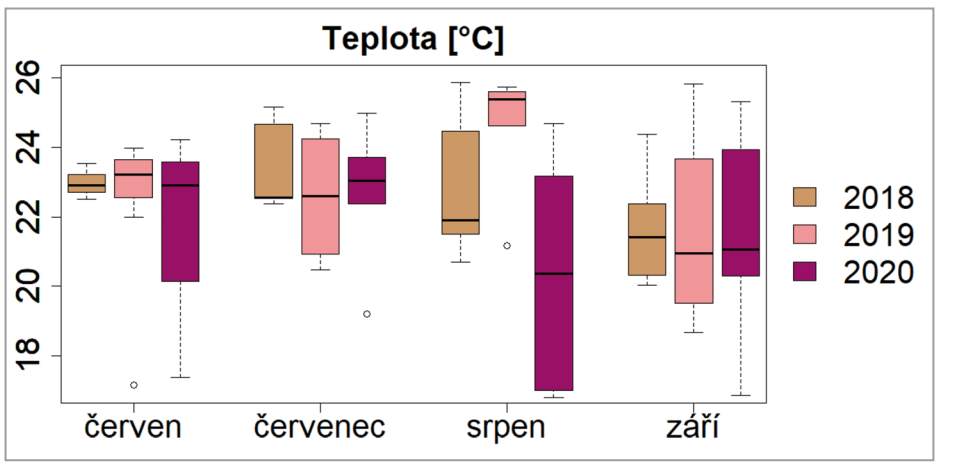


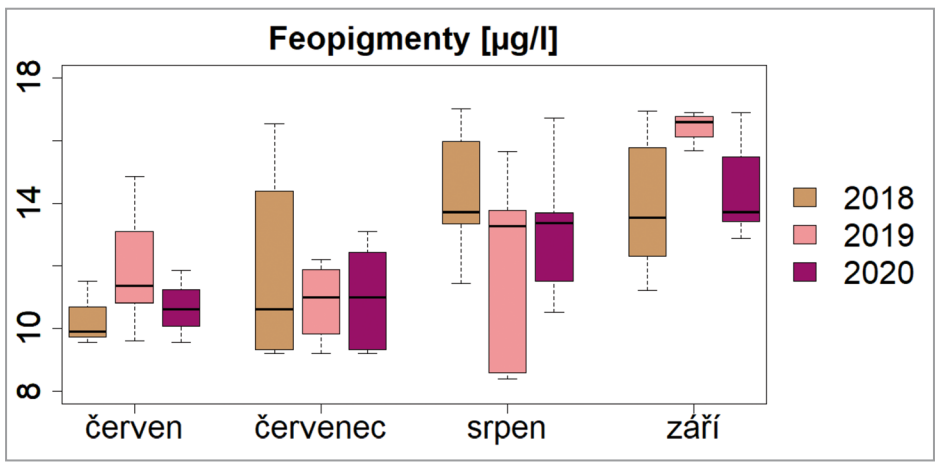
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

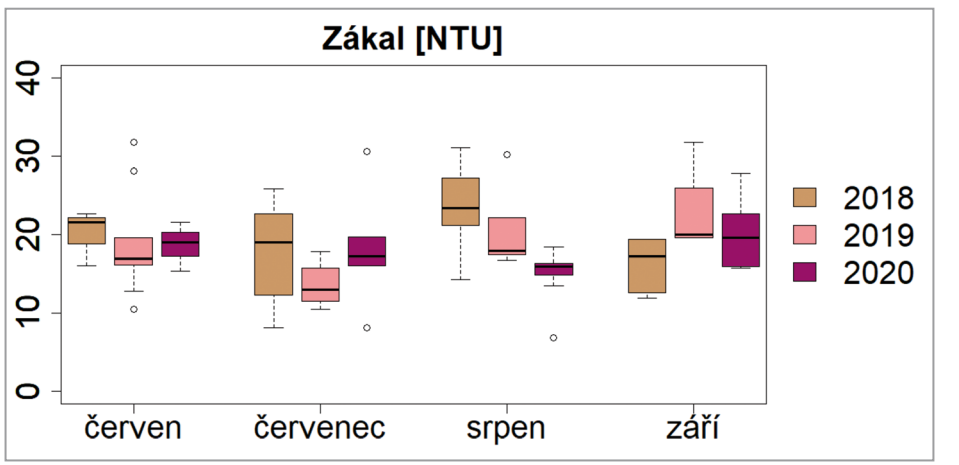








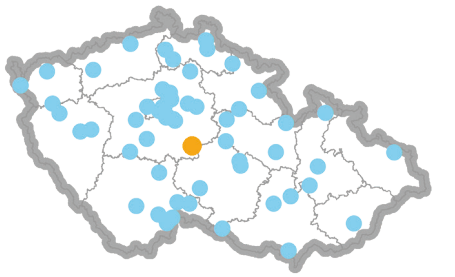




Shrnutí:

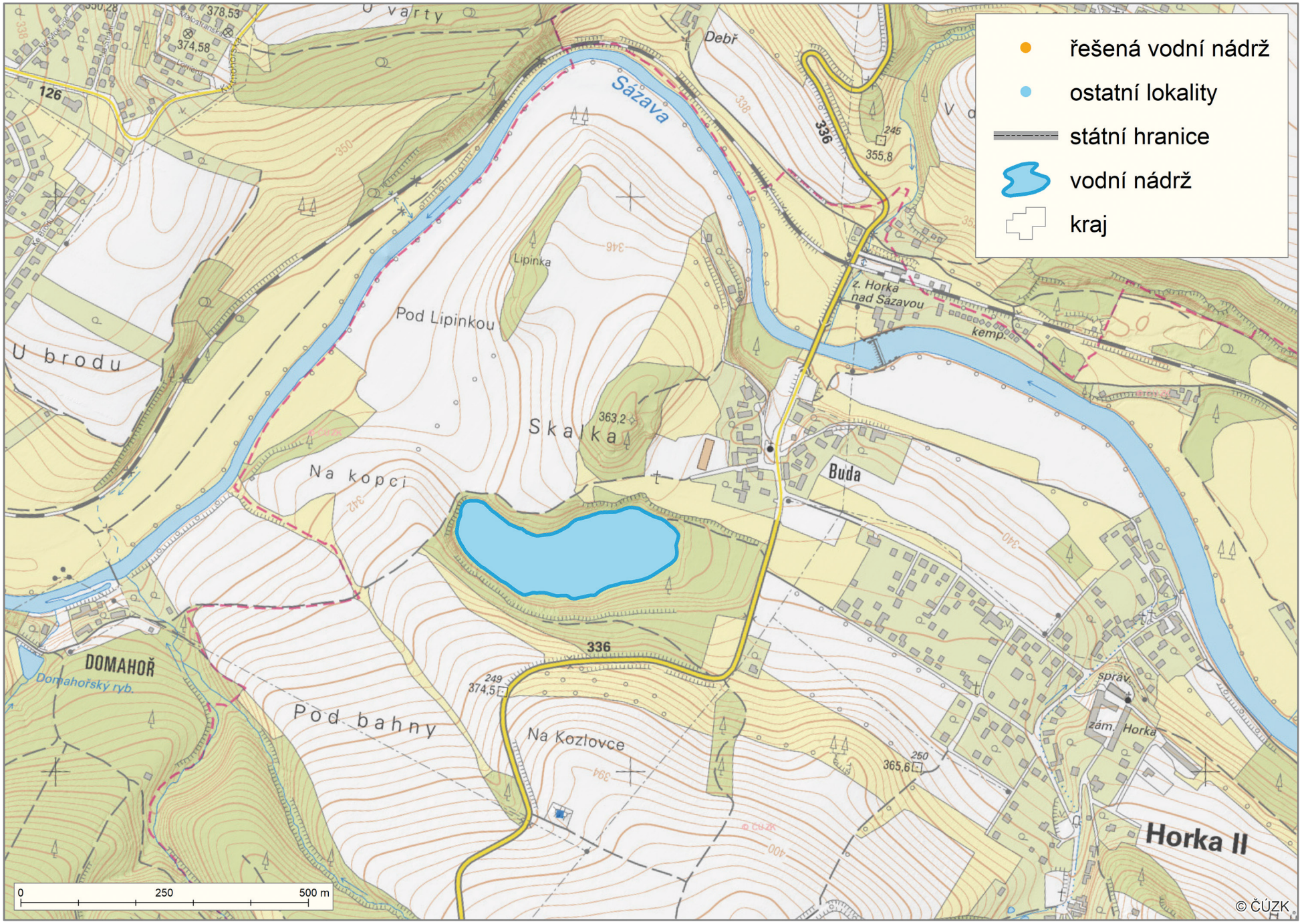
Na rybníku Hejtman dochází v koupací sezóně pravidelně ke sníženému hodnocení kvality vody, které obvykle souvisí s rozvojem sinic. Většinou jde výhradně pouze o stupeň 3 - zhoršená jakost vody, ojediněle o stupeň 4 – voda nevhodná ke koupání. Koncentrace chlorofylu-*a* se pohybují v desítkách µg/l, výjimečně překračují i 100 µg/l. Poměrně častá je rozkolísanost výsledků - po vysokých hodnotách následuje pokles a pak opětovný nárůst hodnot. Data z DPZ jsou ve srovnání s pozemním sledováním vyšší pro chlorofyl-*a* i pro sinice především na počátku koupací sezóny.

HORKA

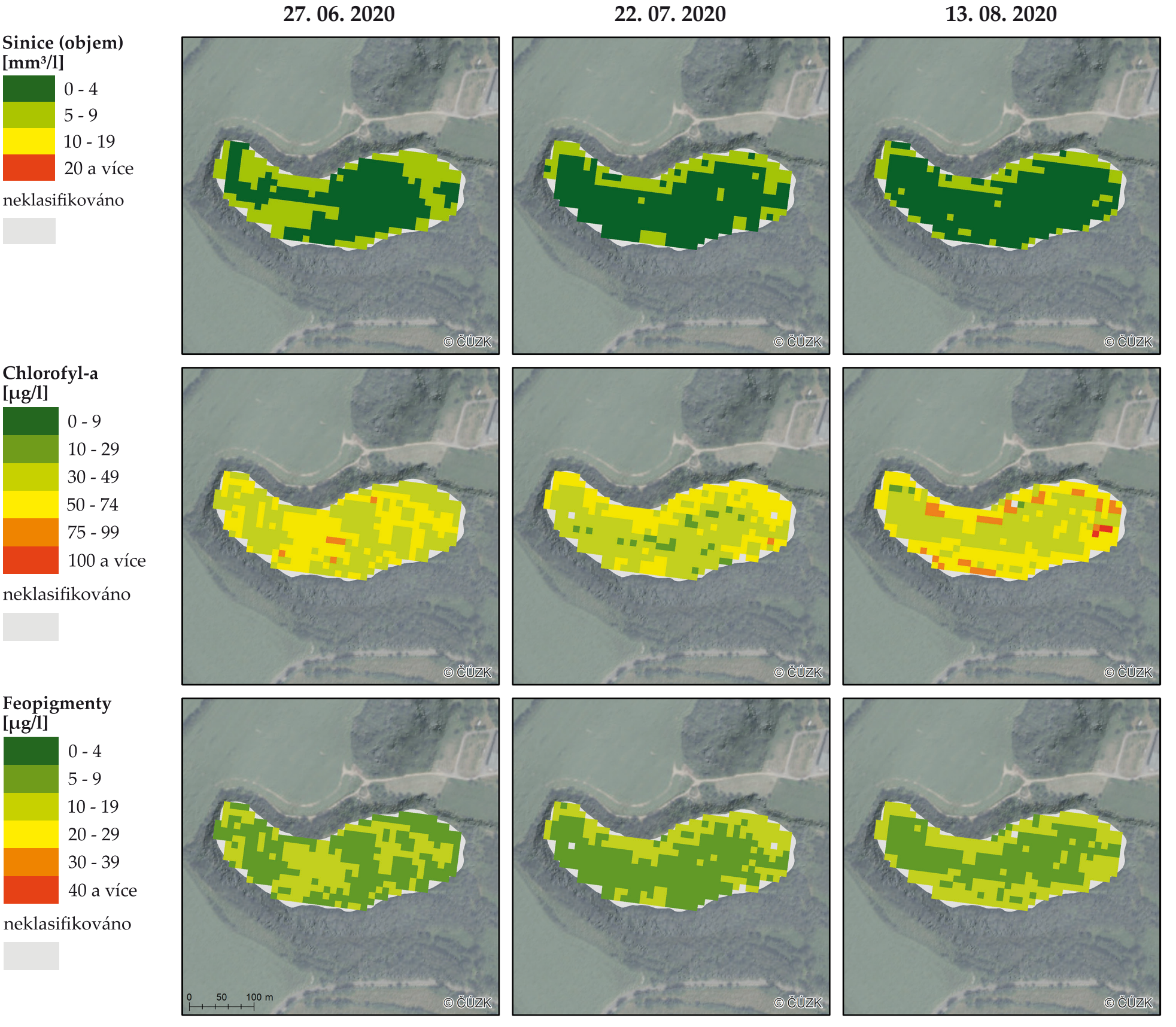


Vodní tok: neleží na vodním toku
Kraj: Středočeský

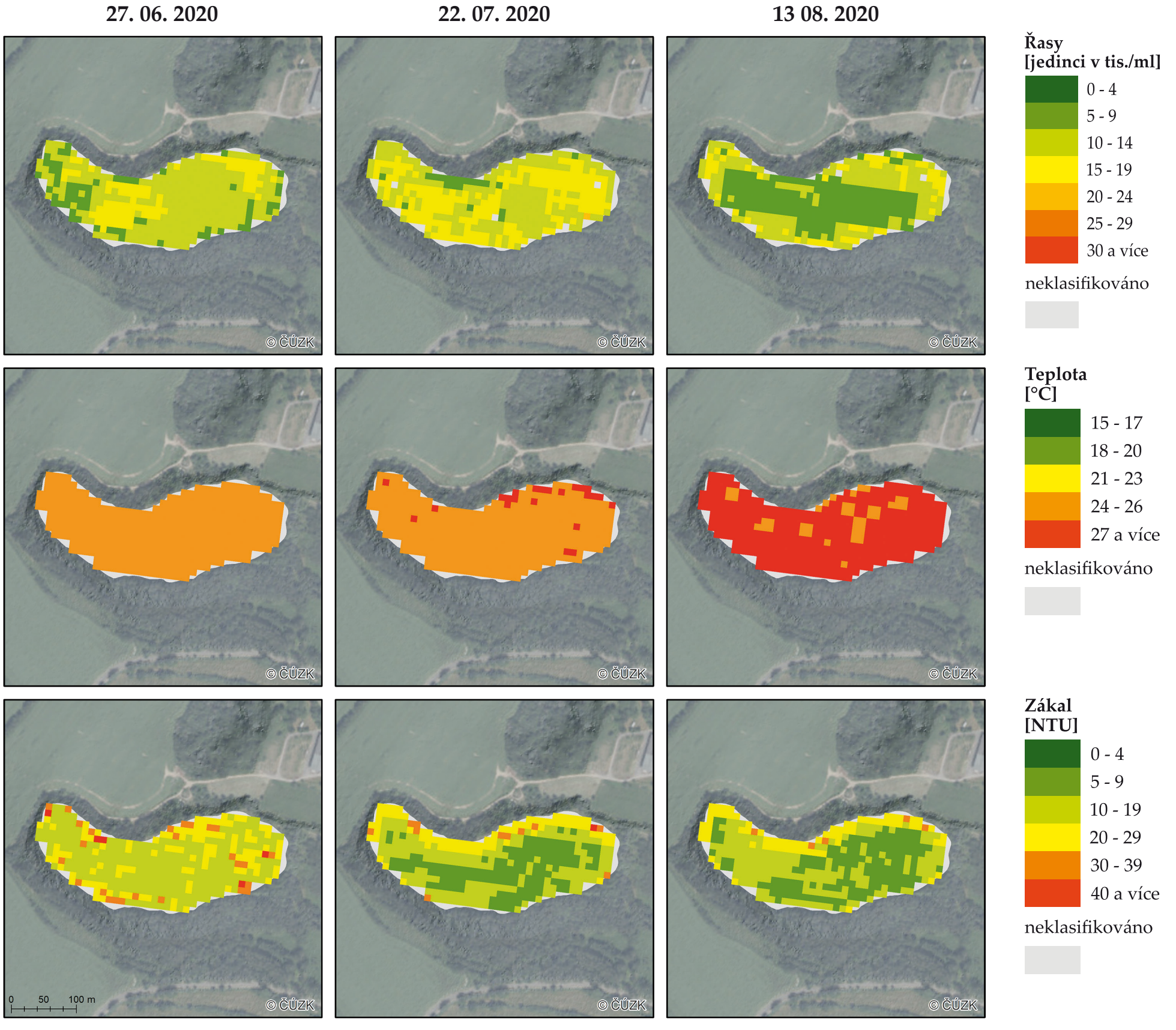
Nádrž se nachází zhruba ve vzdálenosti 1 km východně od Zruče nad Sázavou. Jedná se o zatopenou pískovnu protáhlého tvaru (zhruba 400 x 100 m). Z jihu a severu vede k vodě poměrně strmý svah. Vstup do vody je především ze severního břehu. Pískovna je využívána ke koupání a zároveň k rekreačnímu rybolovu. Návštěvníci přicházejí především z blízkého kempu (necelý kilometr), který leží na břehu Sázavy. Nejedná se o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod. U pískovny je jen omezená možnost parkování a není zde žádná vybavenost.



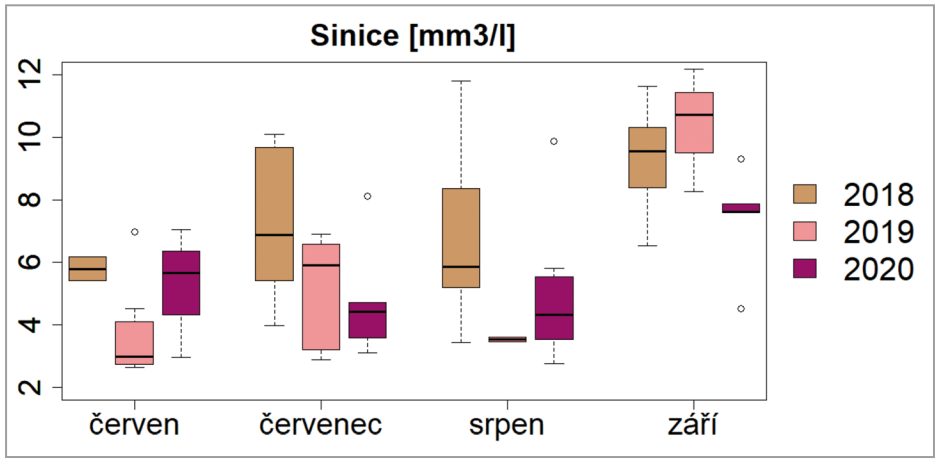
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

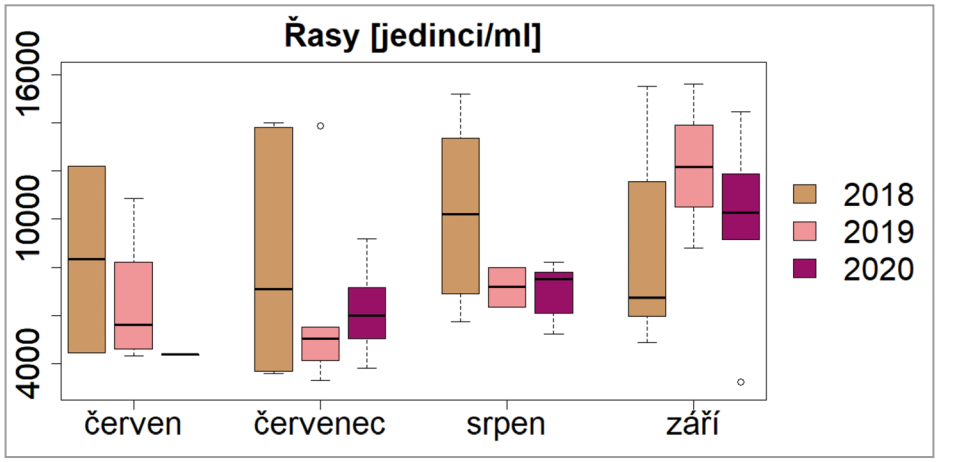


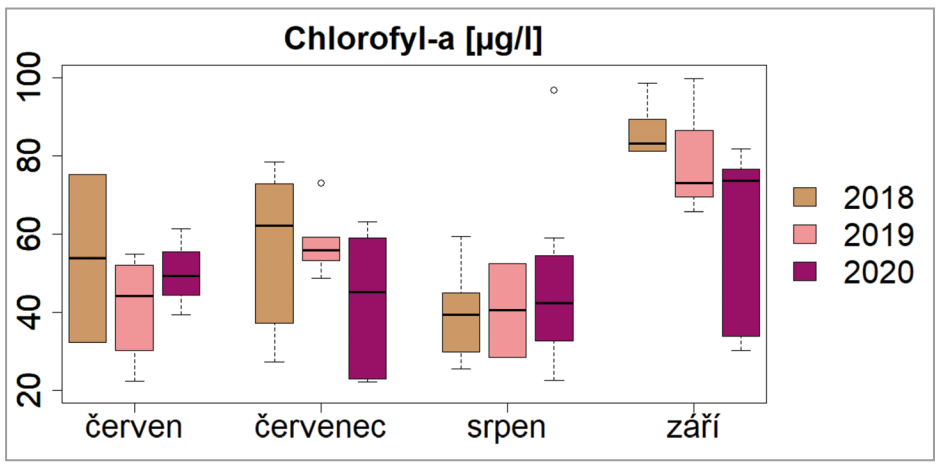
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

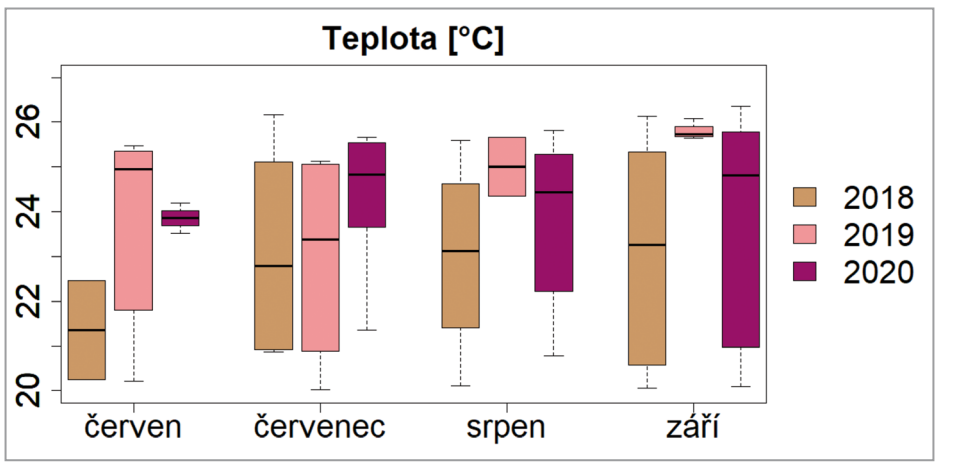


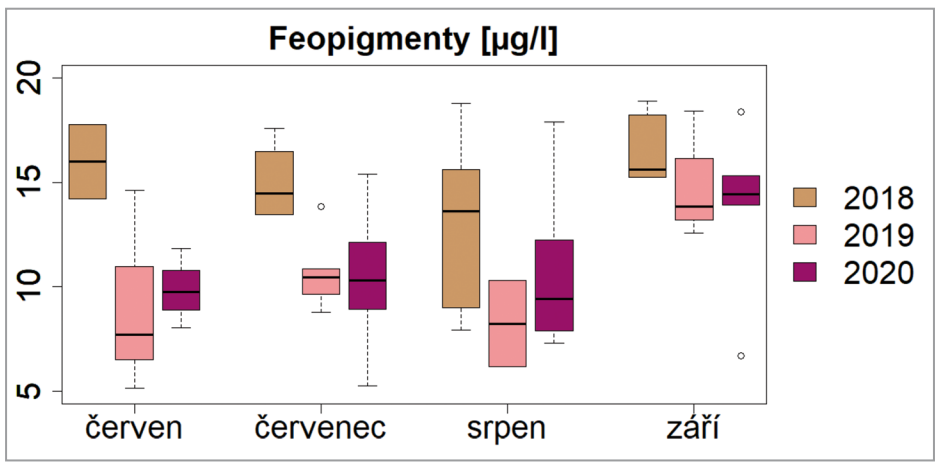
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

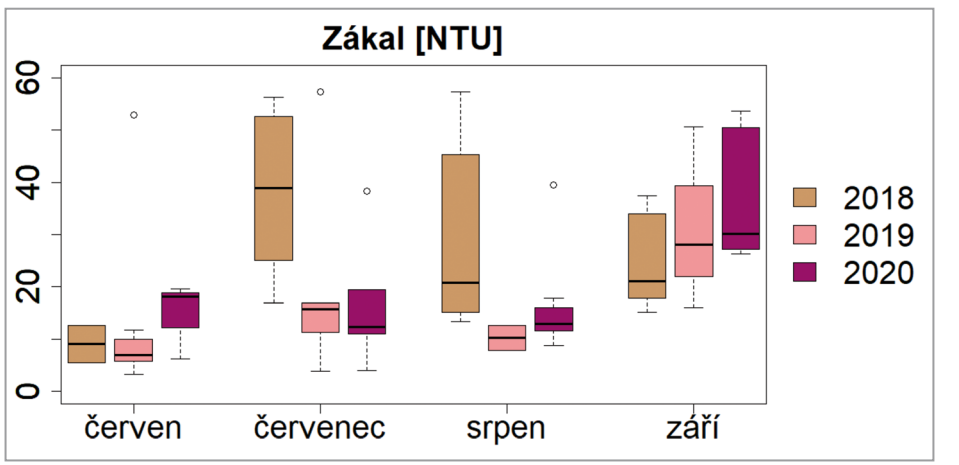








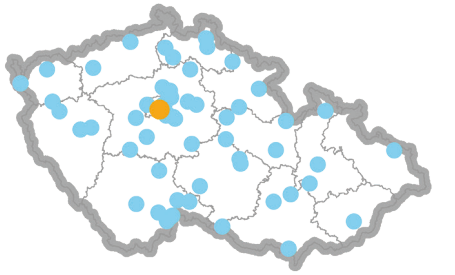




Shrnutí:

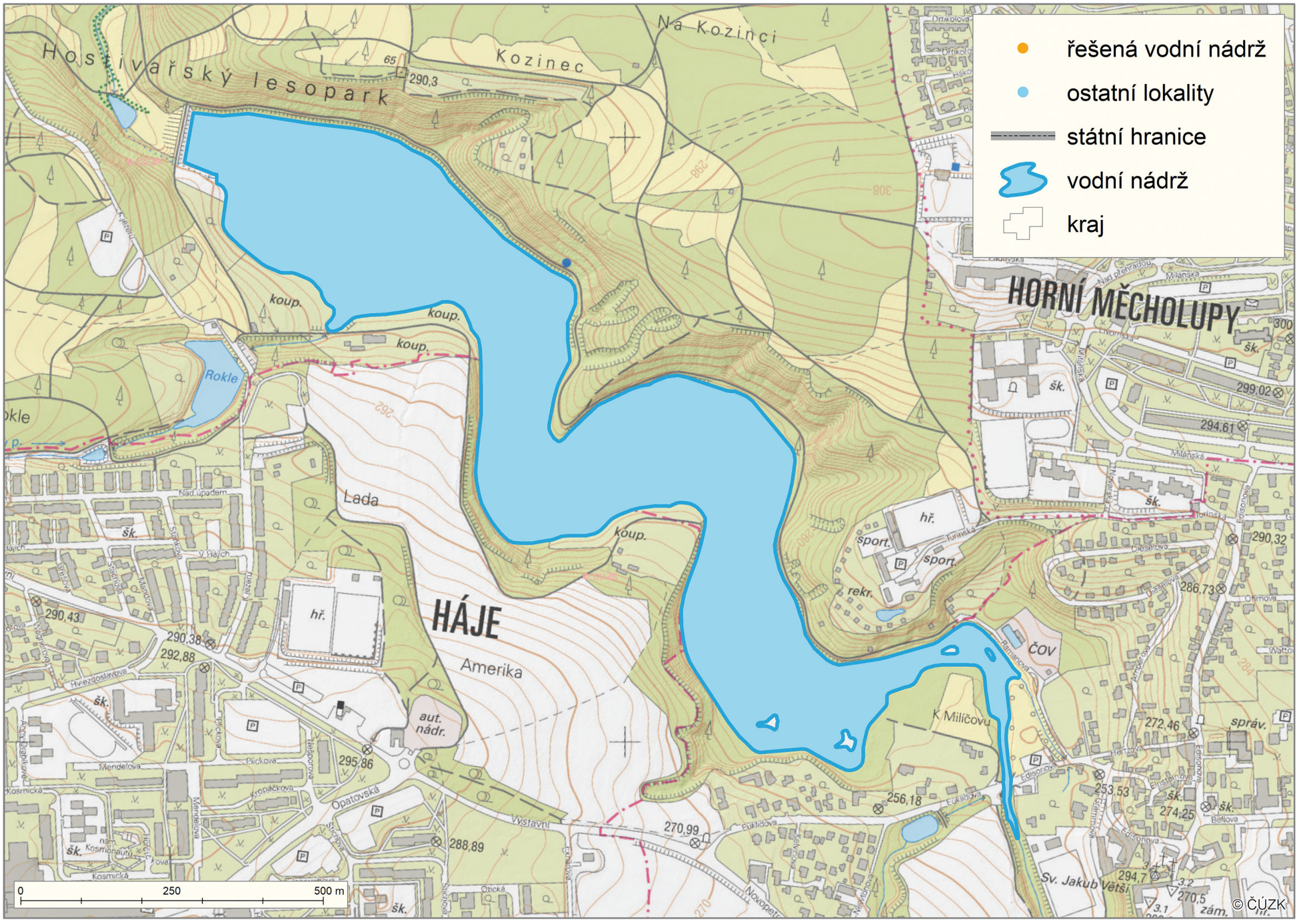
Vzhledem k tomu, že se nejedná o pravidelně sledovanou lokalitu, ke srovnání s výsledky dat z DPZ je k dispozici z pozemních šetření pouze výsledek ze září 2018. V té době byl na nádrži sinicový vodní květ a koncentrace chlorofylu-*a* se blížila 50 µg/l. Data z DPZ za období 2018 až 2020 vykazují právě v září 2018 nejvyšší hodnoty převyšující 80 µg/l. Pro všechny tři zkoumané sezóny v období červen až srpen se koncentrace chlorofylu-*a* pohybovaly nejčastěji kolem 50 µg/l. V září byly hodnoty vždy vyšší, což se týkalo i sinic. Z důvodu relativně malé velikosti a strmých svahů v bezprostředním okolí nádrže nabývá, podobně jako na lokalitě Hradišťský vrch, na významu pásmo potenciálně zkreslených hodnot v blízkosti břehu, které může významně ovlivnit střední hodnoty znázorněné v grafech.

HOSTIVAŘ

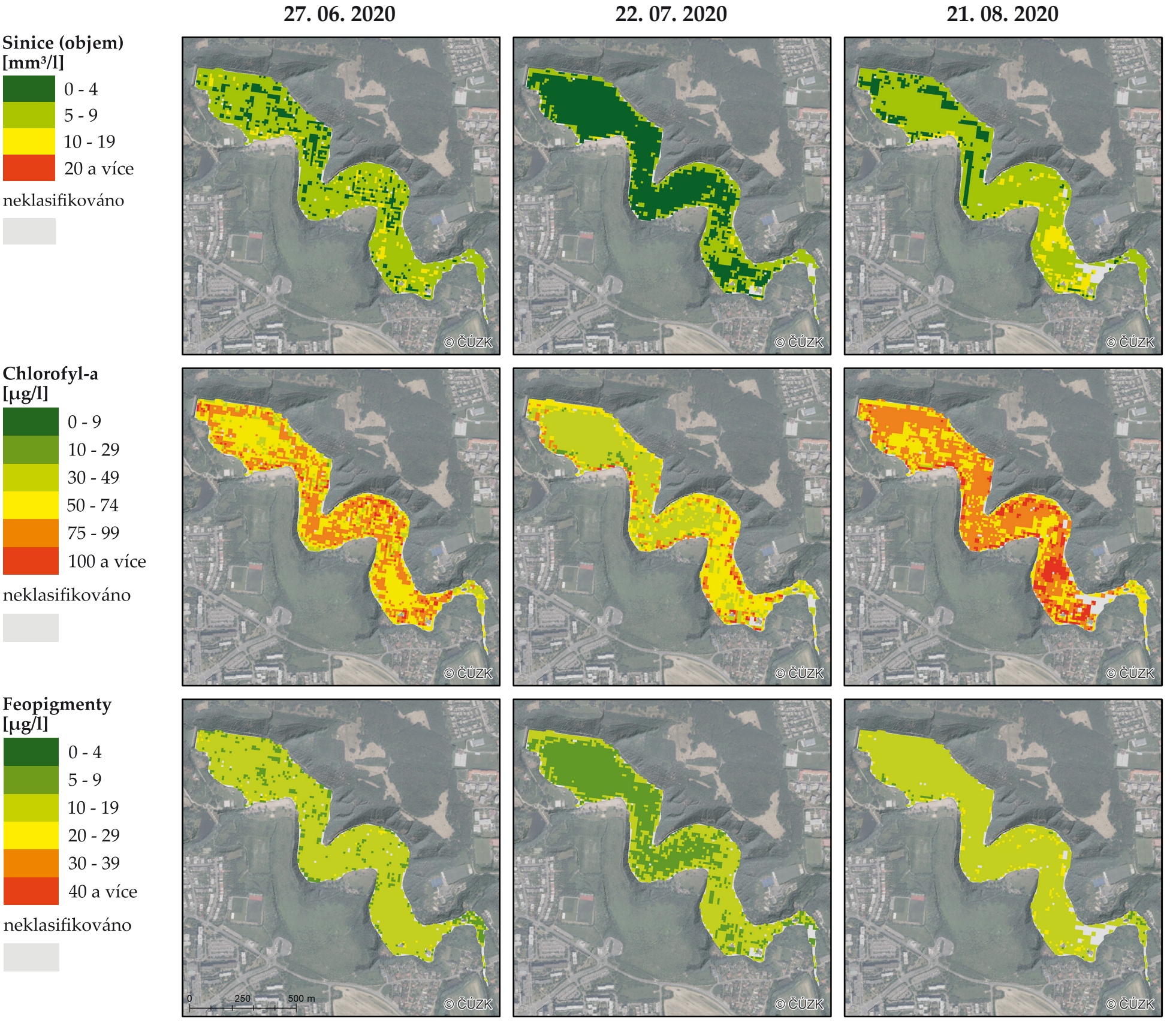


Vodní tok: Botič
Kraj: Hlavní město Praha

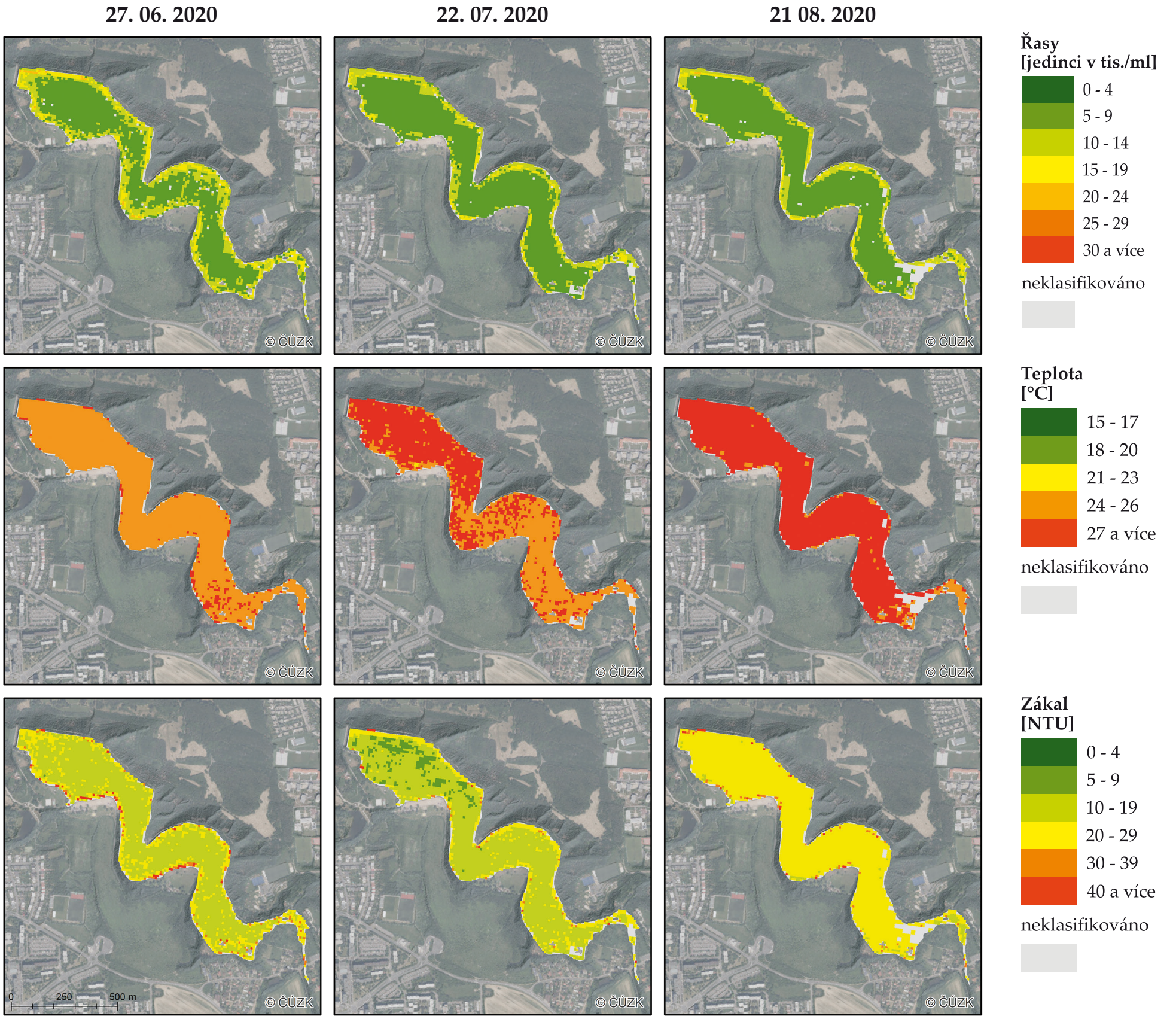
Hostivařská nádrž byla vybudována na jihovýchodním okraji Prahy na potoku Botič v letech 1961 – 1963. Kromě rekreace slouží ke zmírnění povodní v níže ležících městských částech a pro rekreační rybolov [8]. Oplocený areál přírodního koupaliště s písečnou i travnatou pláží leží na levém břehu nádrže. V areálu je možno využít širokou nabídku různých služeb - toalety, převlékárny, sprchy, občerstvení, půjčovny sportovního vybavení, vlek pro wakeboarding a další. Součástí areálu je také naturistická pláž, která je oddělená od hlavní pláže poměrně dlouhým úsekem zalesněného břehu [9]. Vstup do vody je v omezené míře možný i z pravého břehu mimo areál přírodního koupaliště. Nádrž byla v letech 2010 a 2011 vypuštěna, odbahněna a revitalizována [8].



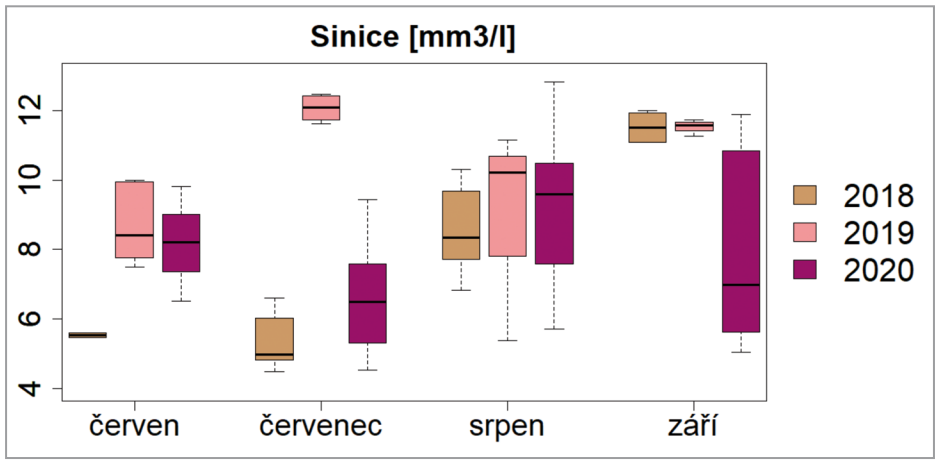
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

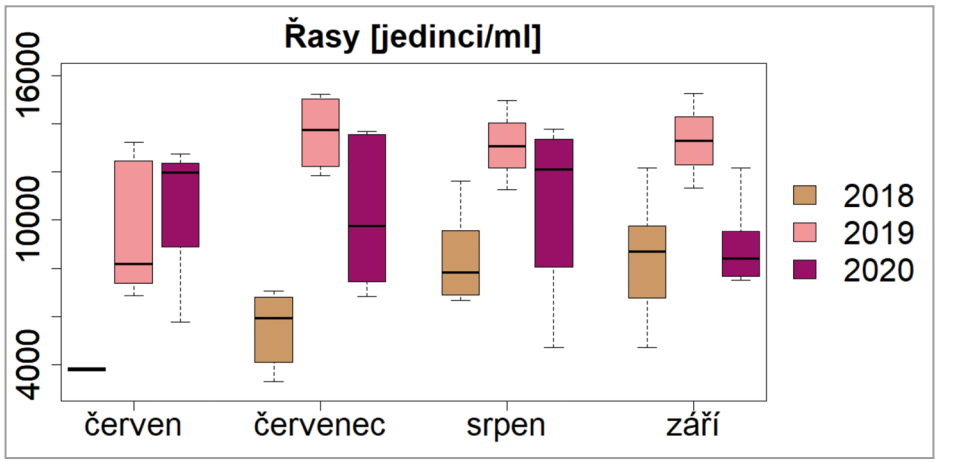


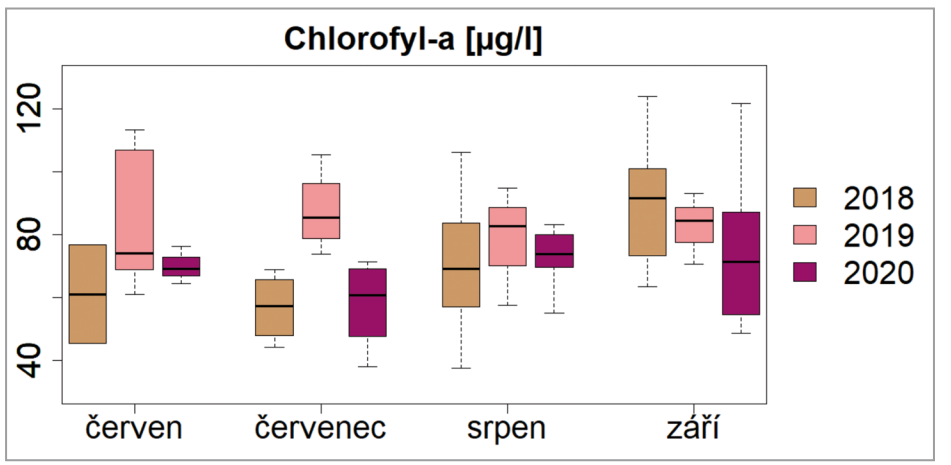
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

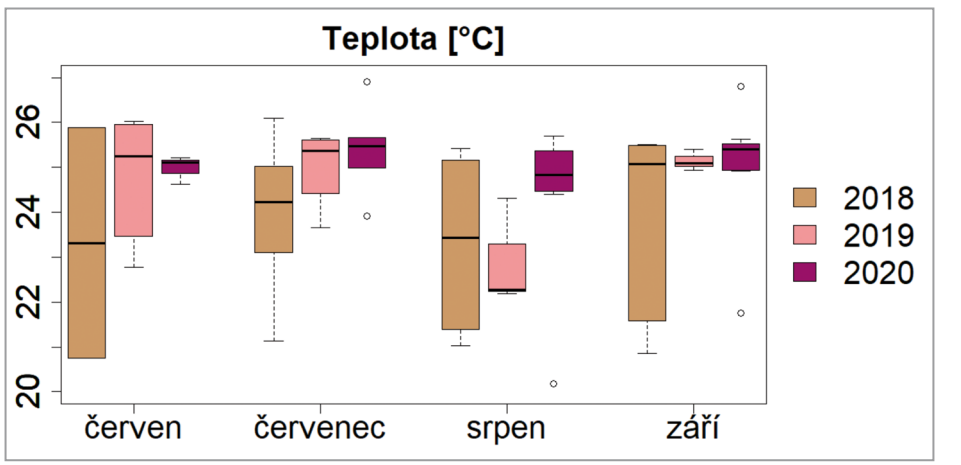


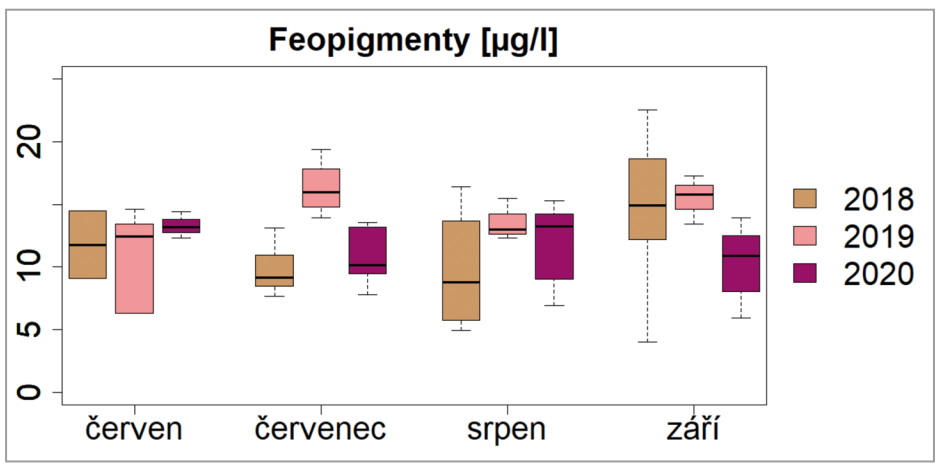
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

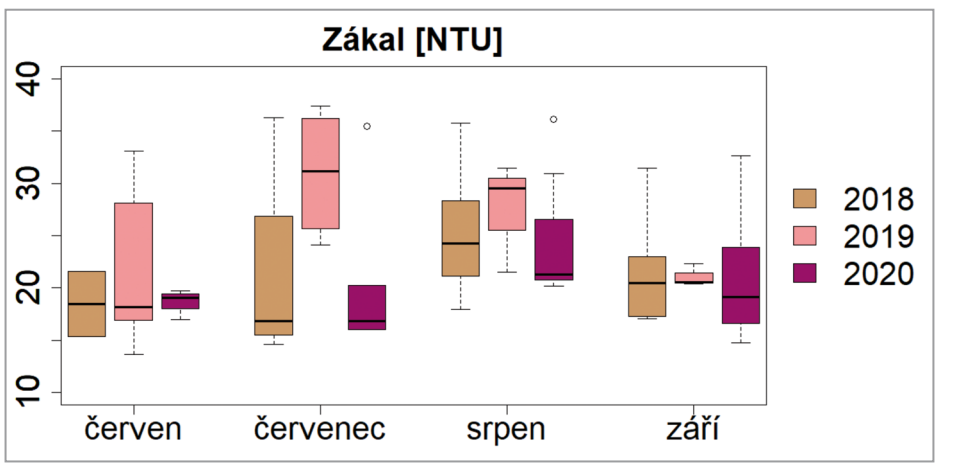








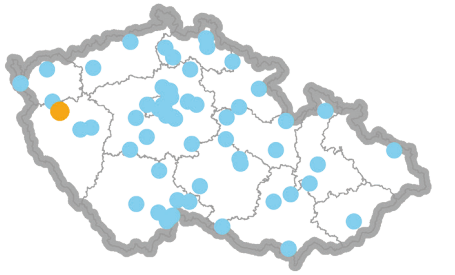




Shrnutí:

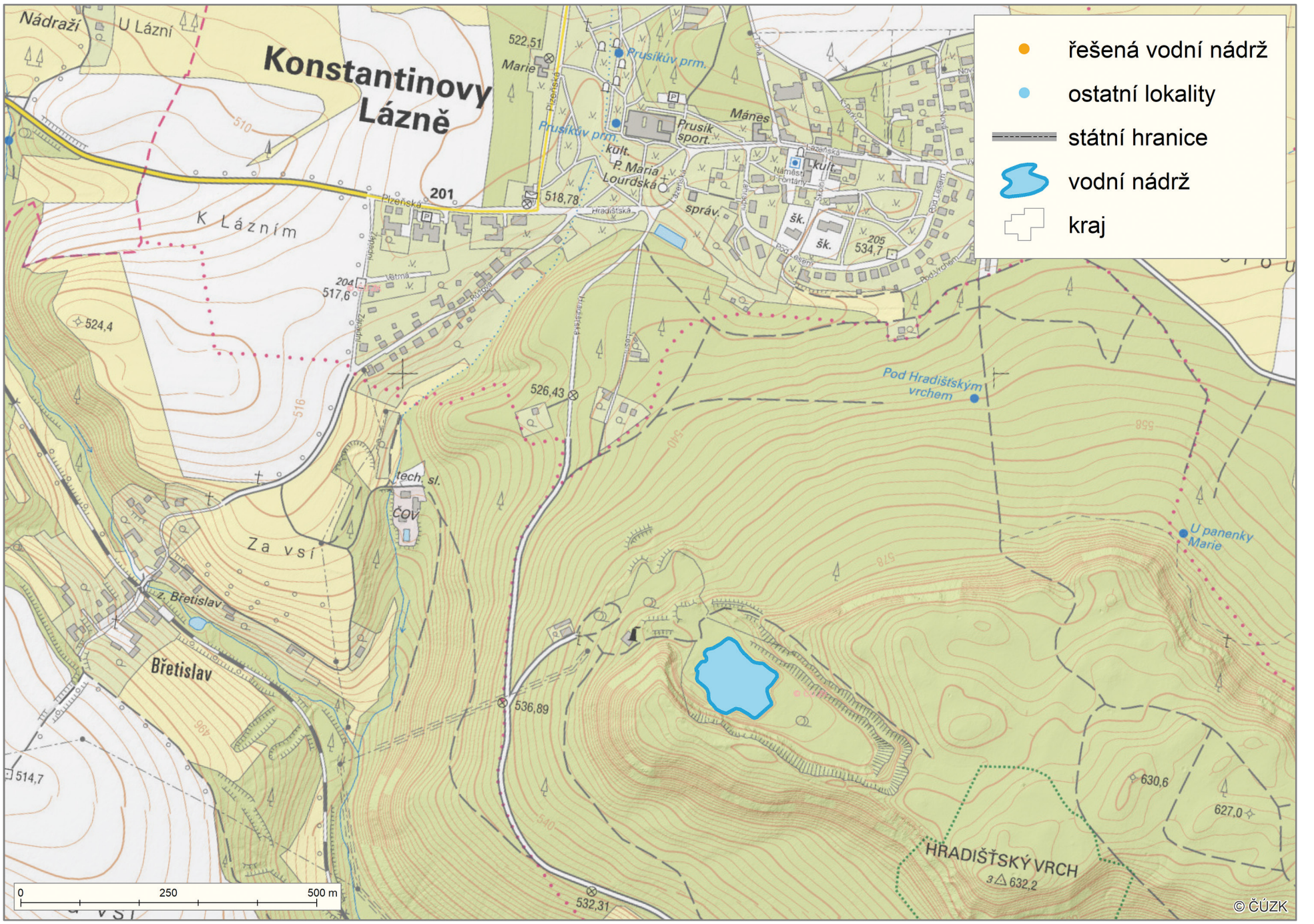
Hlavním problémem Hostivařské nádrže je rozvoj fytoplanktonu, ve kterém převládají v letních měsících vláknité sinice, které však většinou nevytváří příhladinové vodní květy. Přestože se nejedná o velkou nádrž, je na ní patrný efekt korytovitých nádrží, tzn. vyšší hodnoty fytoplanktonu na začátku vzdutí nádrže a postupné snižování směrem k hrázi. Koncentrace chlorofylu-*a* v nádrži se pohybují většinou v desítkách µg/l, výjimečně i více než 100 µg/l, což je patrné i u výsledků dat z DPZ. Jak z výsledků pozemního sledování, tak z výsledků dat z DPZ je vidět, že v letech 2018 a 2020 nedosahoval chlorofyl-*a* tak vysokých hodnot jako v roce 2019. Zatímco u chlorofylu-*a* jsou výsledky pozemního sledování a DPZ většinou v dobré shodě, u sinic jsou v některých případech výsledky dat z DPZ nadhodnocené.

HRADIŠŤSKÝ VRCH

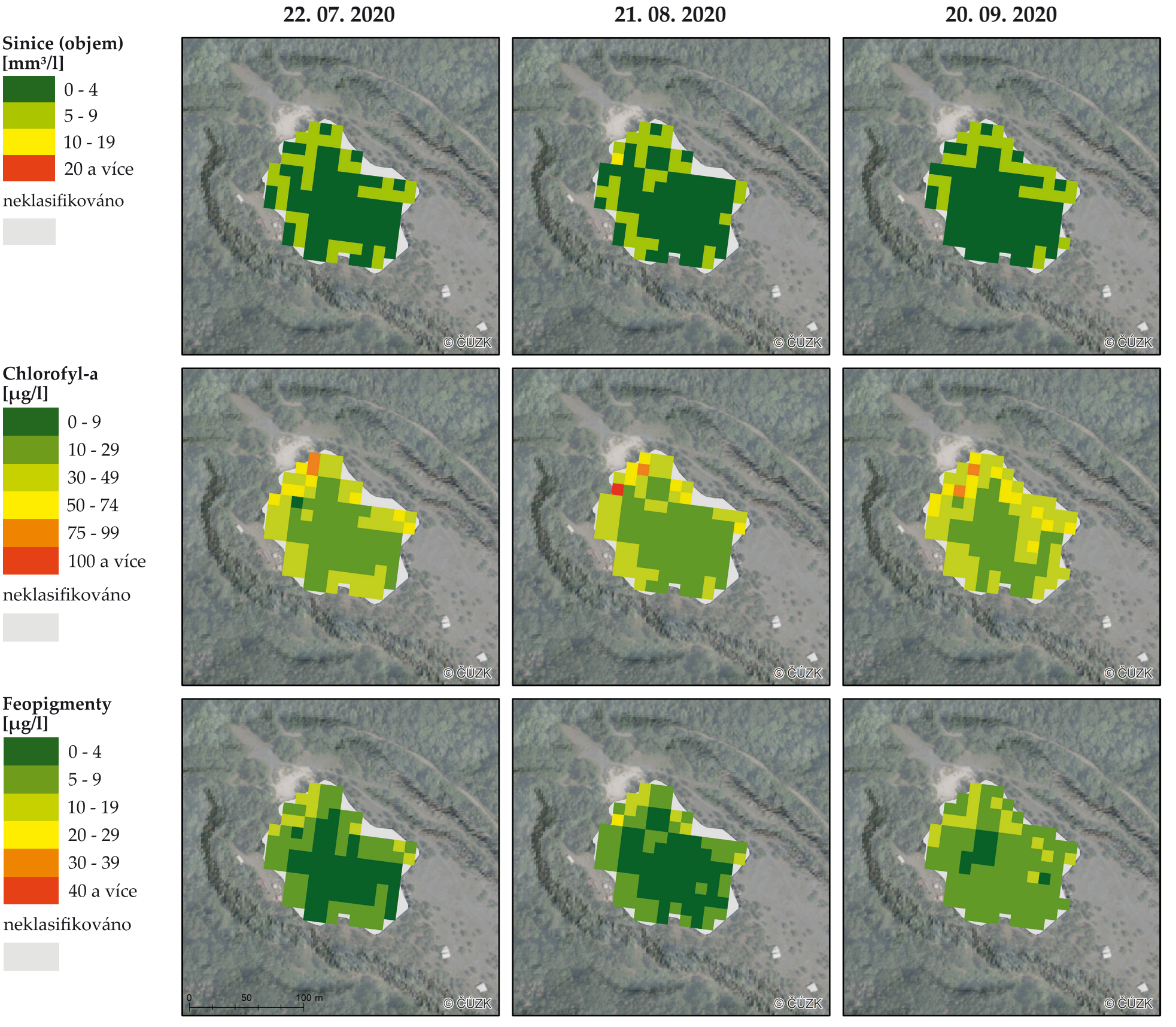


Vodní tok: neleží na vodním toku
Kraj: Plzeňský

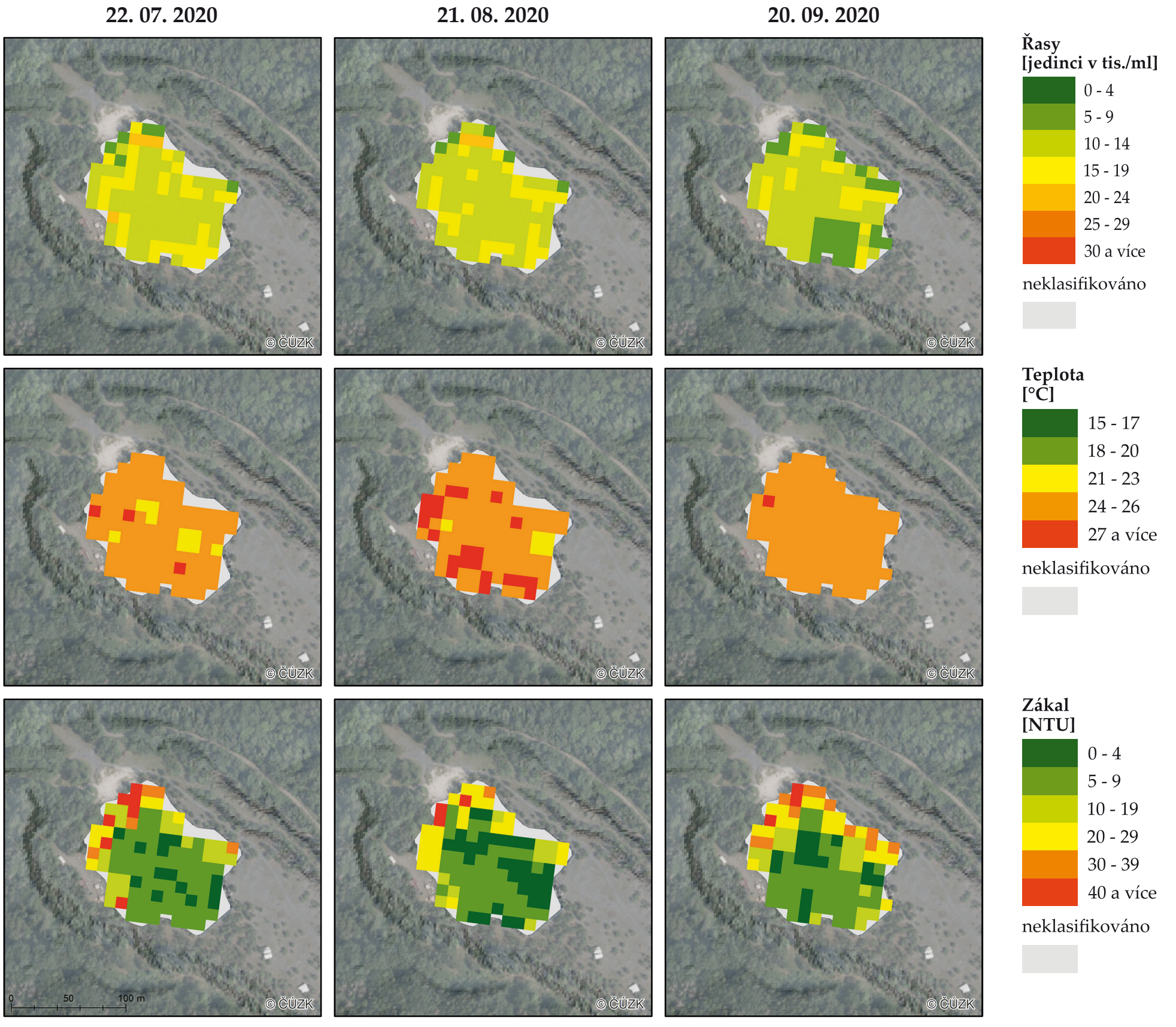
Jedná se o zatopený kamenolom, který leží necelý 1 km jižně od Konstantinových lázní. Od konce 19. století do roku 1997 zde probíhala těžba čediče. Rozloha vodní plochy jen mírně překračuje 1 ha. Maximální hloubka vody je 13 metrů [10]. Z jihovýchodní a severozápadní strany je vodní plocha ohraničena strmými skalními stěnami vysokými zhruba 30 metrů. Lokalita není zařazena do Seznamu koupacích vod, i když je vybavena občerstvením, sportovními atrakcemi i písčitou pláží a vstup na ní je zpoplatněn. V její blízkosti je i možnost parkování. V nádrži je provozován také rekreační rybolov formou „chyť a pusť“ [11]. V sousedství se nachází přírodní rezervace Hradišťský vrch.



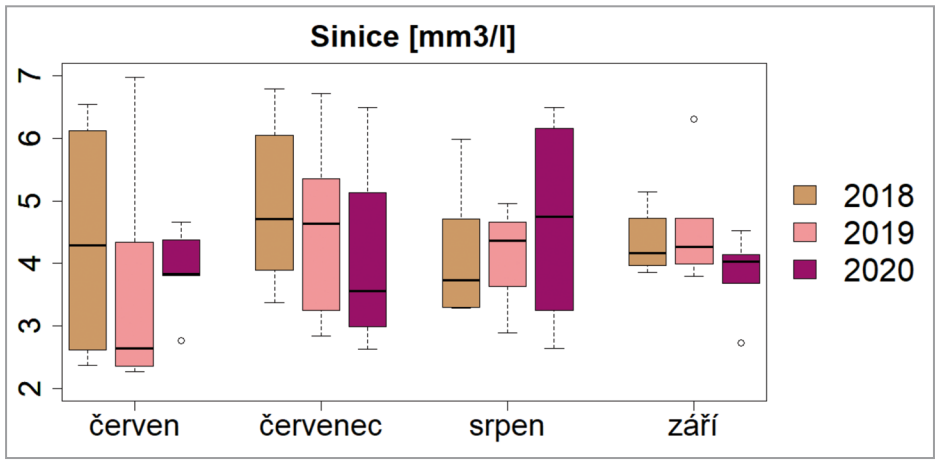
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

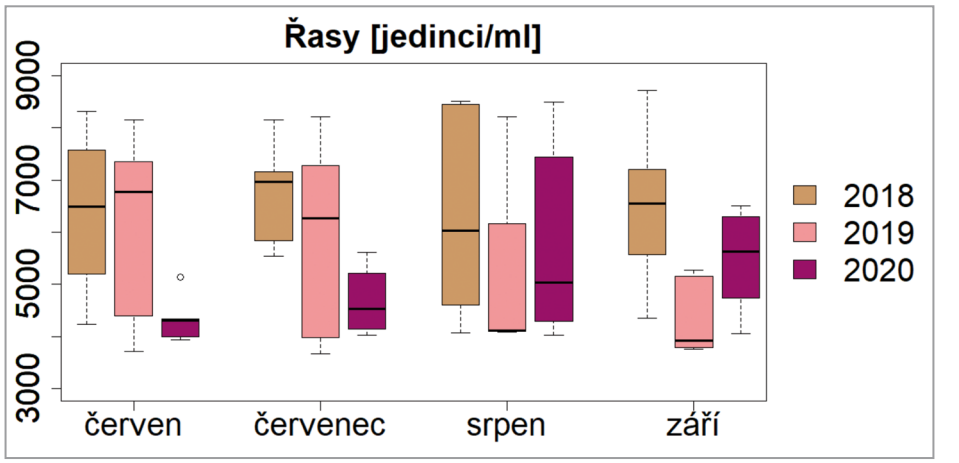


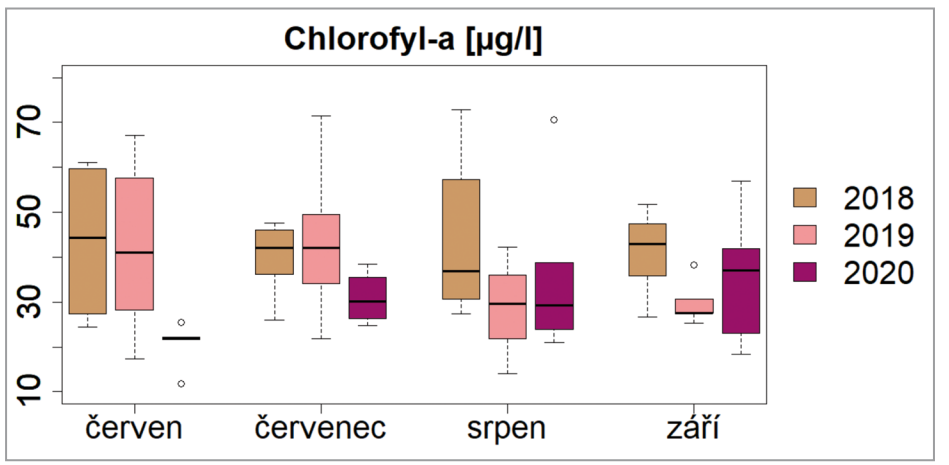
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

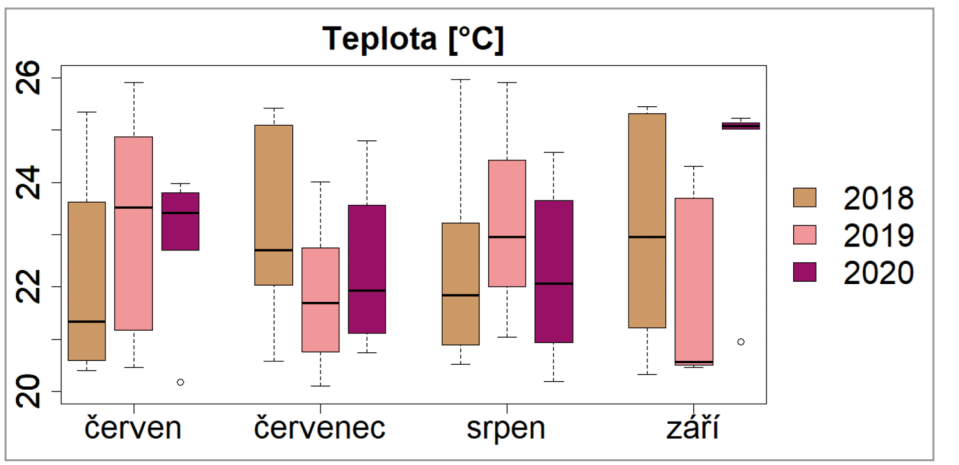


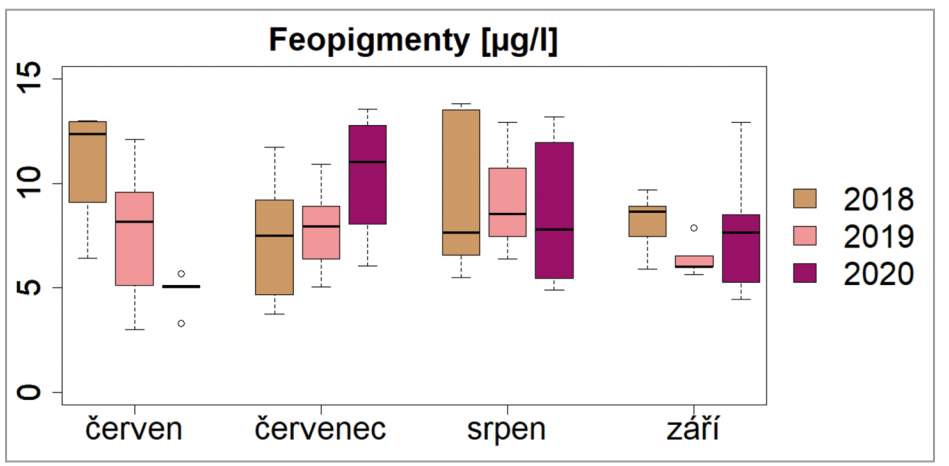
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

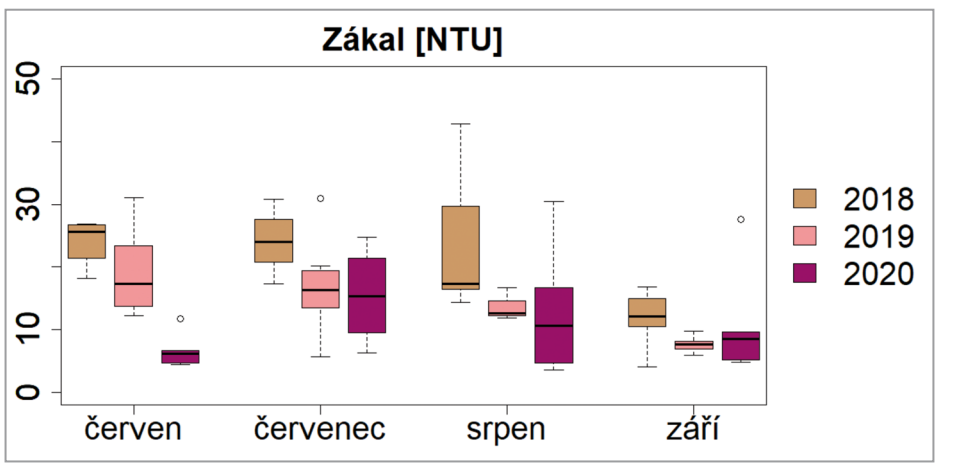








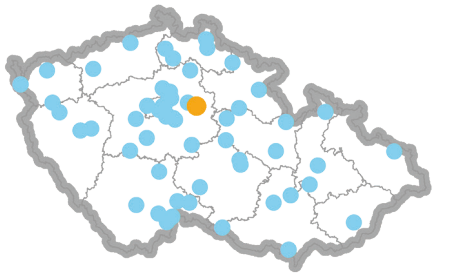




Shrnutí:

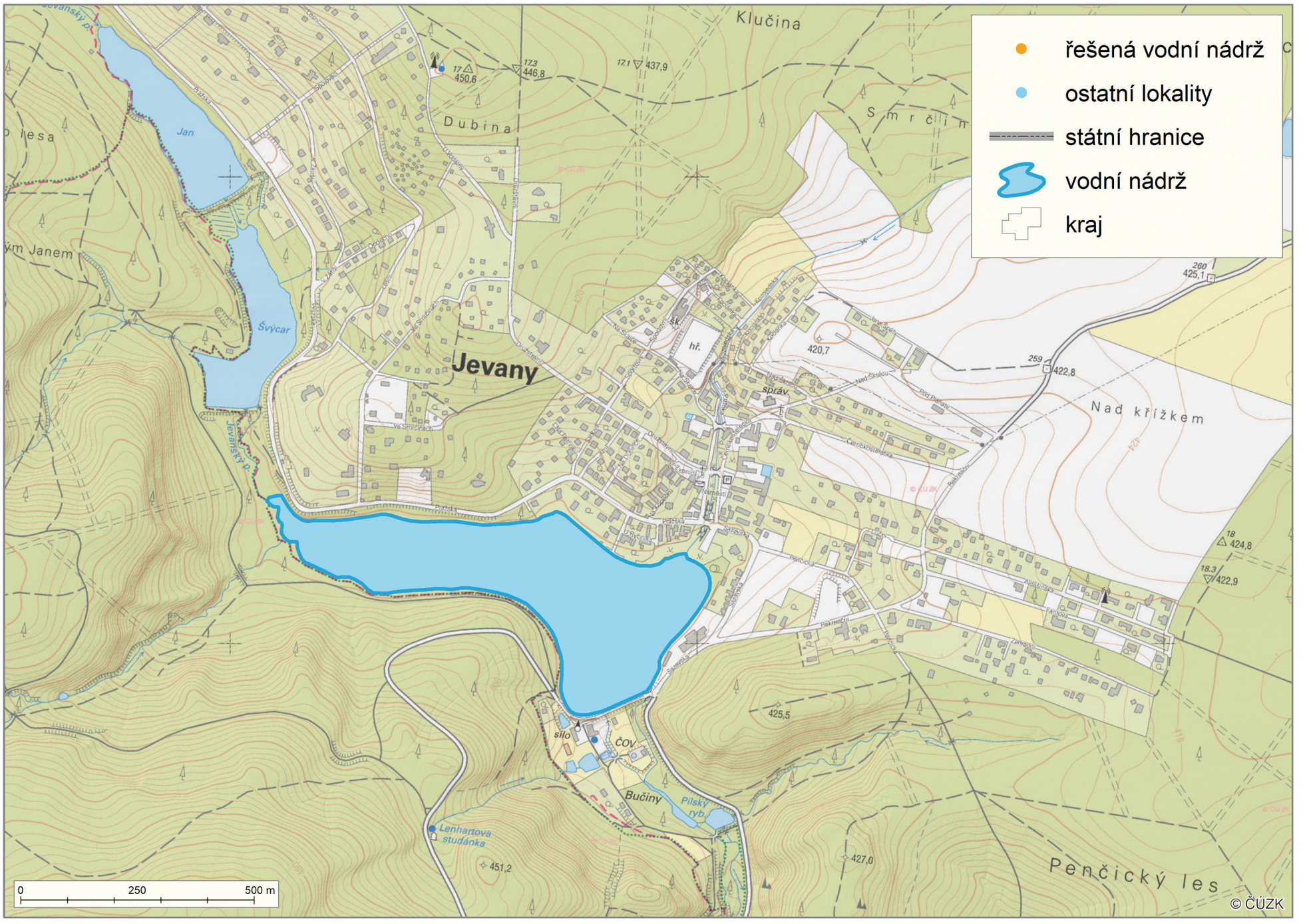
Vzhledem k tomu, že lokalita není zařazena do Seznamu koupacích vod a žádná data o kvalitě vody nejsou veřejnosti k dispozici, nabízí se varianta využití dat z DPZ jako více než vhodný způsob monitoringu takovéto lokality. Nicméně je třeba upozornit, že jejich značná část je v tomto případě ovlivněna morfologií břehů a velikostí vodní plochy (viz. kapitola Vyhodnocení a závěr v textové části). Výsledné hodnoty ukazatelů chlorofyl-*a* a sinice získané pomocí DPZ budou s největší pravděpodobností kombinací těchto faktorů ovlivněny, a tudíž nadhodnoceny.

JEVANSKÝ RYBNÍK



Vodní tok: Jevanský potok
Kraj: Středočeský

Stejně jako Vyžlovský rybník leží Jevanský rybník na Jevanském potoce jako poslední nádrž tzv. Jevanské soustavy. Jeho rozloha je 18 ha. Nejedná se o lokalitu ze Seznamu koupacích vod. V minulosti zde existovalo koupaliště „Na výsluní“ [4]. V současnosti zde však není žádná s koupáním spojená infrastruktura. Vstup do vody je možný z travnaté pláže na severní straně rybníka nebo ze zalesněného jižního břehu. V současné době snižuje atraktivitu lokality pro koupání špatná kvalita vody. Na jižní straně rybník přiléhá k národní přírodní rezervaci Voděradské bučiny. Vlastníkem rybníka je Česká zemědělská univerzita v Praze.



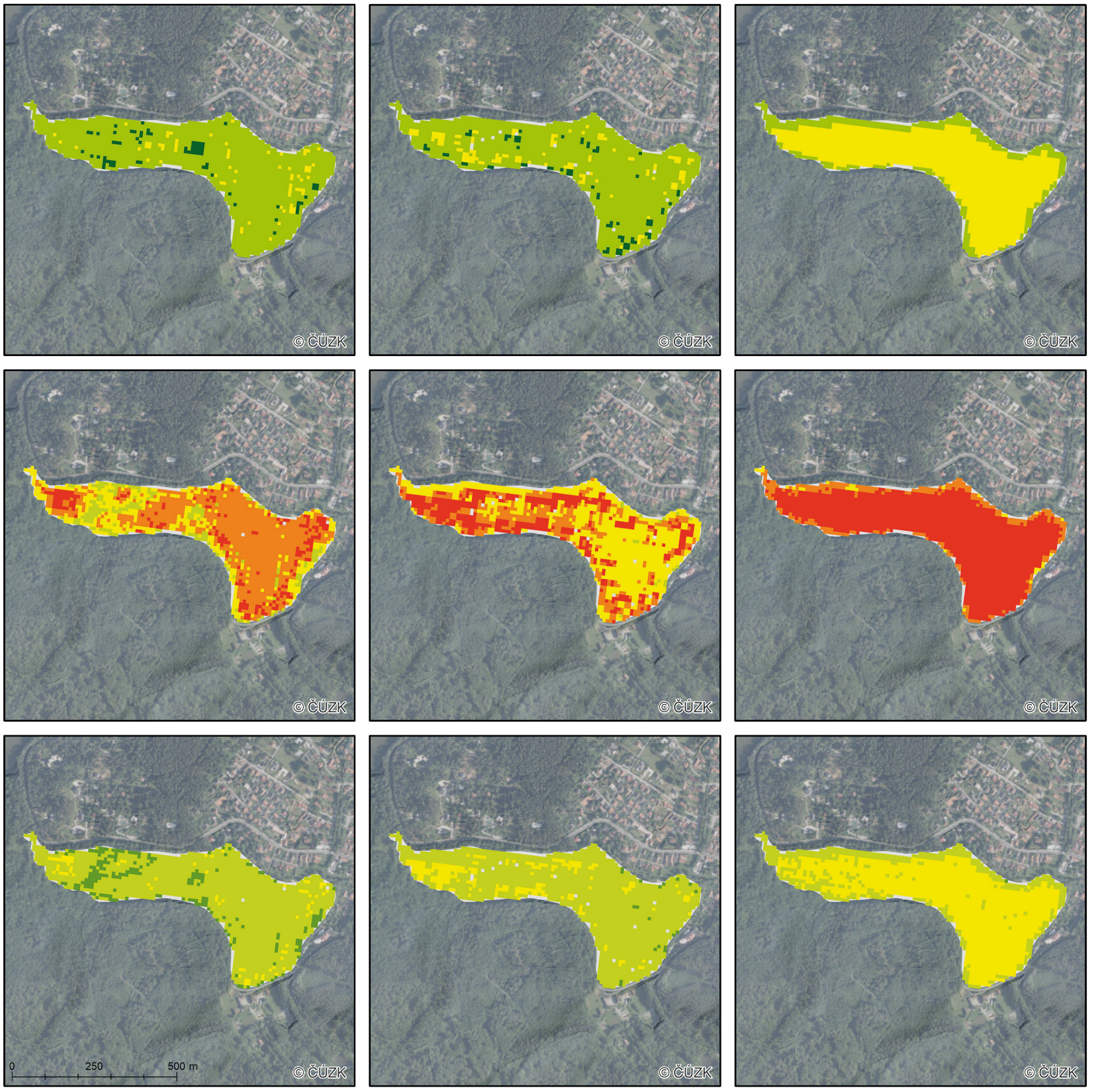
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

27. 06. 2020 | 22. 07. 2020 | 21. 08. 2020

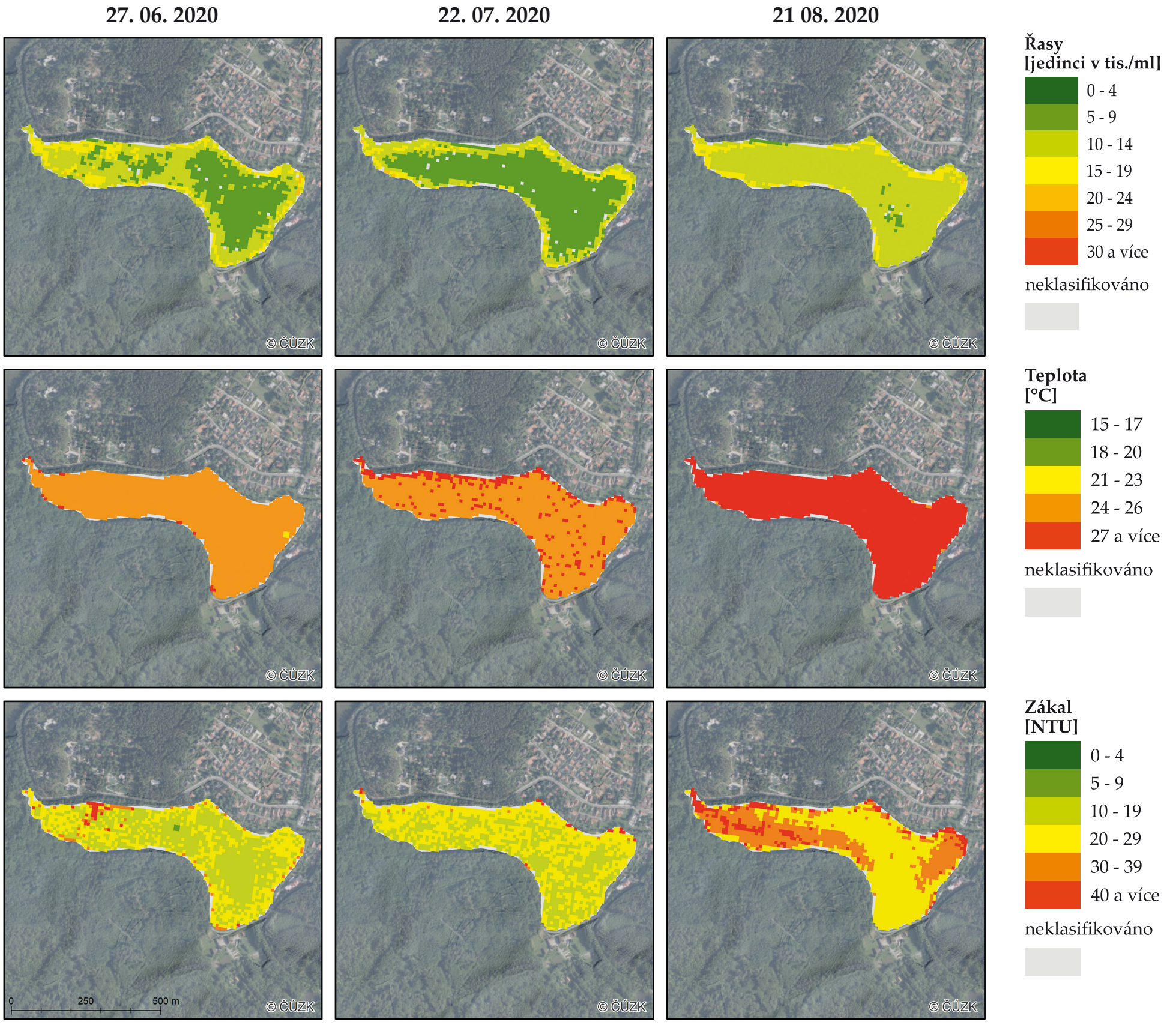
Sinice (objem) [mm³/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 a více
- neklasifikováno

Chlorofyl-a [µg/l]
- 0 - 9
- 10 - 29
- 30 - 49
- 50 - 74
- 75 - 99
- 100 a více
- neklasifikováno

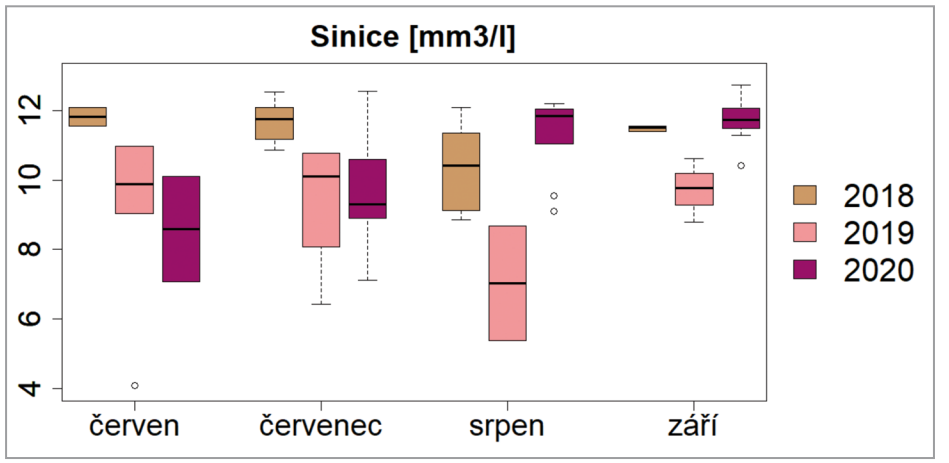
Feopigmenty [µg/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 - 29
- 30 - 39
- 40 a více
- neklasifikováno

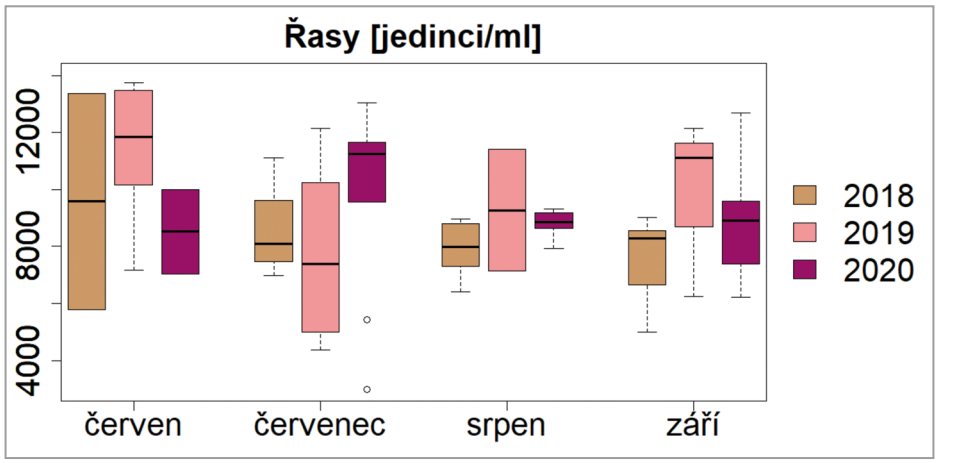


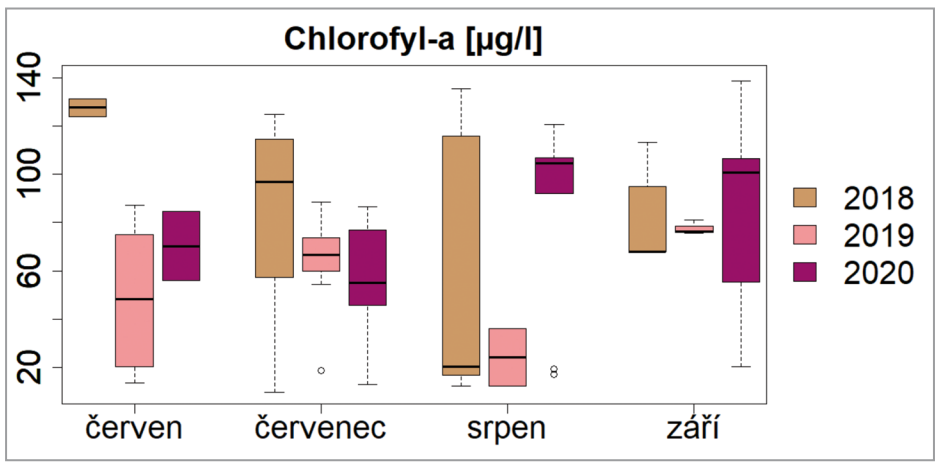
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

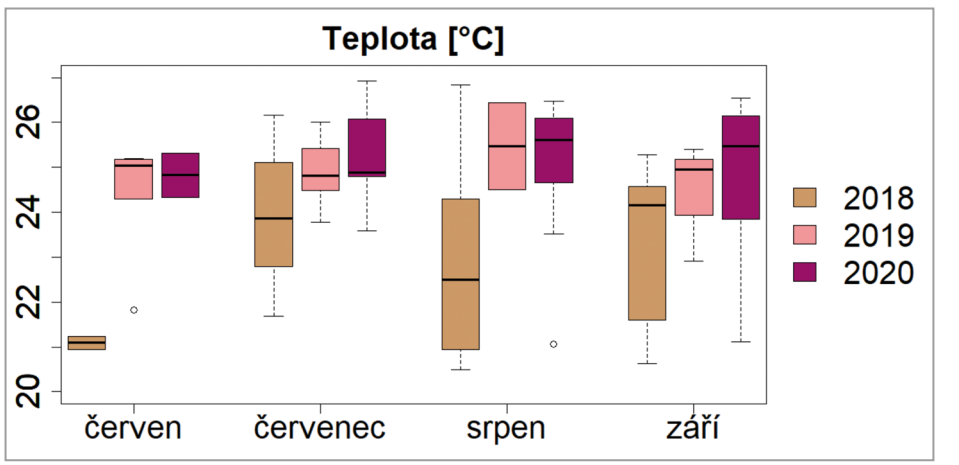


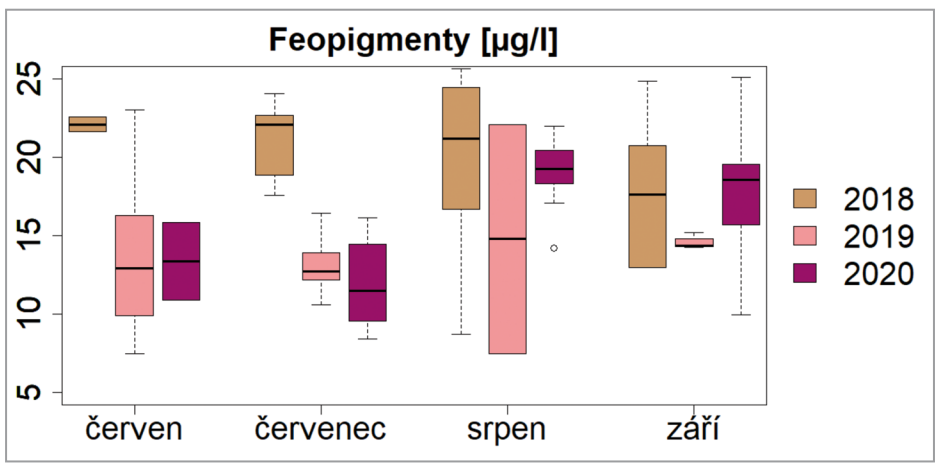
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

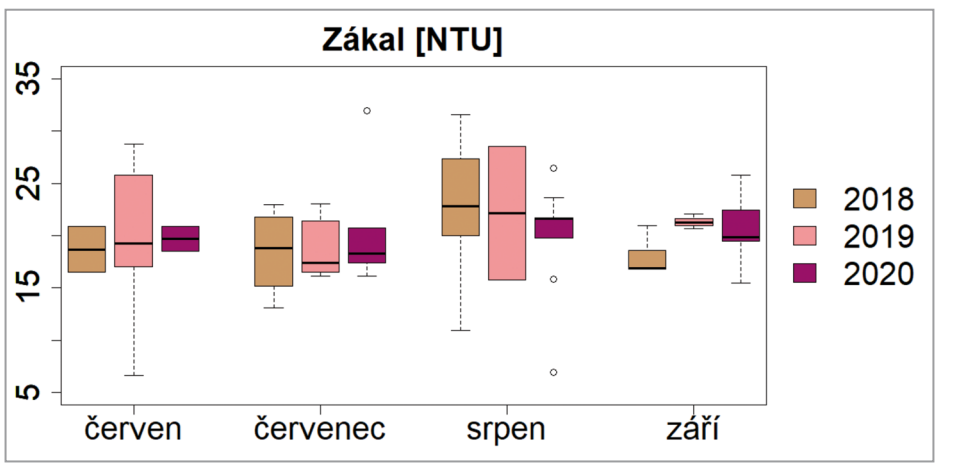










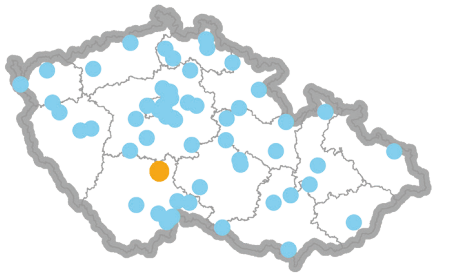


Shrnutí:

Vzhledem k tomu, že se nejedná o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod, získané výsledky dat z DPZ představují významný zdroj informací o kvalitě vody. Jedná se, stejně jako v případě Vyžlovského rybníka, o fytoplanktonem velmi oživenou nádrž. Koncentrace chlorofylu-*a* podle výsledků dat z DPZ jsou ještě o něco vyšší než u Vyžlovky a poměrně často (zvláště v druhé polovině sezóny) překračují hranici 100 µg/l. Srovnatelné jsou i výsledky sinic. Z hlediska kvality vody se nejedná o lokalitu vhodnou ke koupání.

JORDÁN

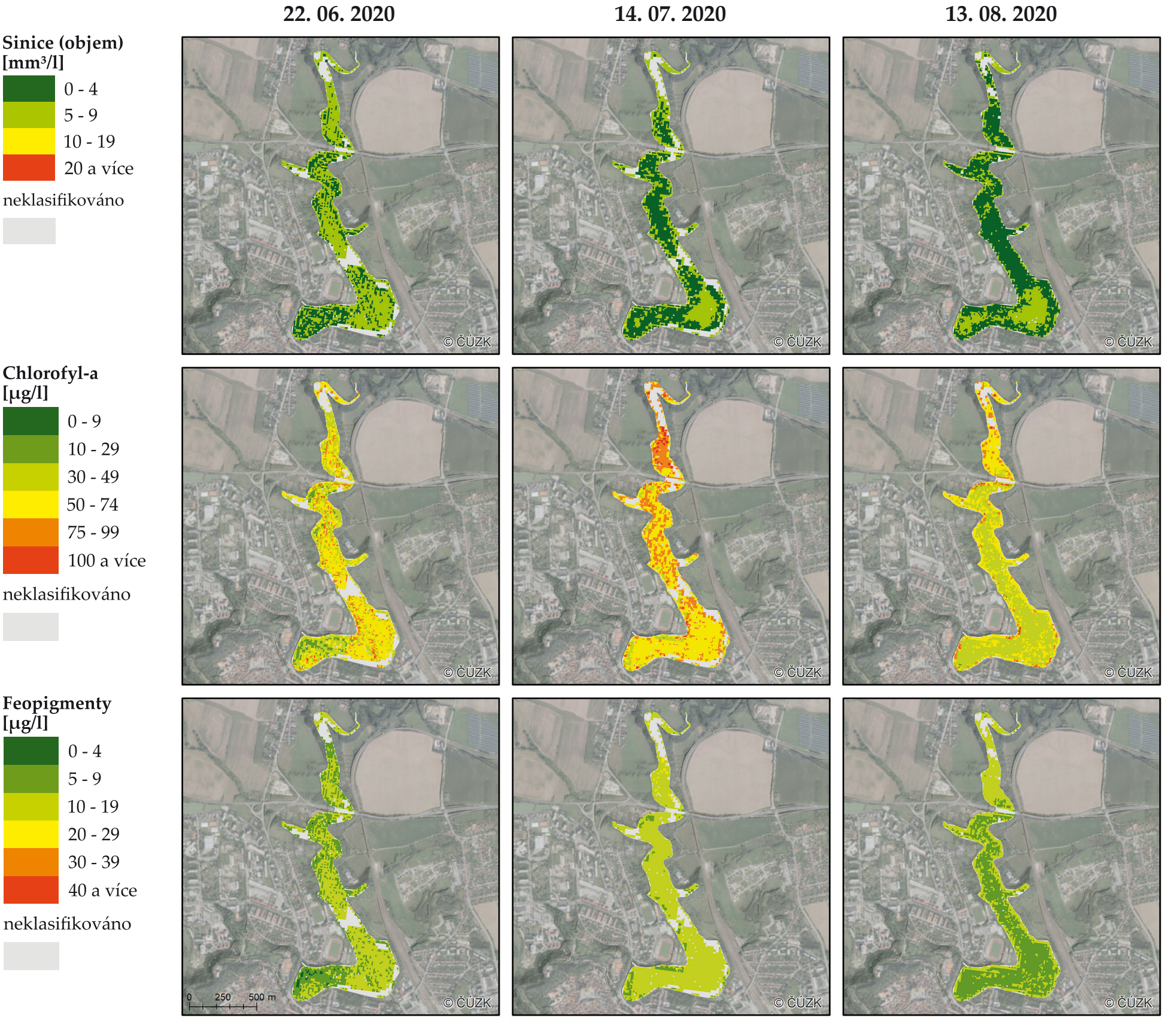
Vodní tok: Košínský potok
Kraj: Jihočeský



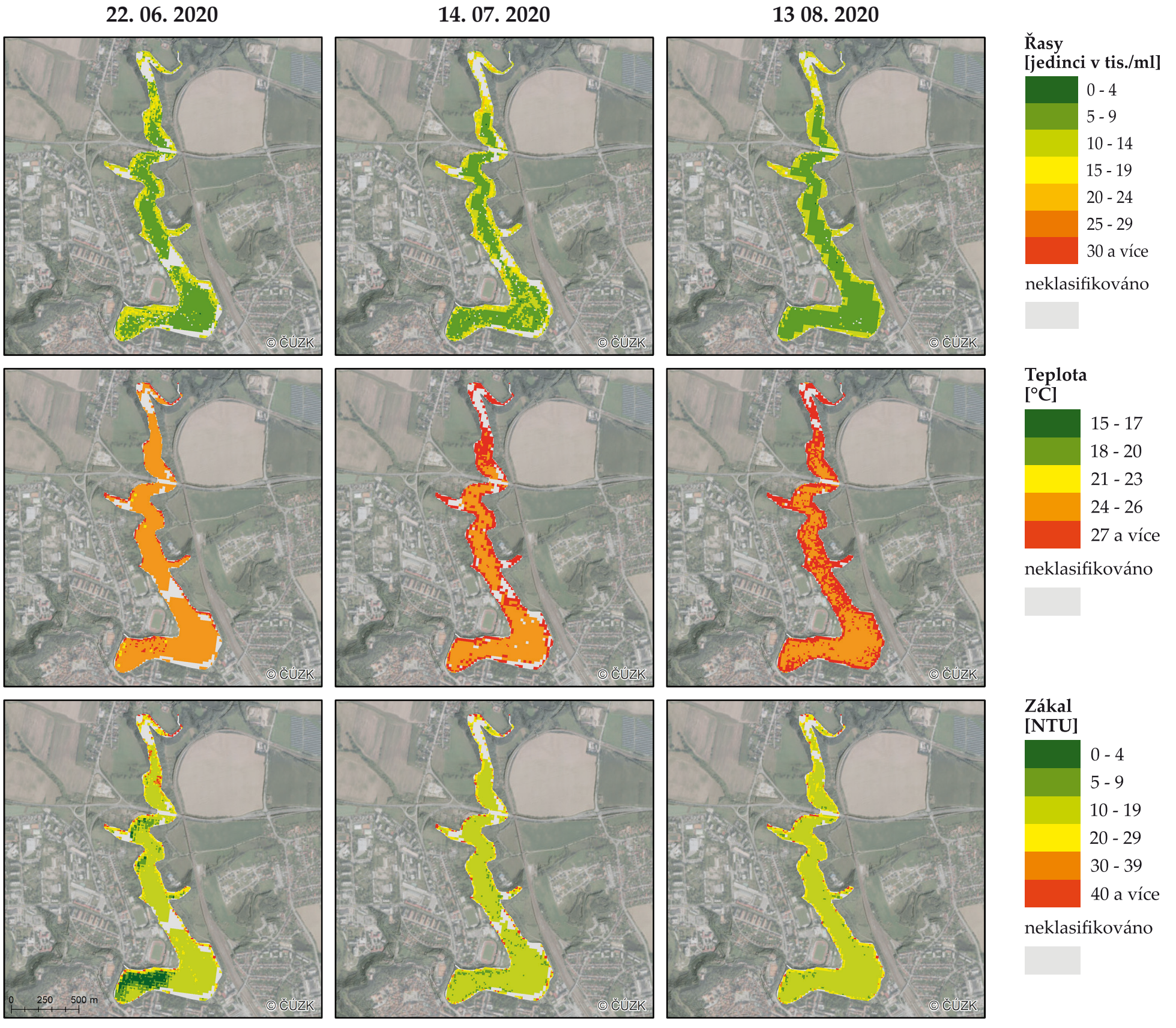
Jordán, vodní nádrž o ploše přes 51 ha, byl vybudován v Táboře v roce 1492 přehrazením Košínského potoka a je nejstarší přehradní nádrží v Česku. Původním účelem bylo zásobování města pitnou vodou, později začal být využíván i k chovu ryb [12]. V letech 2011 až 2014 proběhla revitalizace nádrže. Vstup do vody se nachází na západním břehu v prostoru Sokolské plovárny (hygienické zázemí, travnatá pláž). Na východním břehu je rovněž neoficiální naturistická pláž [13]. V minulosti byla kvalita vody sledována z důvodu rekreace a možnosti koupání [4]. V současné době nechává kvalitu vody sledovat město Tábor, a to v jiném rozsahu než požaduje legislativa pro koupací vody, a výsledky zveřejňuje na svých internetových stránkách [12].



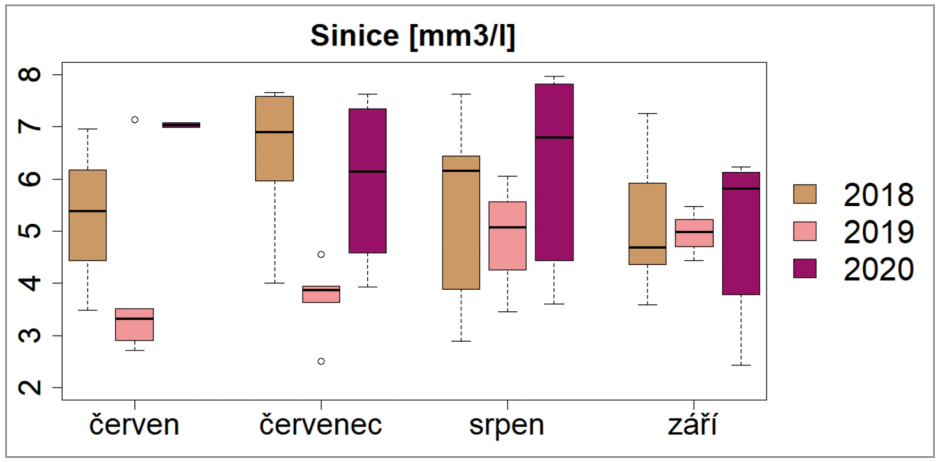
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

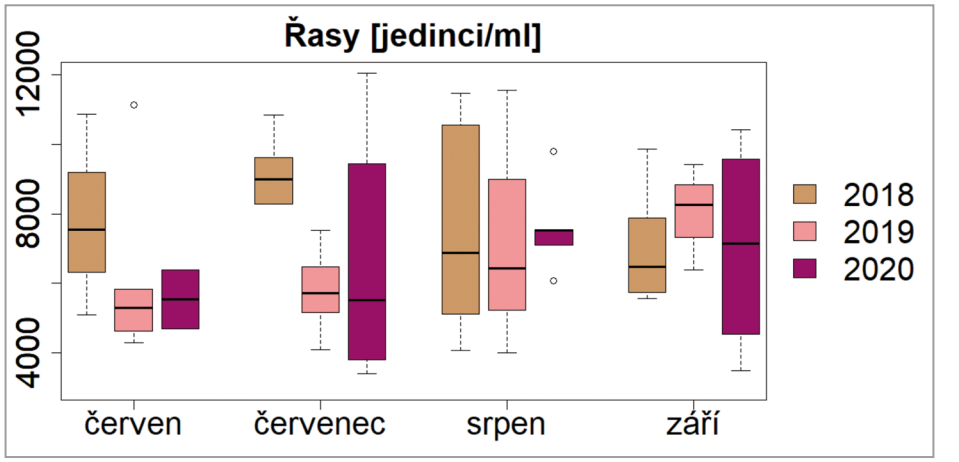


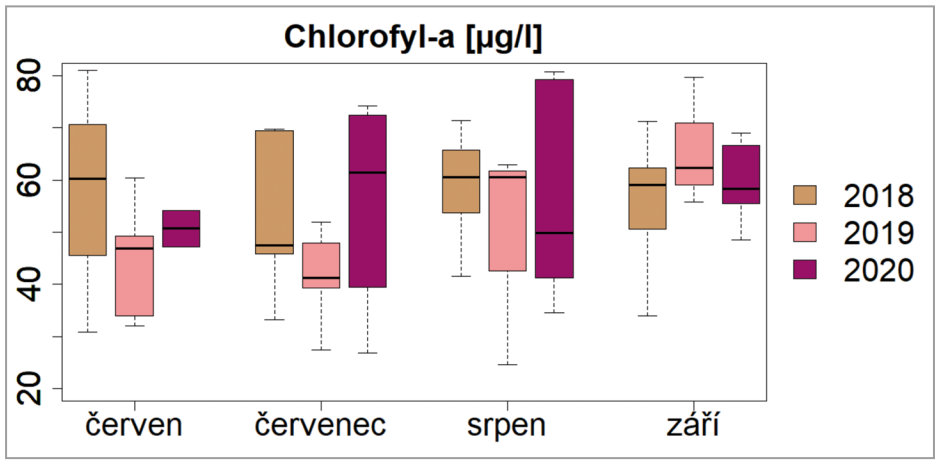
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

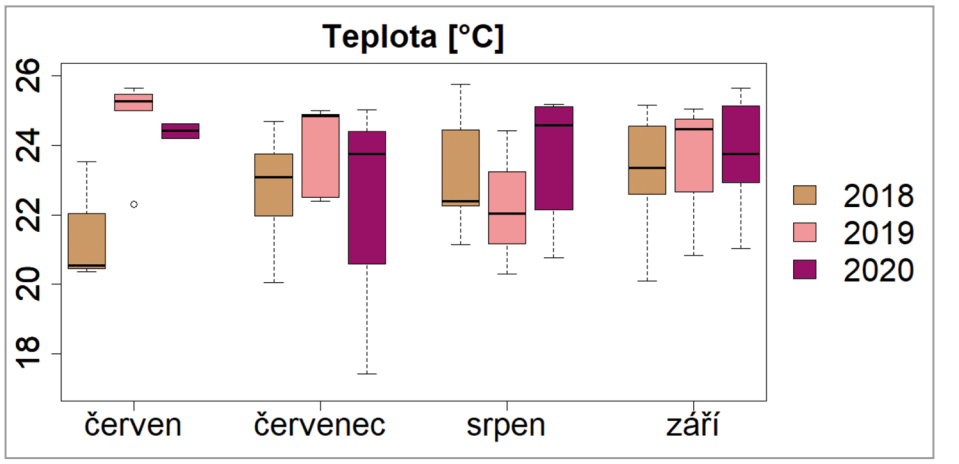


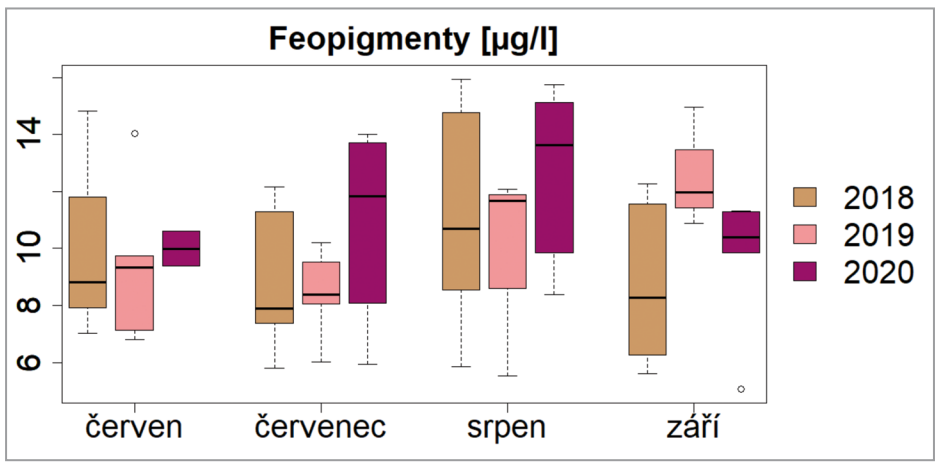
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

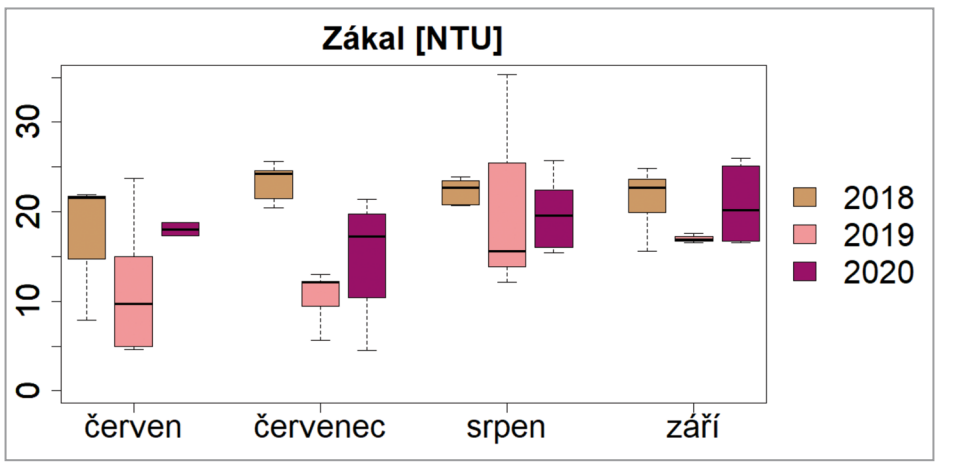








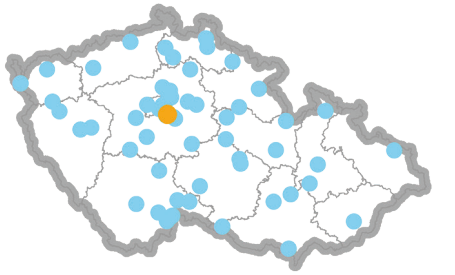




Shrnutí:

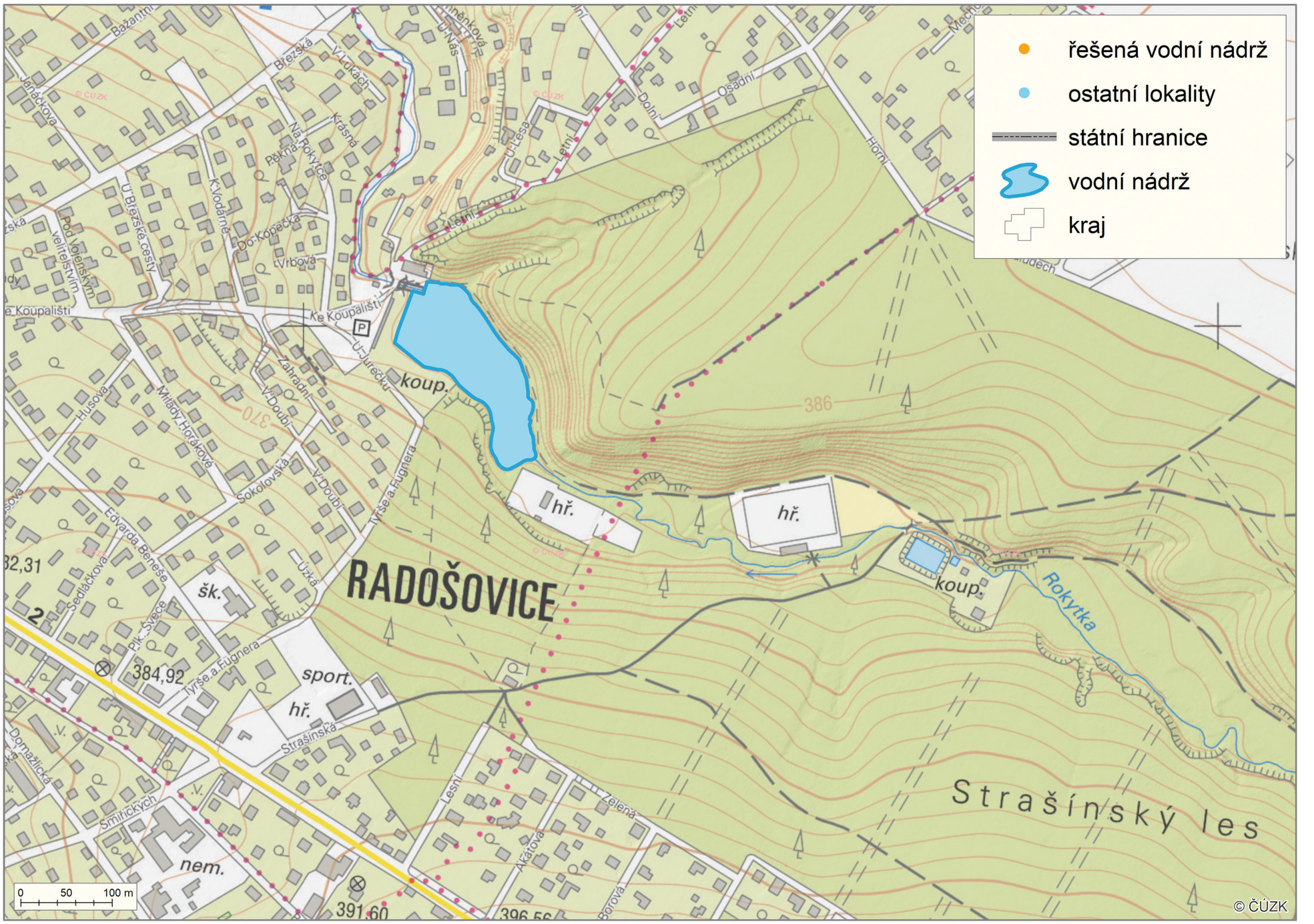
Vzhledem k tomu, že se nejedná o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod, nejsou k dispozici údaje ze standardního monitoringu dle vyhlášky č. 238/2011 Sb., tudíž lze k hodnocení kvality vody využít výsledky získané pomocí DPZ a výsledky pozemních šetření, které provádí město Tábor. Porovnání výsledků dat z DPZ a terénních šetření je poněkud problematické. Příčinou je zejména rozdílná metodika sběru dat. Zatímco u dat určených ke kalibraci a validaci konstruovaných modelů bylo využíváno vzorků z horizontů 10 a 30 cm, v případě monitoringu prováděným městem Tábor jsou odebírány směsné vzorky z horizontu 0 – 4 m [12]. Hodnoty koncentrace chlorofylu-*a* se v obou případech pohybují převážně v řádech desítek µg/l. Patrné jsou vyšší hodnoty v přítokové části nádrže a jejich postupné snižování směrem k hrázi. U Sokolské plovárny, která je situována zhruba 300 m od hráze, jsou hodnoty nižší než v přítokové části. Sinice se objevují především v druhé polovině koupací sezóny (srpen, září). Výsledky dat z DPZ vykazují vyšší hodnoty než data pozemního monitorování, a to zejména na počátku koupací sezóny.

JUREČEK



Vodní tok: Rokytka
Kraj: Středočeský

Jureček je relativně malá nádrž o rozloze 1,3 ha, která se nachází na severovýchodním okraji Říčan. Byla vybudována ve dvacátých letech 20. století na řece Rokytce. V roce 1934 zde bylo zřízeno přírodní koupaliště [14], které (se sledováním kvality vody) funguje doposud. Díky původním budovám je zachována atmosféra první republiky. Koupaliště je plně vybavené včetně restaurace, travnaté pláže a možnosti parkování. Lokalita je zčásti obklopena lesem. Koupaliště nese jméno po Antonínu Jurečkovi, který se zde staral o hosty téměř od počátku jeho fungování až do roku 1958 [14].



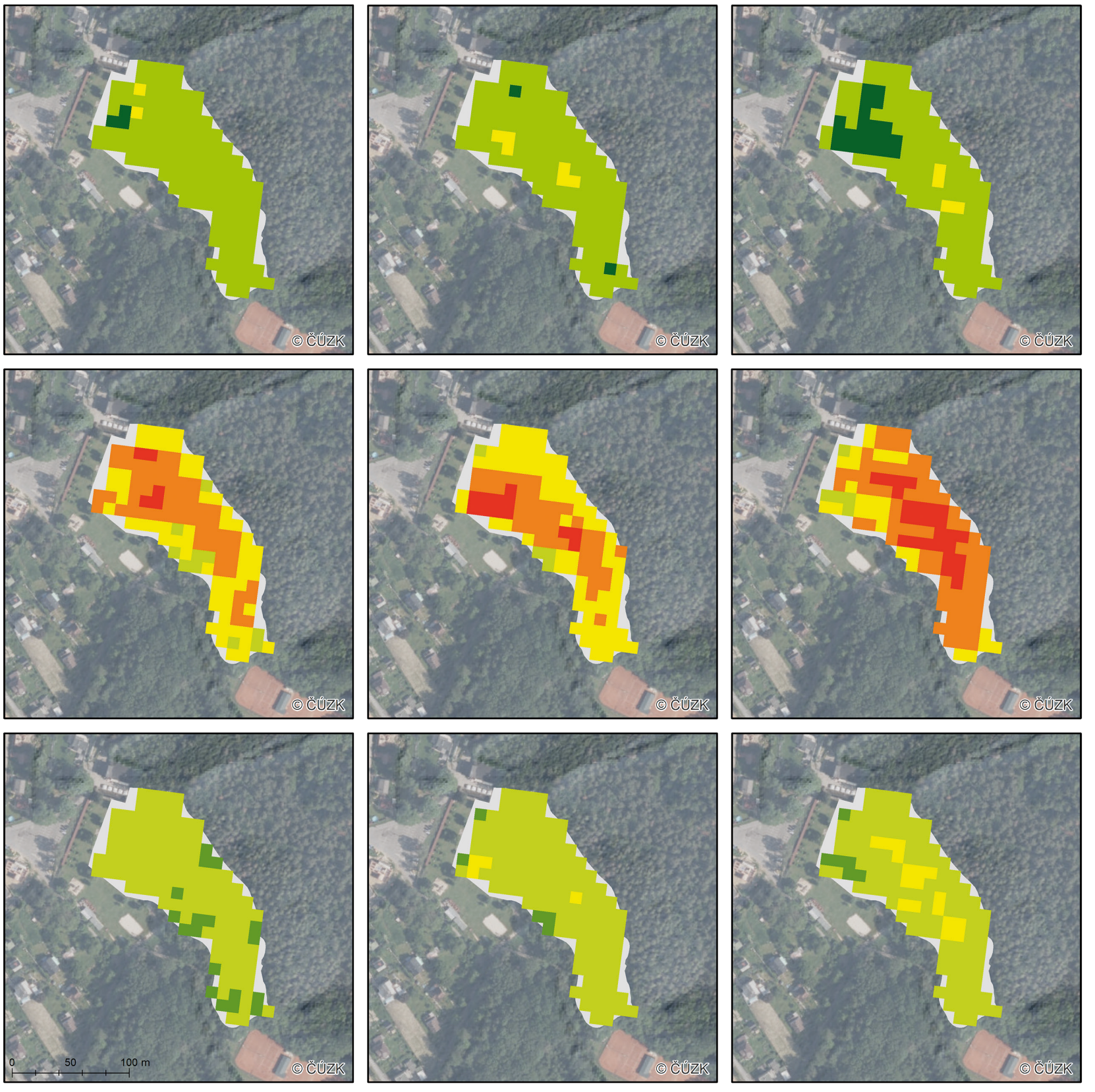
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

27. 06. 2020 | 22. 07. 2020 | 21. 08. 2020

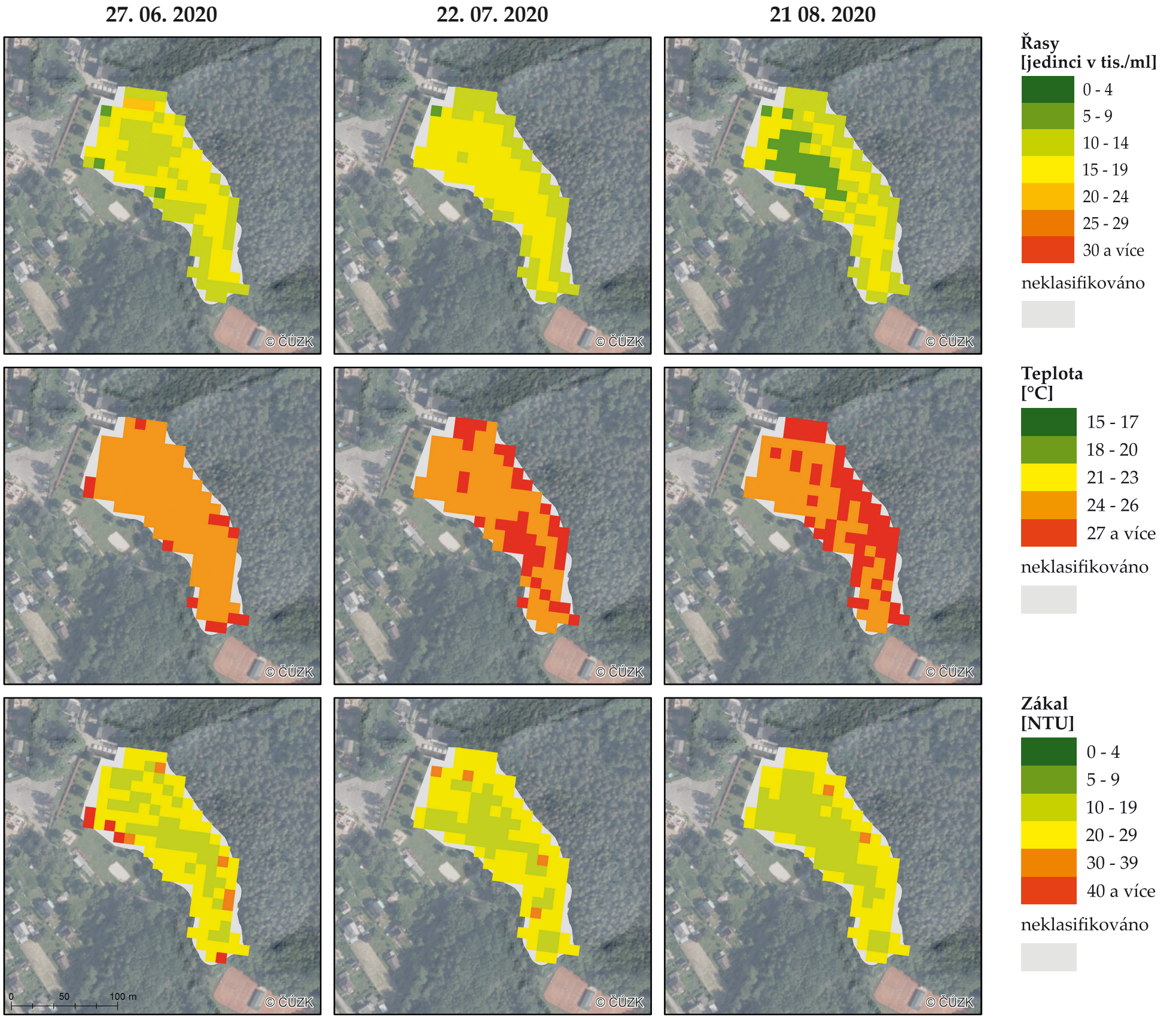
Sinice (objem) [mm³/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 a více
- neklasifikováno

Chlorofyl-a [µg/l]
- 0 - 9
- 10 - 29
- 30 - 49
- 50 - 74
- 75 - 99
- 100 a více
- neklasifikováno

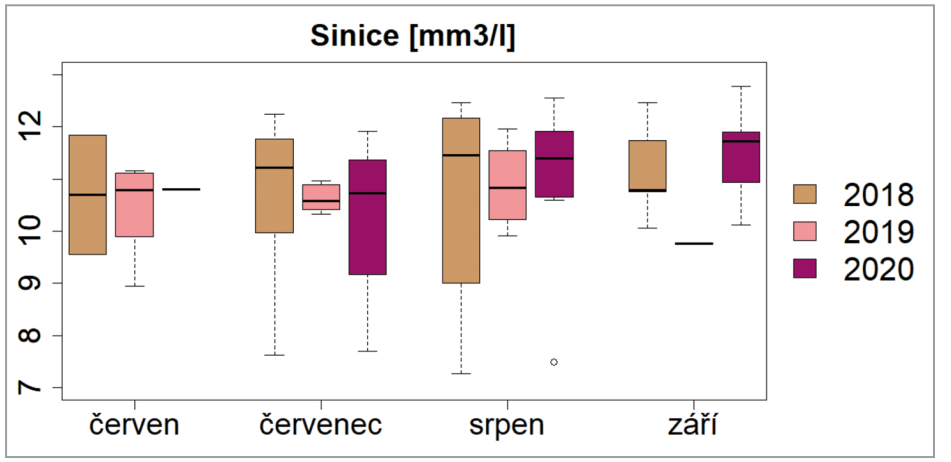
Feopigmenty [µg/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 - 29
- 30 - 39
- 40 a více
- neklasifikováno

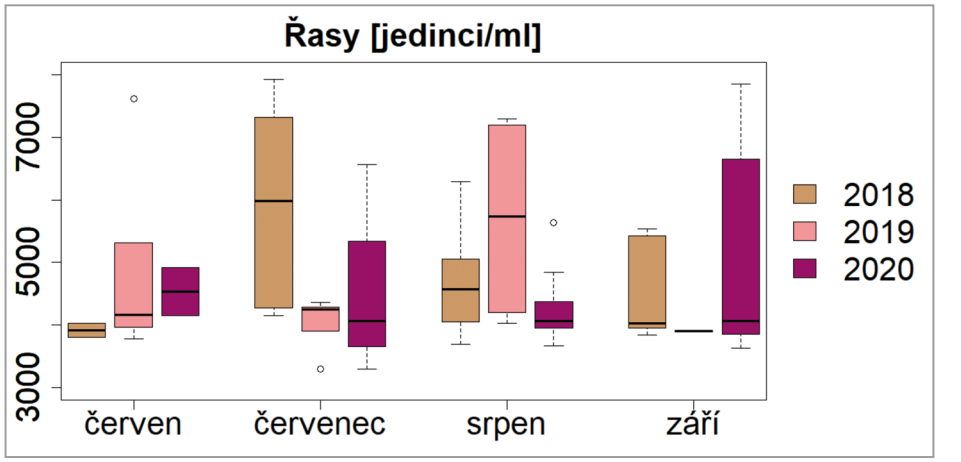


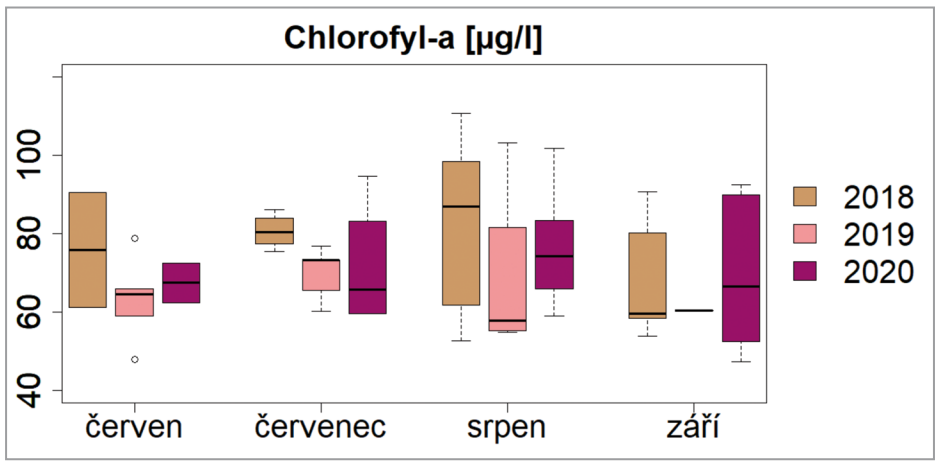
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

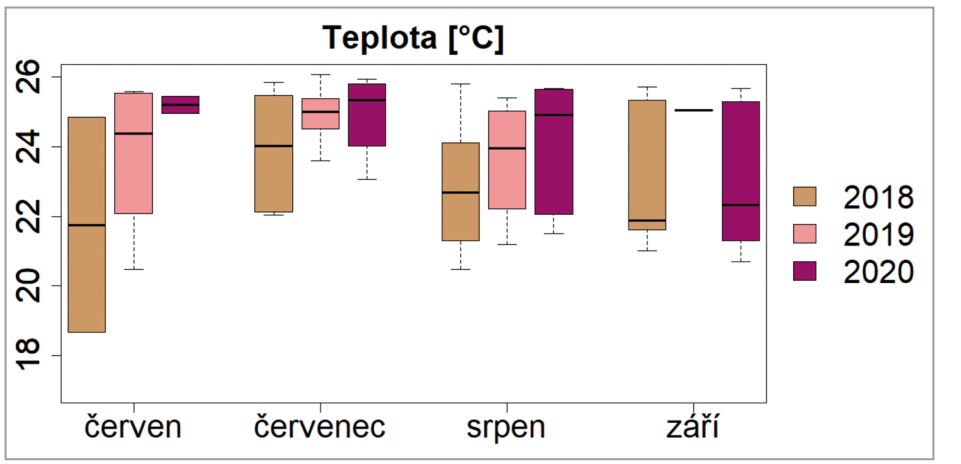


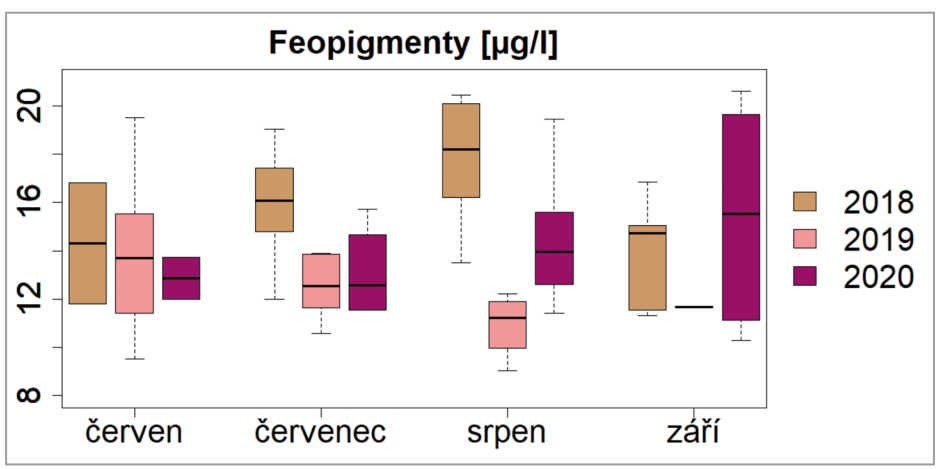
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

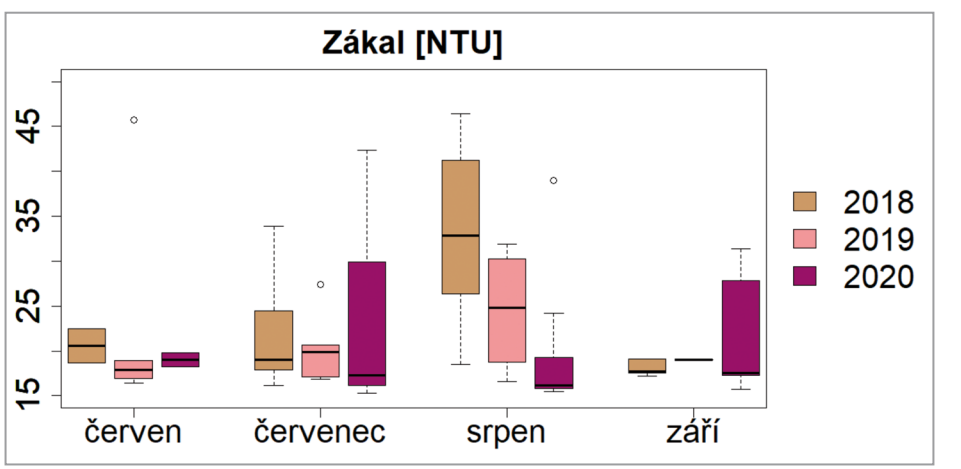








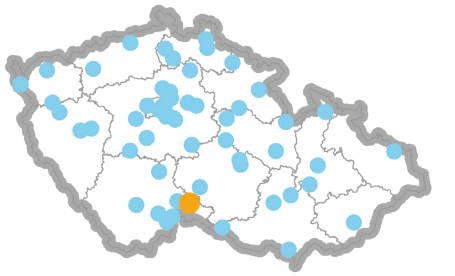




Shrnutí:

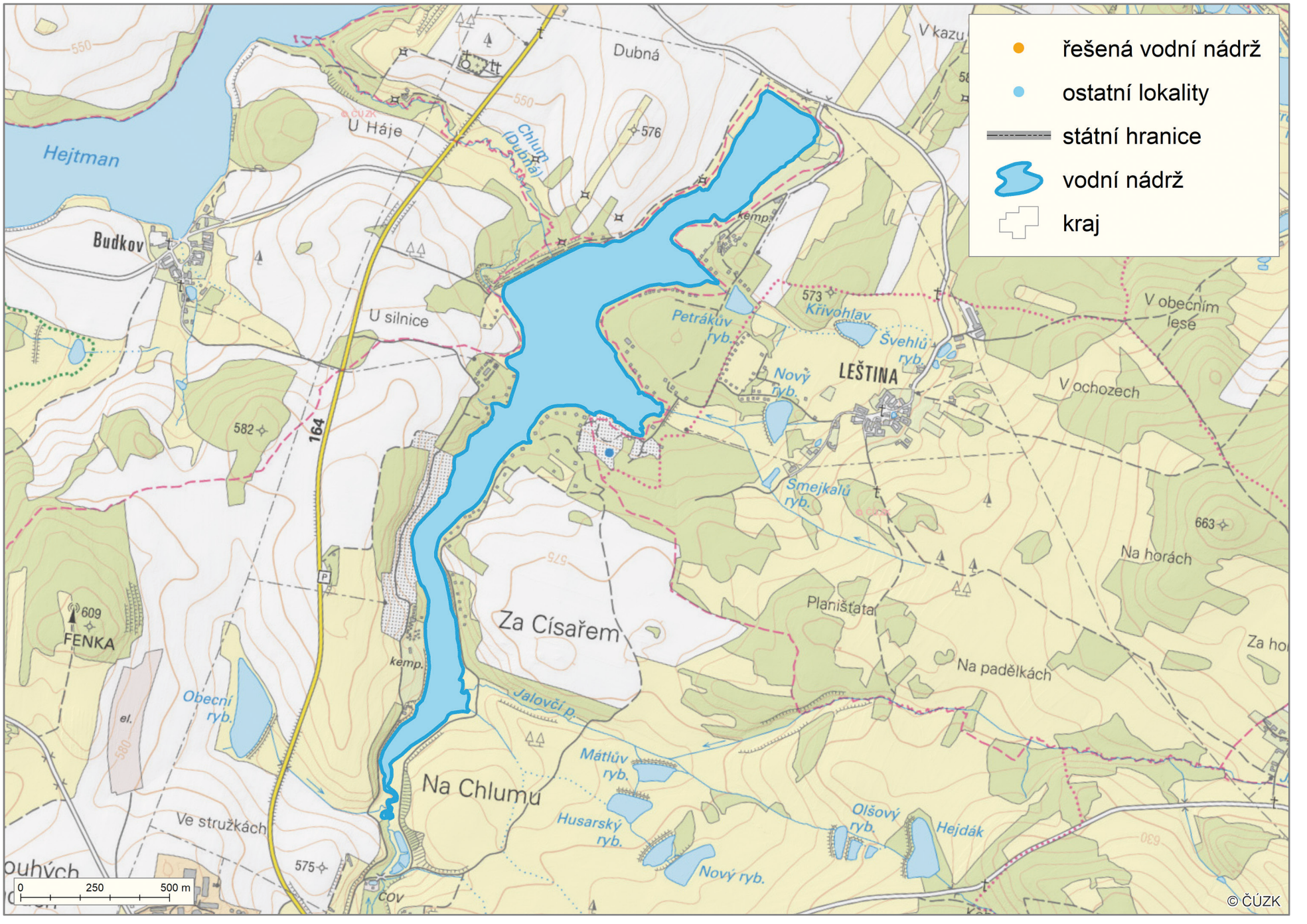
Kvalita vody v nádrži je poměrně proměnlivá. Oživení fytoplanktonem se v koupací sezóně pohybuje obvykle v řádech desítek µg/l chlorofylu-*a*, v některých případech je překročena hranice 100 µg/l. Výsledky získané pomocí dat z DPZ jsou zhruba shodné, s nižším kolísáním hodnot. Sinice se v Jurečku také vyskytují, často v poměrně významných počtech (překračující 100 tisíc buněk/ml). Výsledky pro ukazatel sinice jsou ve většině případů mírně nadhodnocené (na úrovni 10 mm^3/l). Lokalita není díky malé velikosti a poloze v relativně sevřeném údolí příliš vhodná pro využití výsledků dat z DPZ (viz kapitola Vyhodnocení a závěr v textové části).

KOMORNÍK

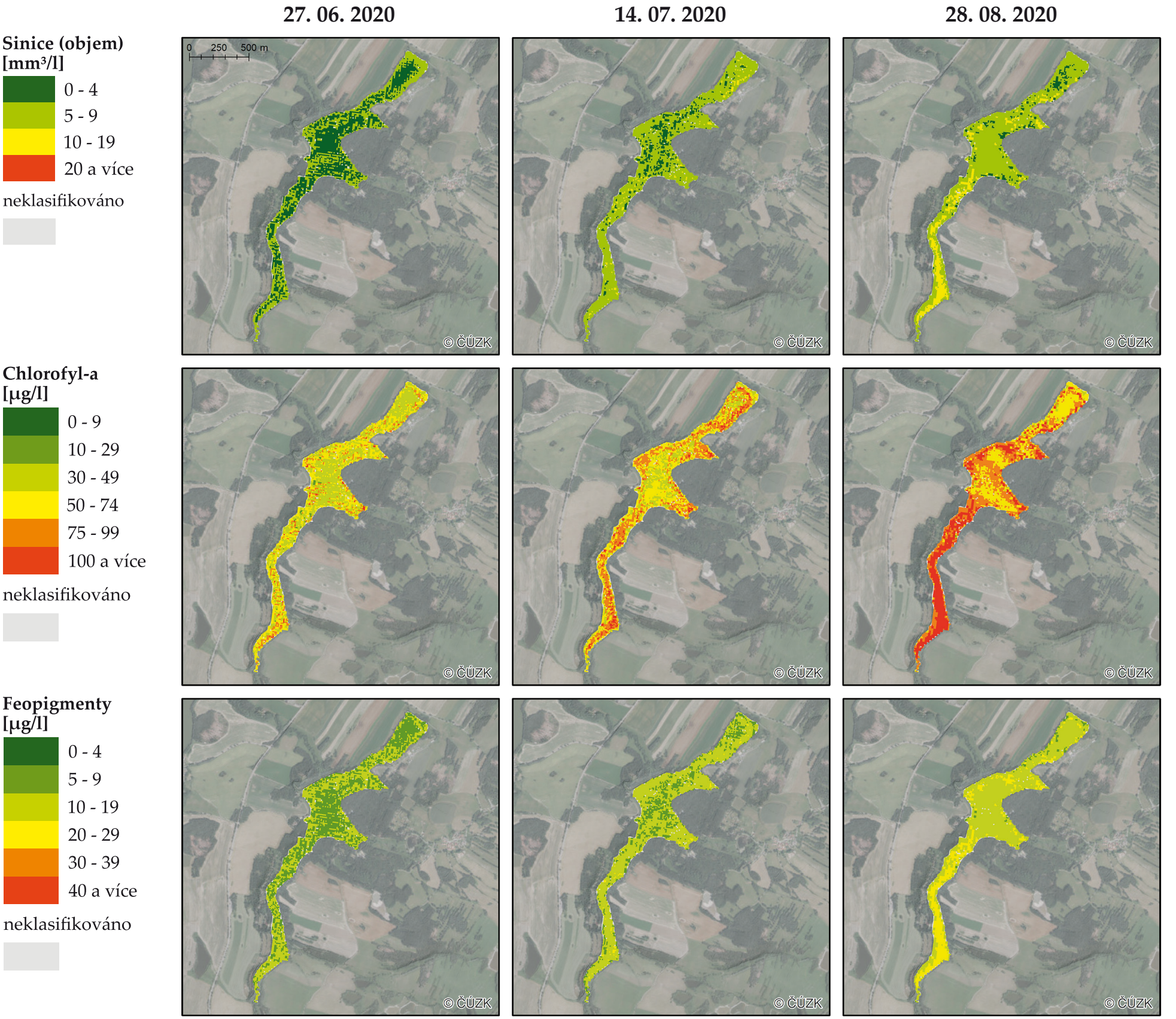


Vodní tok: Chlum
Kraj: Jihočeský

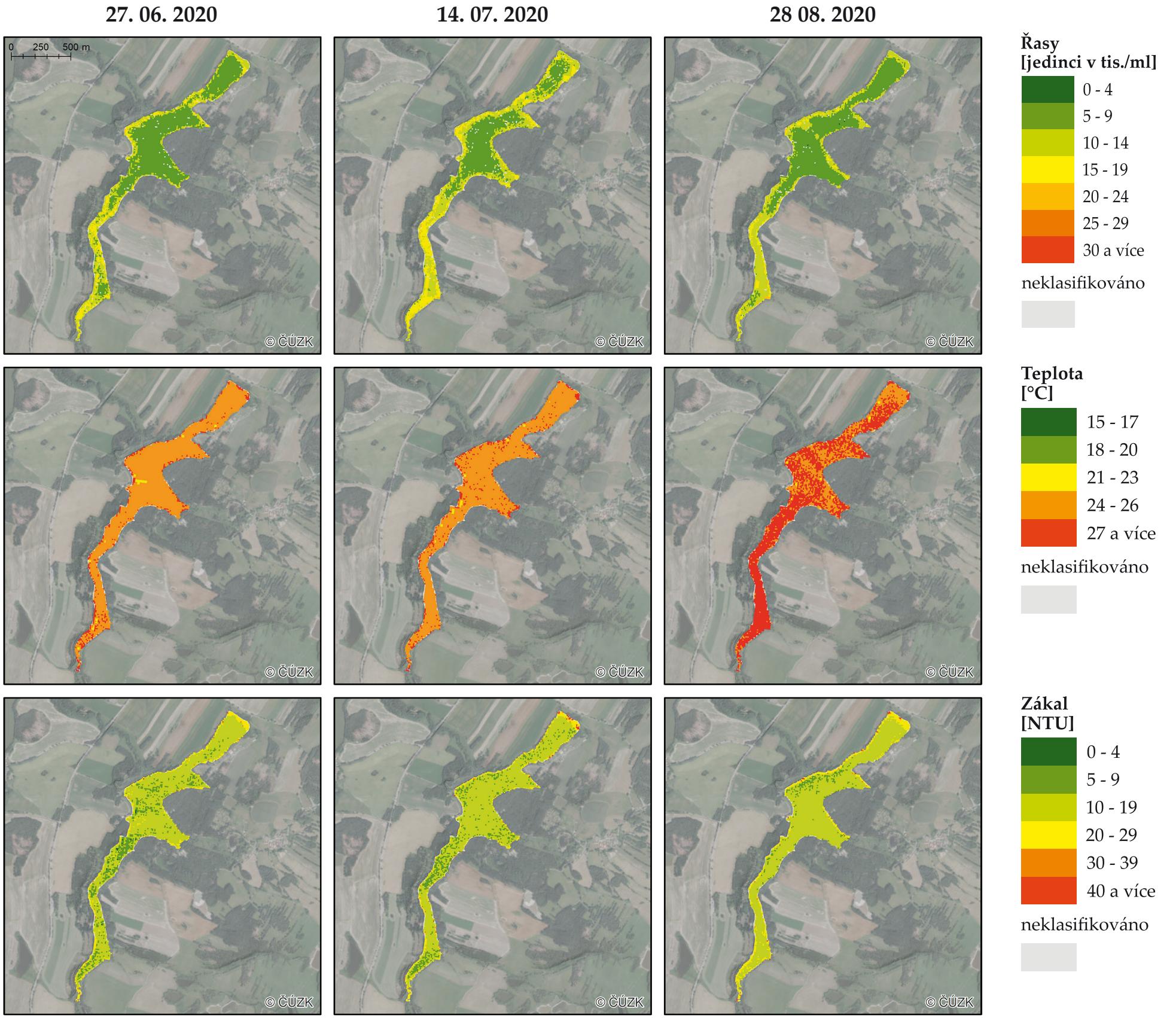
Rybník Komorník o rozloze 59 ha vybudovaný v 16. století se nachází zhruba 15 km východně od Jindřichova Hradce mezi obcemi Kunžak a Strmilov [15]. Jedná se o rybník silně protáhlého tvaru - od přítoku k hrázi je dlouhý zhruba 3 km. Přes nesporné rekreační využití není uveden v Seznamu koupacích vod. V bezprostředním okolí rybníka se nachází několik kempů a dalších rekreačních zařízení (penziony, chatky) a rovněž nezanedbatelný počet soukromých chat. Pláže jsou písčité i travnaté. Možný je pronájem loděk či šlapadel [16]. Rekreační potenciál zvyšuje i blízkost přírodního parku Česká Kanada.



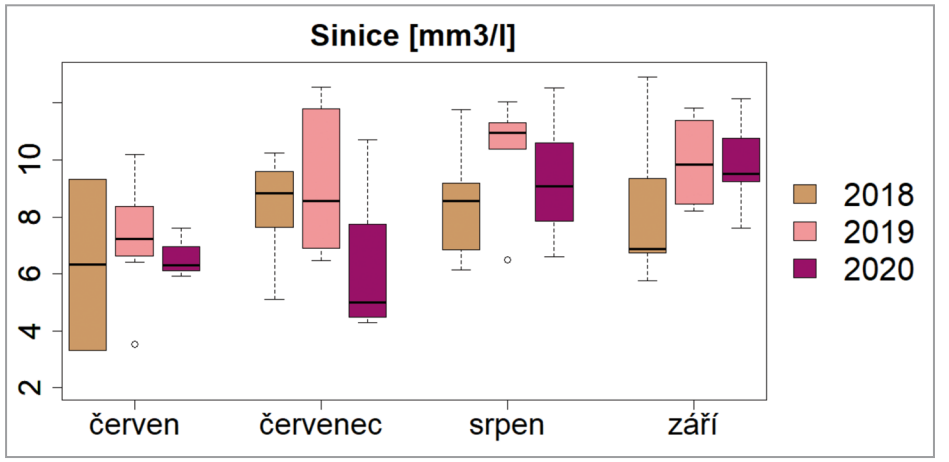
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

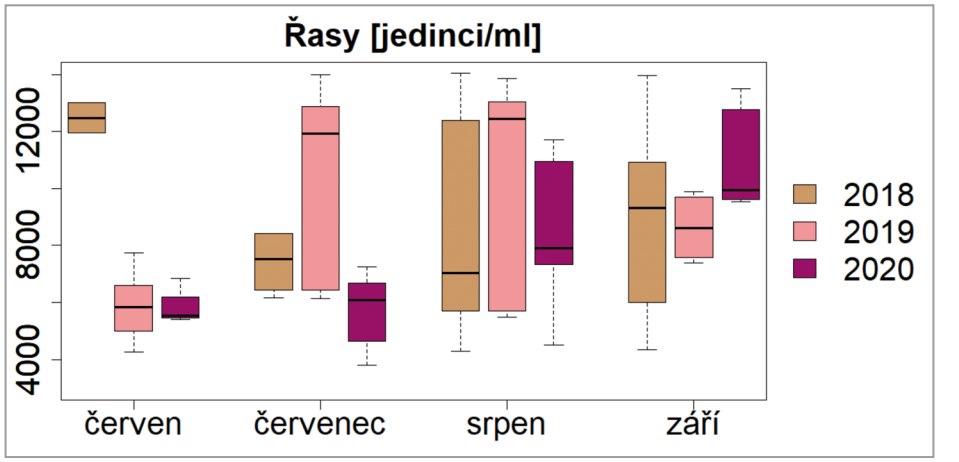


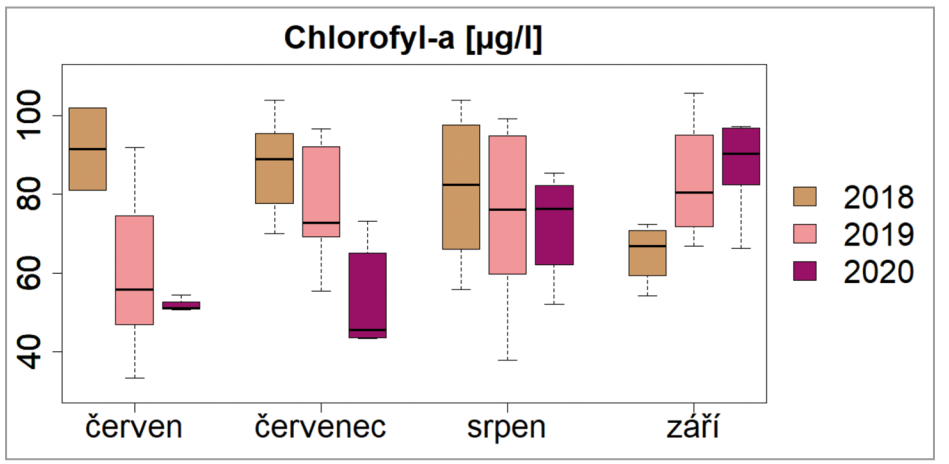
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

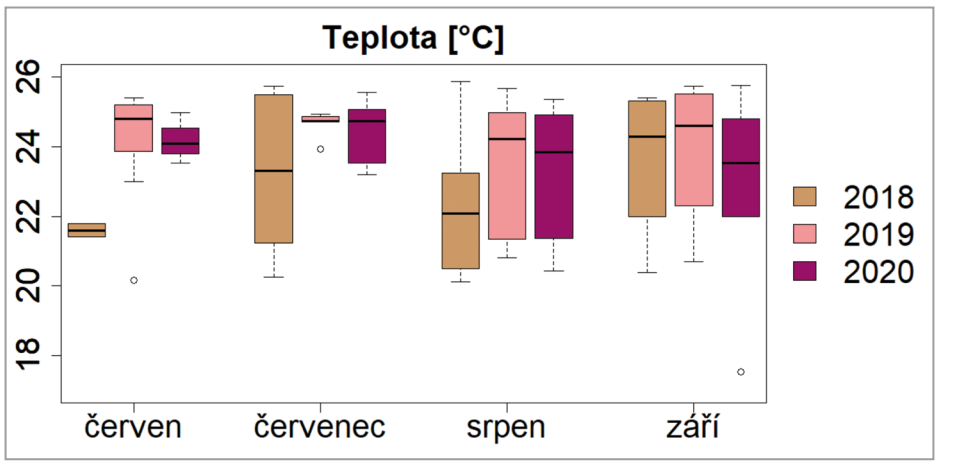


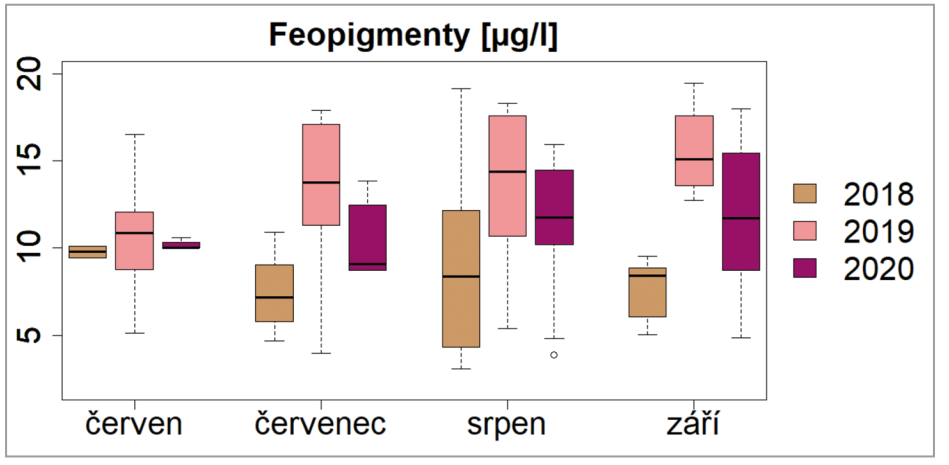
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

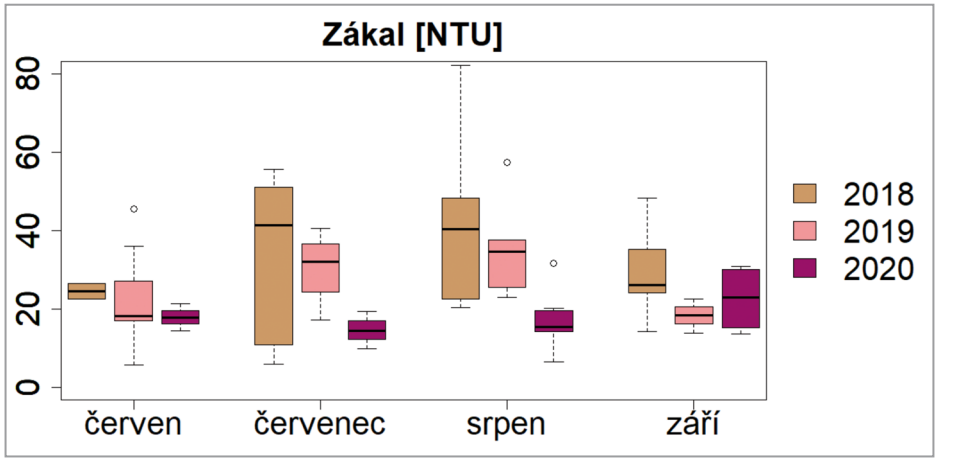








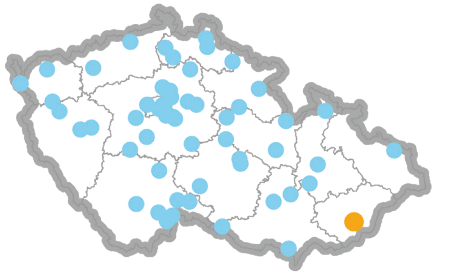




Shrnutí:

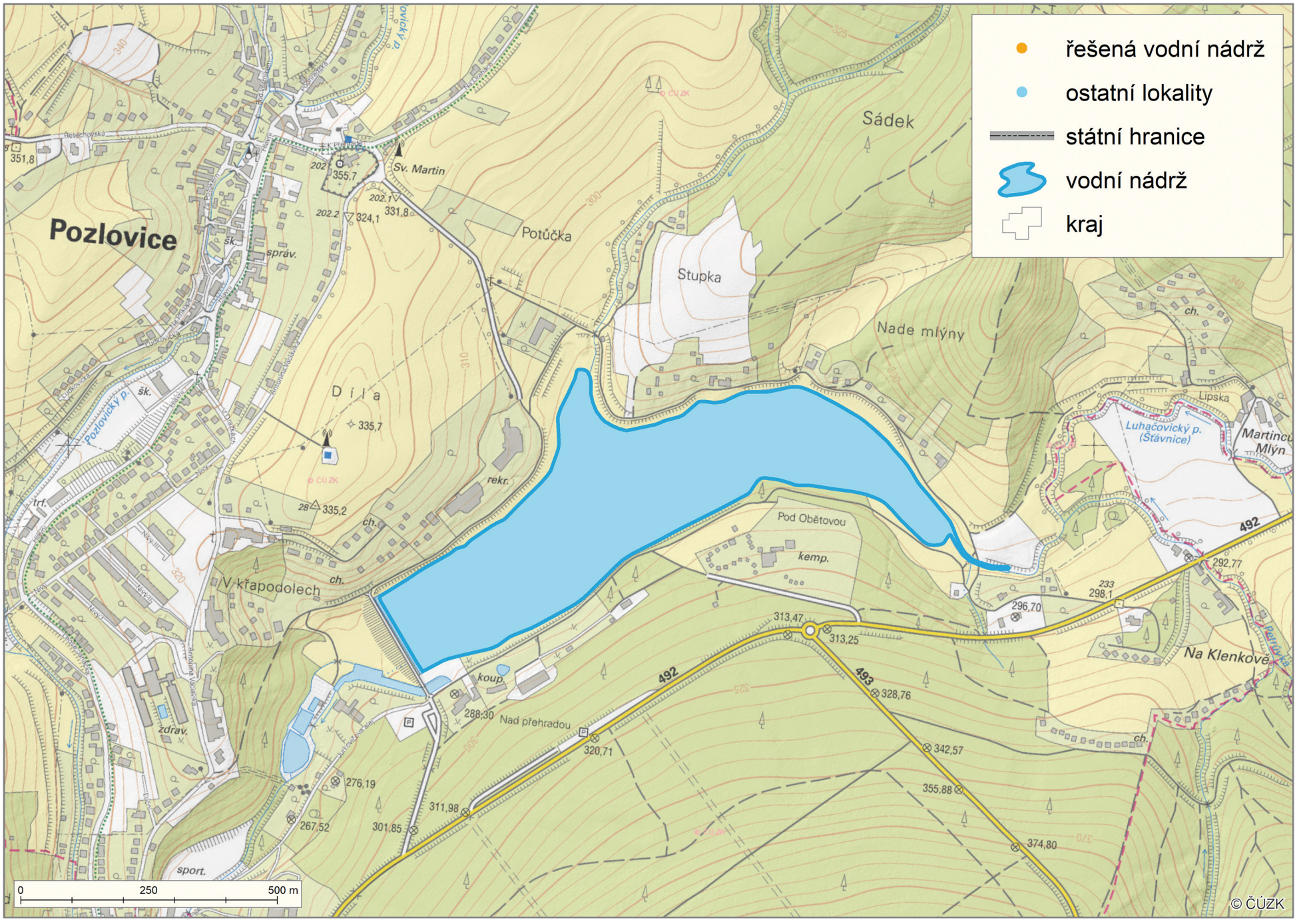
Vzhledem k tomu, že se nejedná o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod, informace o kvalitě vody z pozemního sledování zcela chybí. Na internetu lze nalézt tvrzení o tom, že „je rybník znám svou velmi čistou vodou, kterou si udržuje po celou rekreační sezónu“ [15]. Tomu však výsledky získané z dat z DPZ za sezóny 2018 až 2020 příliš neodpovídají (nanejvýš v porovnání s okolními rybníky určenými výhradně pro chov ryb). Koncentrace se s výjimkou první poloviny koupací sezóny 2020, kdy byly hodnoty výrazně nižší, pohybují na úrovni 100 µg/l. Je zde však patrný úbytek oživení směrem od přítoku k hrázi typický pro nádrže korytovitého tvaru. Díky autokempu situovanému až u hráze mohou střední hodnoty za celou nádrž ukazovat kvalitu vody v poněkud horším světle.

LUHAČOVICE

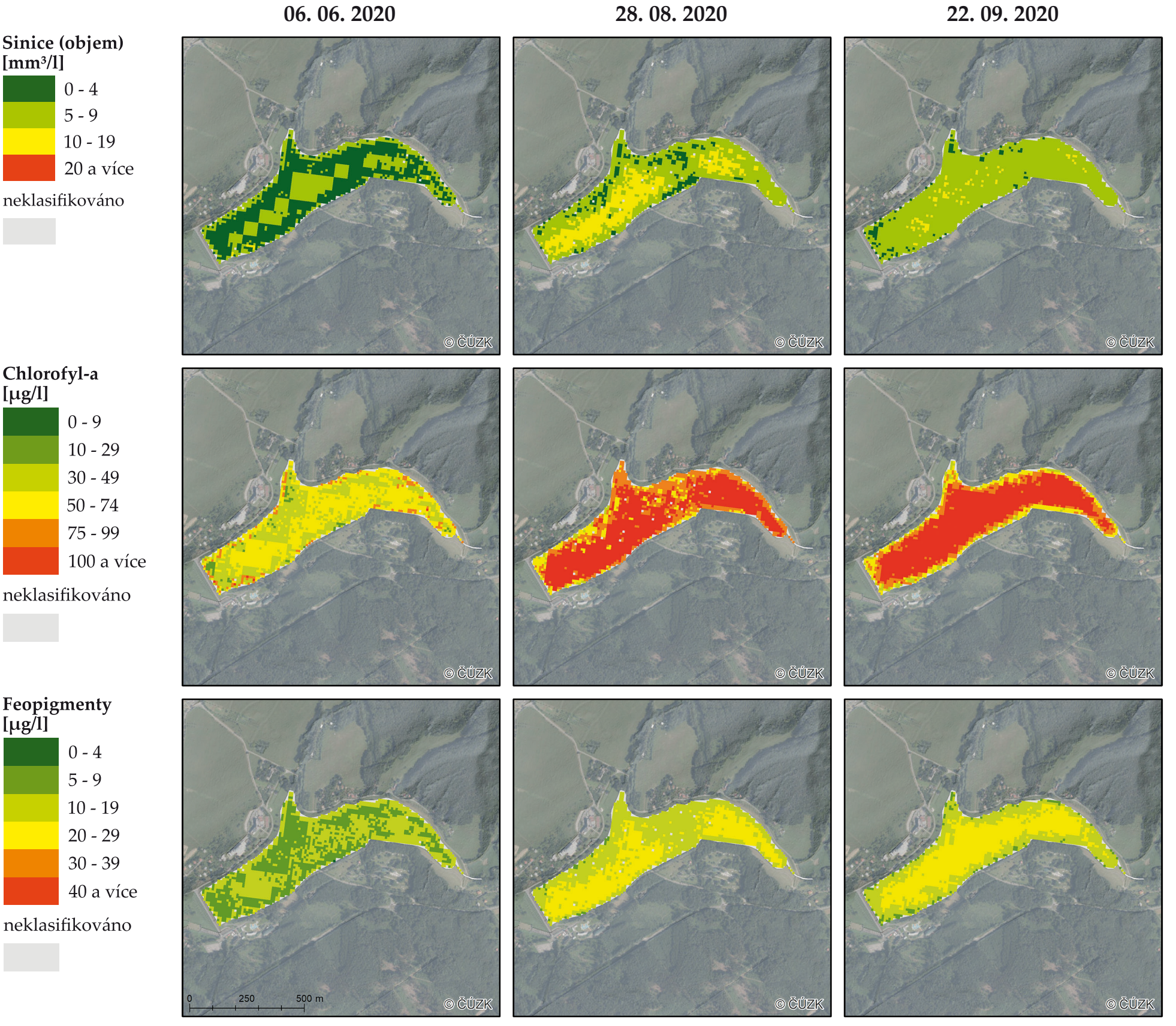


Vodní tok: Luhačovický potok
Kraj: Zlínský

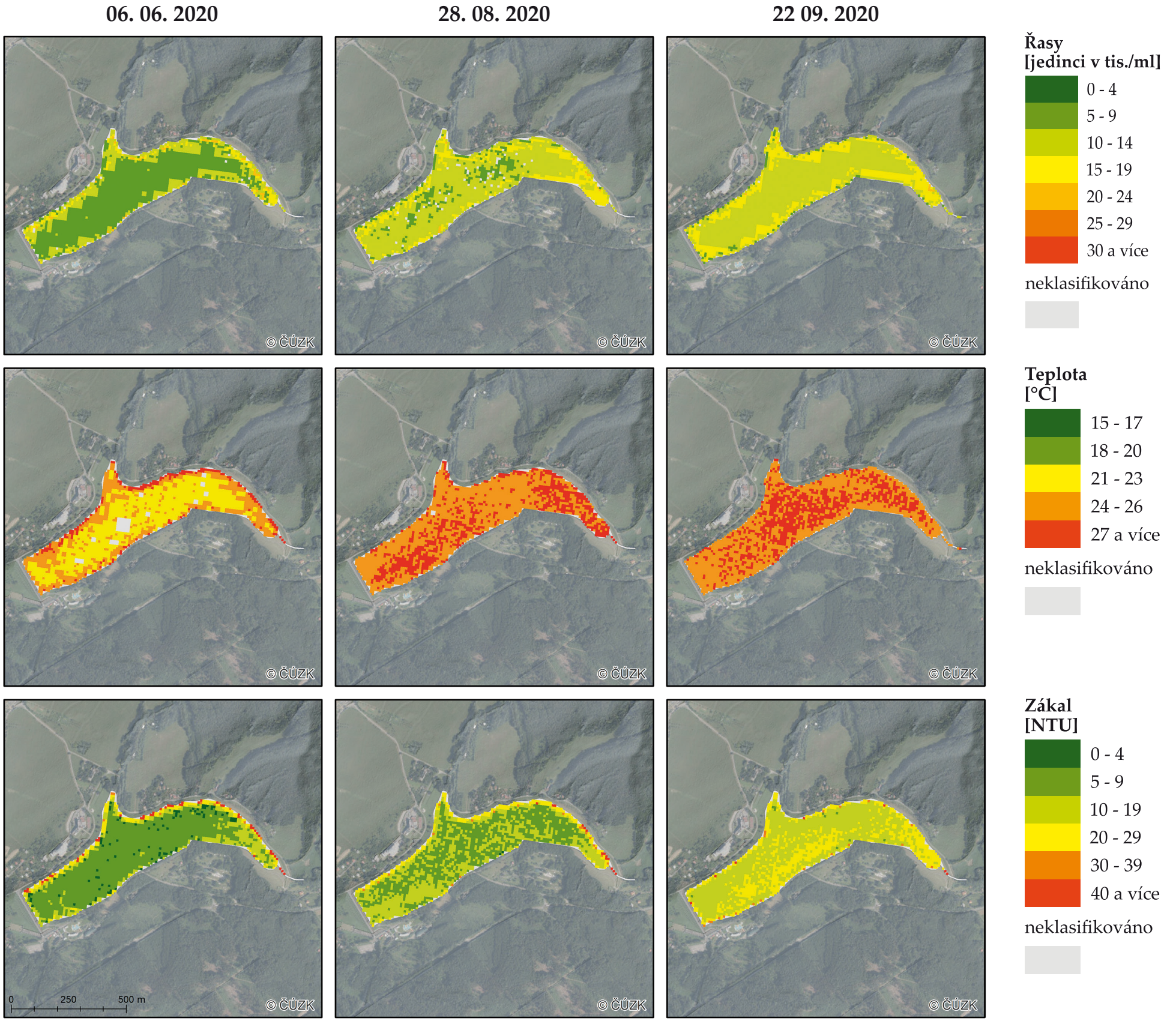
Nádrž ležící na severním okraji lázeňského města Luhačovice na Luhačovickém potoce byla dostavěna v roce 1930. Jejím účelem je především ochrana před povodněmi, dále zachování minimálního průtoku v toku, odběry povrchové vody pro Luhačovice, rekreační využití, provozování vodních sportů, rybářství a výroba elektrické energie v malé vodní elektrárně. Mezi roky 2010 – 2012 byla nádrž vypuštěna a probíhala těžba sedimentů [17]. Luhačovice a okolí nabízejí široké možnosti ubytování. Přímo na břehu nádrže se nachází kemp. Pláže jsou travnaté. Dvě místa jsou zařazena do Seznamu koupacích vod.



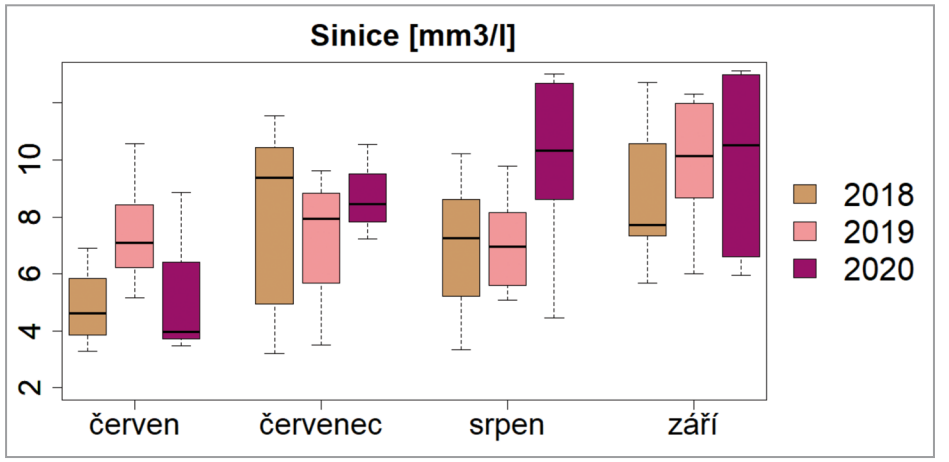
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

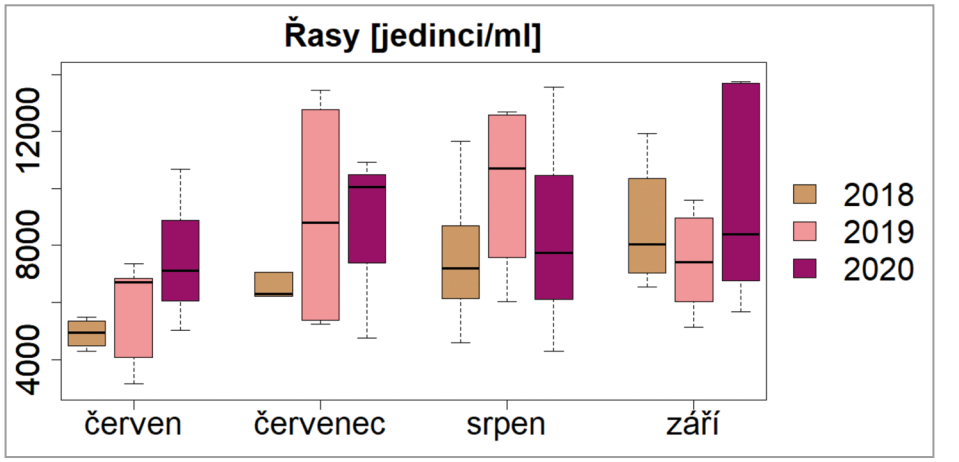


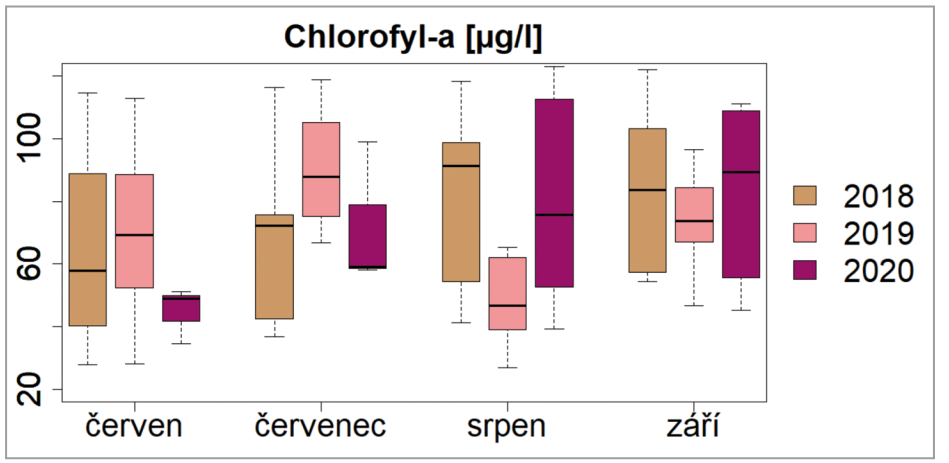
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

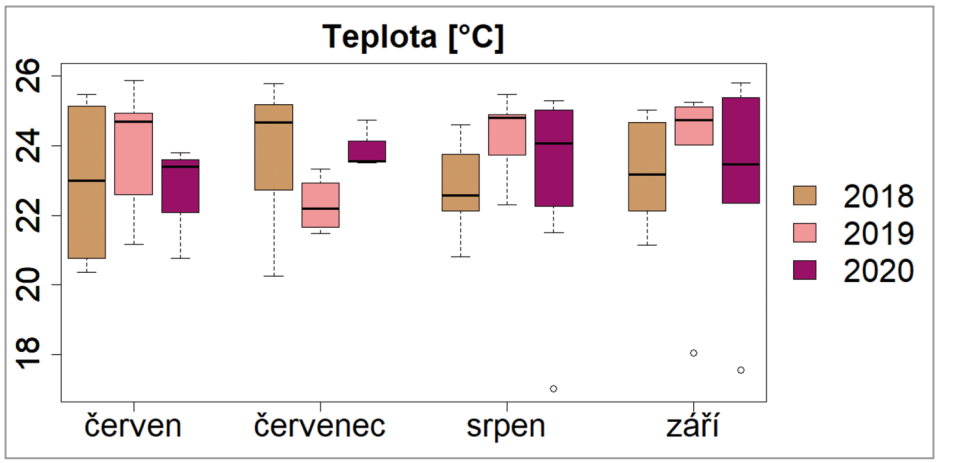


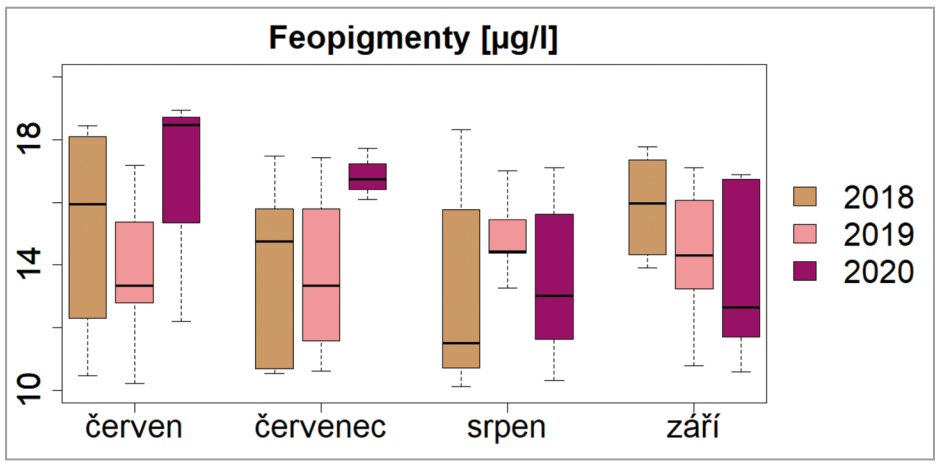
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

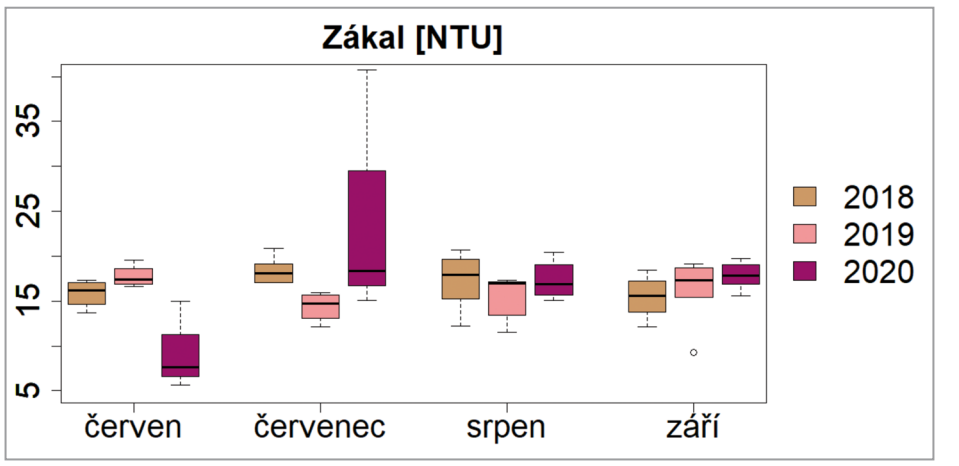








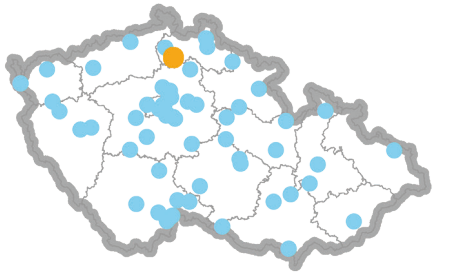




Shrnutí:

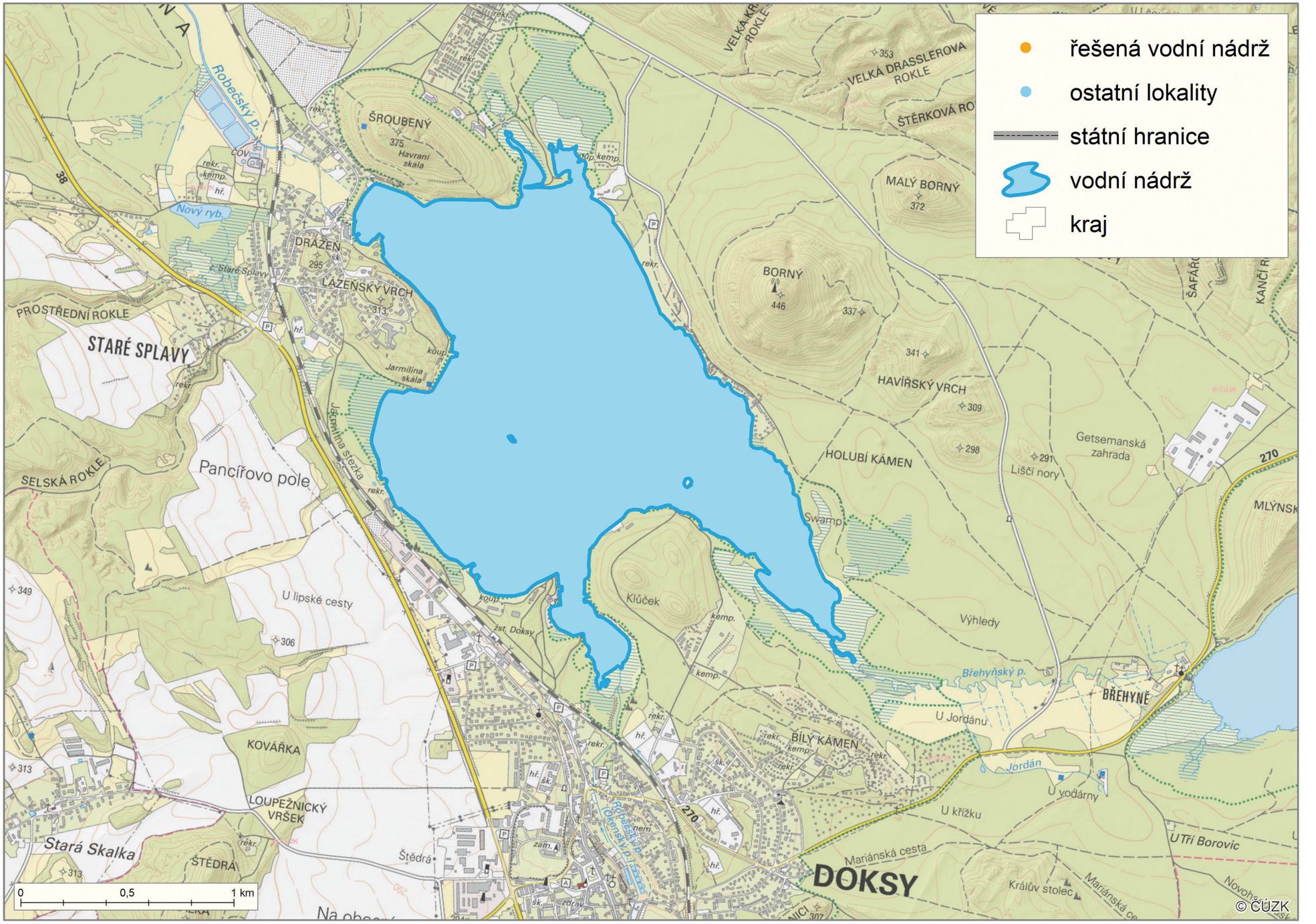
Kvalita vody v nádrži je ovlivněna především rozvojem fytoplanktonu, avšak situace se v jednotlivých letech odlišuje. Od odbahnění se stav zlepšil a v některých sezónách nebylo dosaženo ani třetího stupně. V roce 2017 byl však již na konci července vydán zákaz koupání. Ve zkoumaném období 2018 až 2020 se koncentrace chlorofylu-*a* z pozemního sledování pohybovaly od jednotek po stovky µg/l. V průběhu roku dochází k výkyvům, ale obecně se koncentrace ke konci sezóny zvyšují. Sinice komplikují situaci jen v některých letech. Výsledky získané pomocí dat z DPZ jsou ve srovnání s daty z terénního sledování u chlorofylu-*a* ve většině případů vyšší (především na počátku sezóny). Totéž se týká i ukazatele sinic.

MÁCHOVO JEZERO

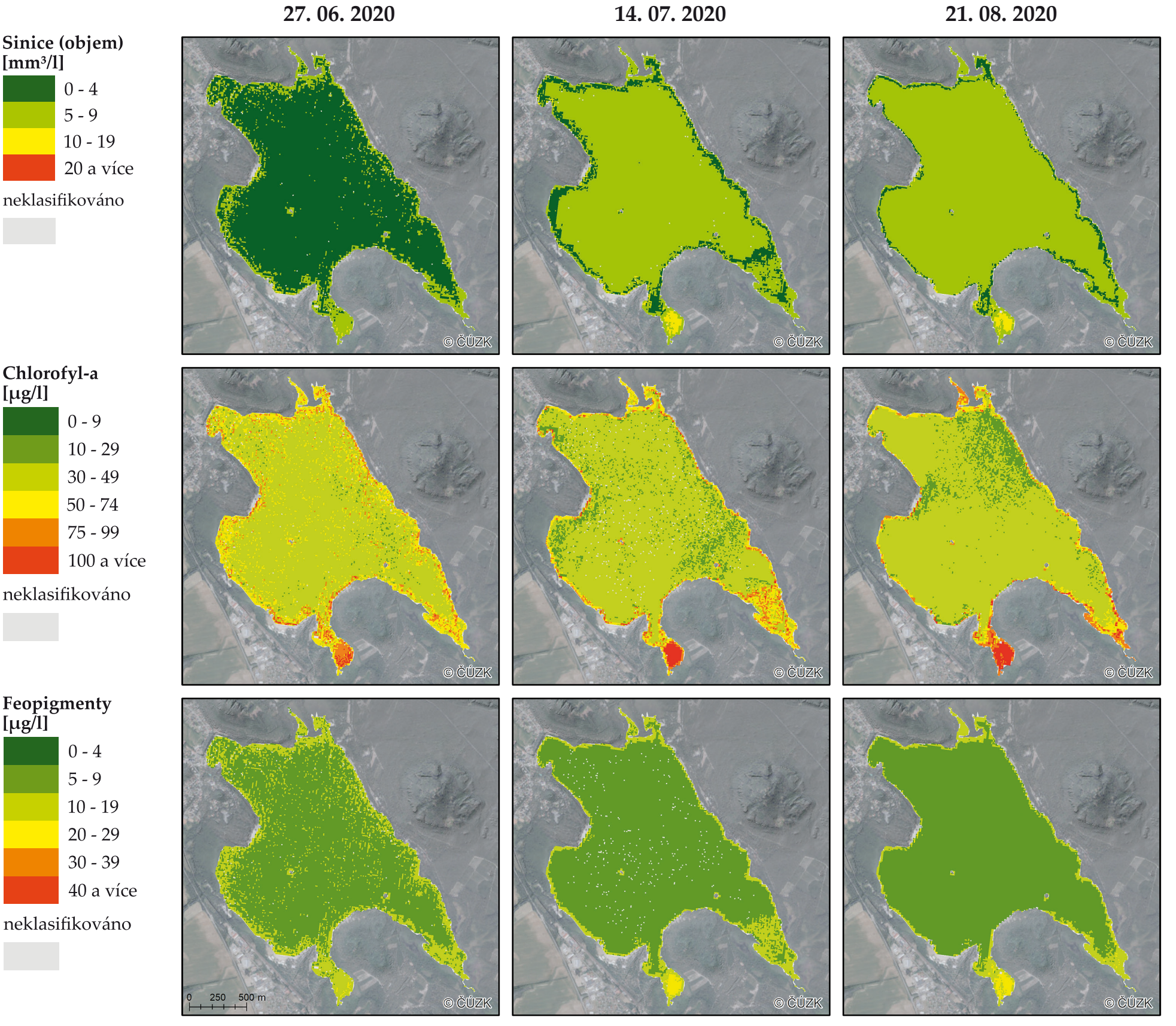


Vodní tok: Robečský potok
Kraj: Liberecký

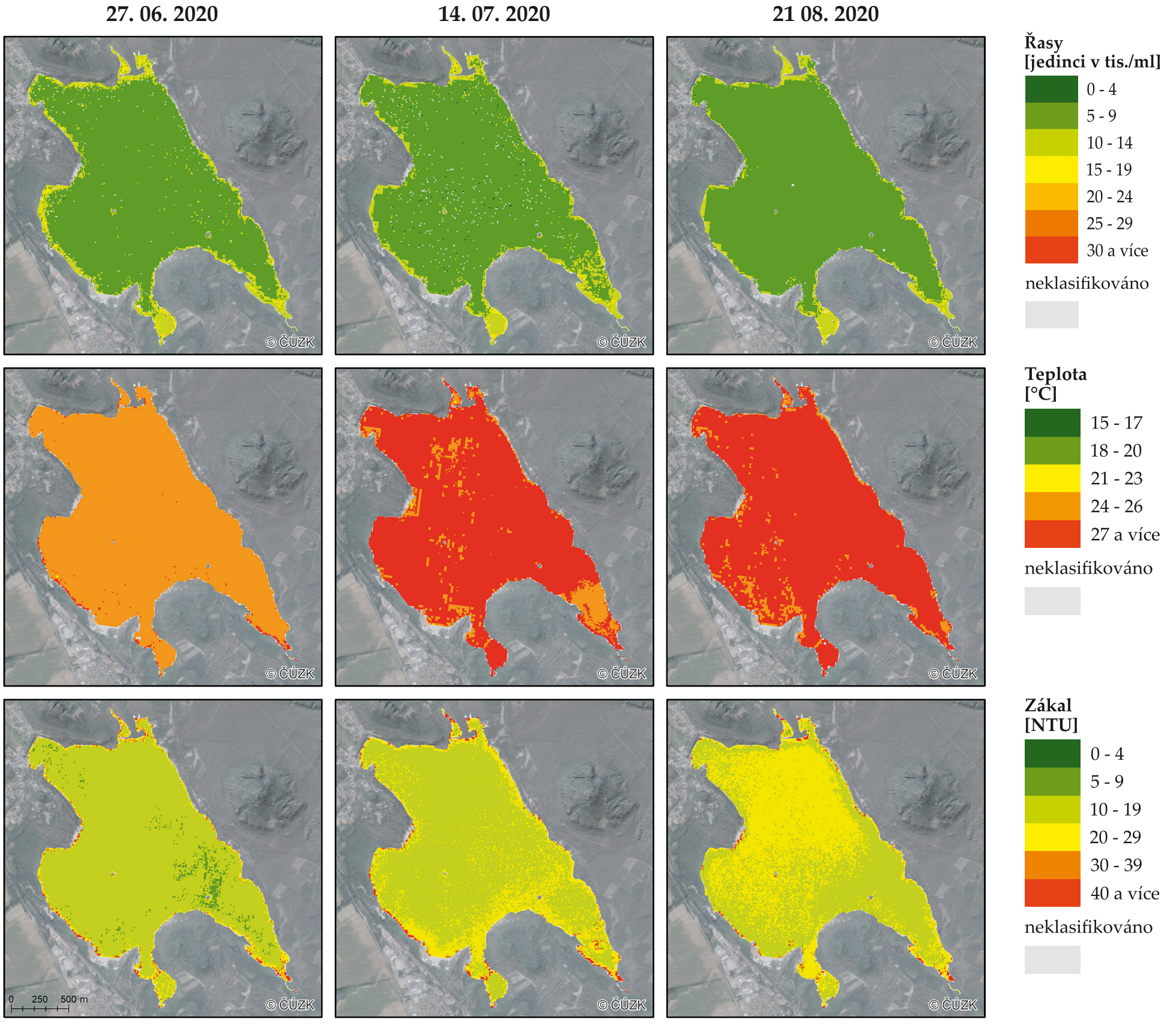
Rybník o rozloze 284 ha (6. největší v Česku) byl zbudovaný již ve 14. století [18]. Jedná se z hlediska koupání o jednu z nejvýznamnějších nádrží v Česku. Nachází se zde pět oficiálních přírodních koupališť. Na jižním břehu leží město Doksy, na severozápadním pak Staré Splavy, které v současnosti rovněž spadají pod Doksy. V okolí je větší počet hotelů a především na severním okraji několik kempů. V nejvýchodnější zátoce na nádrž navazuje významné rašeliniště (národní přírodní rezervace Swamp) [18]. Pláže na březích Máchova jezera jsou většinou písčité, koupaliště jsou plně vybavená pro různé s vodou související sportovní a rekreační aktivity. V minulosti byla na Máchově jezeře prováděna série opatření ke zlepšení kvality vody [19].



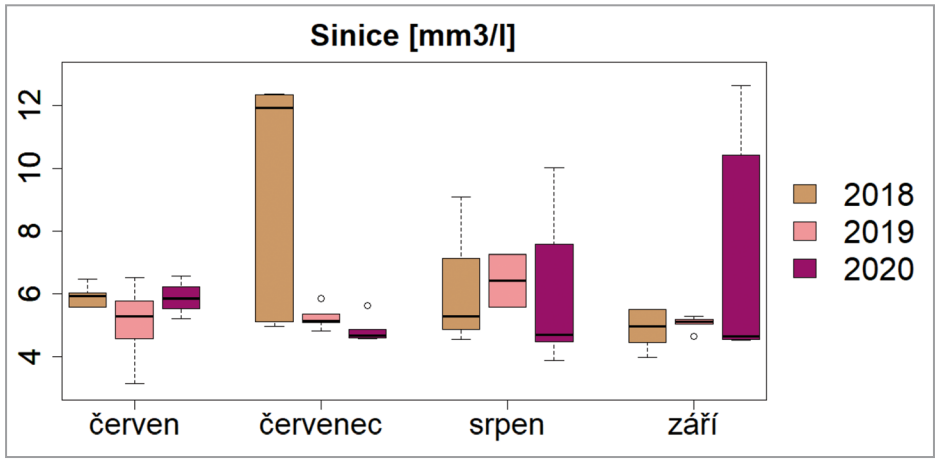
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

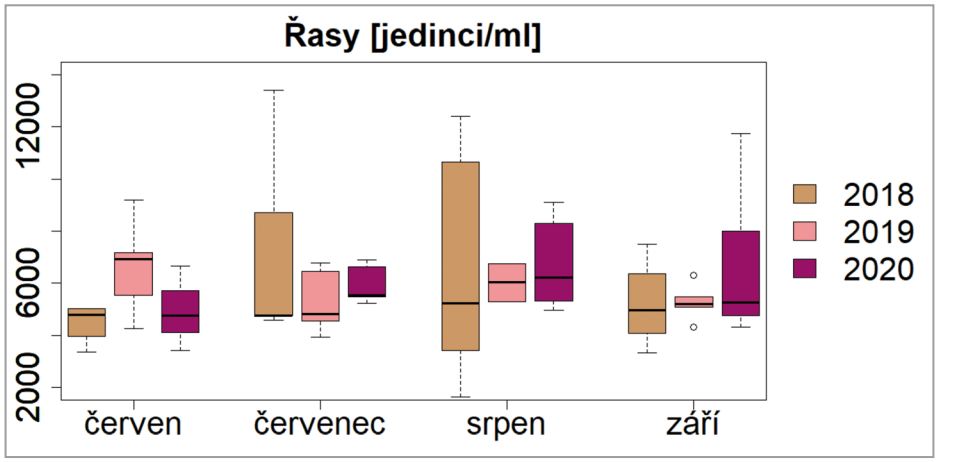


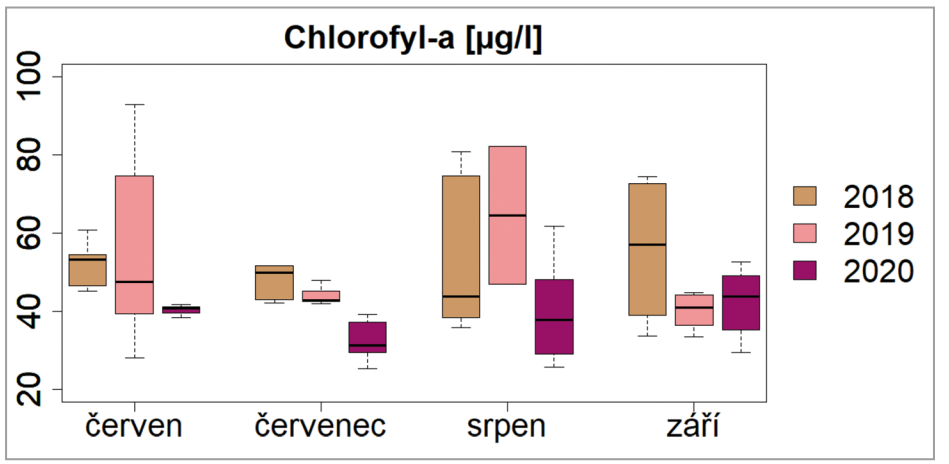
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

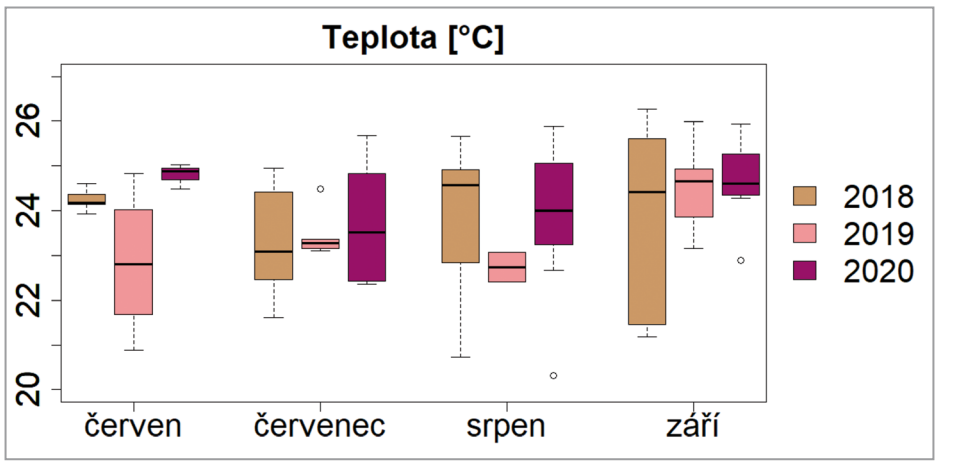


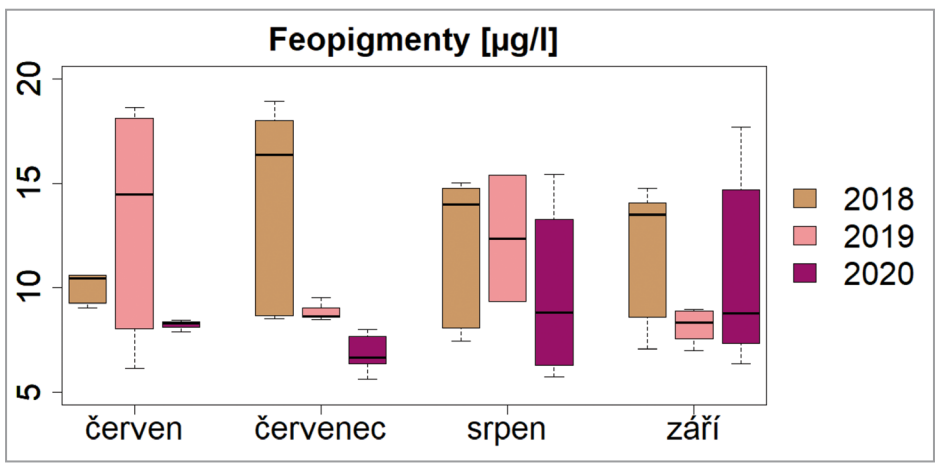
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

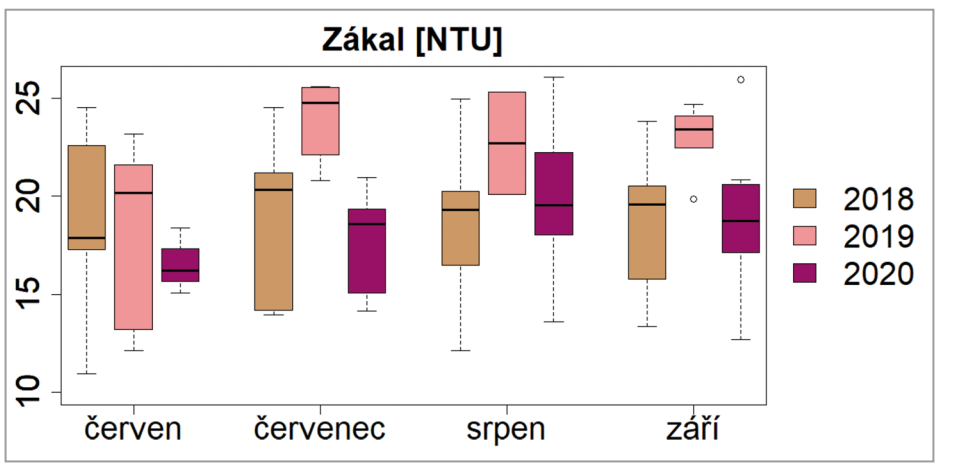










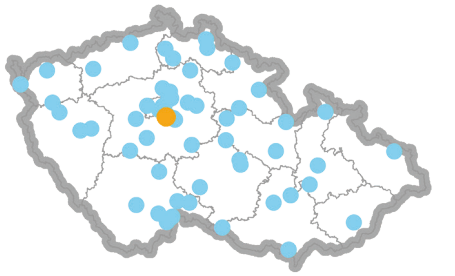


Shrnutí:

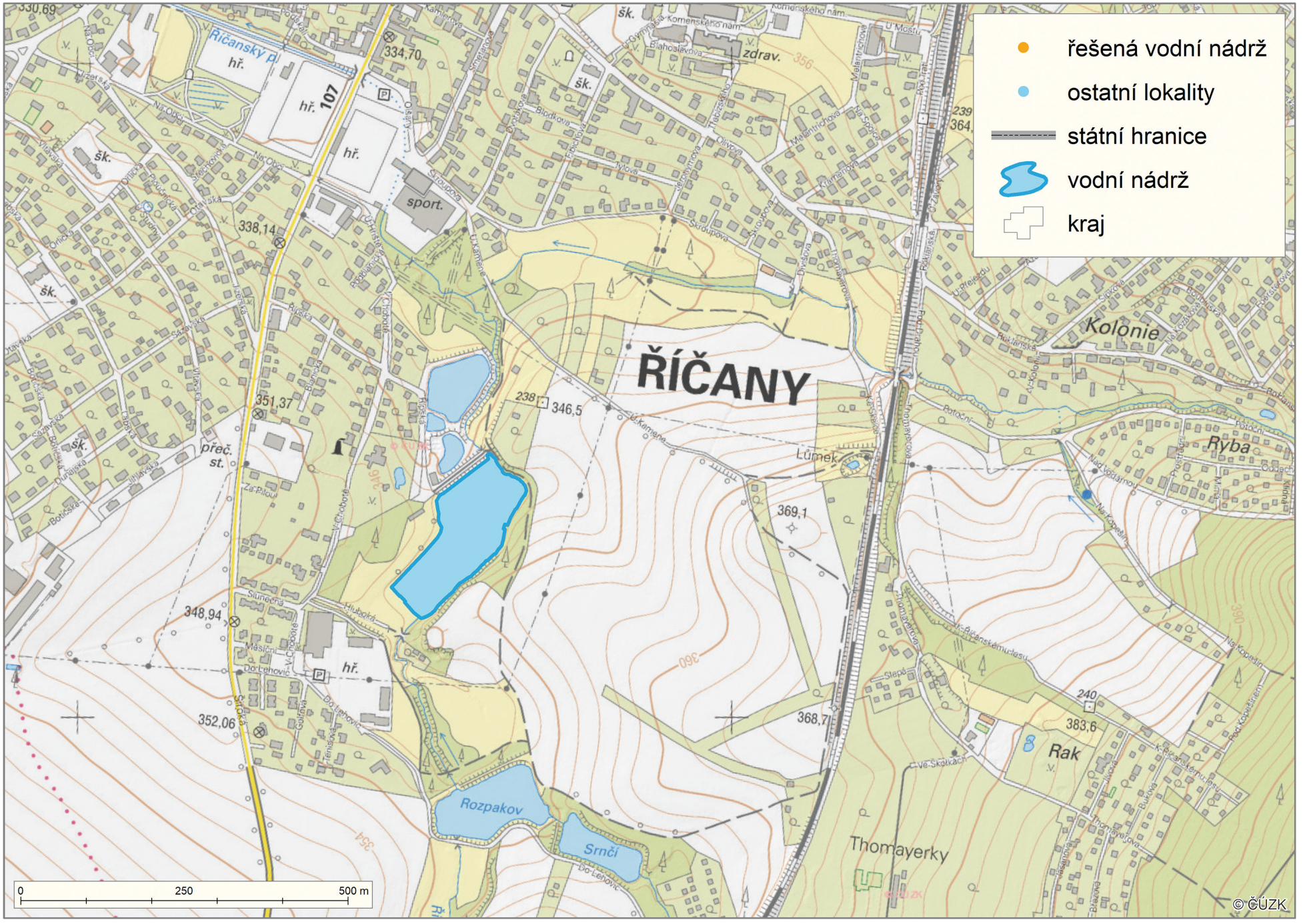
V Máchově jezeře se sice každoročně sinice vyskytují, dosahují však nanejvýš hodnot, které znamenají v souhrnném hodnocení stupeň 3 – zhoršená jakost vody. Vzhledem k pěti odběrovým místům je dobře podchycena i případná prostorová heterogenita, která však není příliš velká s výjimkou výrazně více oživené přednádrže na jihozápadní straně (v Dokeské zátoce). Koncentrace chlorofylu-*a* se v Máchově jezeře pohybují obvykle v nižších desítkách µg/l. Zatímco výsledky dat z DPZ z roku 2020 jsou v dobré shodě s pozemním sledováním, v letech 2018 a 2019 jsou výsledky dat z DPZ výrazně vyšší. Výsledky ukazatele sinic byly většinou ve srovnání s pozemním sledováním mírně nadhodnoceny.

MARVÁNEK

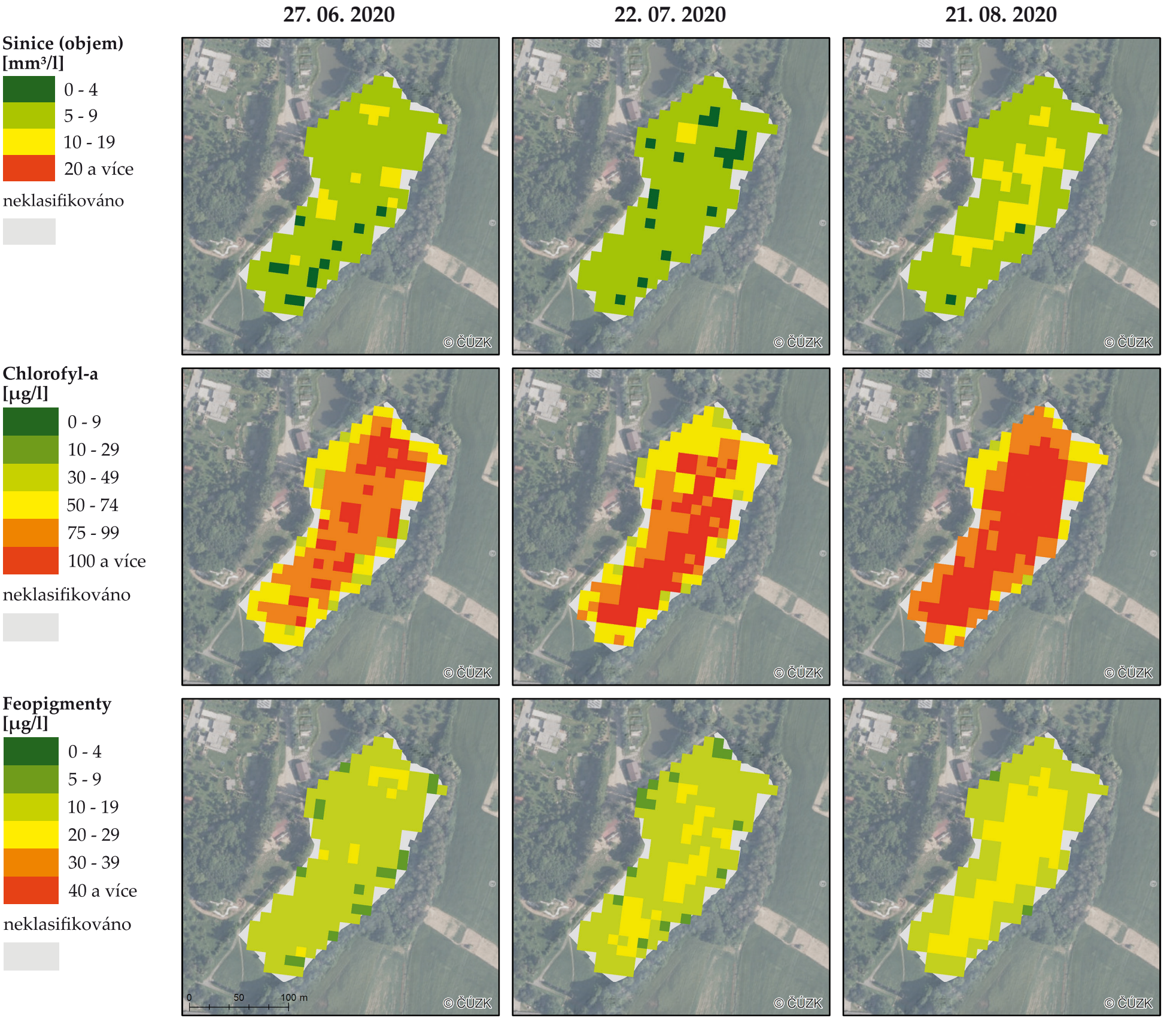
Vodní tok: Říčanský potok
Kraj: Středočeský



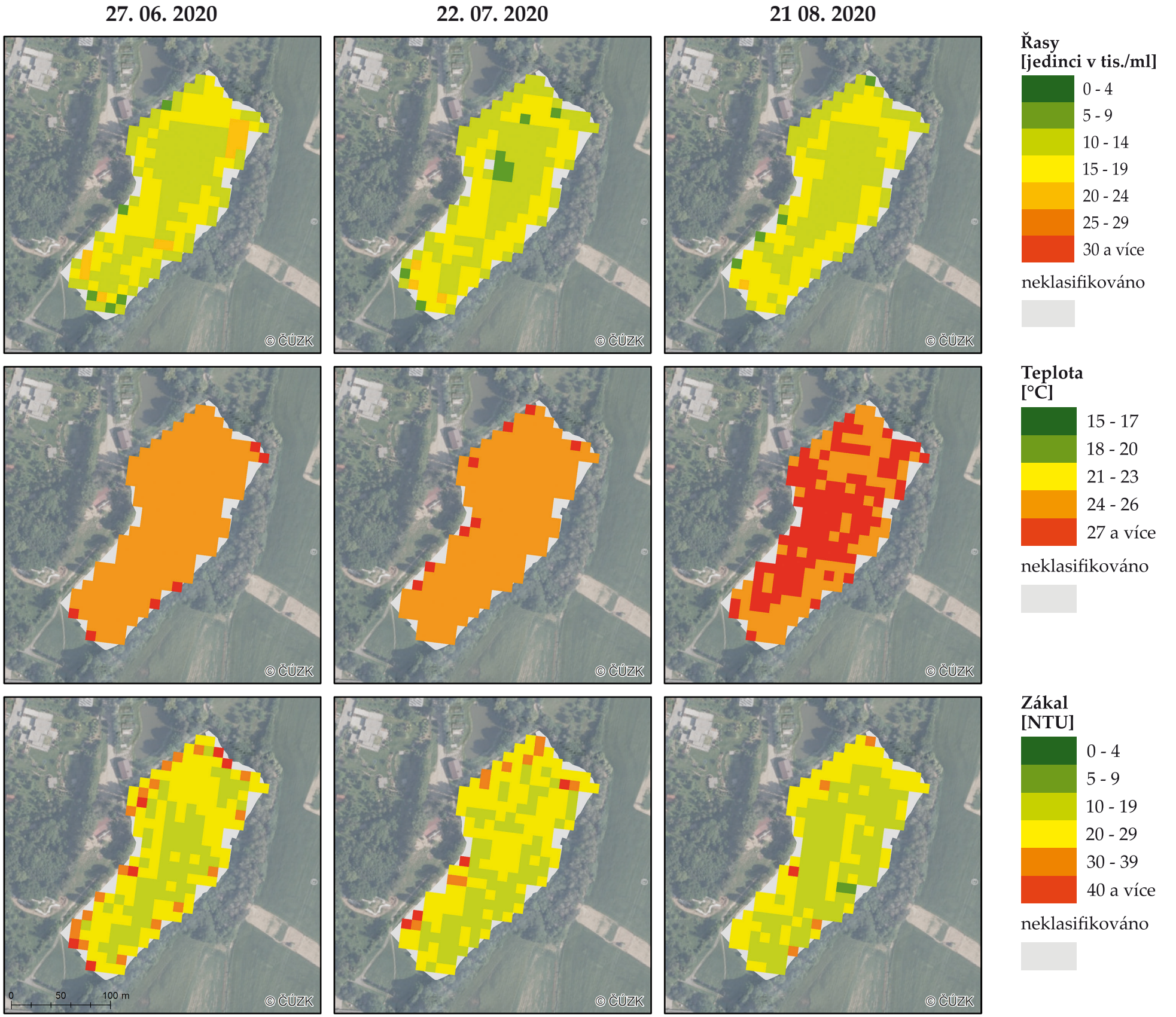
Marvánek je menší nádrž o rozloze 2 ha, která se nachází na jižním okraji Říčan na Říčanském potoce. Jedná se o tradiční prvorepublikové koupaliště [20], které však v současné době není na Seznamu koupacích vod. Mezi lety 2014 až 2016 proběhla revitalizace nádrže [21]. U nádrže je menší parkoviště, restaurace a travnatá pláž. Po revitalizaci byly z nádrže hlášeny případy cerkáriové dermatitidy, později značný rozvoj fytoplanktonu. Město Říčany má ve svém investičním plánu vyhrazeny prostředky pro další revitalizaci přírodní nádrže Marvánek [22].



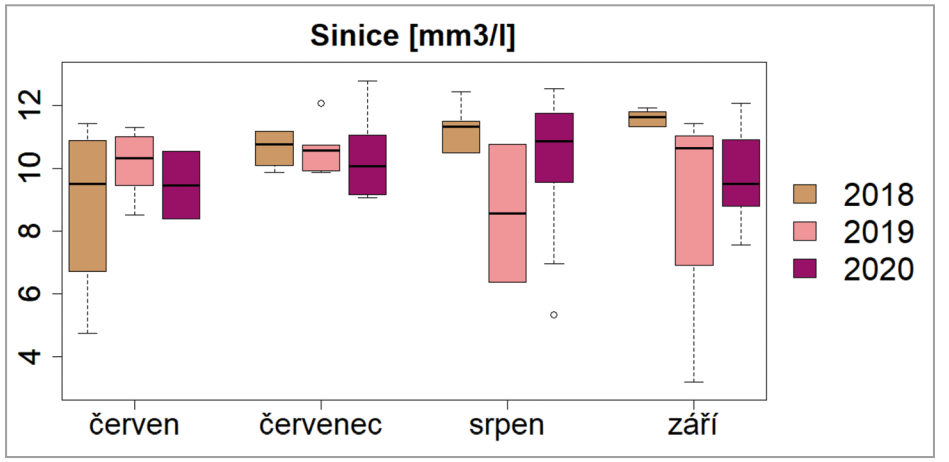
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

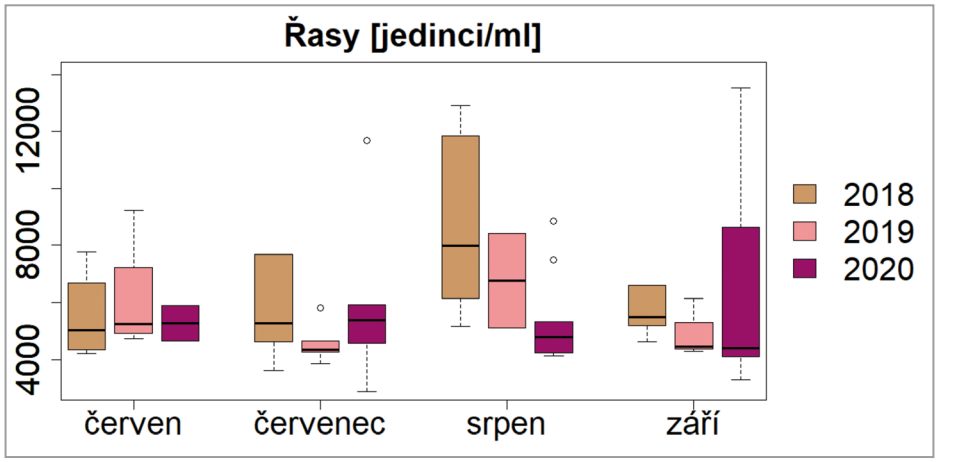


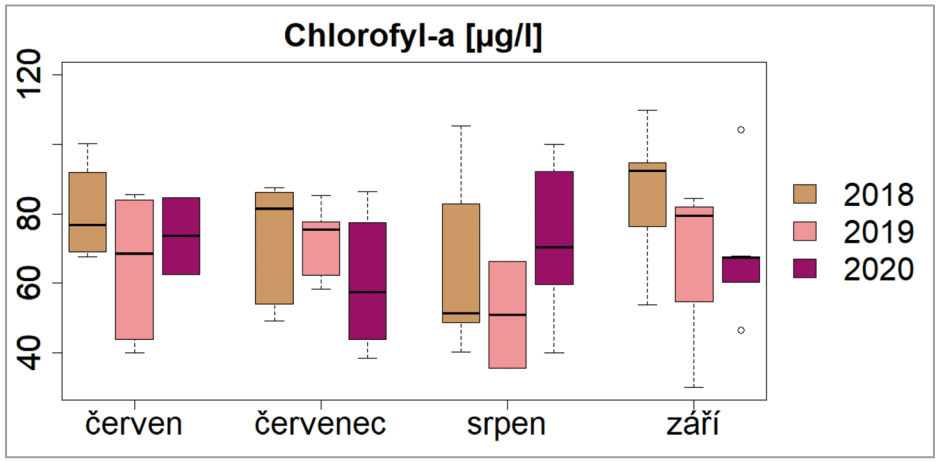
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

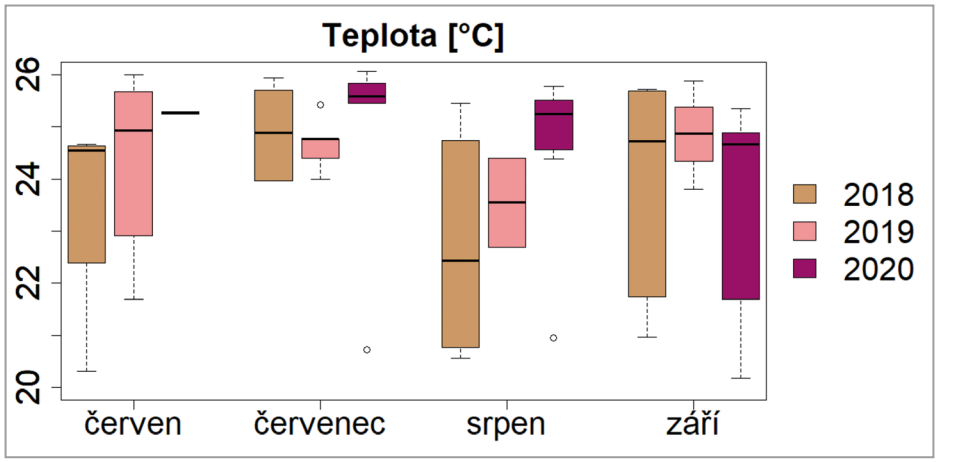


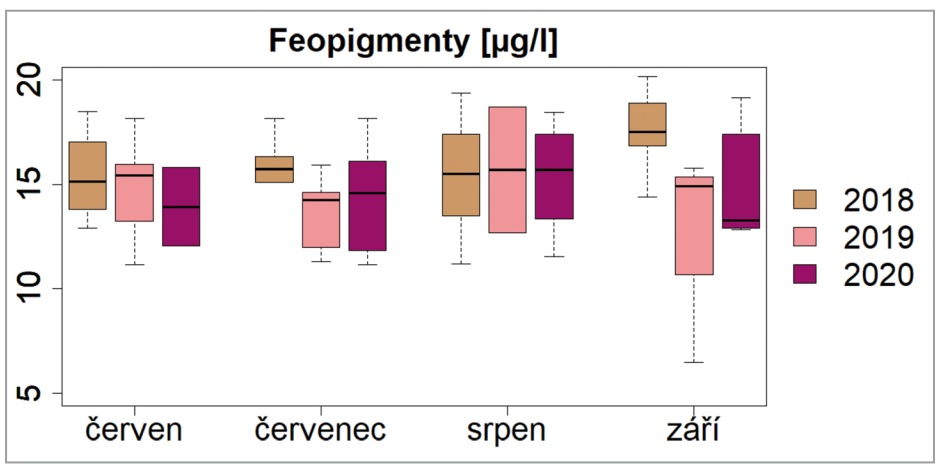
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

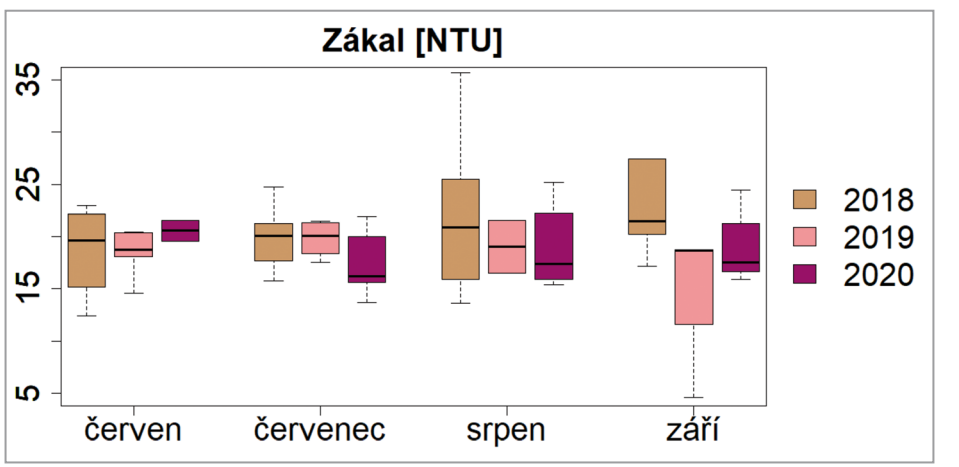








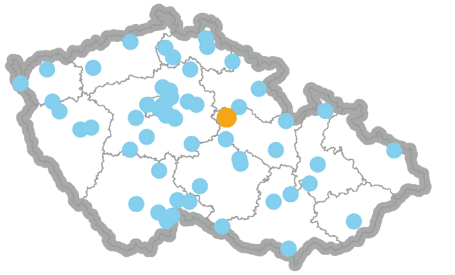




Shrnutí:

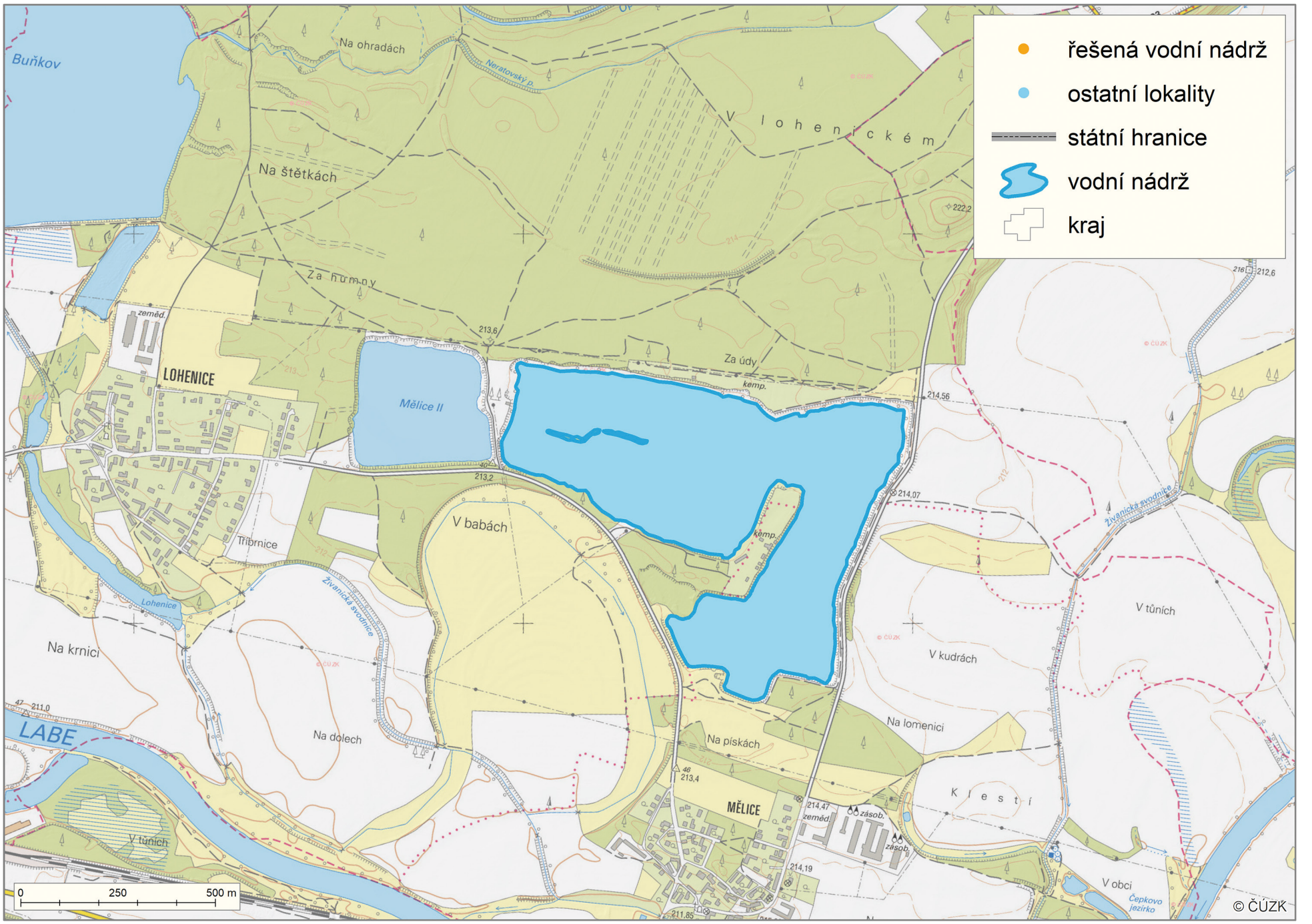
V tomto případě se nejedná o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod, a tudíž získané výsledky dat z DPZ představují významný zdroj informací o kvalitě vody. Nicméně se jedná o malou nádrž, takže využití výsledků dat z DPZ je komplikovanější (viz. kapitola Vyhodnocení a závěr v textové části). Hodnoty chlorofylu-*a* měřené v rámci projektu v roce 2019 přesahovaly téměř celé sledované období 100 µg/l. Hodnoty získané pomocí dat z DPZ se držely vždy mírně pod 100 µg/l. Výskyt sinic v roce 2019 podle výsledků dat z DPZ byl v porovnání s výsledky terénního šetření naopak vyšší. Při ojedinělém odběru v září 2018 byl na nádrži zaznamenán výrazný sinicový vodní květ. V září 2018 se vyskytují také nejvyšší hodnoty pro chlorofyl-*a*, sinice i zákal ve výsledcích dat z DPZ, i když asi ne tak výrazné jako byly výsledky terénního šetření.

MĚLICE I.

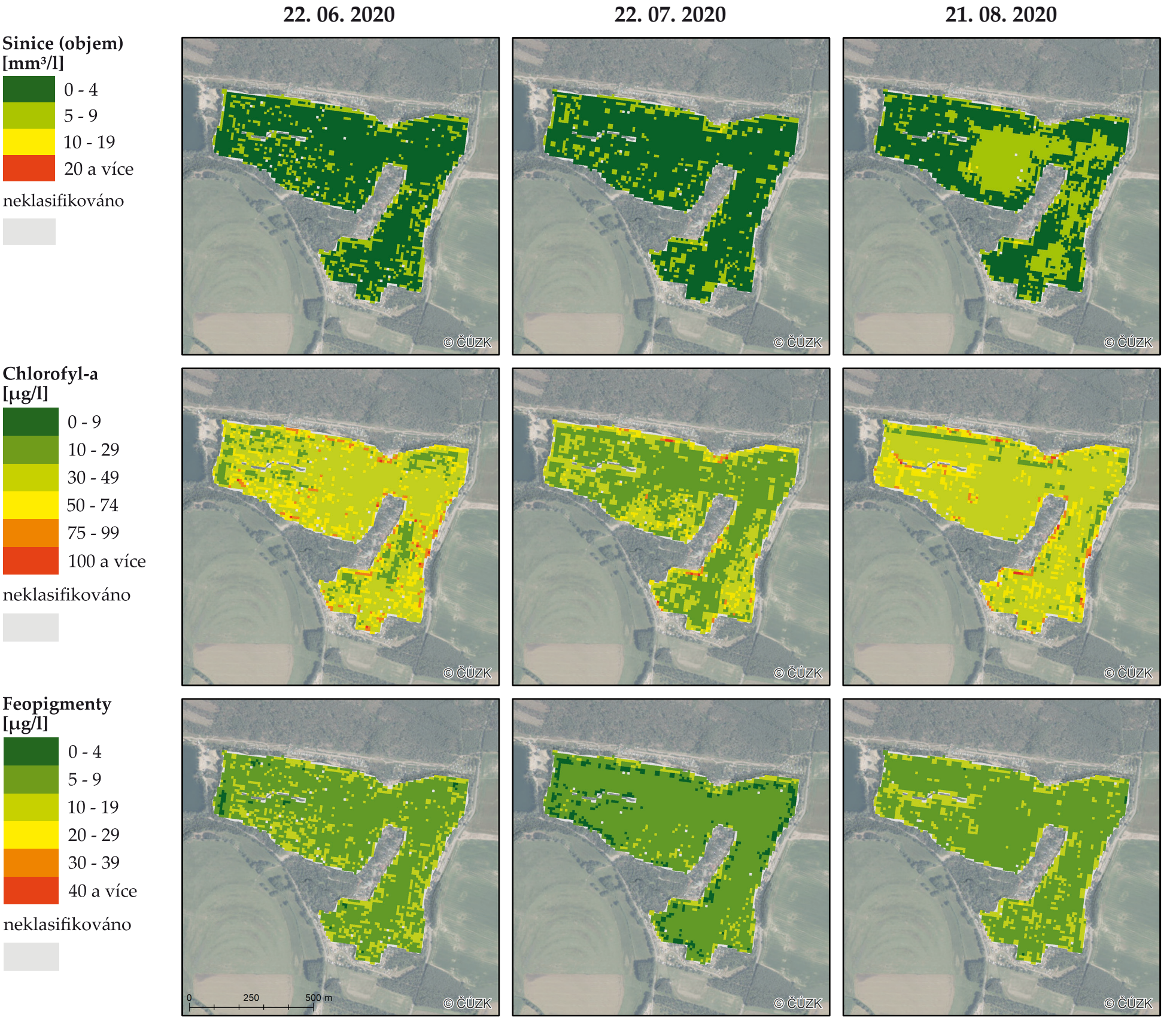


Vodní tok: neleží na vodním toku
Kraj: Pardubický

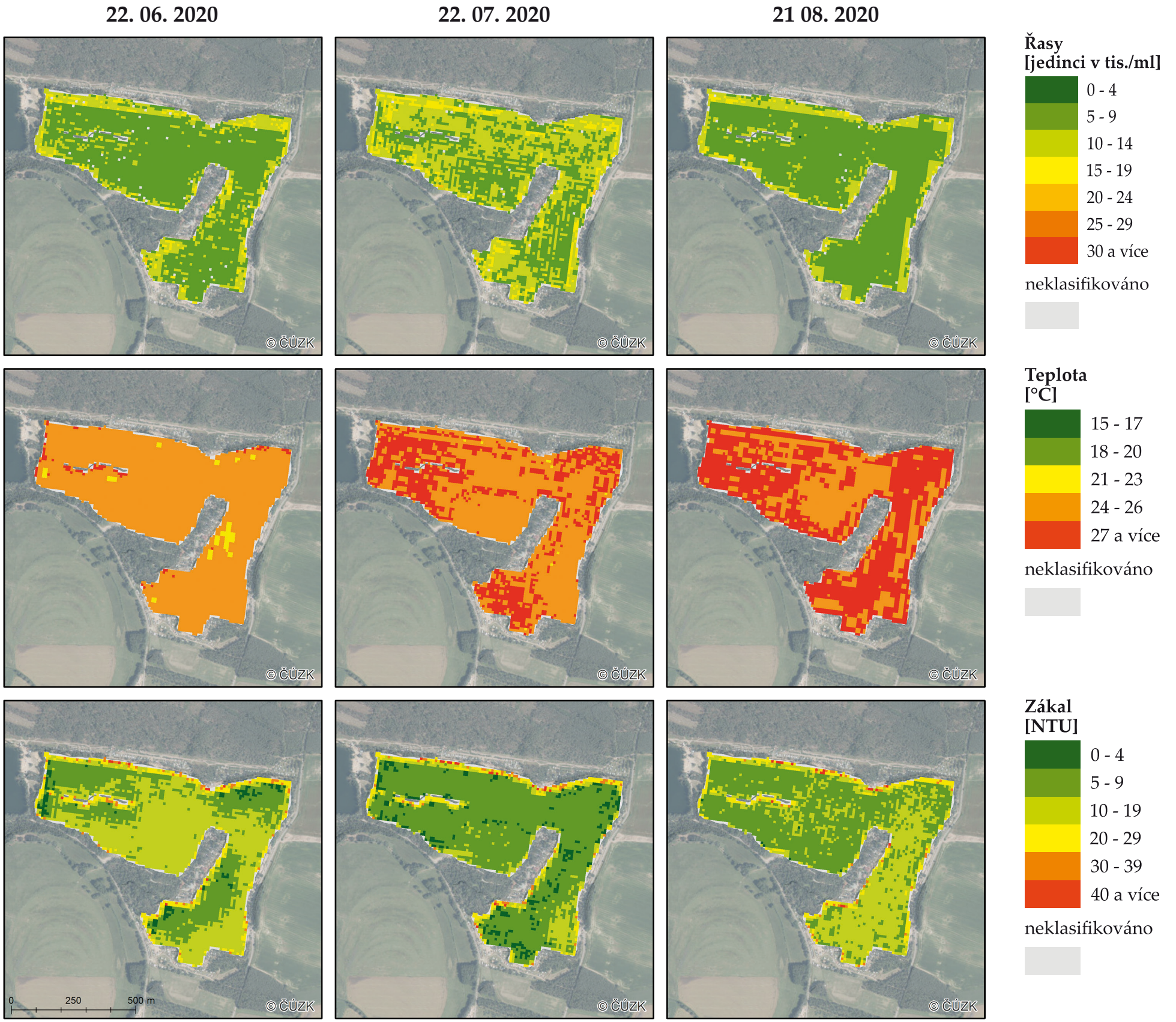
Jedná se o nádrž po těžbě štěrkopísku, která leží na pravém břehu Labe zhruba 5 km východně od Přelouče. U nádrže leží podél celého severního břehu a na východní části jižního břehu několik kempů a tábořišť a veřejně přístupných pláží. Nádrž je využívána rovněž pro vodní lyžování. Přírodní koupaliště je situováno na západním břehu, což není kvůli omezenému přístupu do vody příliš dobré řešení. Mnohem snáze je v této oblasti přístupná (a také více využívaná) sousední menší nádrž, ve které bývá i kvalita vody lepší. Menší nádrž však není zařazena v Seznamu koupacích vod a kvalita vody tedy není pravidelně sledována.



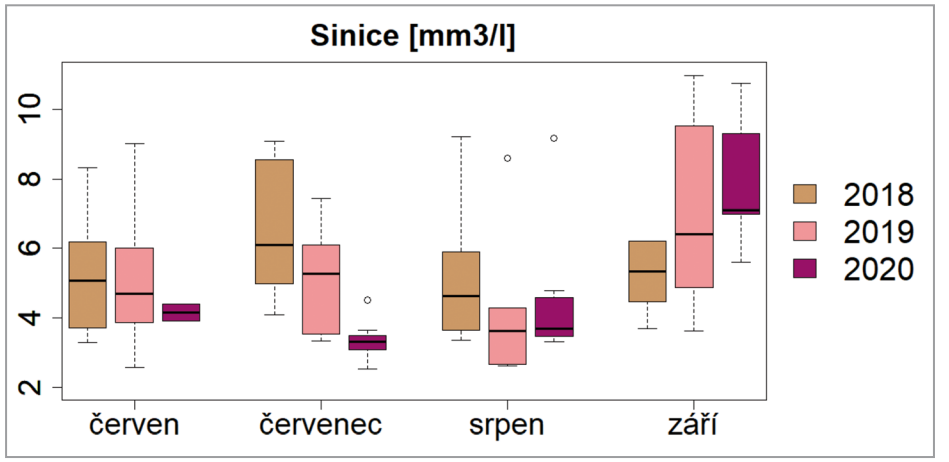
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

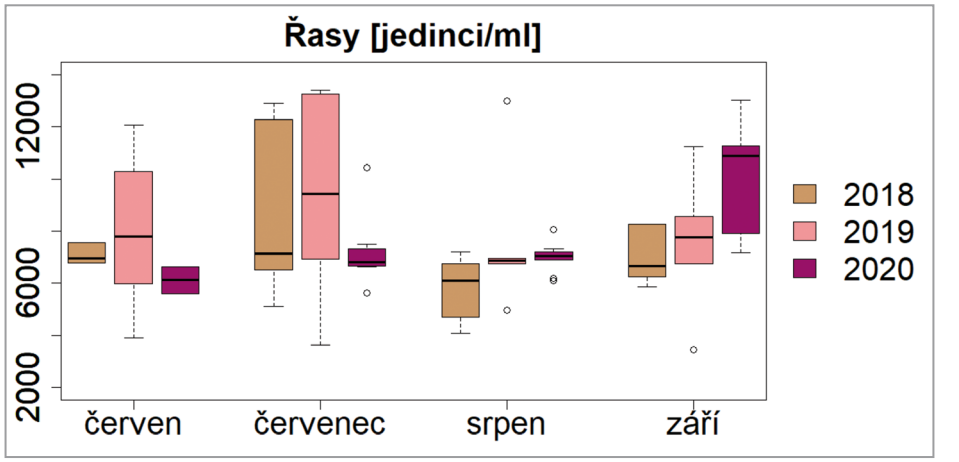


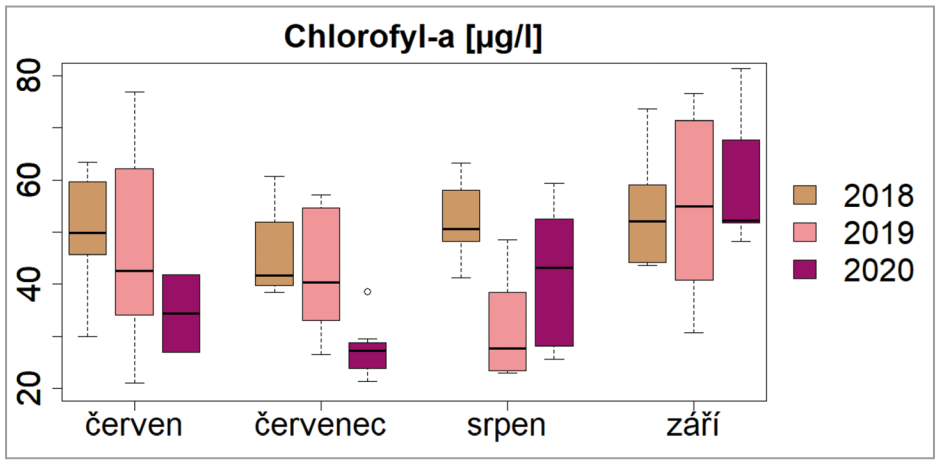
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

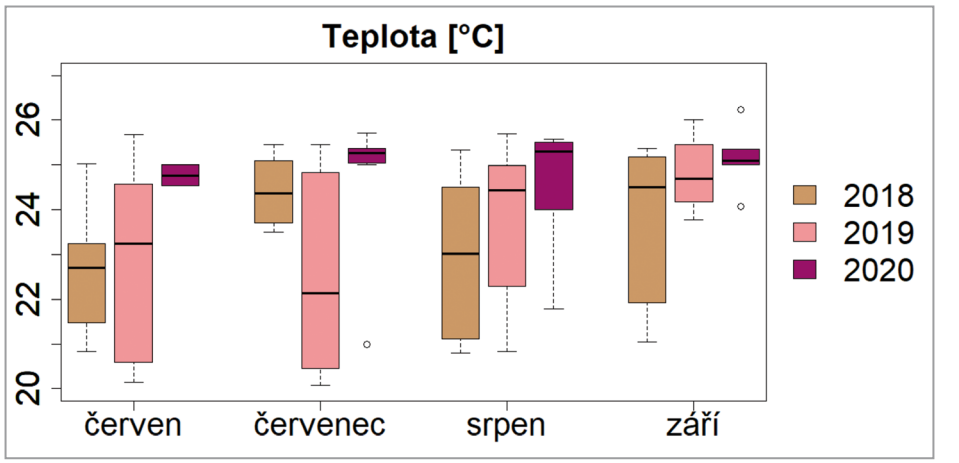


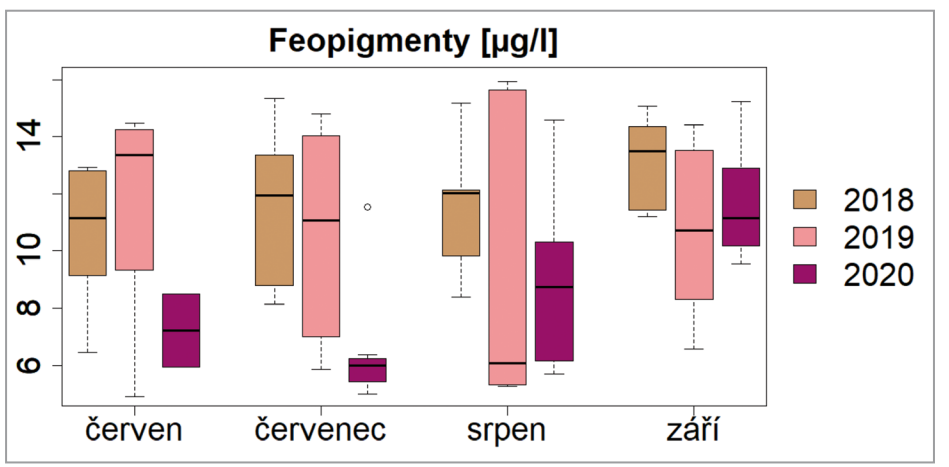
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

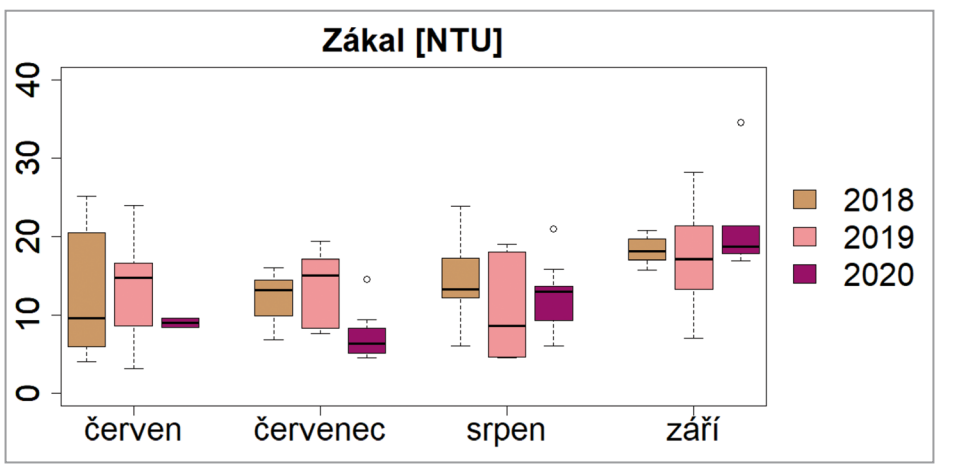








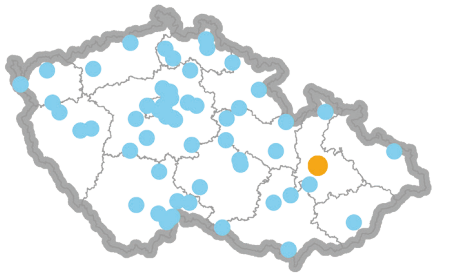




Shrnutí:

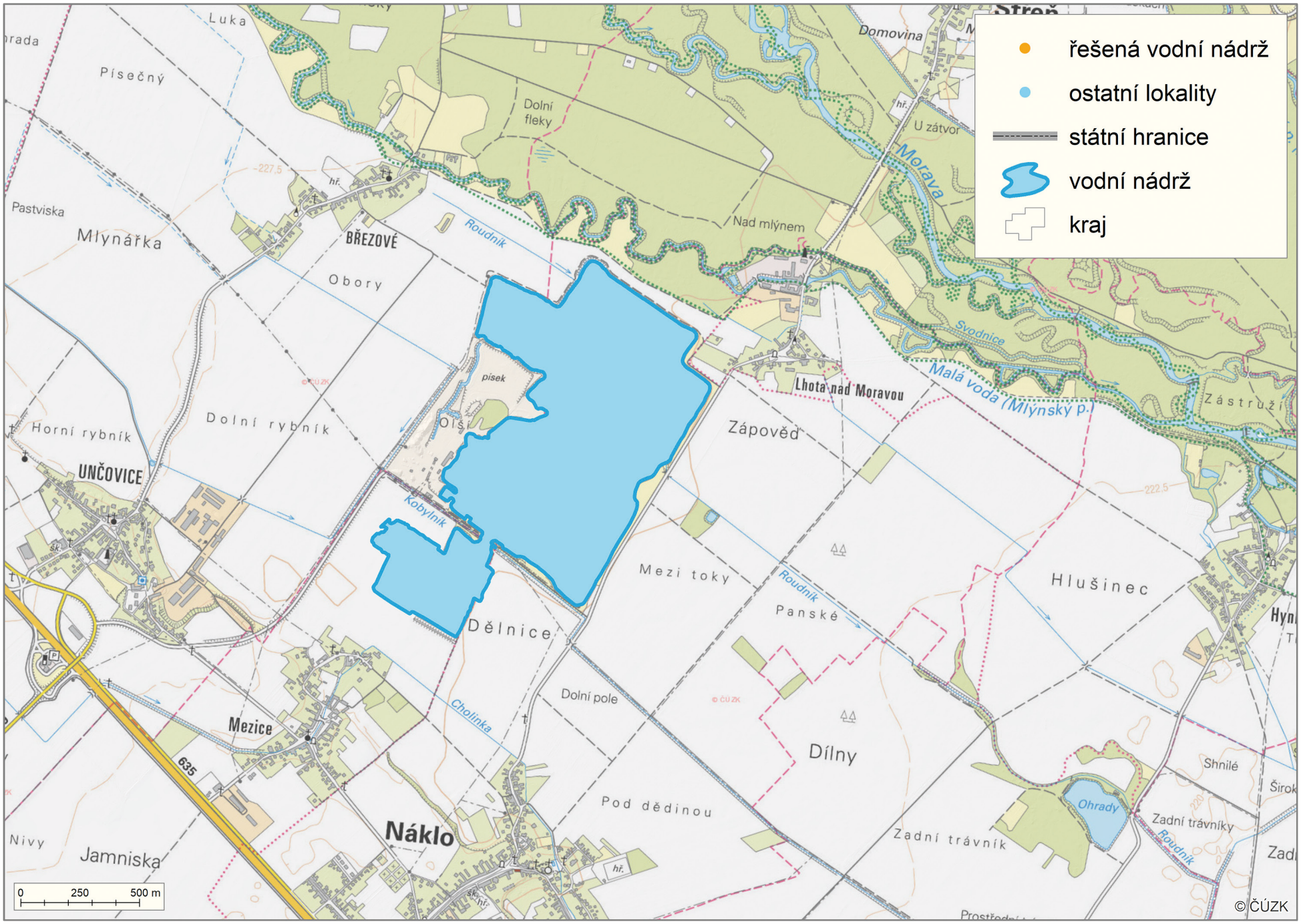
Tato vodní plocha je díky zařazení do Seznamu koupacích vod pravidelně monitorována. Doposud u ní v koupací sezóně nebylo shledáno podezření na rozmnožení sinic (§ 6, odst. 2 vyhlášky č. 238/2011 Sb.). Toto tvrzení však bylo v letech 2019 a 2020 při terénních šetřeních prováděných v rámci projektu shledáno přinejmenším jako sporné. Hodnoty objemové biomasy sinic se pohybovaly během koupací sezóny 2019 mírně pod hranicí zhoršené kvality vody, koncentrace chlorofylu-*a* pak v jednotkách či nižších desítkách µg/l. V září 2020 (tedy po skončení koupací sezóny) byl dokonce zaznamenán poměrně silný vodní květ sinice *Dolichospermum*, při němž byla naměřena koncentrace chlorofylu-*a* téměř 90 µg/l. Výsledky ukazatelů získané pomocí dat z DPZ ukazují vyšší hodnoty než pozemní monitorování, což potvrzuje zjištění popsané v kapitole Vyhodnocení a závěr v textové části.

NÁKLO

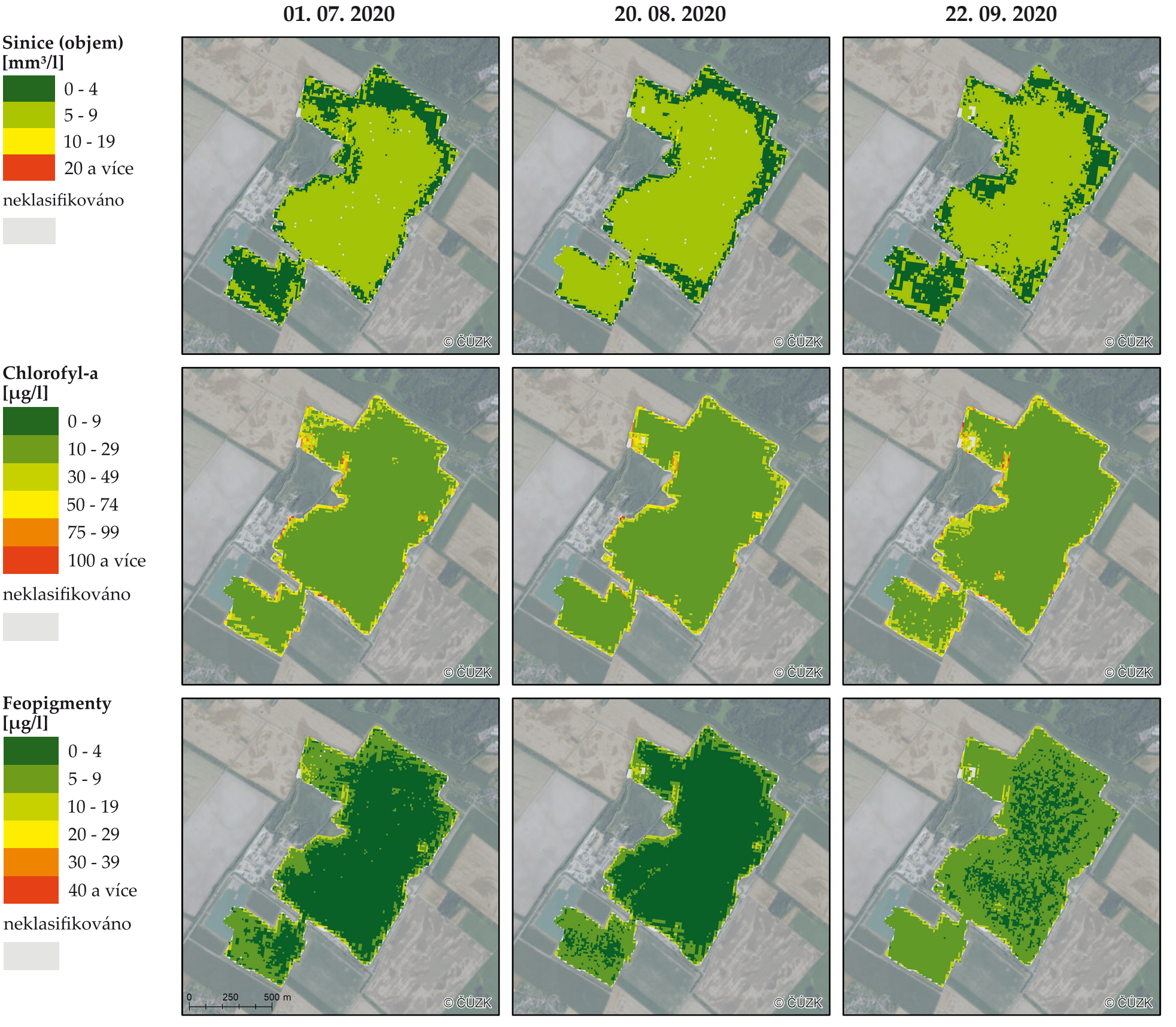


Vodní tok: Roudník
Kraj: Olomoucký

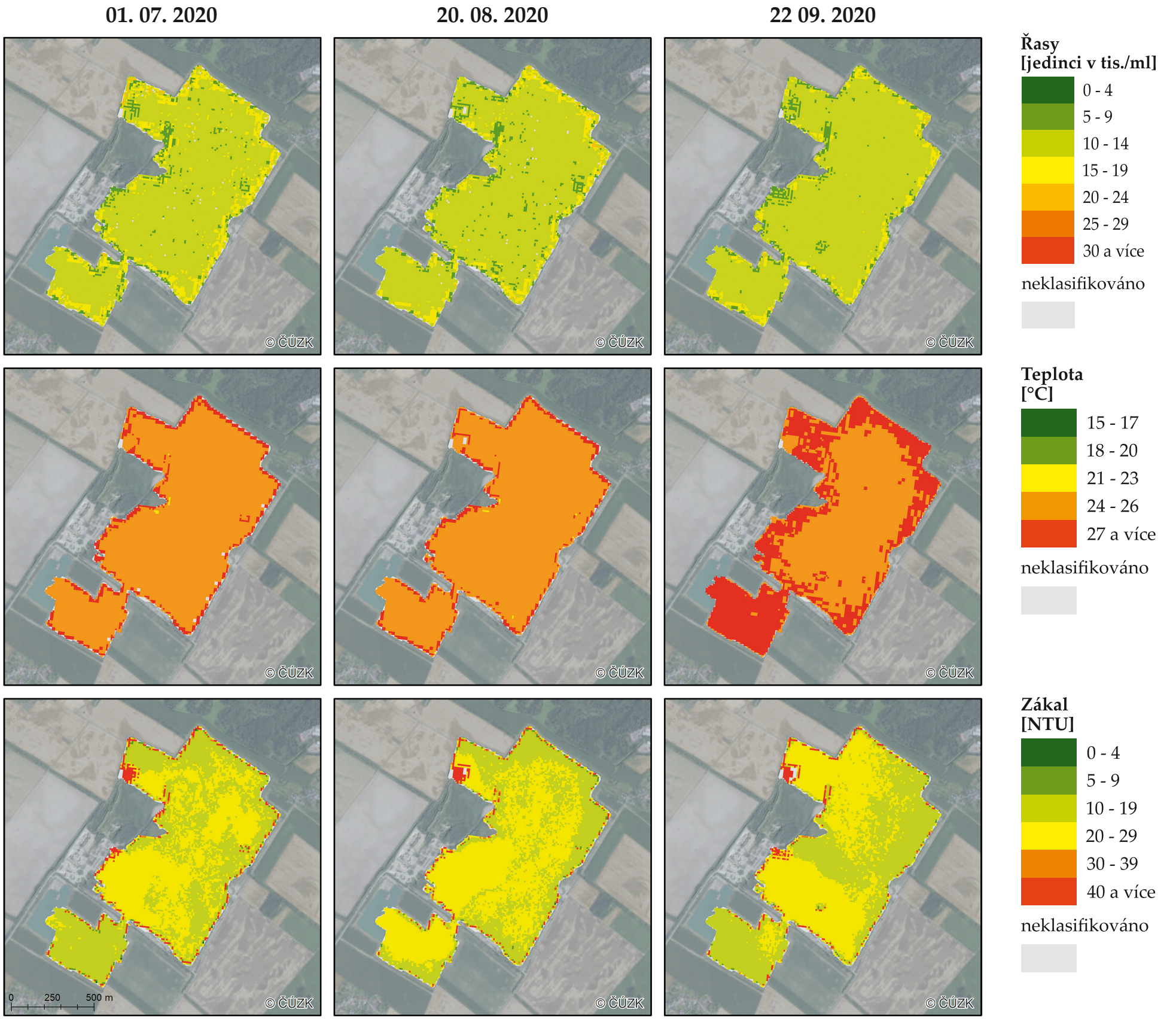
Jedná se o nádrž vzdálenou cca 10 km severozápadně od Olomouce. Vzhledem k hojnému rekreačnímu využití by bylo bezpochyby vhodné, aby byla tato lokalita zařazena do Seznamu koupacích vod. Tomu však brání kolize s probíhající těžbou štěrkopísku. Koupání je zde povoleno pouze ve vymezeném prostoru a na vlastní nebezpečí. Prostor pro plavce je ohraničen bójkami [23]. U nádrže je možnost parkování a na pláži možnost občerstvení. Je zde i vlek pro wakeboarding. Ve vyhrazených částech jezera je možné celoročně provozovat sportovní rybolov [23].



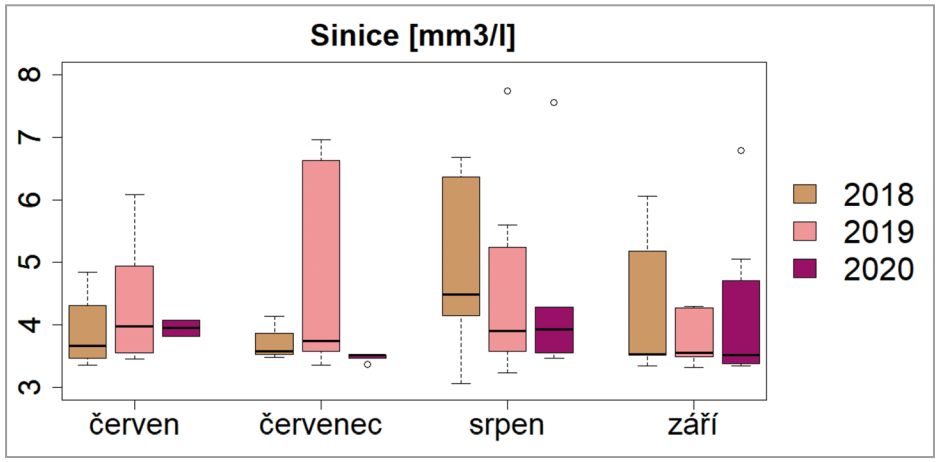
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

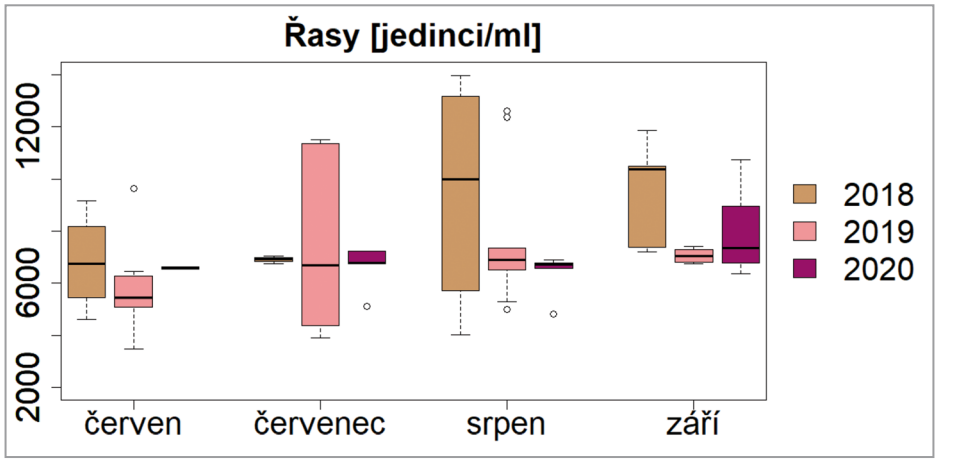


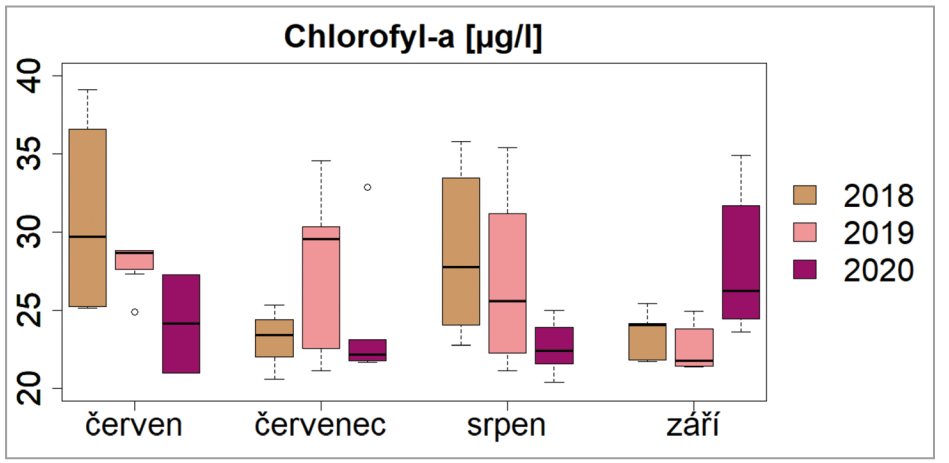
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

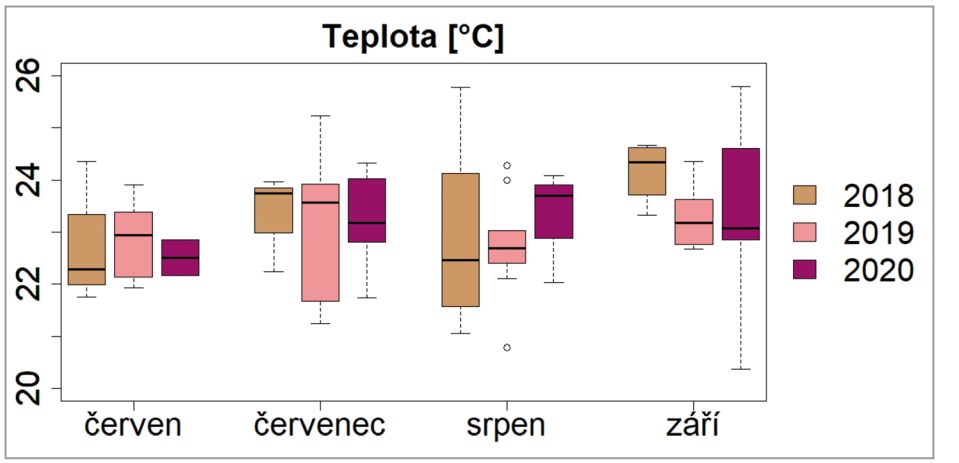


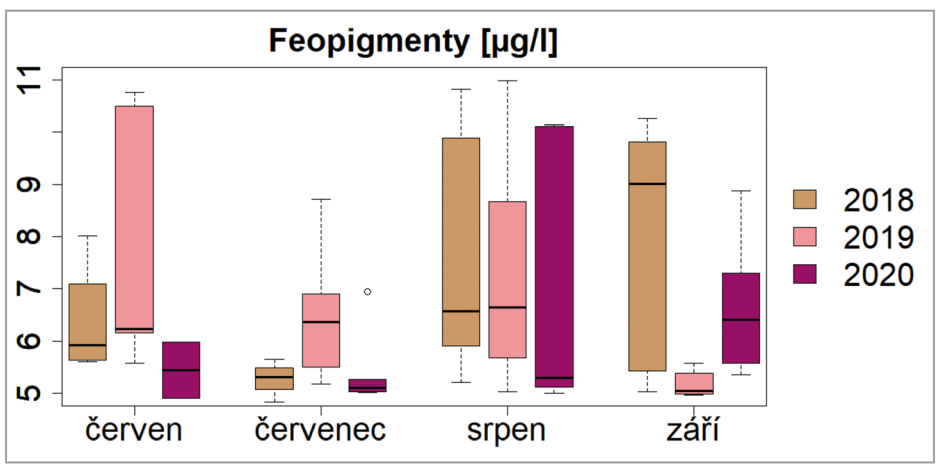
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

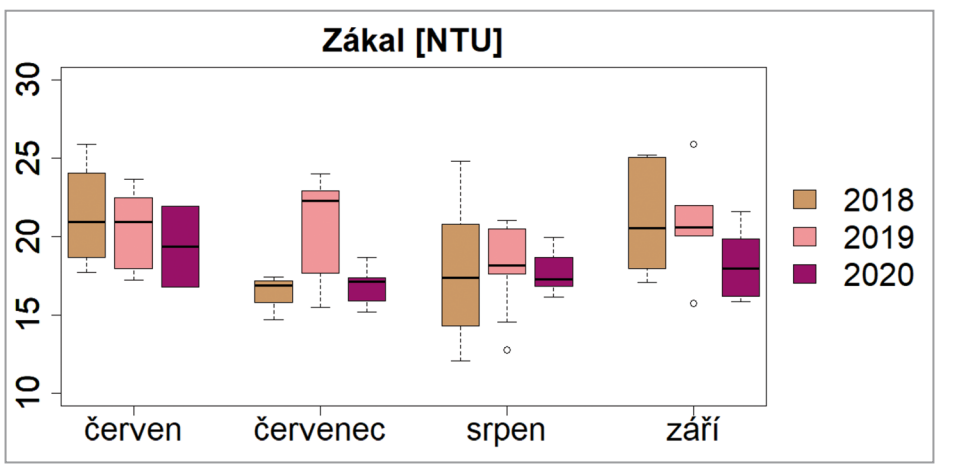








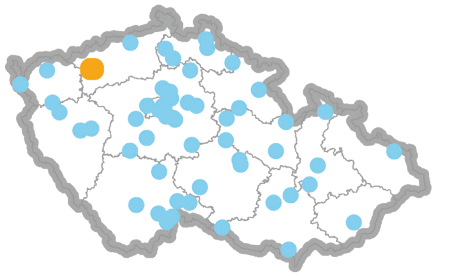




Shrnutí:

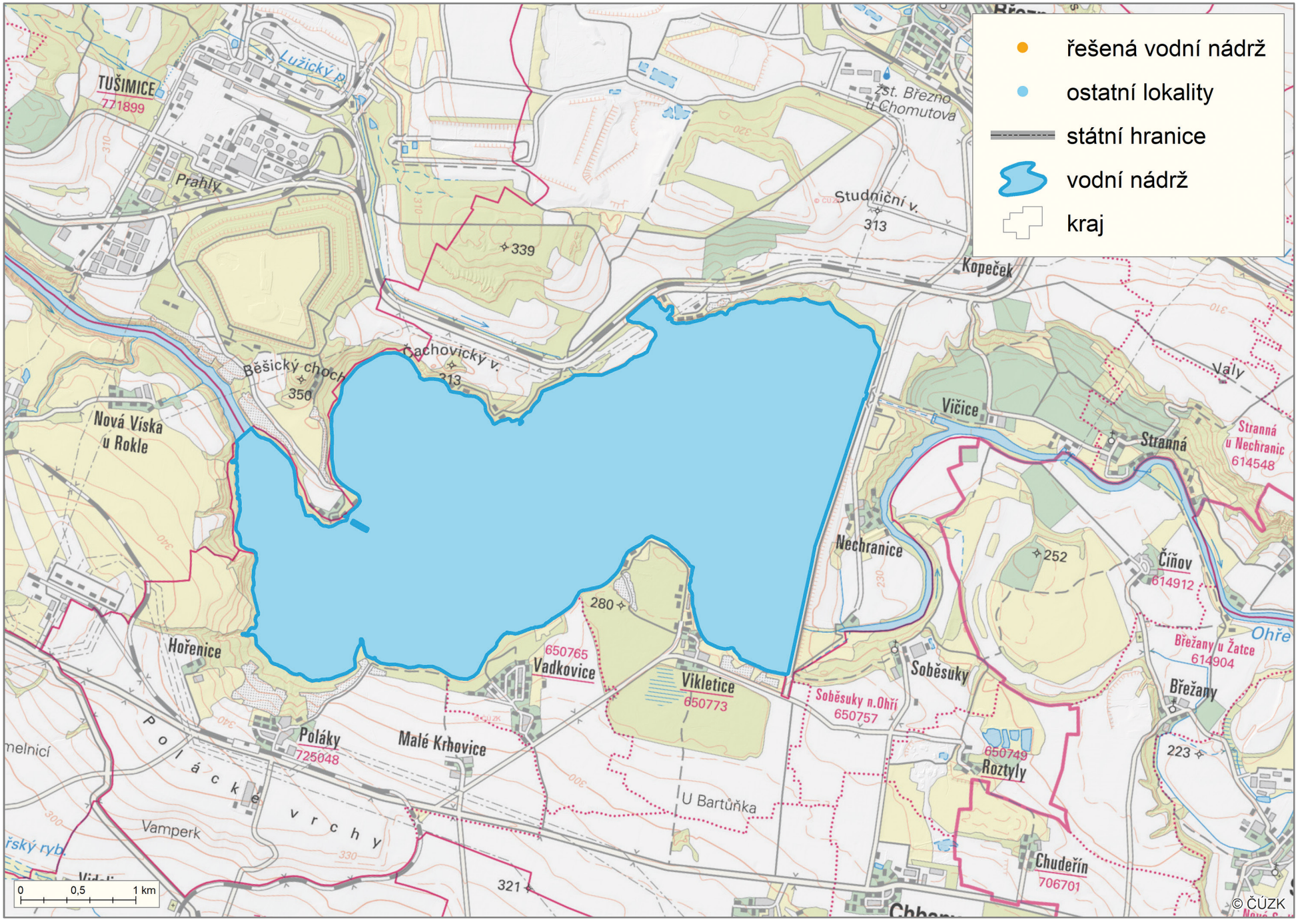
O lokalitě nejsou v současné době k dispozici žádná dostupná data z pozemního sledování, pouze neurčitá vyjádření místních obyvatel o dobré kvalitě vody [23]. Jedná se tedy pravděpodobně o čistou, fytoplanktonem nepříliš oživenou pískovnu. Výsledky získané pomocí dat z DPZ detekují hodnoty chlorofylu-*a* převážně mezi 20 a 30 µg/l, avšak vzhledem k chování zkonstruovaných modelů na podobných lokalitách lze očekávat, že tyto hodnoty jsou s největší pravděpodobností mírně nadhodnocené. Totéž platí i pro ukazatel sinic (tato problematika je popsána v kapitole Vyhodnocení a závěr v textové části). S ohledem na nízké oživení jsou poměrně vysoké rovněž modelované průměrné hodnoty pro ukazatel zákalu (cca 20 NTU), které však mohou být ovlivněny probíhající těžbou.

NECHRANICE

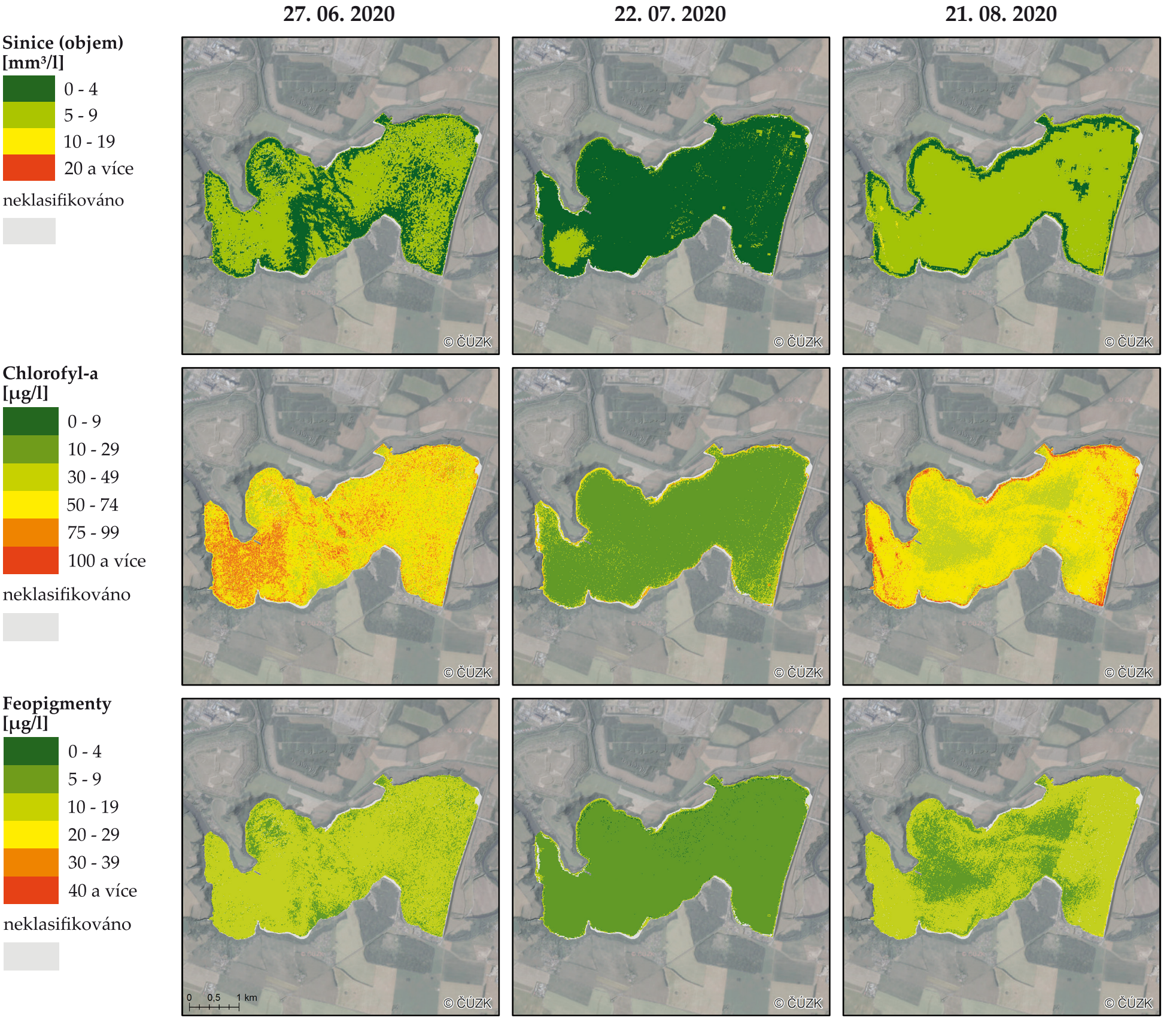


Vodní tok: Ohře
Kraj: Ústecký

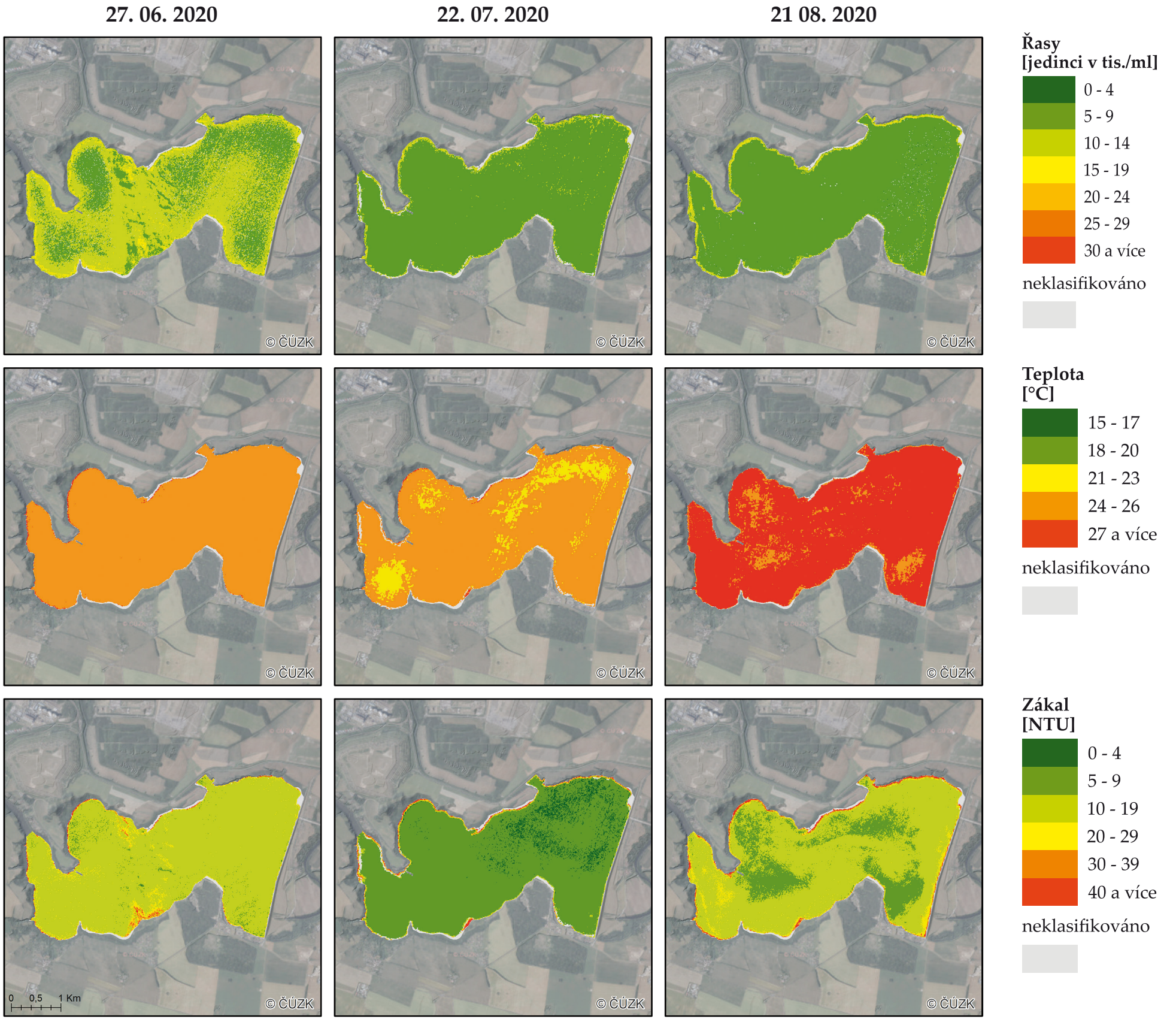
Vodní nádrž Nechranice je rozlohou 1338 ha pátou největší přehradní nádrží v ČR. Byla vybudována na řece Ohři v letech 1961 až 1968 především jako zdroj vody pro tepelnou elektrárnu v Tušimicích [24]. Využívána je také k rekreaci. Jsou na ní situována dvě místa zařazená do Seznamu koupacích vod - Kemp u hráze (ležící u hráze, jak název napovídá) a Tušimice, které leží poměrně blízko přítoku. Vstup do vody je z malých písčitých nebo kamenitých pláží. Vzhledem ke tvaru nádrže je lokalita vhodná pro vodní sporty např. windsurfing, jachting a vodní skútry. Provozován je zde také rekreační rybolov [25].



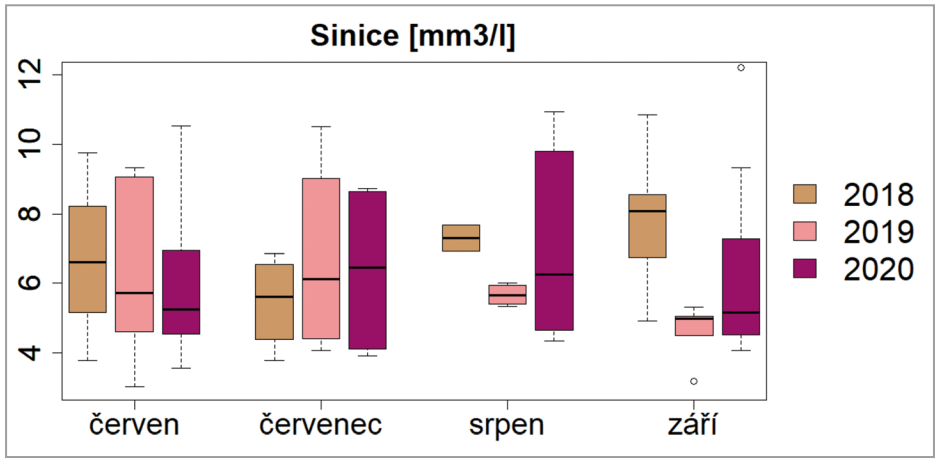
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

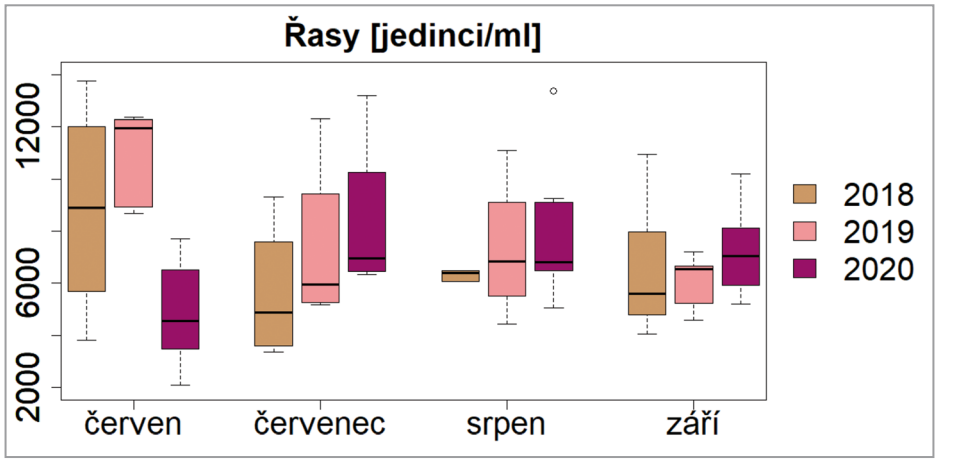


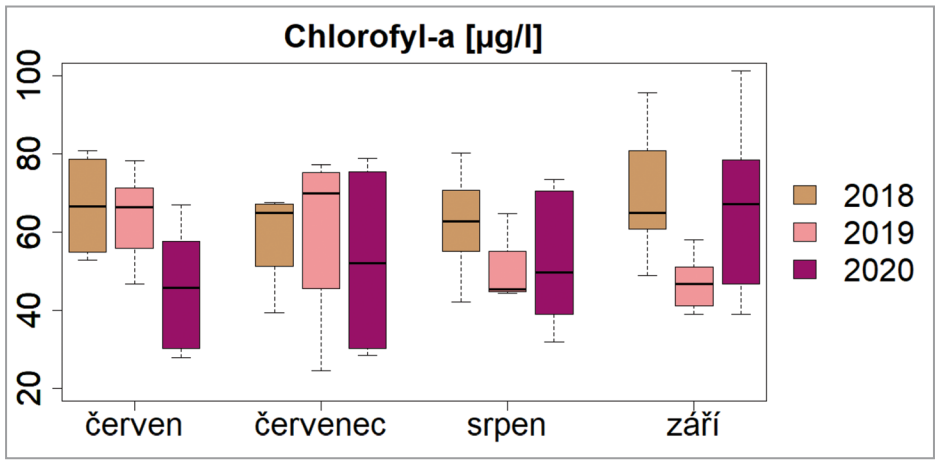
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

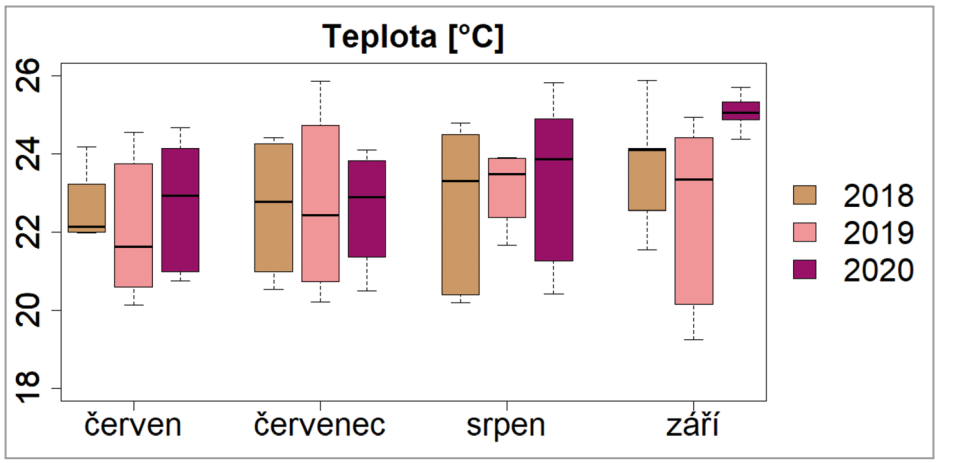


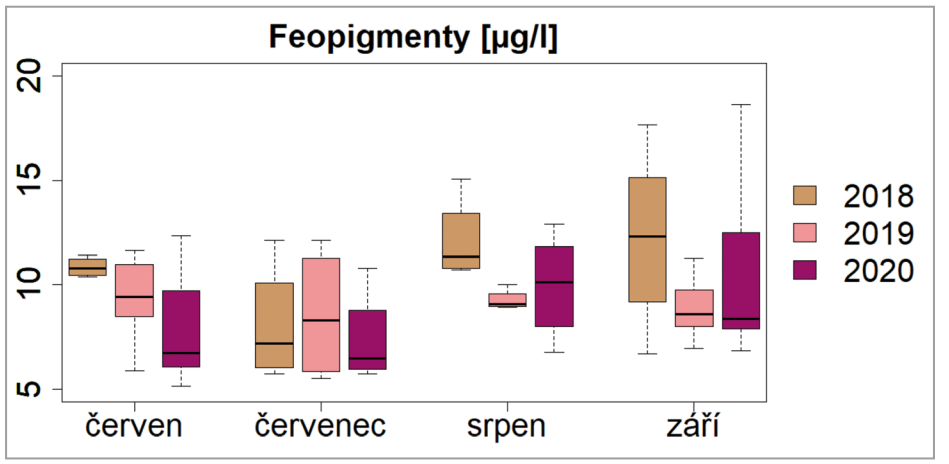
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

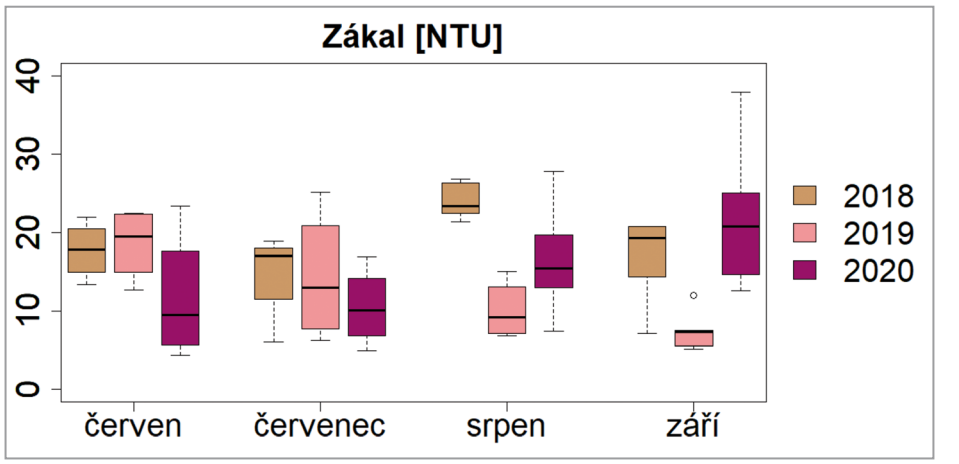








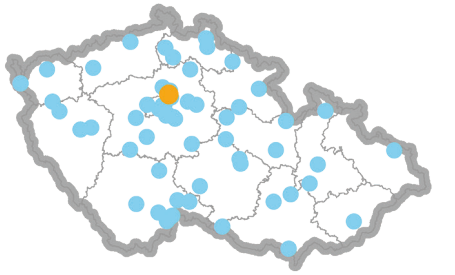




Shrnutí:

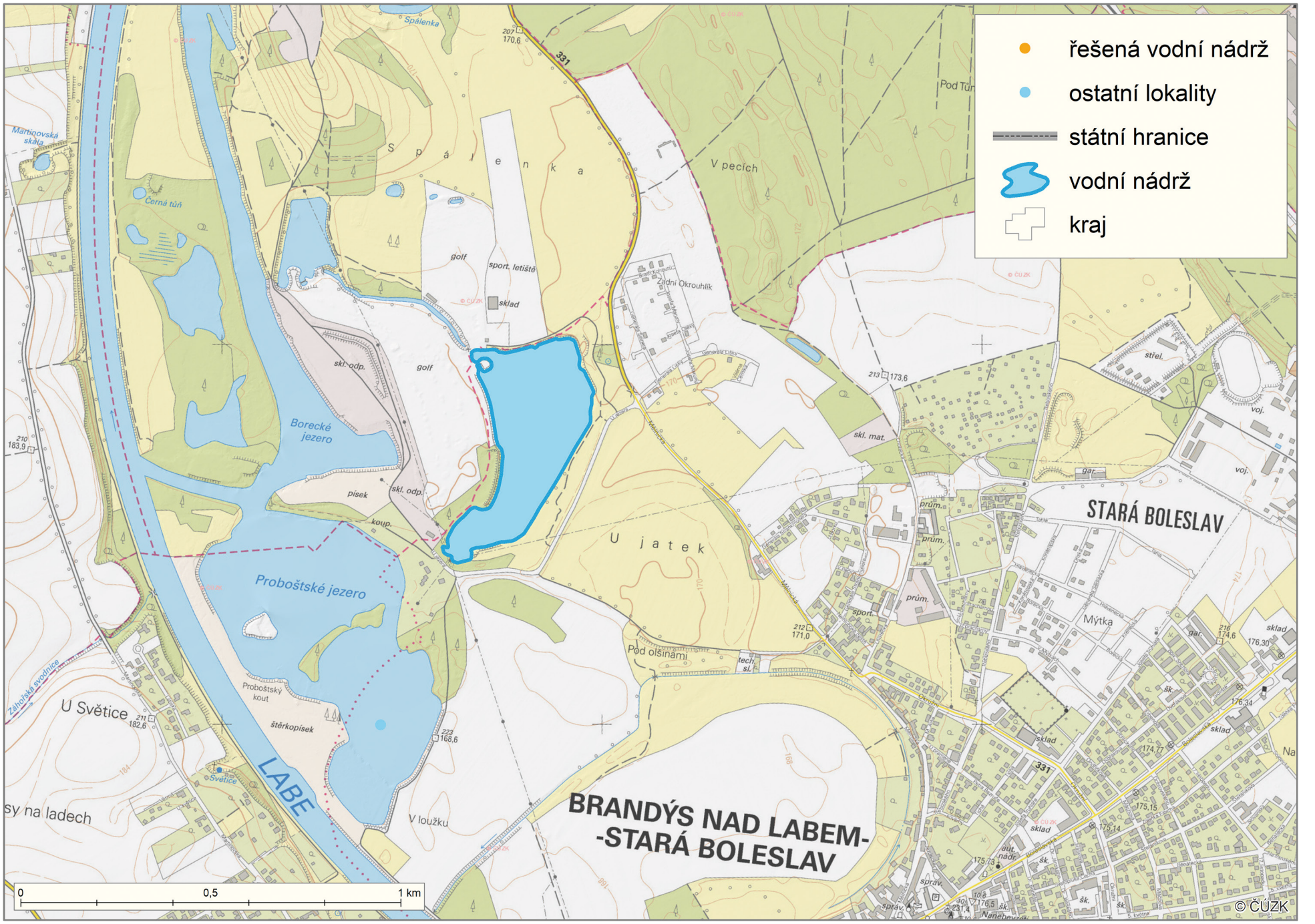
Koncentrace chlorofylu-*a* naměřené při pozemním sledování se na nádrži pohybují od jednotek po stovky µg/l. Většinou jsou však naměřeny hodnoty v řádech desítek µg/l. Vysoké hodnoty objevující se ke konci koupací sezóny, způsobují sinice, které vytvářejí příhladinové vodní květy. Na rozdíl od korytovitých nádrží není v hodnotách příliš patrný rozdíl mezi místem u přítoku a místem u hráze. Výsledky získané z dat z DPZ však budí dojem nižší variability hodnot ukazatele chlorofyl-*a* a nabývají vyšších hodnot než záznamy z terénních šetření. To se týká také nálezů sinic, které jsou především na počátku koupací sezóny v datech z DPZ oproti terénním datům výrazně nadhodnoceny.

OČKO

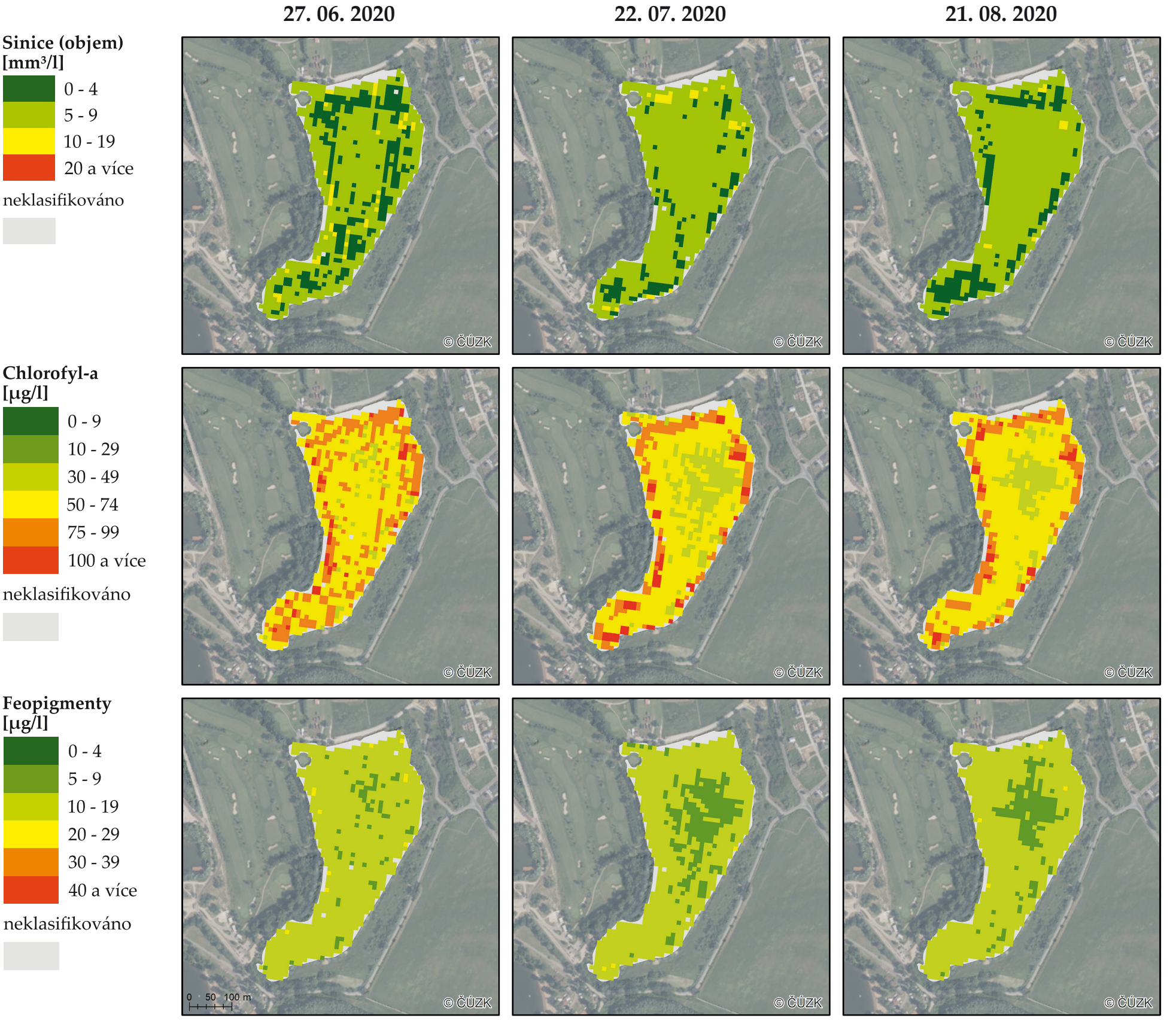


Vodní tok: bez názvu
Kraj: Středočeský

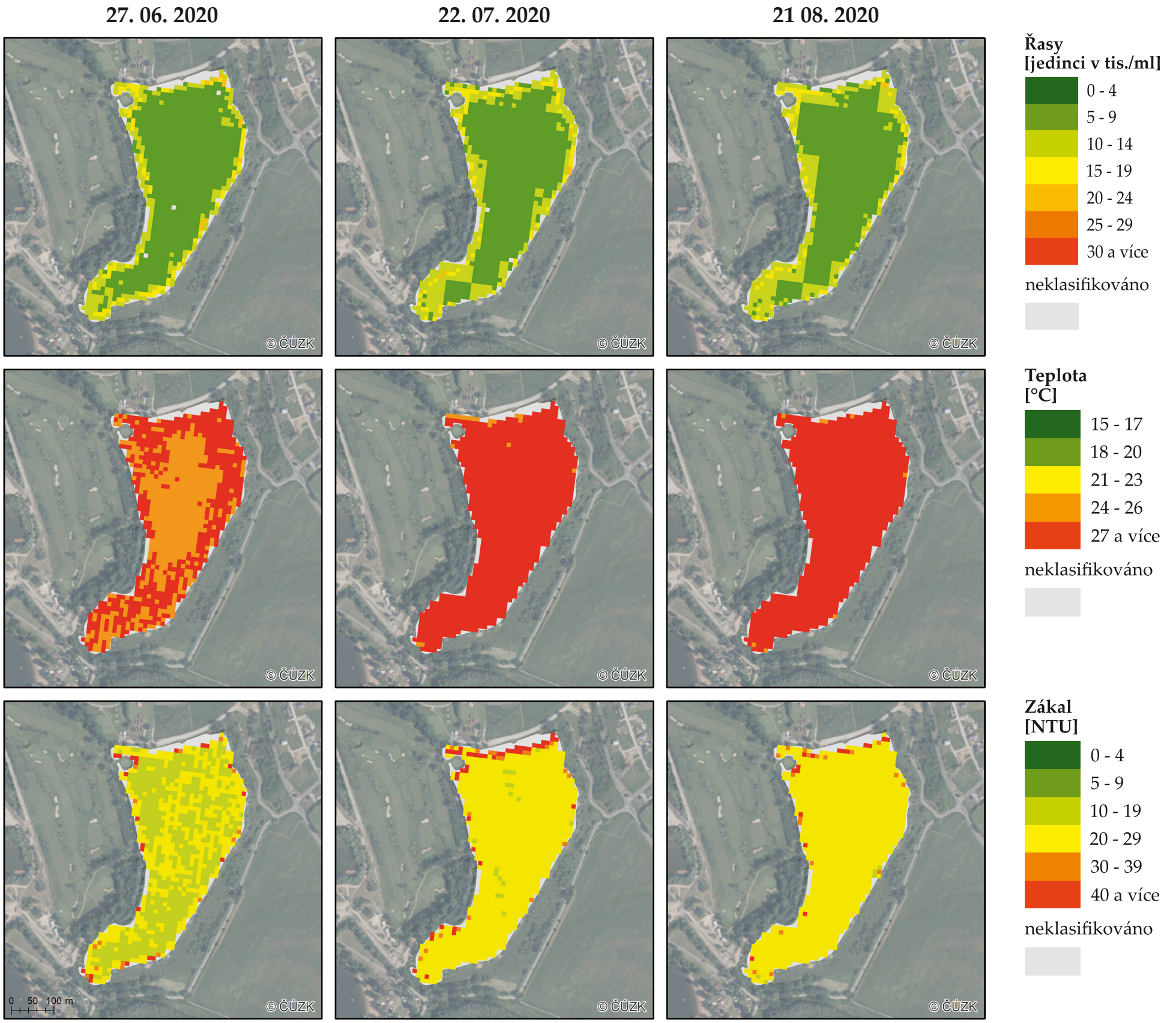
Jedná se o nádrž vzniklou po těžbě štěrkopísku cca 150 m severovýchodně od Proboštských jezer, která je využívána převážně pro rekreační rybolov (především na východním břehu). Koupání je spíše sporadické mimo jiné z důvodu malé průhlednosti způsobené jednak fytoplanktonem, ve kterém dominují tenké vláknité sinice, a rovněž anorganickými částicemi z jílovitého podloží. Barva vody je obvykle žlutá či žlutozelená. Mezi modelové lokality v rámci projektu byla tato nádrž zařazena právě díky místně specifické kvalitě vody.



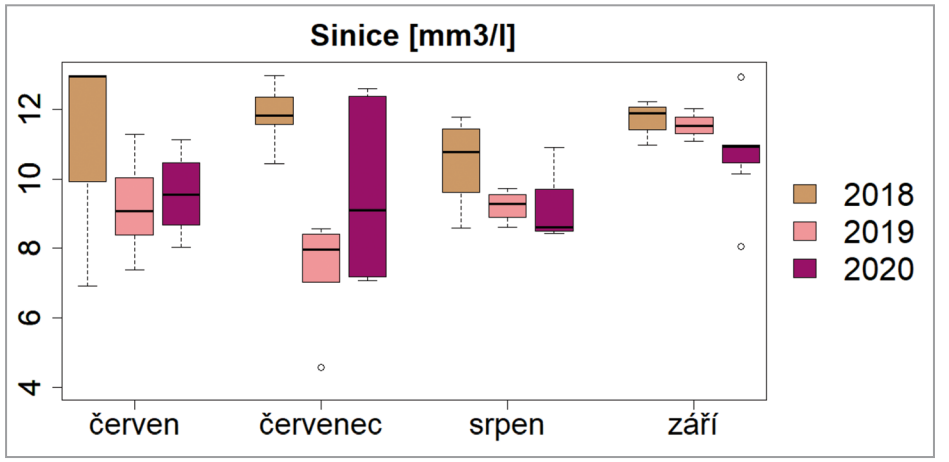
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

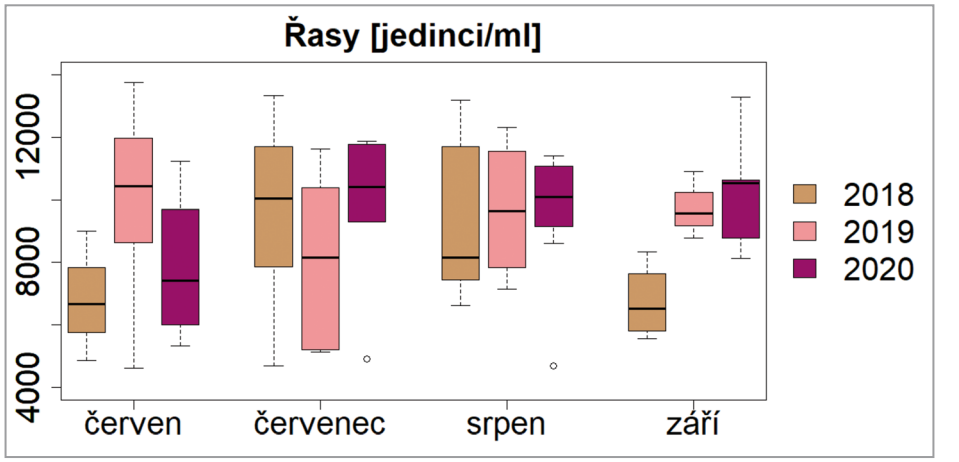


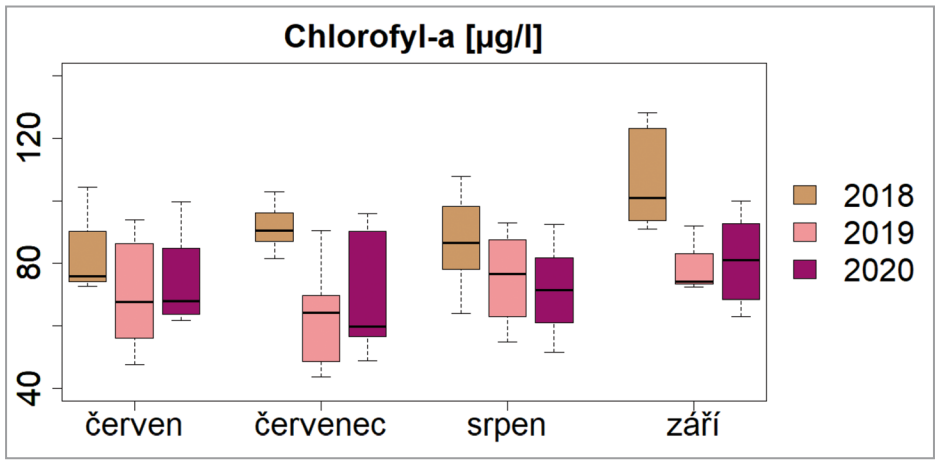
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

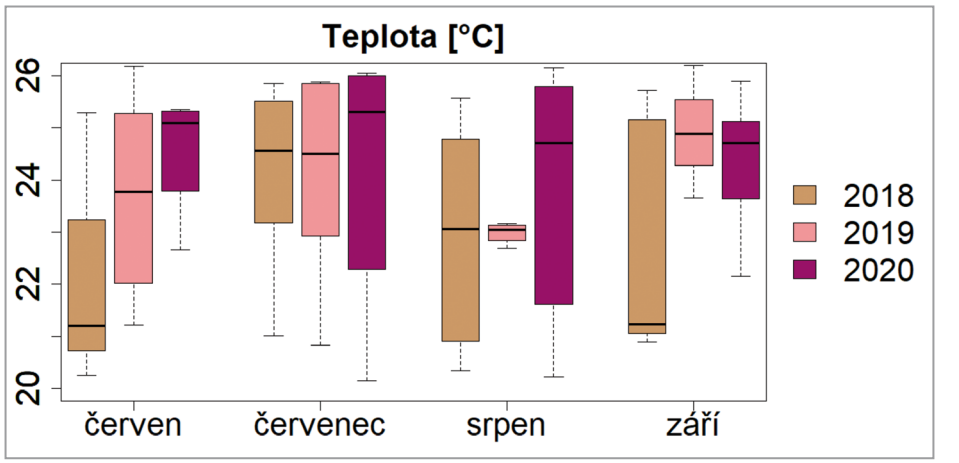


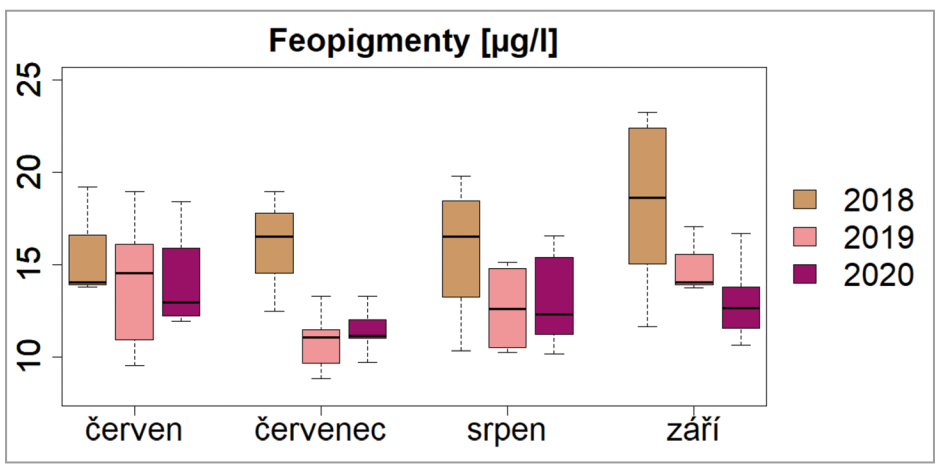
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

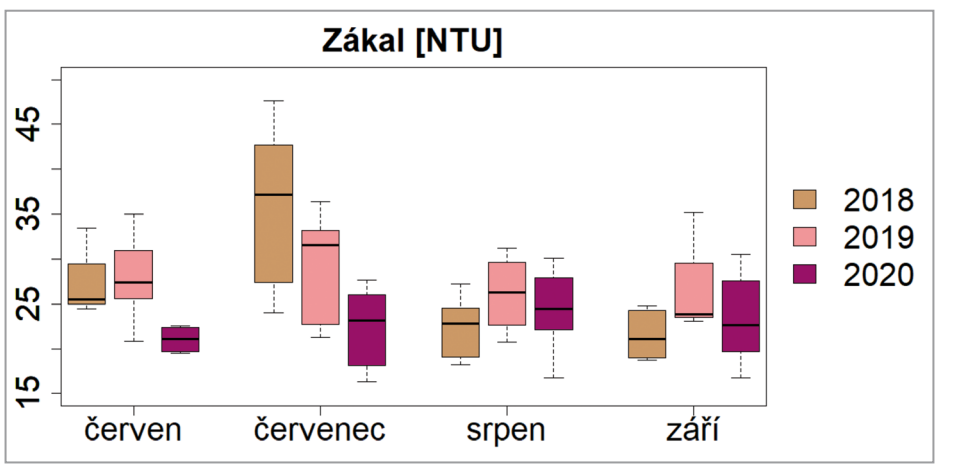








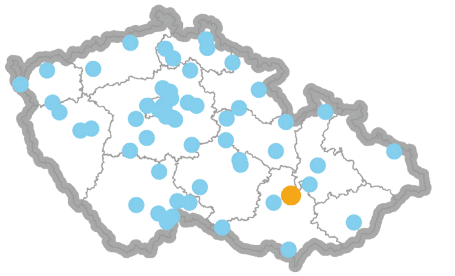




Shrnutí:

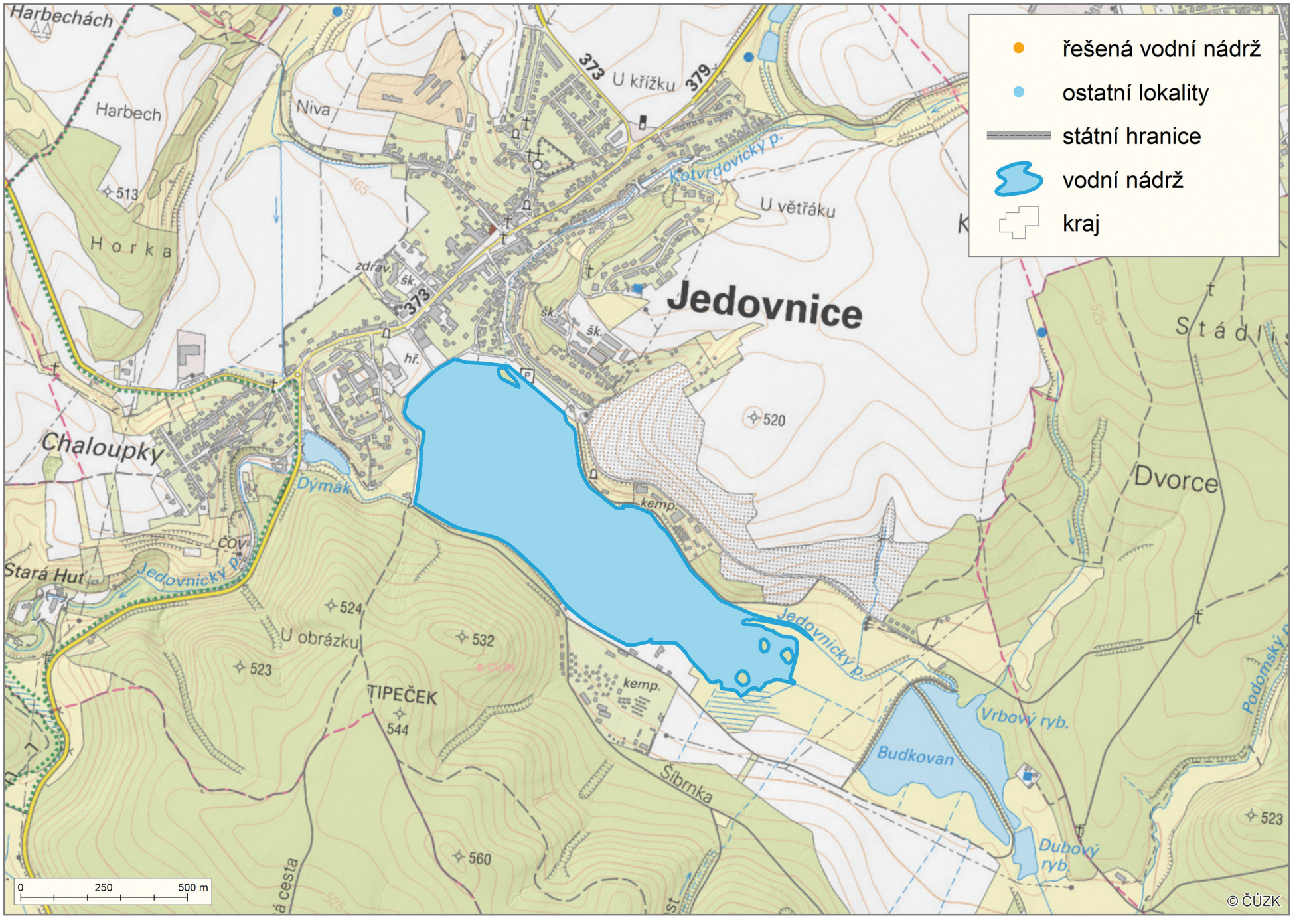
Tato lokalita je využívána především rybáři, výsledky tak nejsou významné z hlediska koupání. Jsou však zajímavé z metodického pohledu, protože jsou zde velmi vysoké hodnoty zákalu z velké části anorganického původu (obvykle 20 – 30 NTU). Ten je rovněž patrný z výsledků dat z DPZ. Ve fytoplanktonu dominují po celou sezónu tenké vláknité sinice v hodnotách vyšších desítek µg/l, což je také v dobré shodě s daty z DPZ. Výsledky laboratorního rozboru sinic jsou ve srovnání s daty z DPZ vyšší, což však může být způsobeno i tím, že laboratorní stanovení tenkých vláknitých sinic je problematické a může při něm docházet k nadhodnocení skutečného stavu.

OLŠOVEC

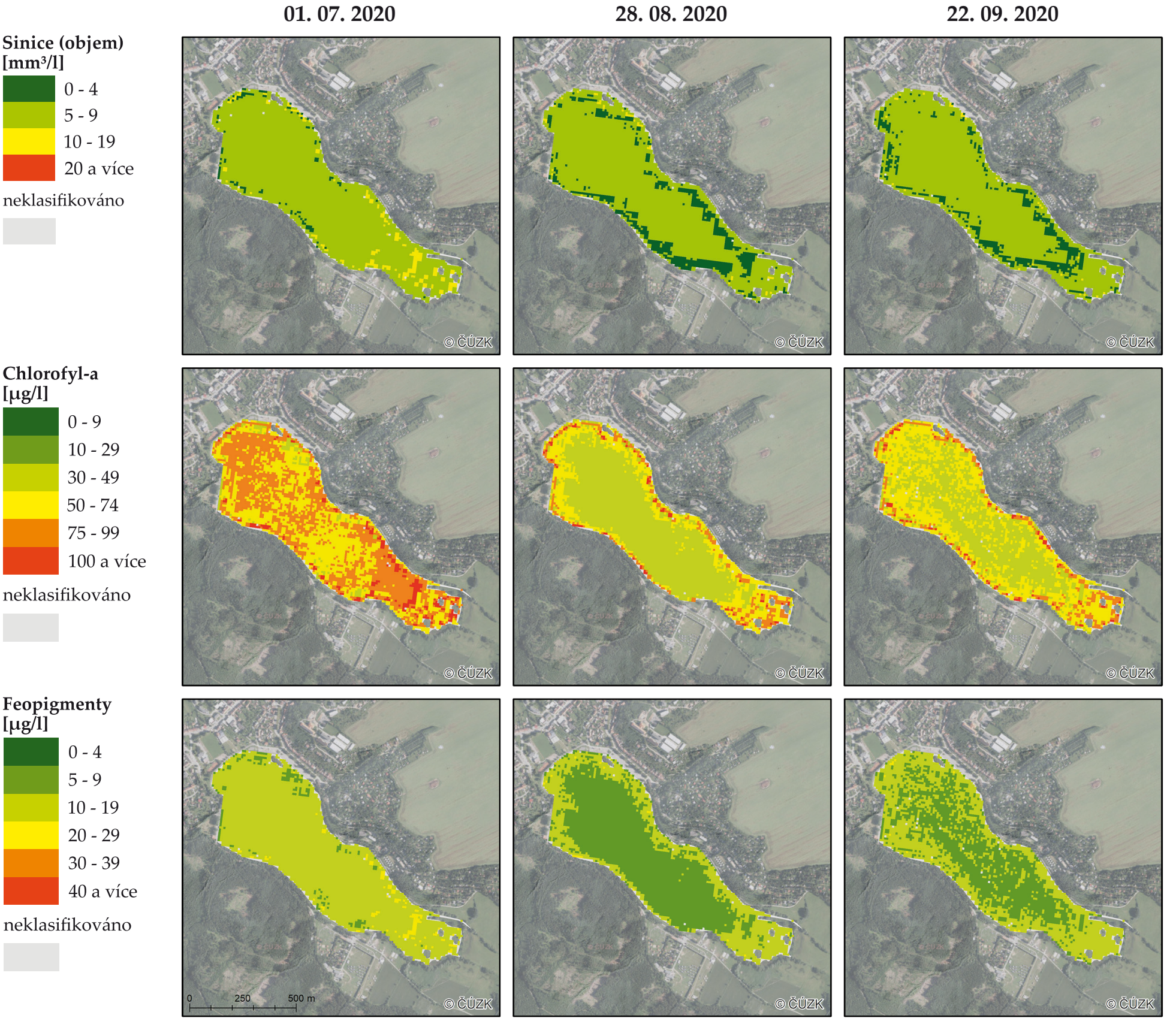


Vodní tok: Jedovnický potok
Kraj: Jihomoravský

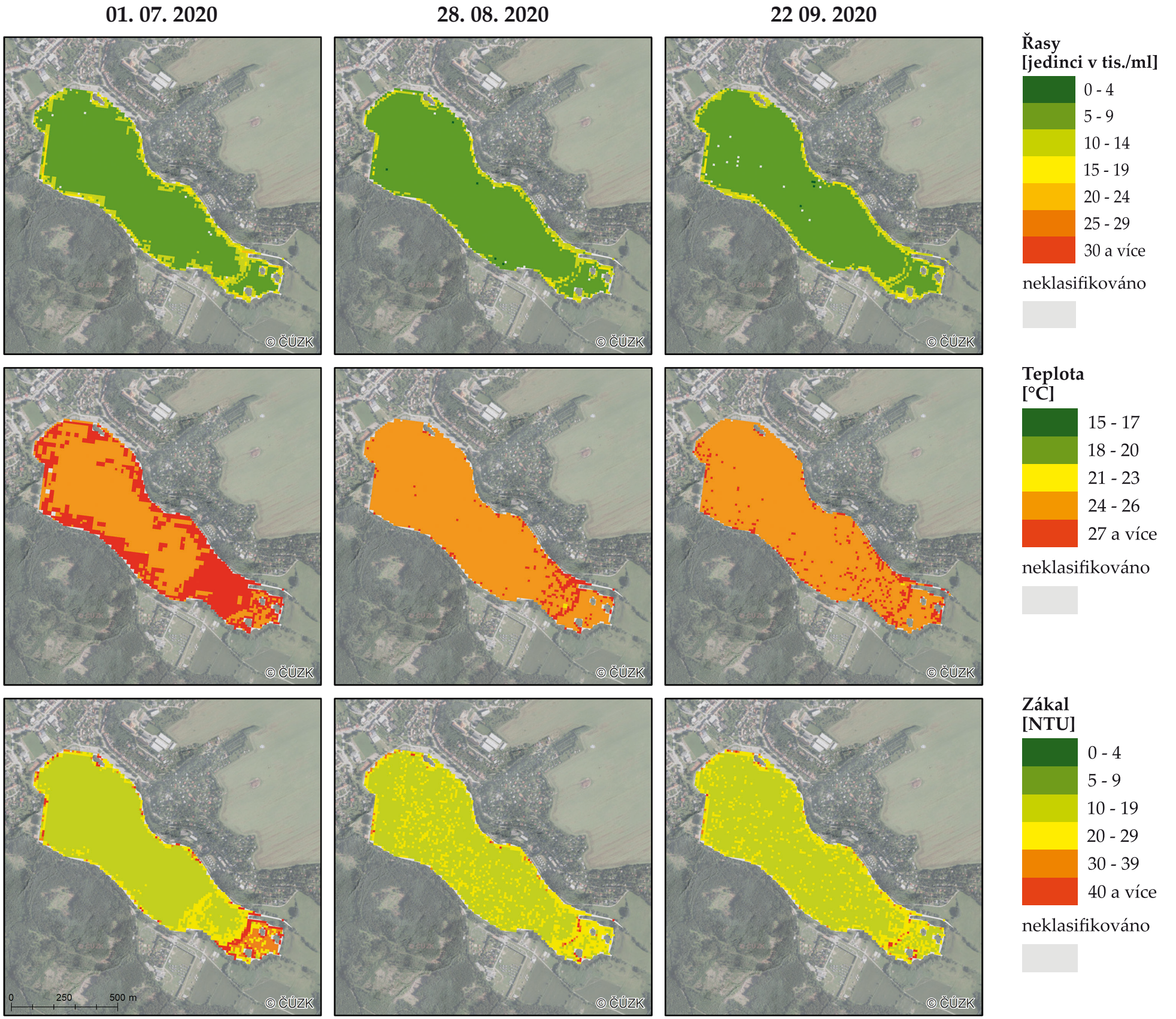
Olšovec je rybník o rozloze 42 ha nacházející se v jihomoravském městysu Jedovnice [26]. Až do roku 2013 byla tato lokalita součástí Seznamu koupacích vod. Díky špatné kvalitě vody, a tím pádem i poklesu rekreačního využití, byla ze Seznamu vyřazena. Vyřazení z těchto důvodů však bývá vždy diskutabilní. Navíc u Olšovce je argumentem proti vyřazení také to, že na břehu nádrže se nacházejí dva kempy a v okolí jsou další možnosti ubytování - Moravský kras, který je vysoce turisticky atraktivní. Je zde také nabídka vodních rekreačních aktivit jako jsou wakeboarding, paddleboarding aj. Rybník je využíván rovněž k rekreačnímu rybolovu [26].



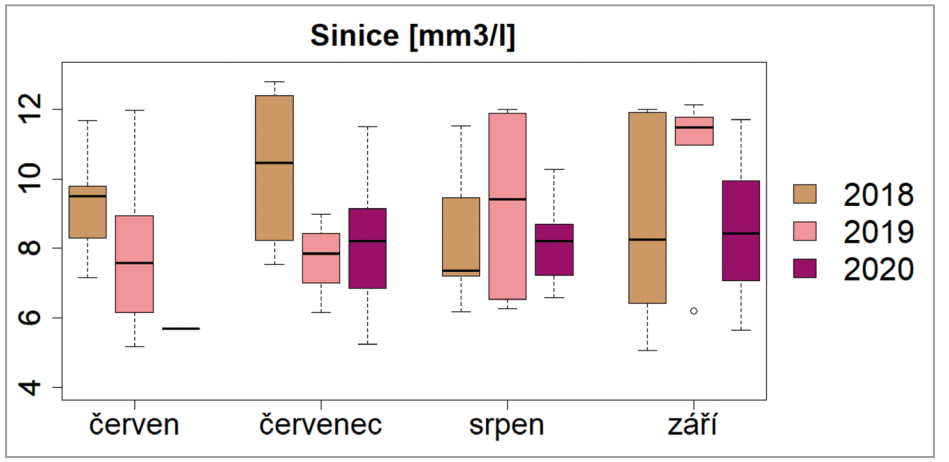
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

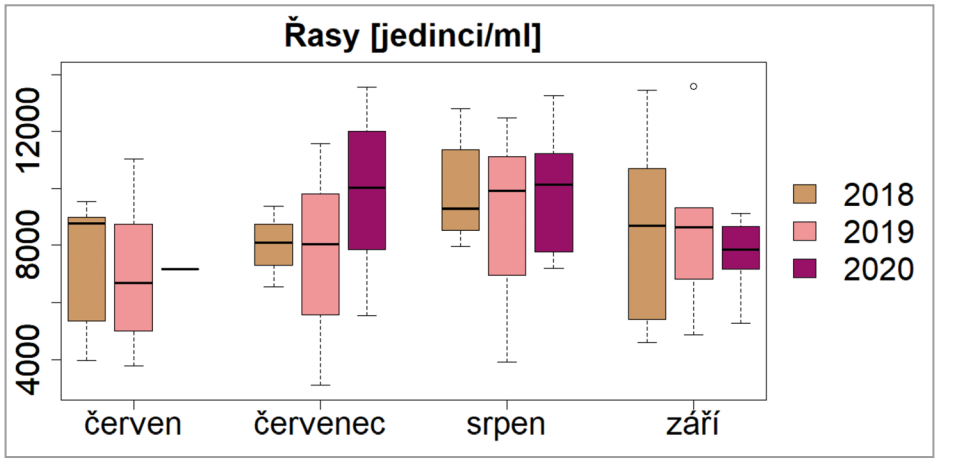


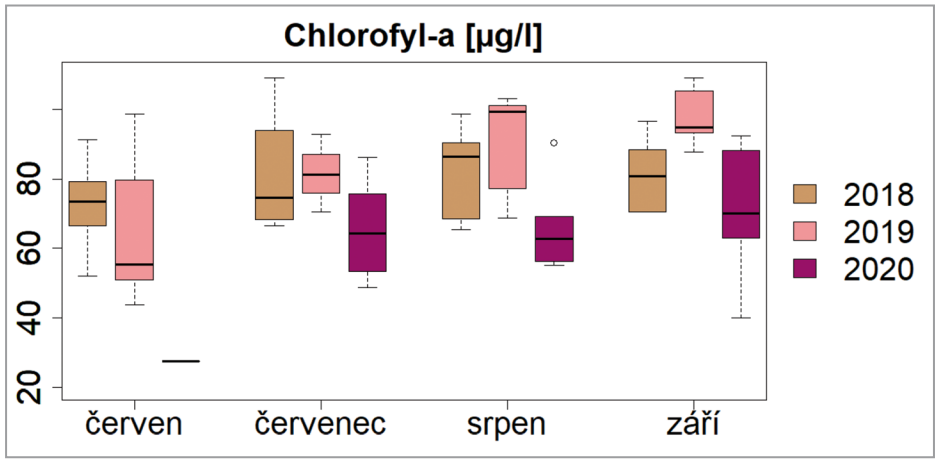
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

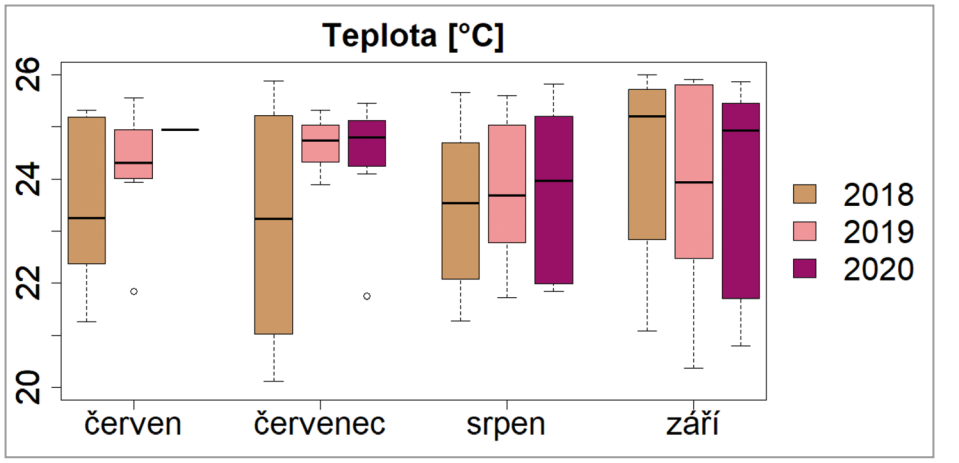


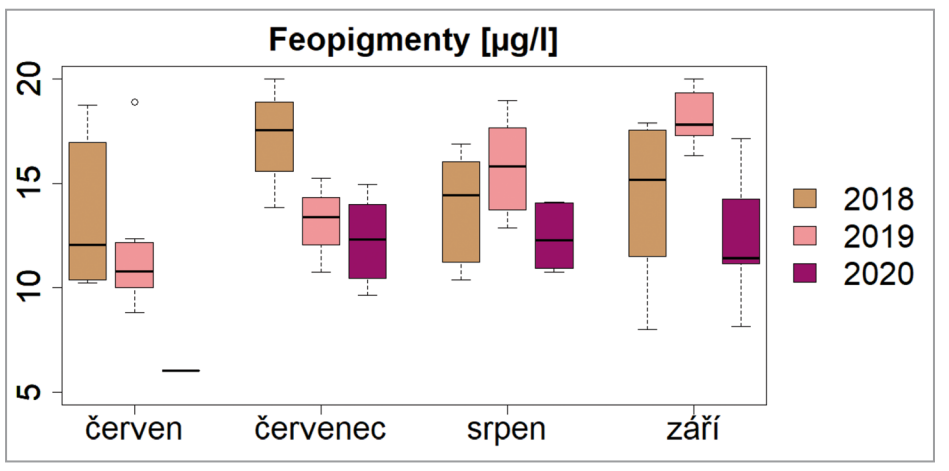
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

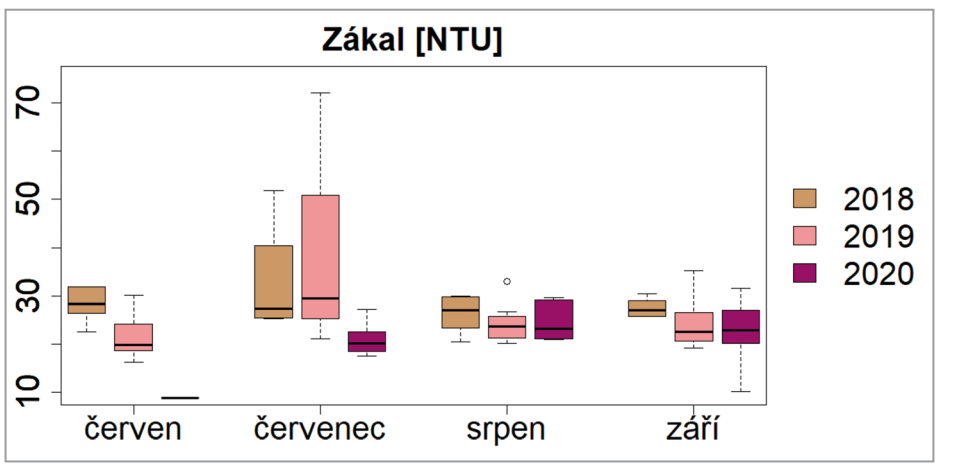








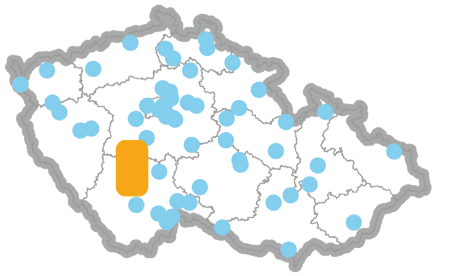




Shrnutí:

O kvalitě vody vodní nádrže Olšovec ve sledovaných koupacích sezónách 2018 až 2020 nejsou k dispozici žádné údaje s pozemního monitoringu. V některých sezónách se před jeho vyřazením ze Seznamu koncentrace chlorofylu-*a* pohybovaly až v úrovni stovek µg/l. Nejvyšší zaznamenaná hodnota byla 500 µg/l z července roku 2013. Výsledky získané pomocí dat z DPZ dosahovaly vyšších desítek µg/l a příležitostně překračovaly 100 µg/l. V kombinaci s nálezy sinic by kvalita vody byla většinou hodnocena stupněm 3 - zhoršená jakost vody či 4 - voda nevhodná ke koupání.

ORLÍK

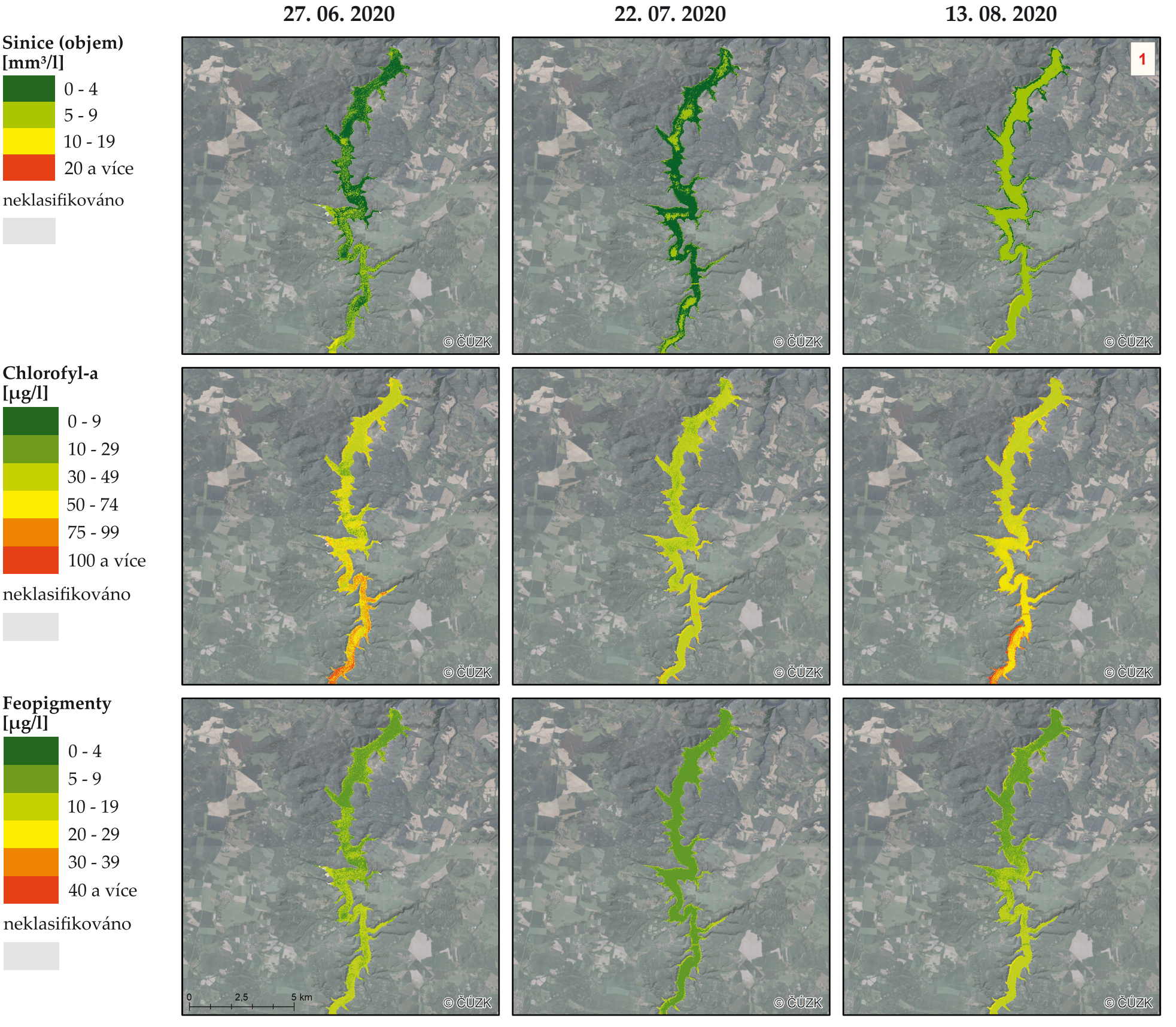


Vodní tok: Vltava
Kraj: Středočeský, Jihočeský

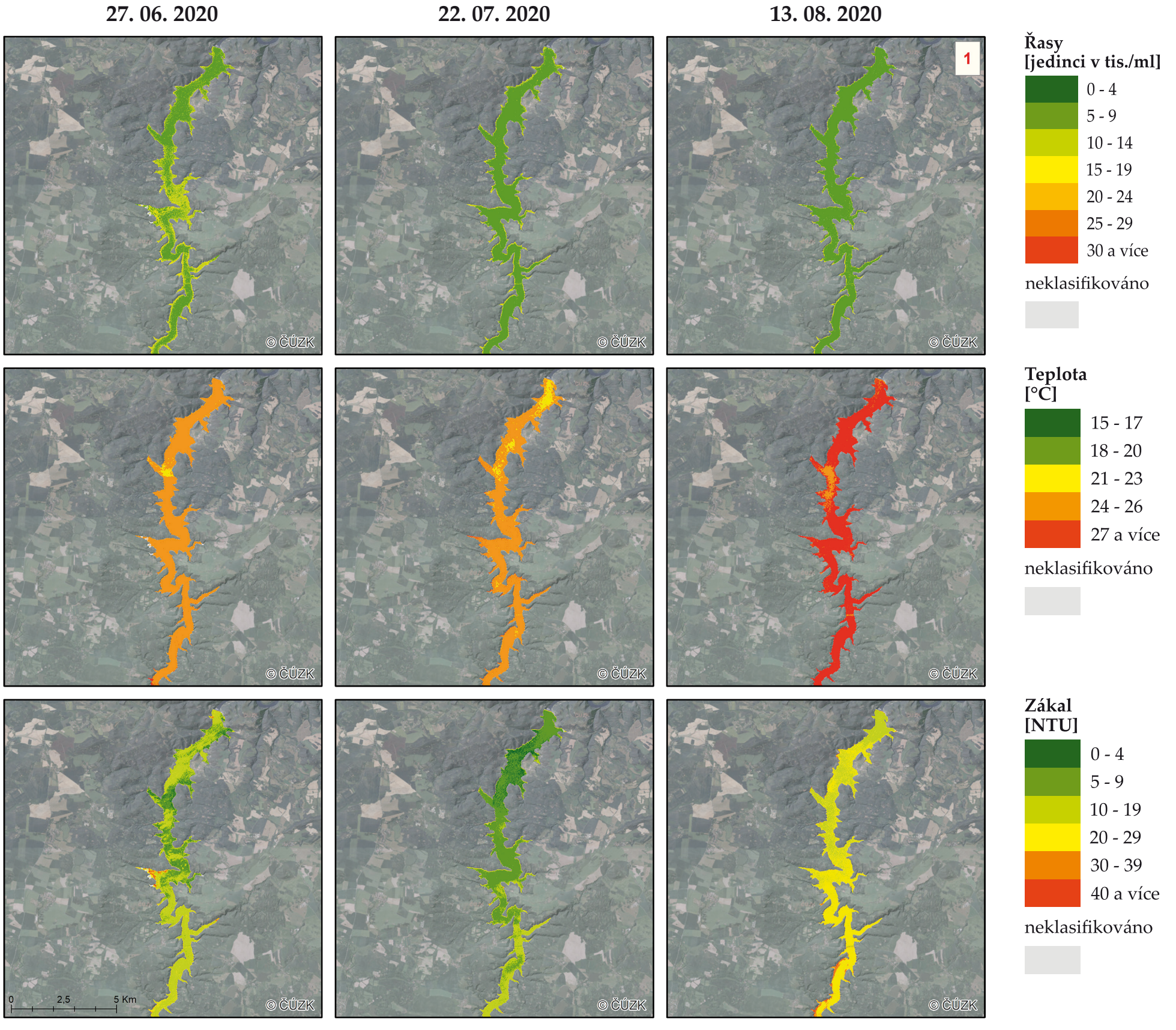
Nádrž Orlík byla budována na Vltavě v letech 1954 až 1961. Mezi přehradními nádržemi v ČR zaujímá první místo v objemu zadržené vody a druhé místo rozlohou, která činí 2545,5 ha [27]. U Zvíkova se do Vltavy vlévá řeka Otava, oba toky pak vytváří na nádrži dlouhá samostatná ramena. V okolí nádrže se nachází velký počet kempů, hotelů a dalších rekreačních objektů. Na nádrži je situováno šest míst zařazených v Seznamu koupacích vod. Koupání a další rekreační aktivity nejsou pochopitelně omezeny na oficiální koupací místa. Pět z míst zařazených v seznamu leží v dolní či střední části nádrže, jedno (Podolsko) v horní části, na Vltavském ramenu.



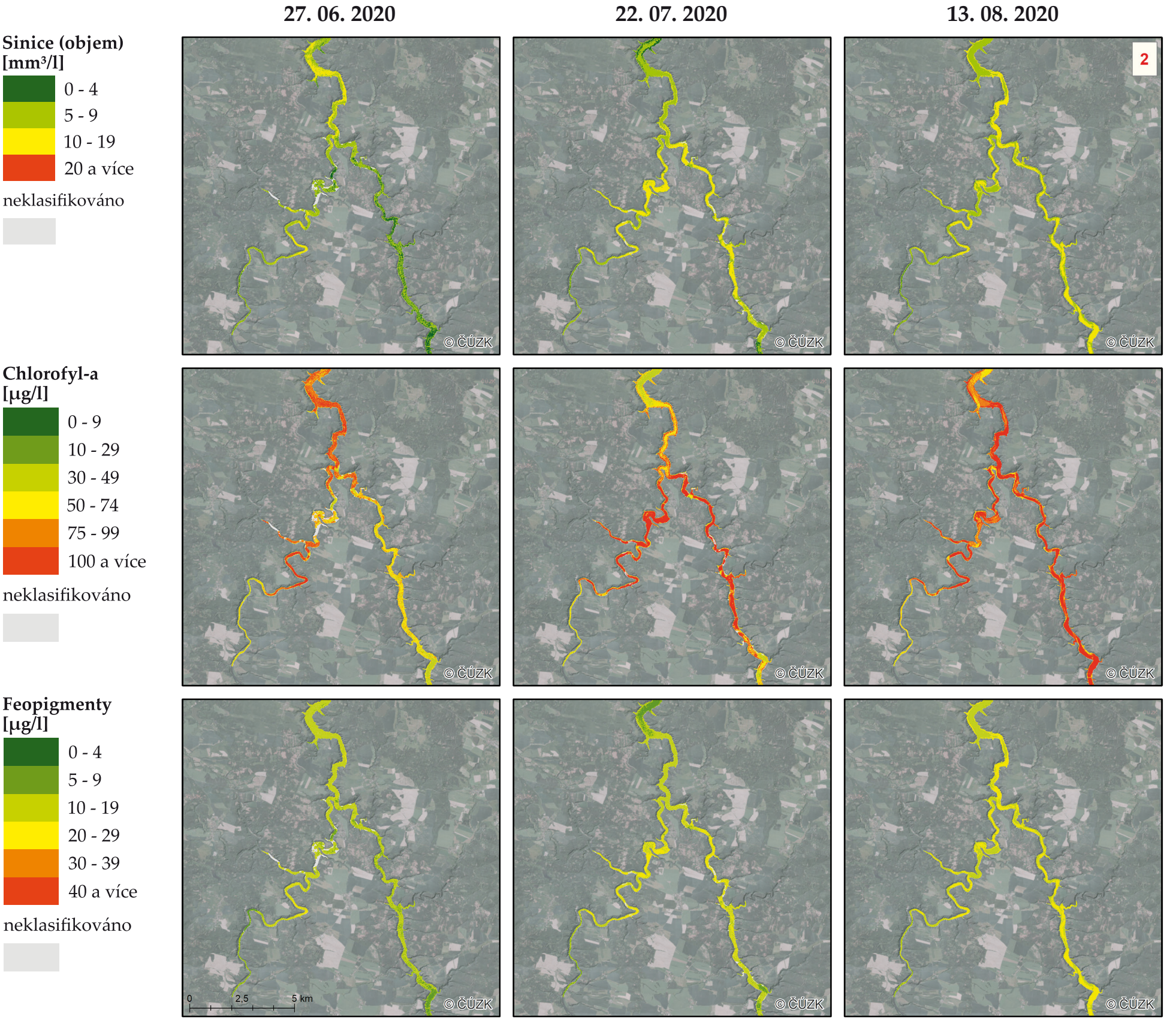
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod



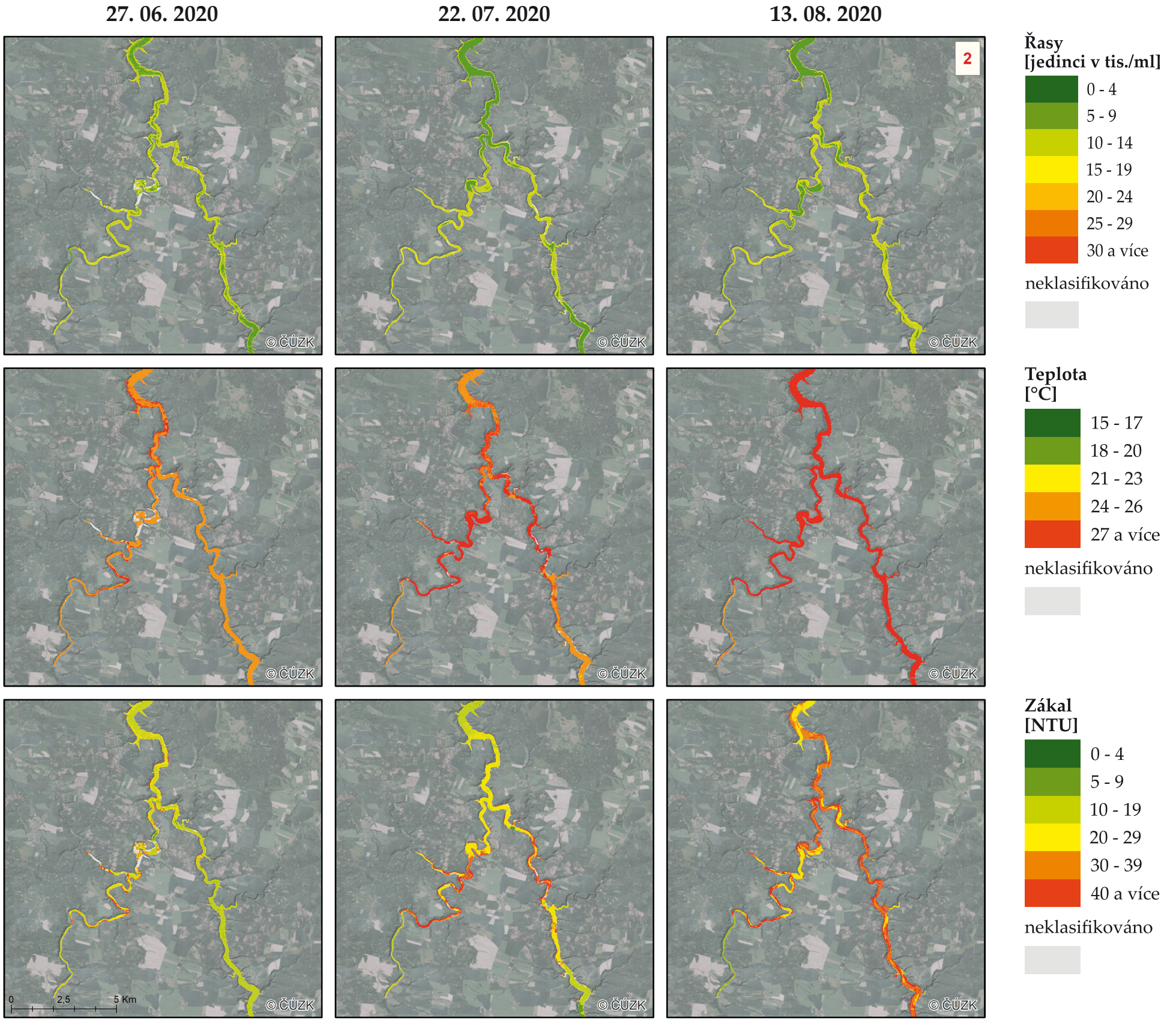
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod



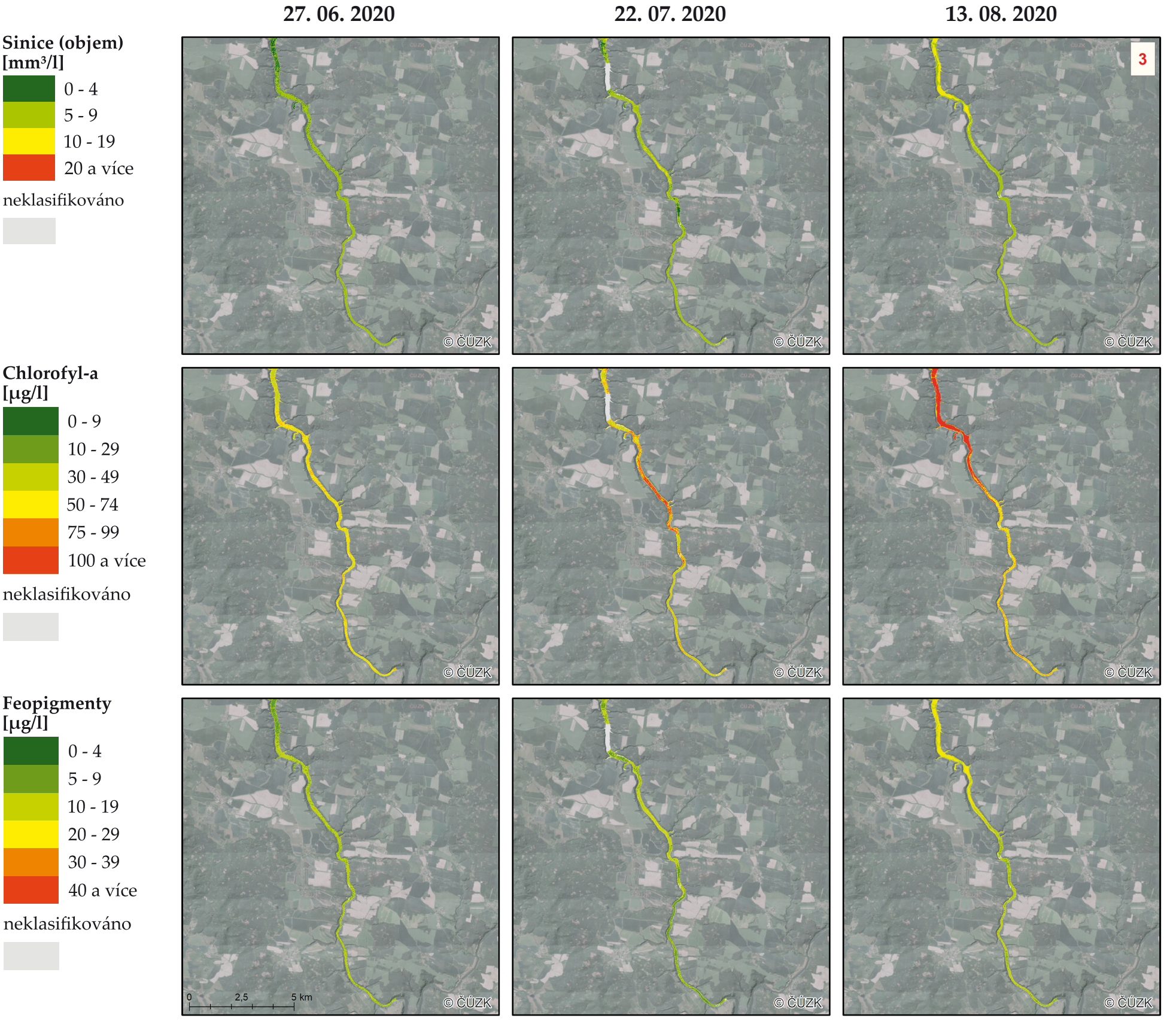
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod



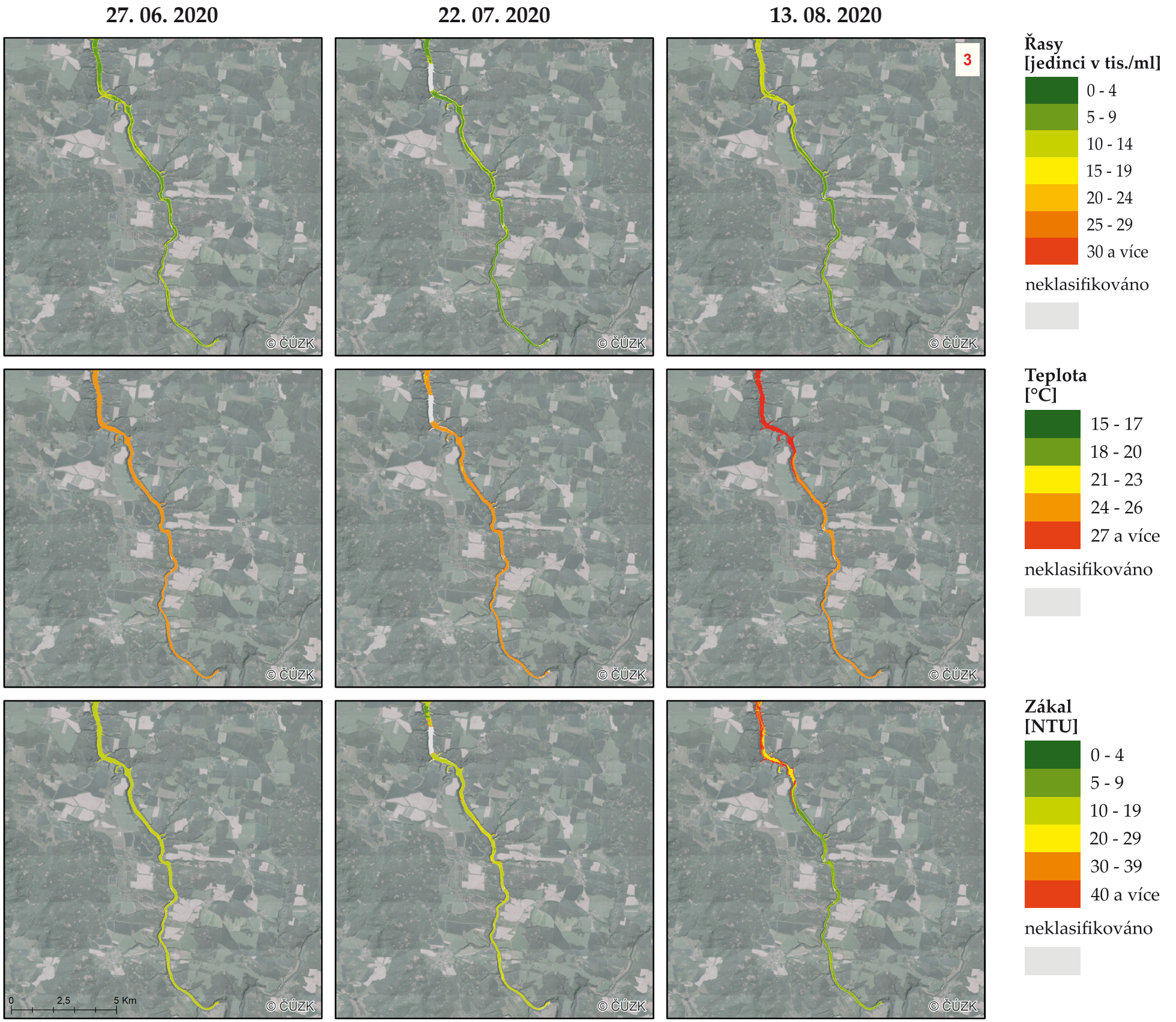
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod



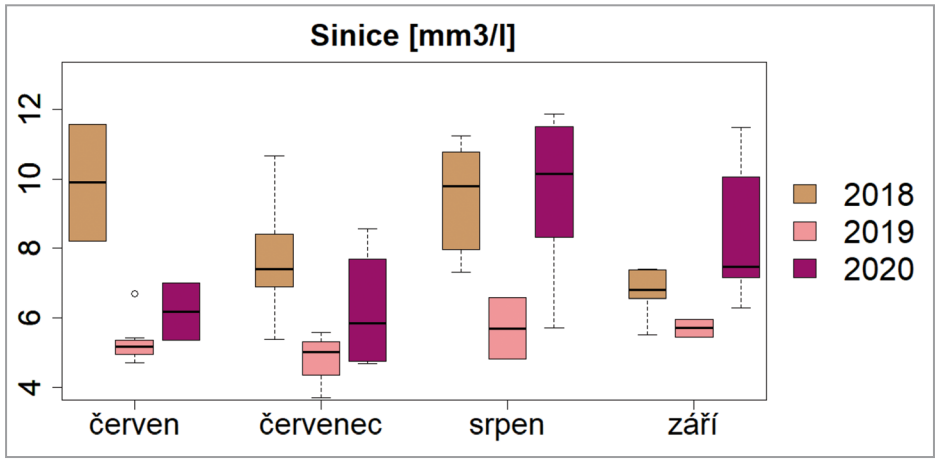
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

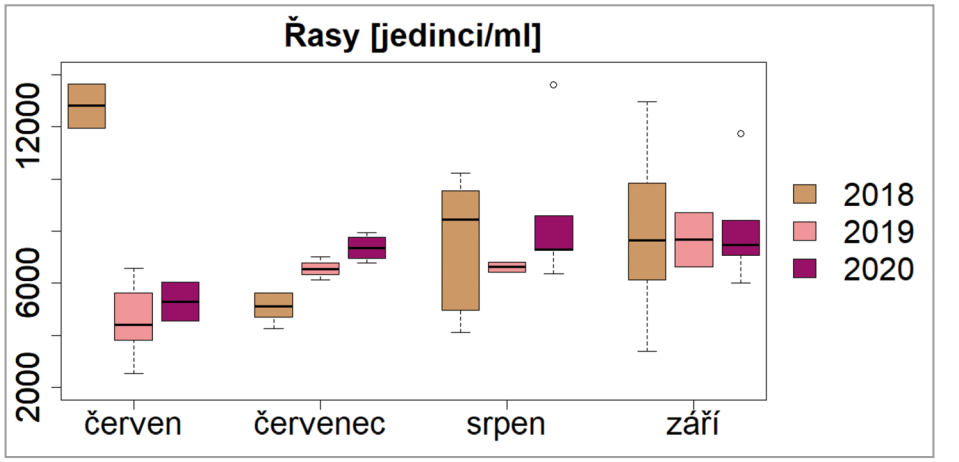


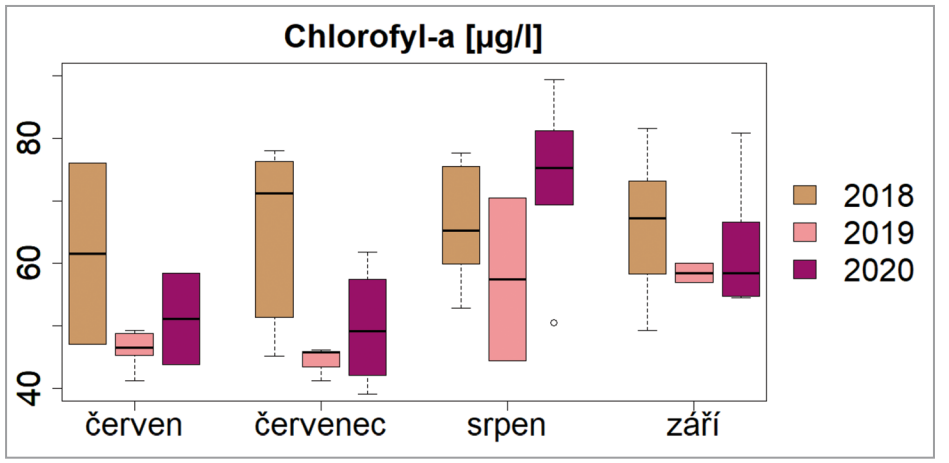
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

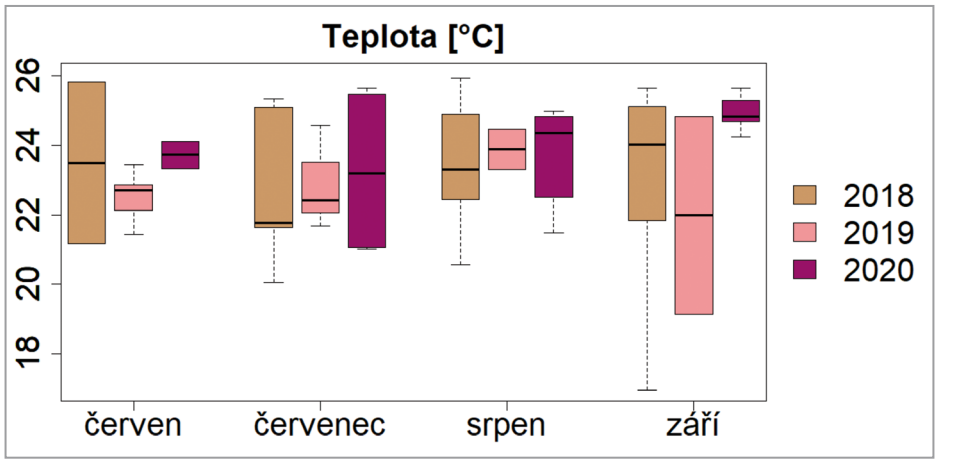


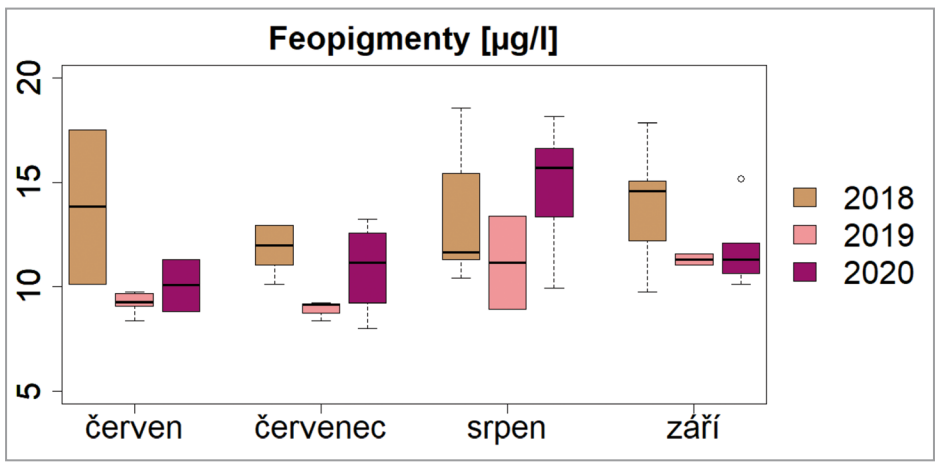
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

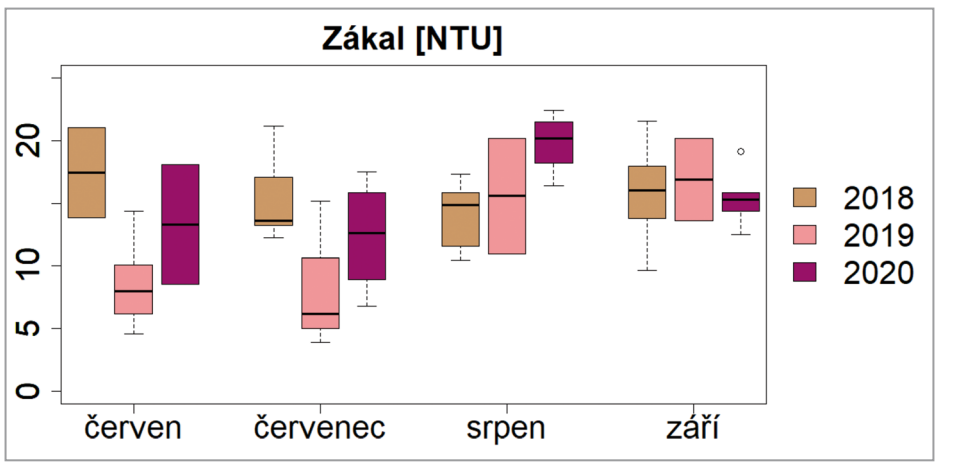










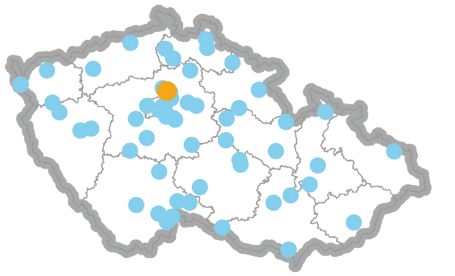


Shrnutí:

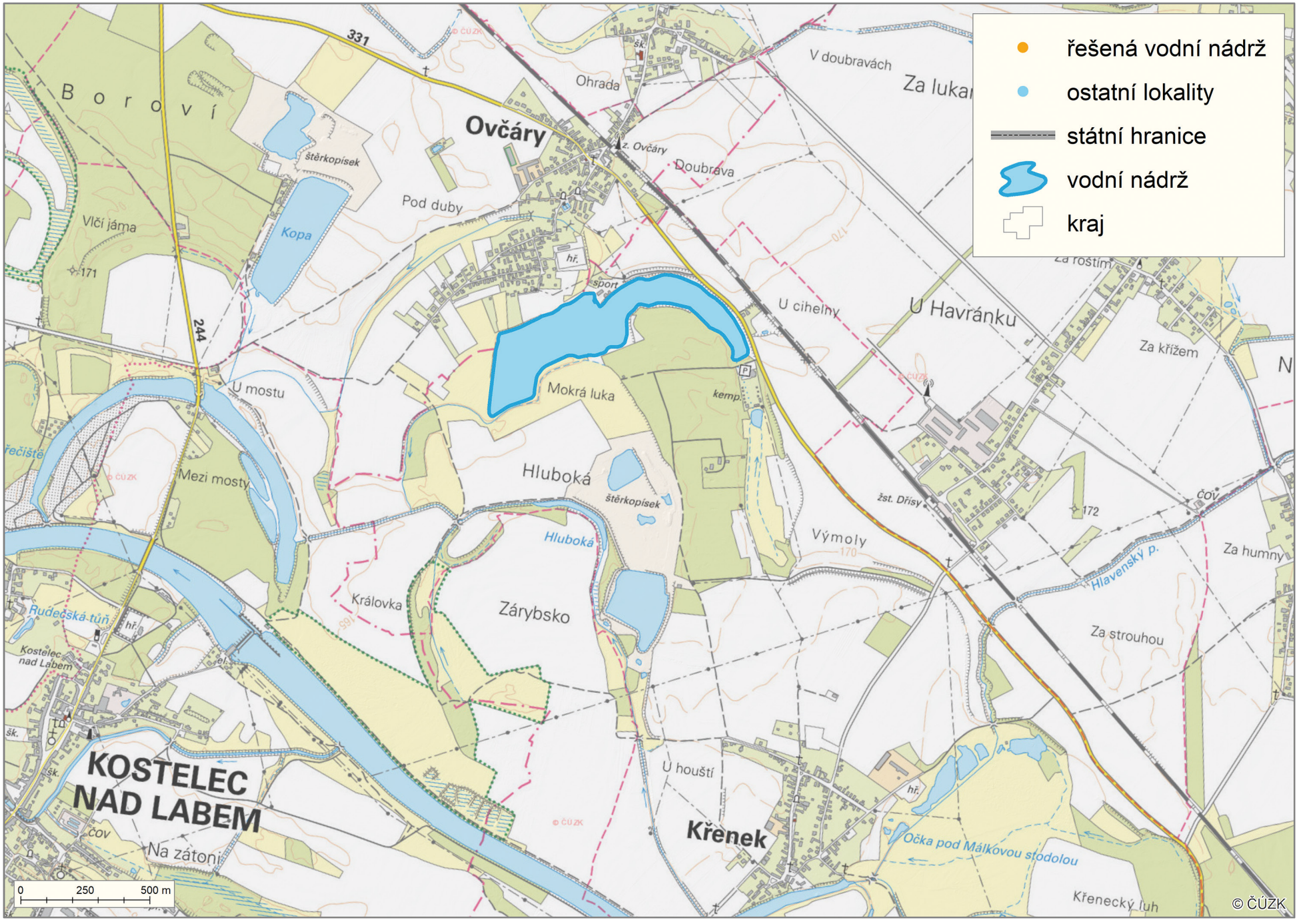
Vzhledem k délce nádrže jsou v oživení fytoplanktonem velké rozdíly mezi přítokovou částí a částí situovanou blíže k hrázi, což je velmi dobře patrné z map vytvořených z výsledků dat z DPZ. Koncentrace chlorofylu-*a* z pozemního sledování u pěti míst ležících v dolní a střední části nádrže se v letech 2018 až 2020 pohybovaly většinou na úrovni desítek µg/l, s maximy kolem 50 µg/l. V kombinaci s výskytem sinic bývá kvalita vody v druhé polovině koupací sezóny hodnoceny stupněm 3 – zhoršená jakost vody, méně často stupněm 4 – voda nevhodná ke koupání. Výrazně horší je situace v Podolsku, kde se koncentrace chlorofylu-*a* často pohybuje ve stovkách µg/l a vznikají zde výrazné sinicové vodní květy, čemuž odpovídá také hodnocení. Hodnoty koncentrace chlorofylu-*a* získané pomocí dat z DPZ byly většinou vyšší než data pozemního monitoringu. U nádrží podobného typu jako Orlík je však využití středních hodnot za celou nádrž velmi problematické. Vyšší byly výsledky i pro ukazatel sinice, a to hlavně v červnu.

OVČÁRY

Vodní tok: bez názvu
Kraj: Středočeský



Nádrž vznikla po těžbě štěrkopísku a leží přibližně 3 km severovýchodně od Kostelce nad Labem na jižním okraji obce Ovčáry. Lokalita je hojně využívána ke koupání a vodnímu lyžování. Přesto není zařazena do Seznamu koupacích vod. V minulosti byla kvalita vody monitorována okresní hygienickou stanicí. Infrastruktura se skládá z placeného parkoviště a několika stánků s občerstvením na nejvíce navštěvované pláži na jihovýchodní straně. Problém však představuje nedostatek toalet. U placeného parkoviště se nachází autokemp Kačer, který ale neleží přímo na břehu nádrže. Nádrž Ovčáry je zároveň užívána k rekreačnímu rybolovu.



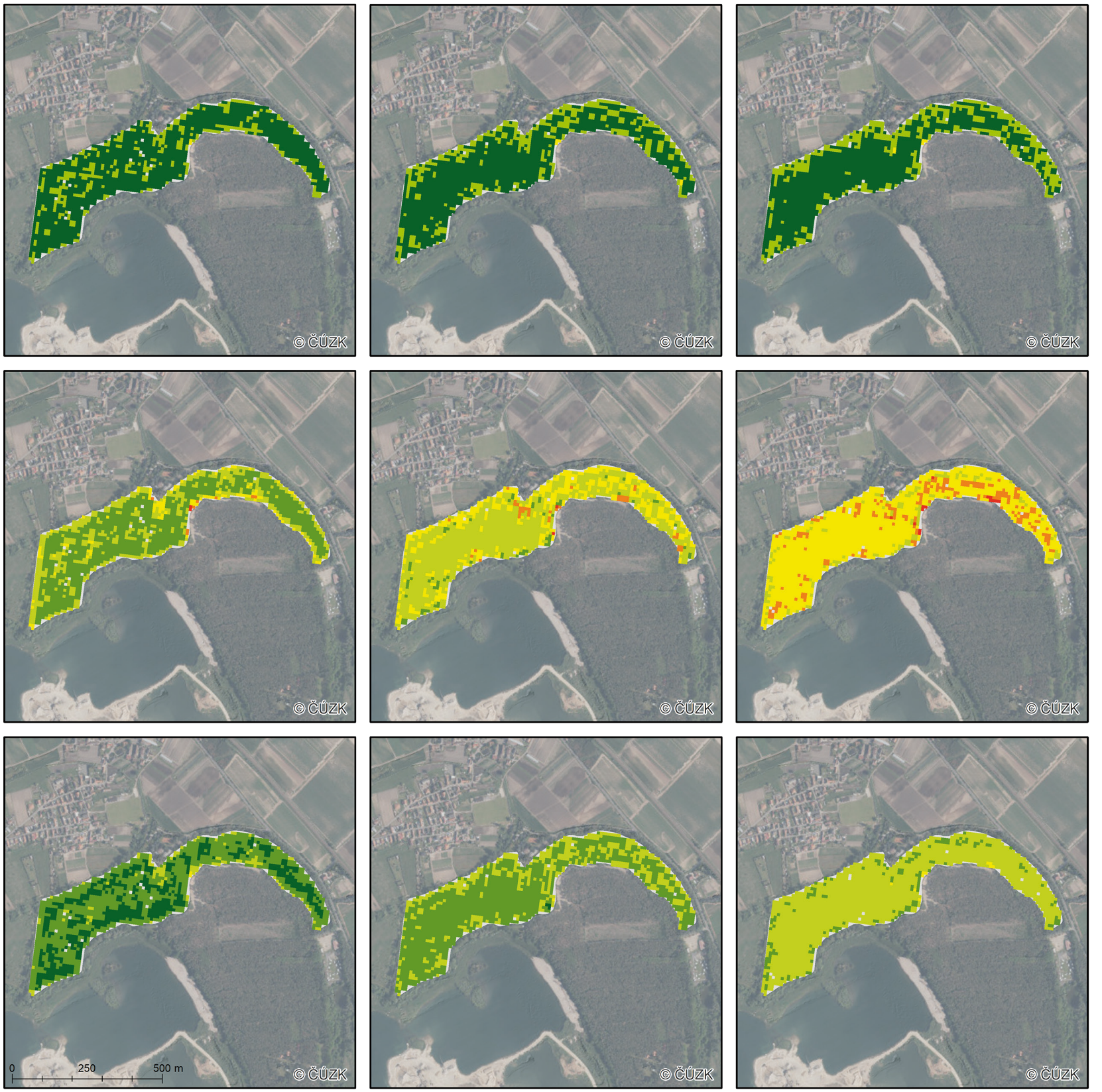
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

27. 06. 2020 | 22. 07. 2020 | 21. 08. 2020

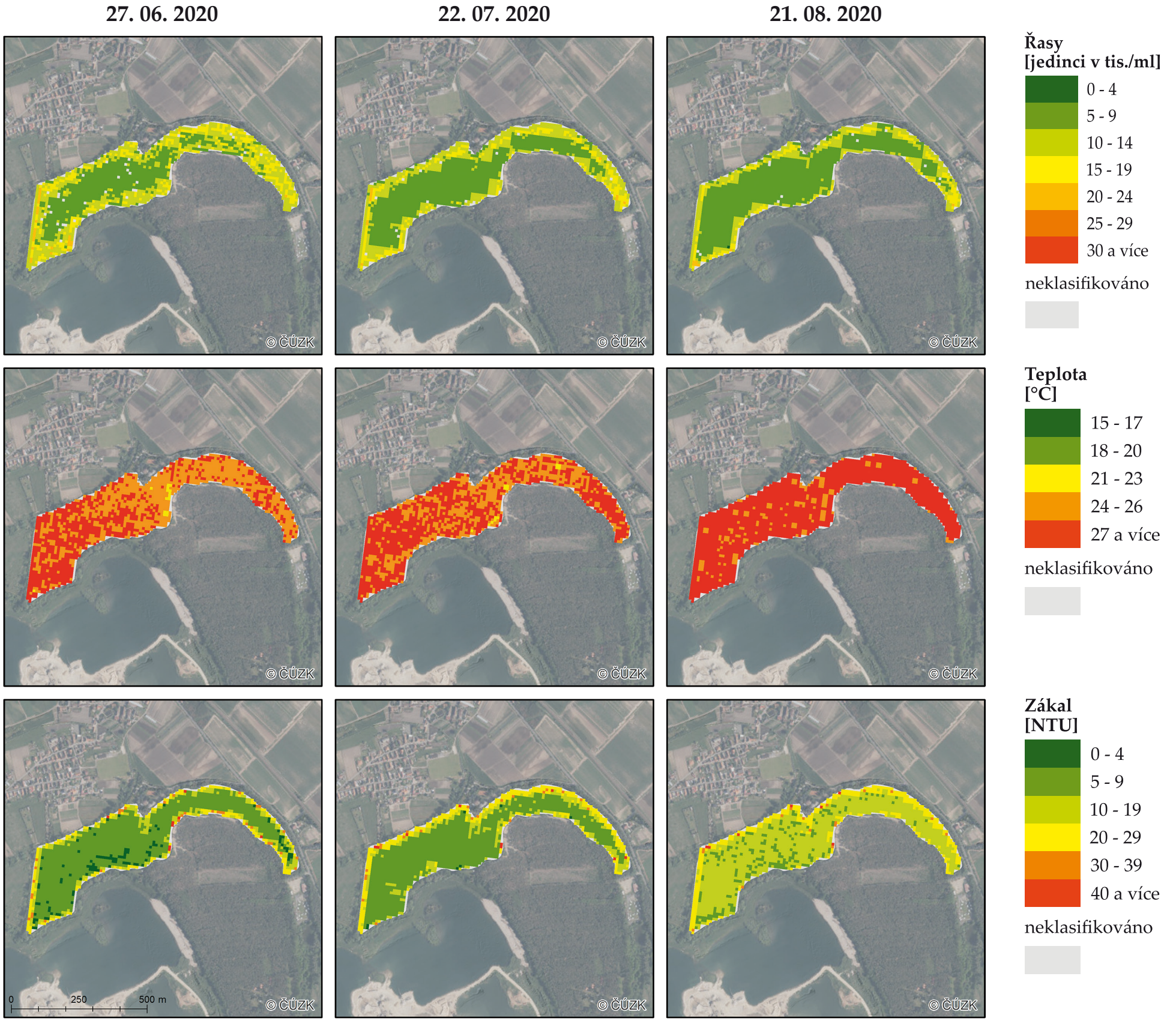
Sinice (objem) [mm³/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 a více
- neklasifikováno

Chlorofyl-a [µg/l]
- 0 - 9
- 10 - 29
- 30 - 49
- 50 - 74
- 75 - 99
- 100 a více
- neklasifikováno

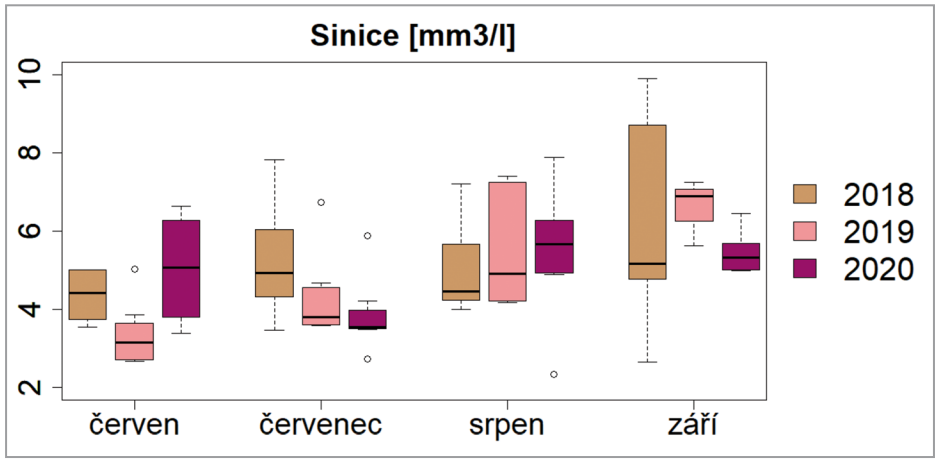
Feopigmenty [µg/l]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 - 29
- 30 - 39
- 40 a více
- neklasifikováno

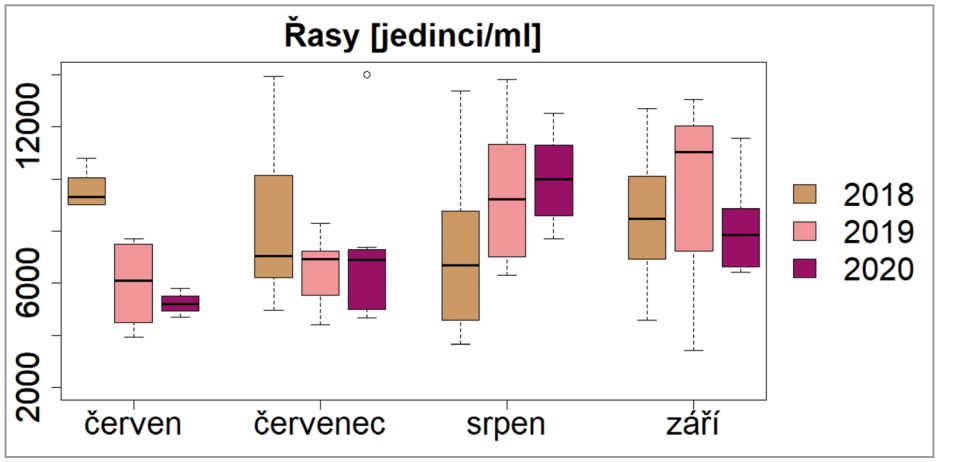


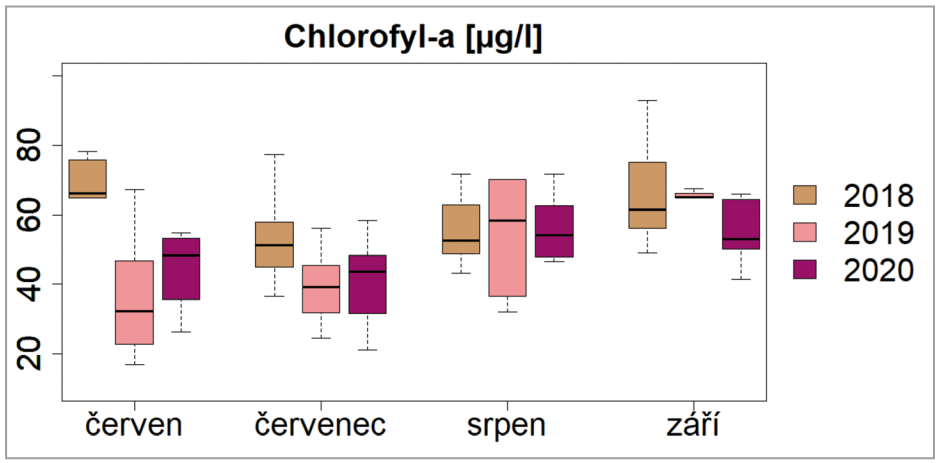
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

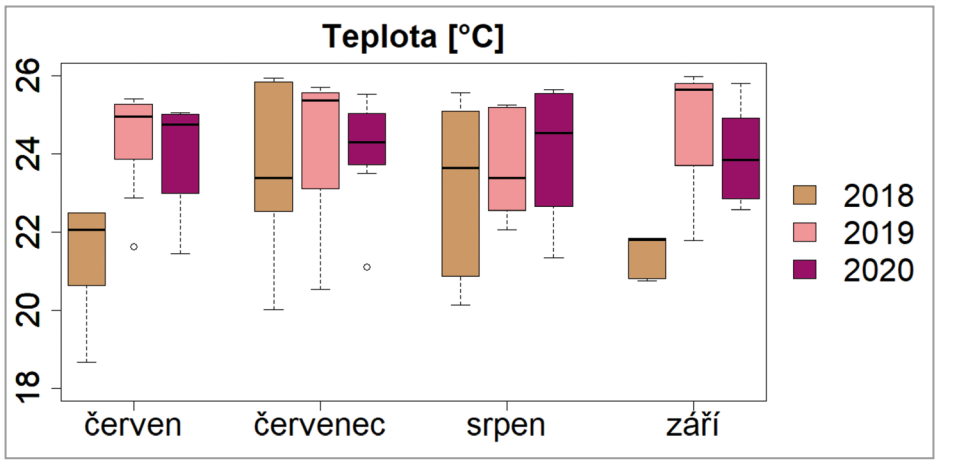


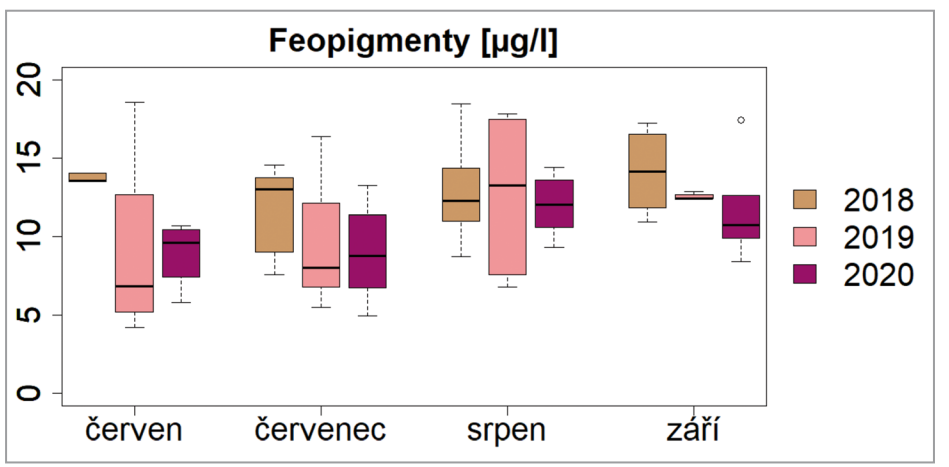
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

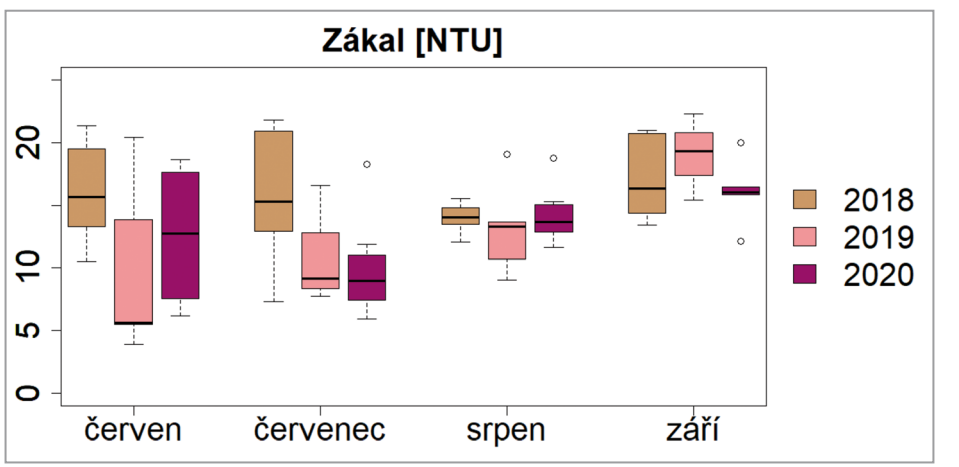








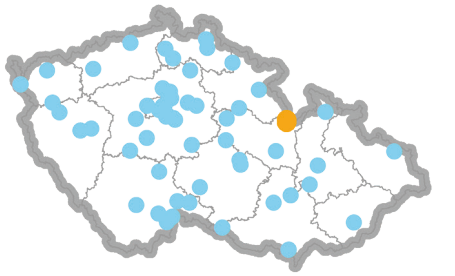




Shrnutí:

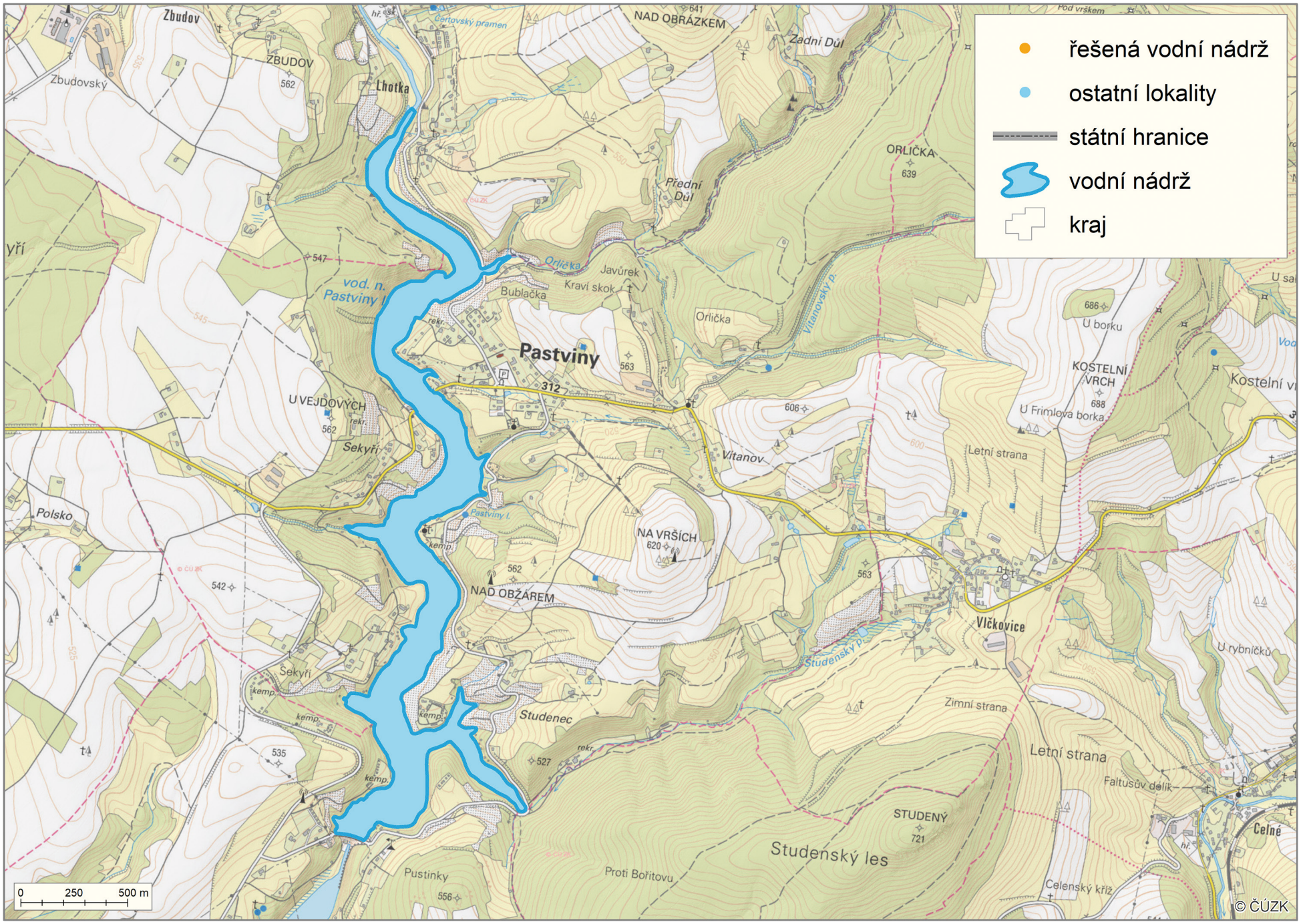
Ovčáry jsou typickou lokalitou pro demonstraci praktického využití výsledků dat z DPZ. Protože se zde koupe poměrně velké množství lidí, ale pozemní monitoring zde neprobíhá (pouze v rámci tohoto projektu, případně jiných účelových sledování). Nádrž je i dostatečně velká, takže vliv zkreslení výsledků v příbřežních oblastech není tak výrazný jako u malých nádrží. Koncem koupací sezóny zde dochází ke zhoršení kvality vody v důsledku rozvoje sinic. Hodnoty chlorofylu-*a* se pohybují od jednotek po vyšší desítky µg/l, což se poměrně dobře shoduje s výsledky dat z DPZ, i když nižší hodnoty jsou mírně nadhodnocovány. To platí také pro ukazatel výskytu sinic.

PASTVINY

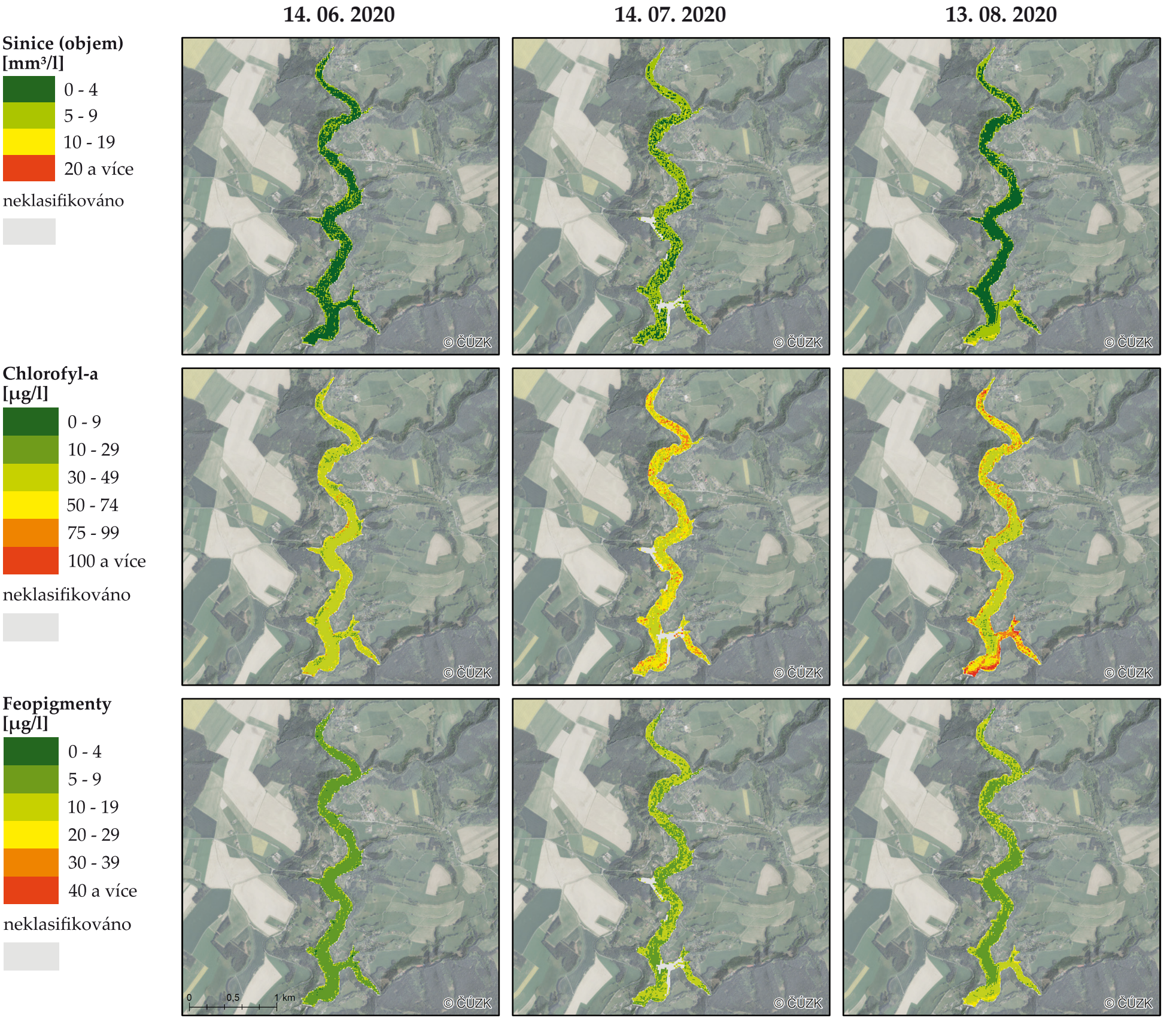


Vodní tok: Divoká Orlice
Kraj: Pardubický

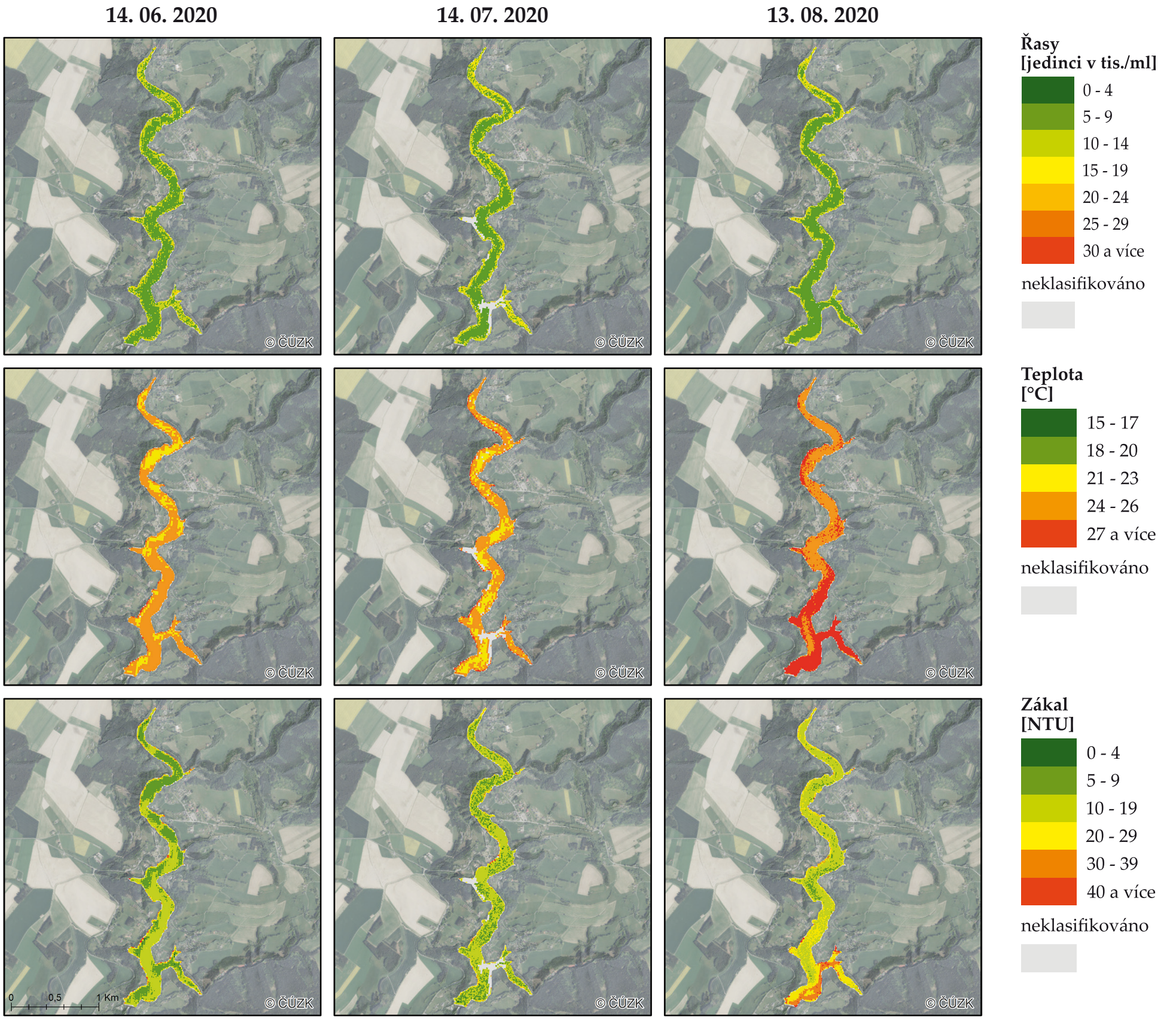
Korytová nádrž se zatopenou plochou 72 ha [28] byla vybudována na Divoké Orlici v letech 1933 až 1938. Nachází se v podhůří, zhruba 7 km východně od obce Žamberk. Přehrada slouží především k ochraně území před povodněmi a další regulaci průtoku v Divoké Orlici, k energetickým účelům, vodní rekreaci a sportovnímu rybolovu [28]. Na nádrži jsou situována dvě odběrná místa zařazená do Seznamu koupacích vod, a to Šlechtův palouk a Panelovka. V okolí se nachází několik autokempů, tábořišť a nespočet objektů, kde se lze ubytovat. Celá vodní plocha je součástí přírodního parku Orlice.



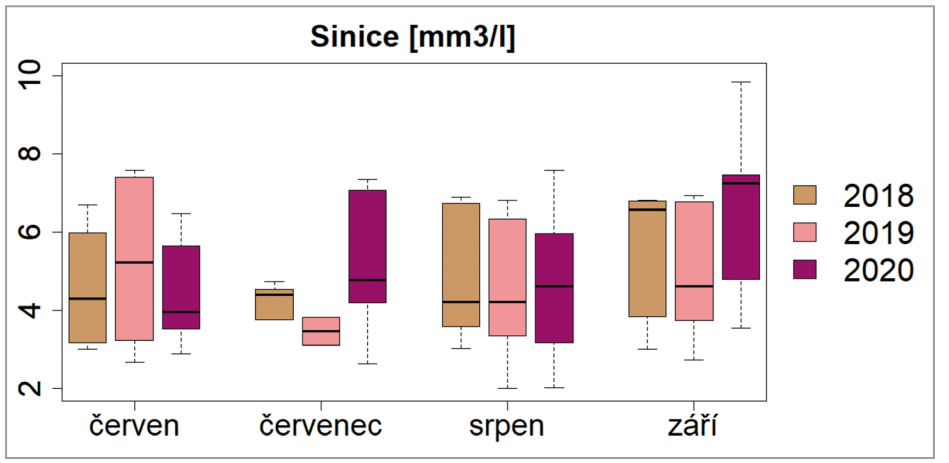
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

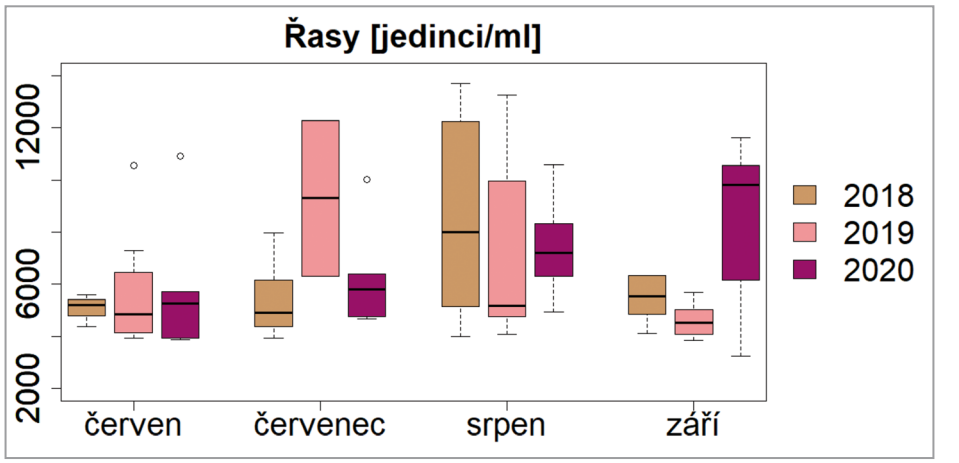


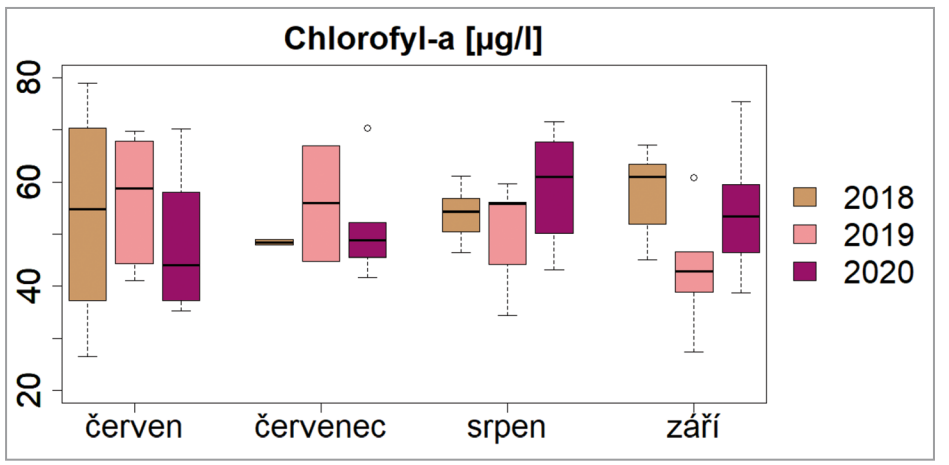
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

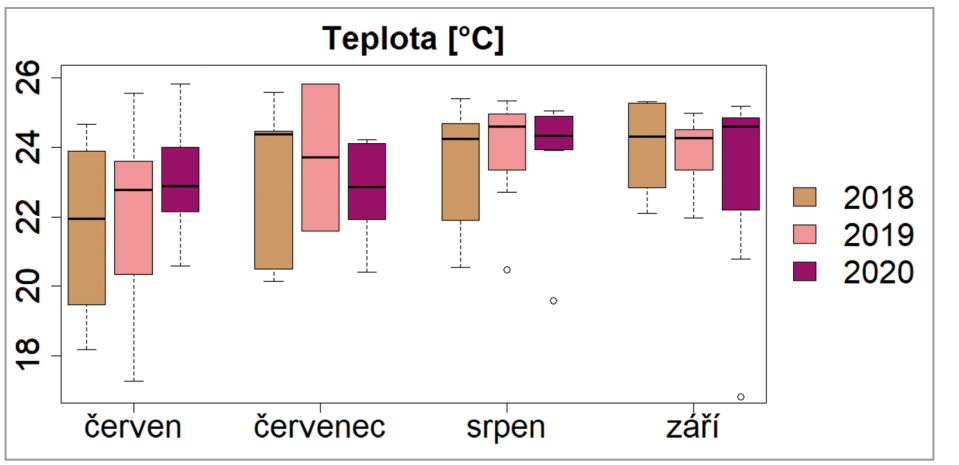


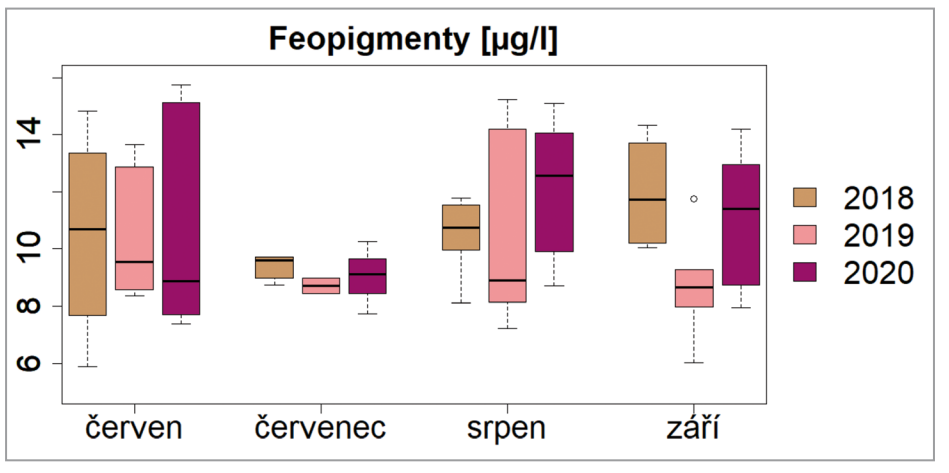
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

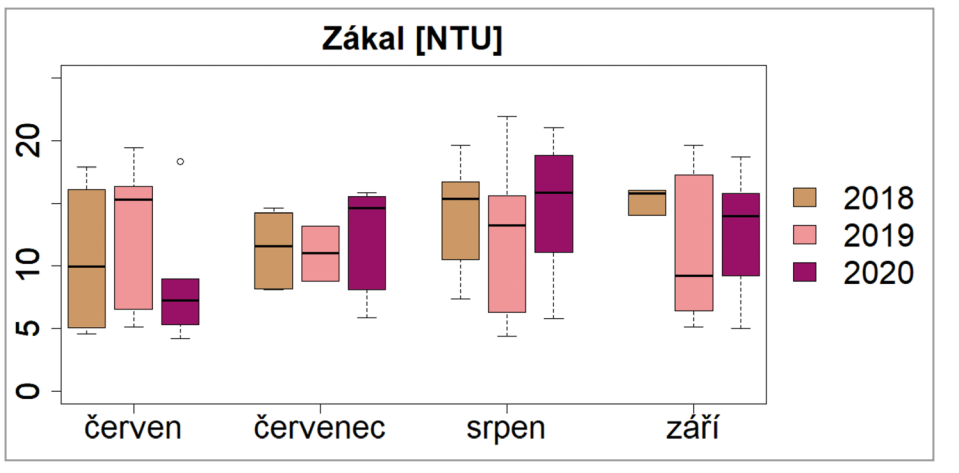








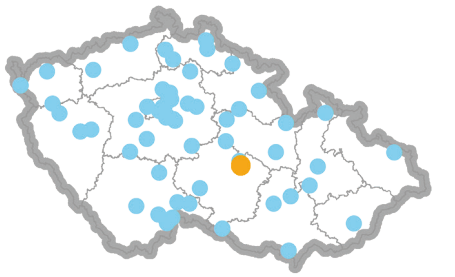




Shrnutí:

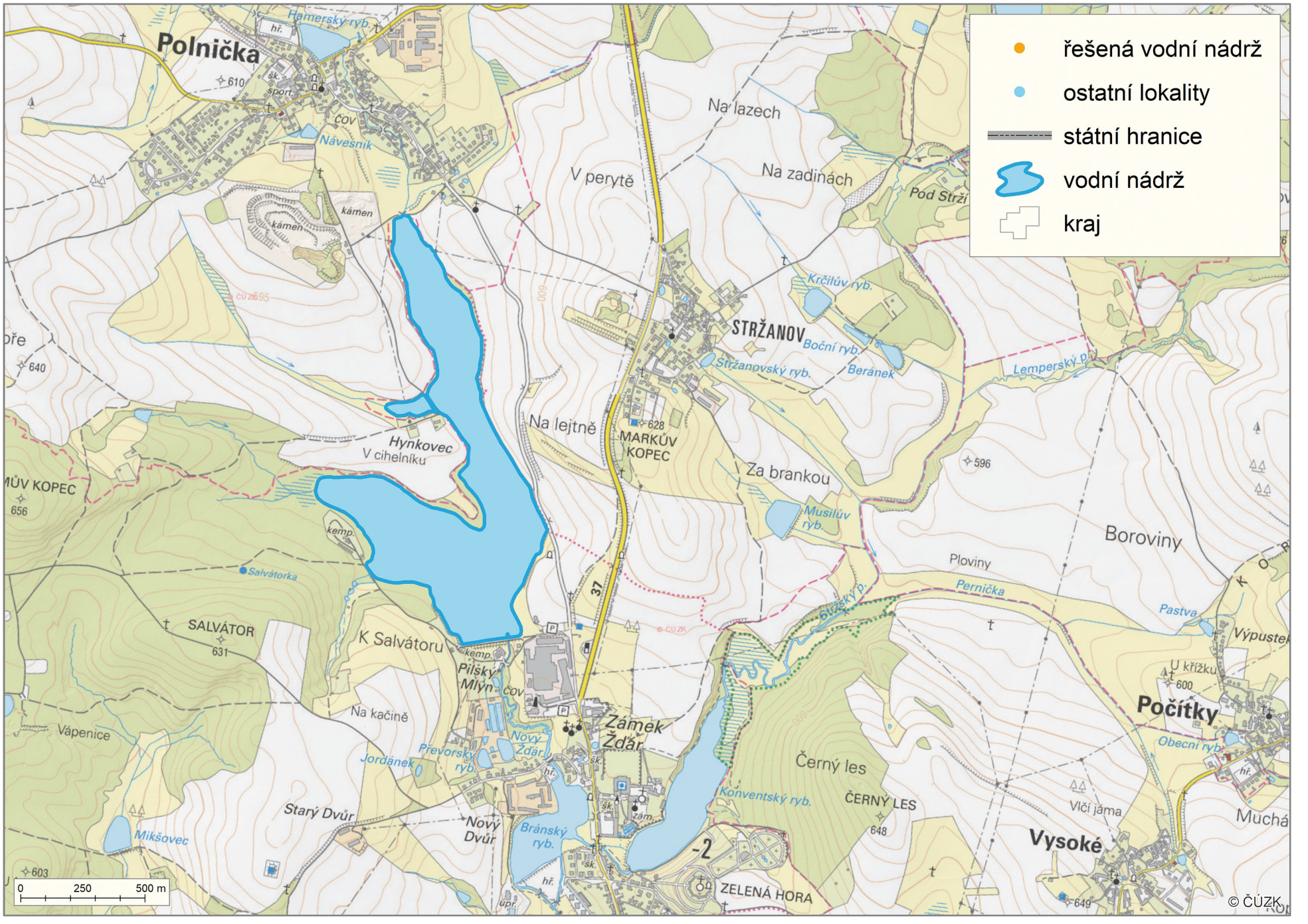
Výsledky z pozemního monitoringu prokazují, že na nádrži dochází k rozvoji fytoplanktonu (včetně sinic), který přinejmenším v některých obdobích koupací sezóny může způsobit snížení hodnocení kvality vody, a to na stupeň 3 - zhoršená jakost vody. Koncentrace chlorofylu-*a* se pohybují většinou v řádech nižších desítek µg/l. Ve srovnání s těmito hodnotami jsou výsledky získané pomocí dat z DPZ v počátku koupací sezóny nadhodnocené. To může být způsobeno skutečností, že se jedná o korytovitou nádrž u níž dochází k vyšším nálezům v přítokové části nádrže (viz. obr. z 14. 7. a 13. 8. 2020). Rovněž je v uvedených dnech pozorovatelný zvýšený výskyt fytoplanktonu v části před hrází (především na obr. z 13. 8. 2020). Korytovité nádrže je poměrně obtížné charakterizovat jednou střední hodnotou, avšak v tomto případě mohou výsledky dat z DPZ vhodně doplnit výsledky pozemního monitoringu právě pro schopnost lépe postihnout prostorovou heterogenitu kvality vody v nádrži.

PILSKÁ

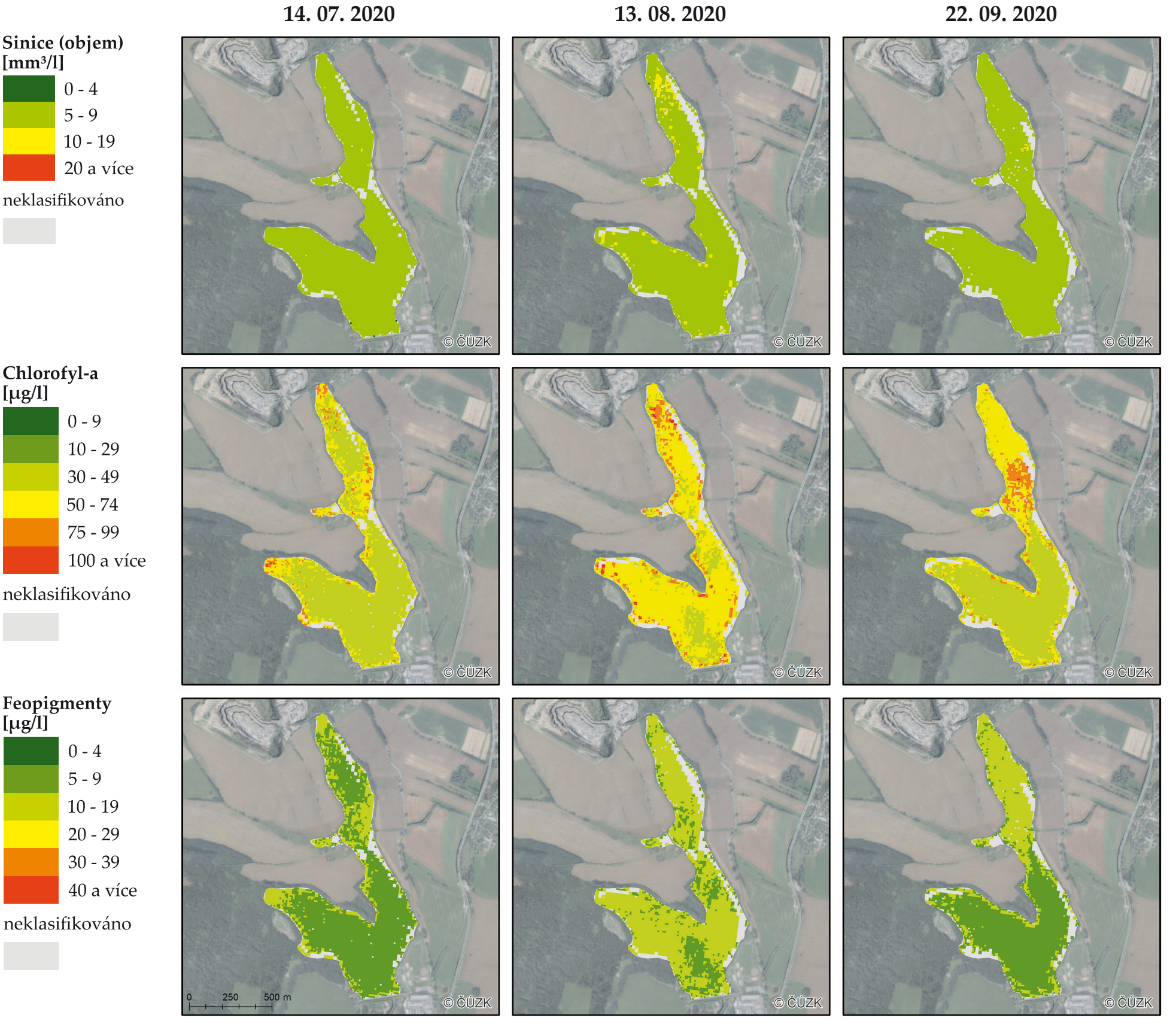


Vodní tok: Sázava
Kraj: Vysočina

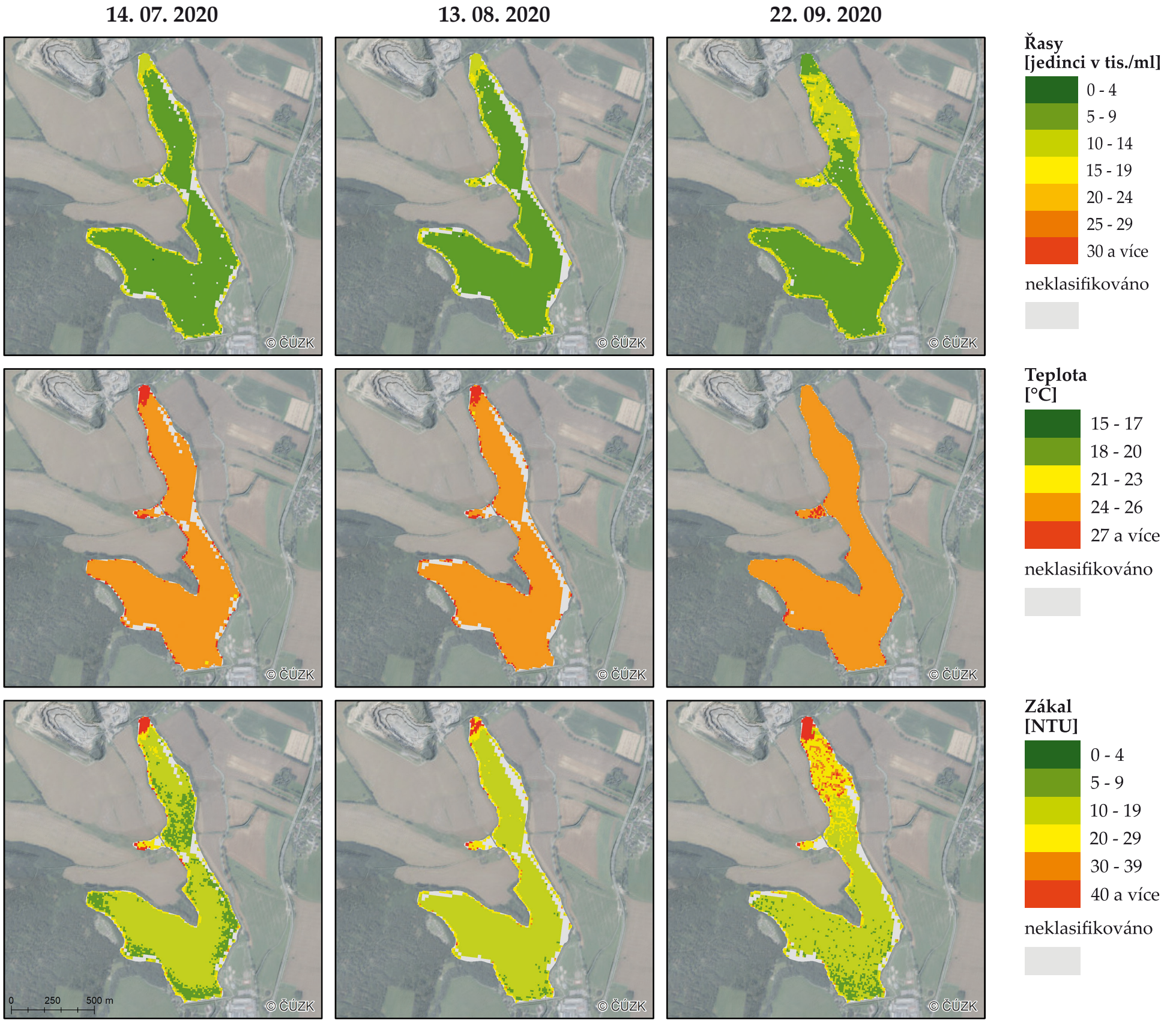
Jedná se o nádrž o rozloze 57 ha na řece Sázavě severně od Žďáru nad Sázavou. Vybudována byla v letech 1959 až 1962 na místě původního rybníka Pilský. Nádrž je zařazena do Seznamu koupacích vod. Na východním břehu byl v roce 2014 zřízen rekreační areál Pilák [29] s plně vybaveným zázemím včetně občerstvení a půjčovny loděk, paddleboardů a dalšího sportovního vybavení [30]. Na západním břehu je situován kemp. V blízkosti nádrže je i další možnost ubytování. Pláže jsou travnaté. Na nádrži je rovněž provozován rekreační rybolov [30].



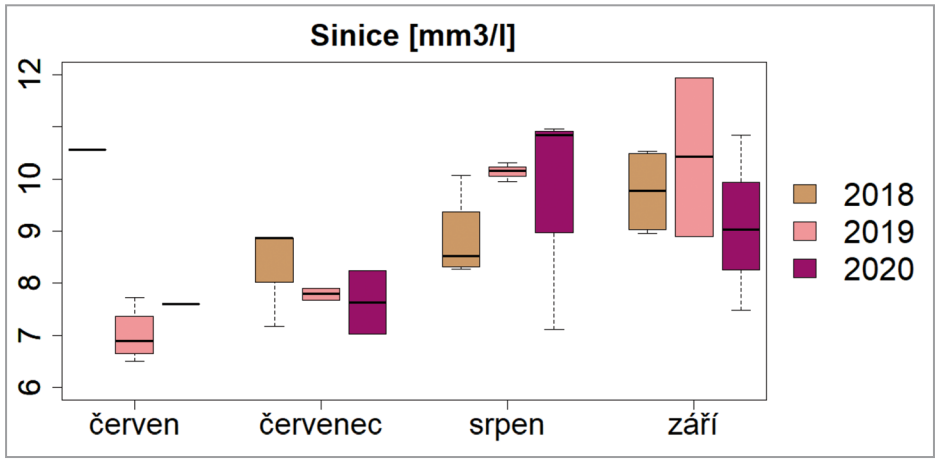
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

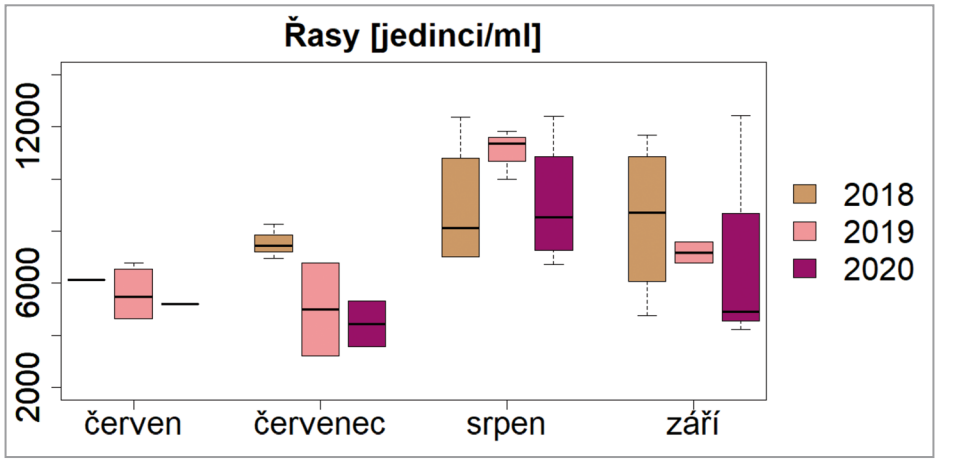


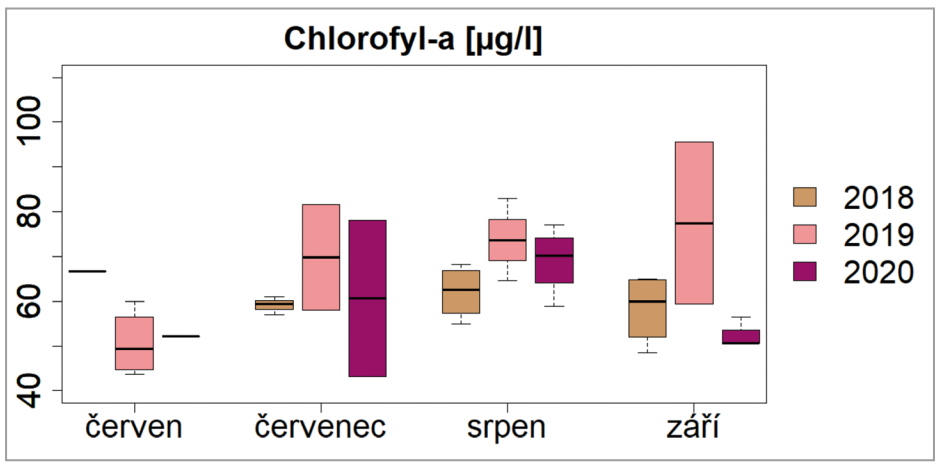
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

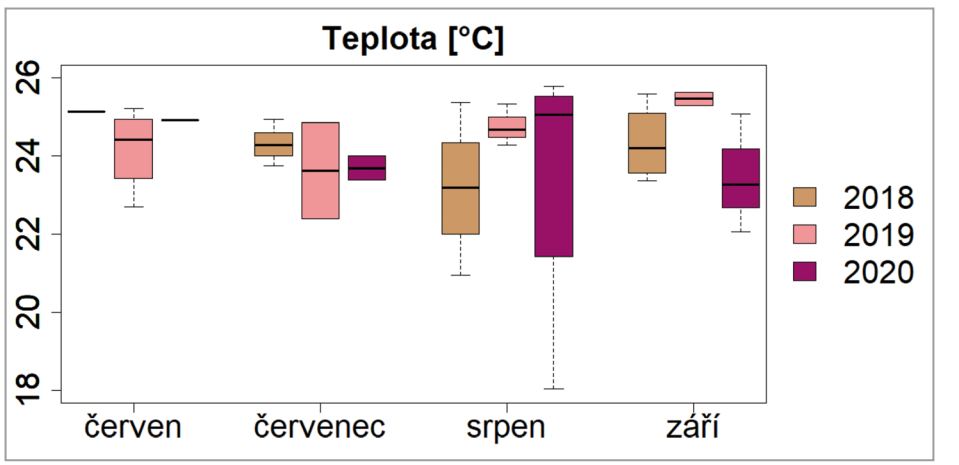


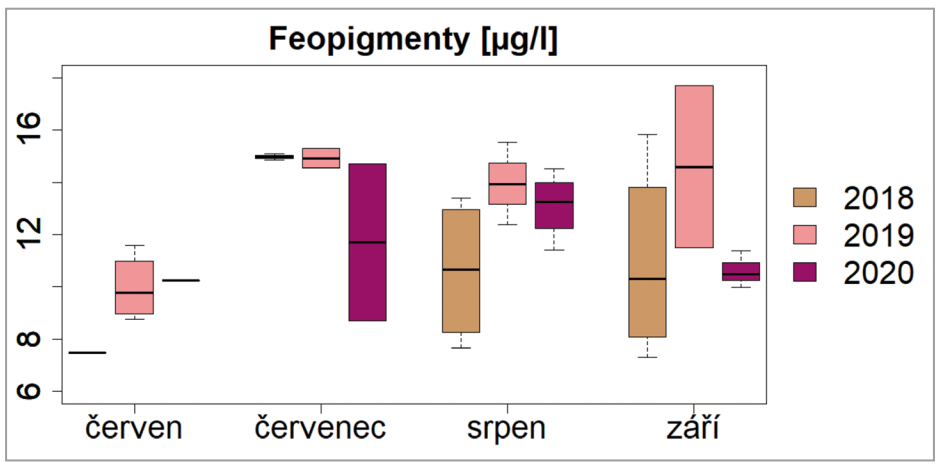
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

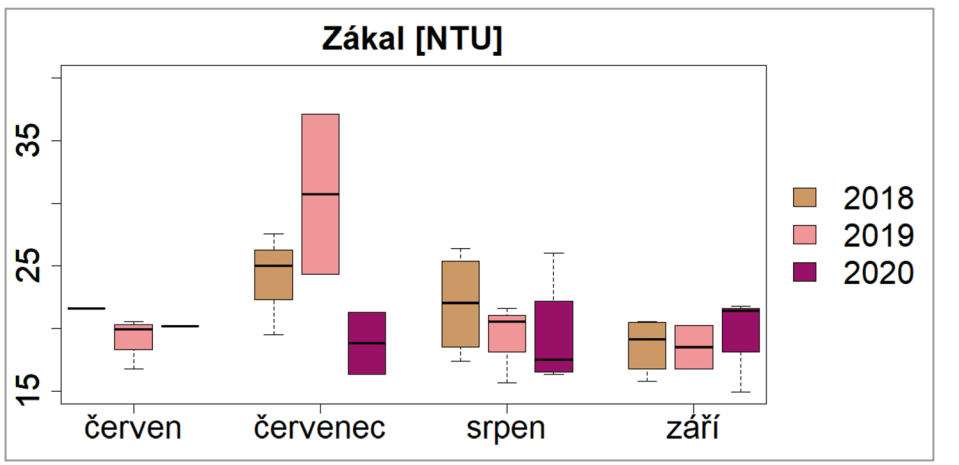








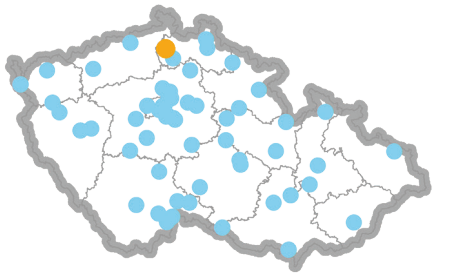




Shrnutí:

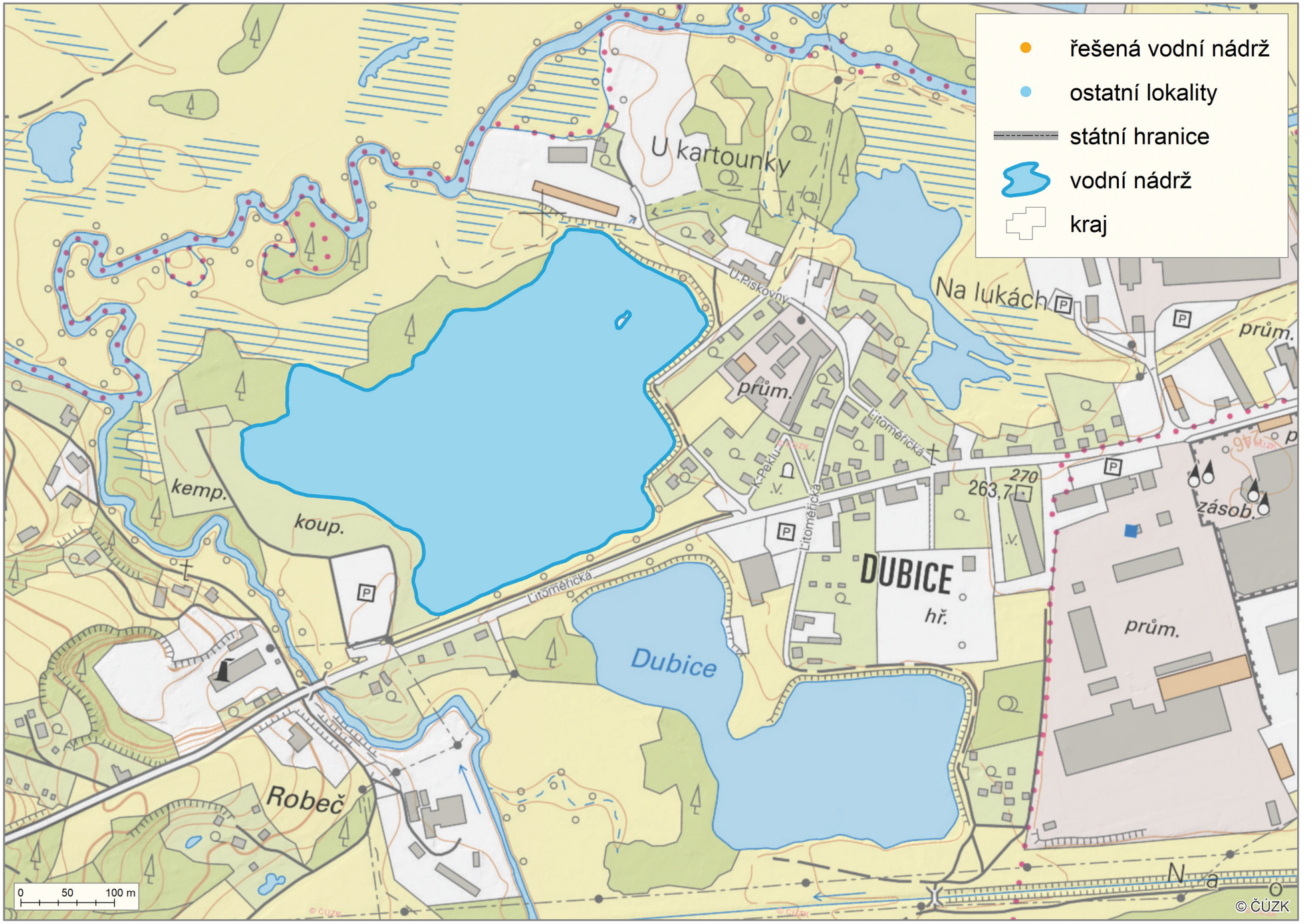
Nádrž je poměrně silně oživena fytoplanktonem. Hodnoty koncentrace chlorofylu-*a* z pozemního monitoringu se v koupací sezóně pohybují v desítkách, koncem sezóny až ve stovkách µg/l. Vzhledem k tomu, že významnou část tvoří sinice, bývá kvalita vody hodnocena často stupněm 3 – zhoršená jakost vody nebo 4 – voda nevhodná ke koupání. Hodnoty výsledků získané pomocí dat z DPZ se pohybovaly u chlorofylu-*a* ve vyšších desítkách µg/l. Začátek sezóny ve srovnání s pozemním sledováním byl mírně nadhodnocen, naopak konec sezóny nepatrně podhodnocen.

PÍSKOVNA DUBICE

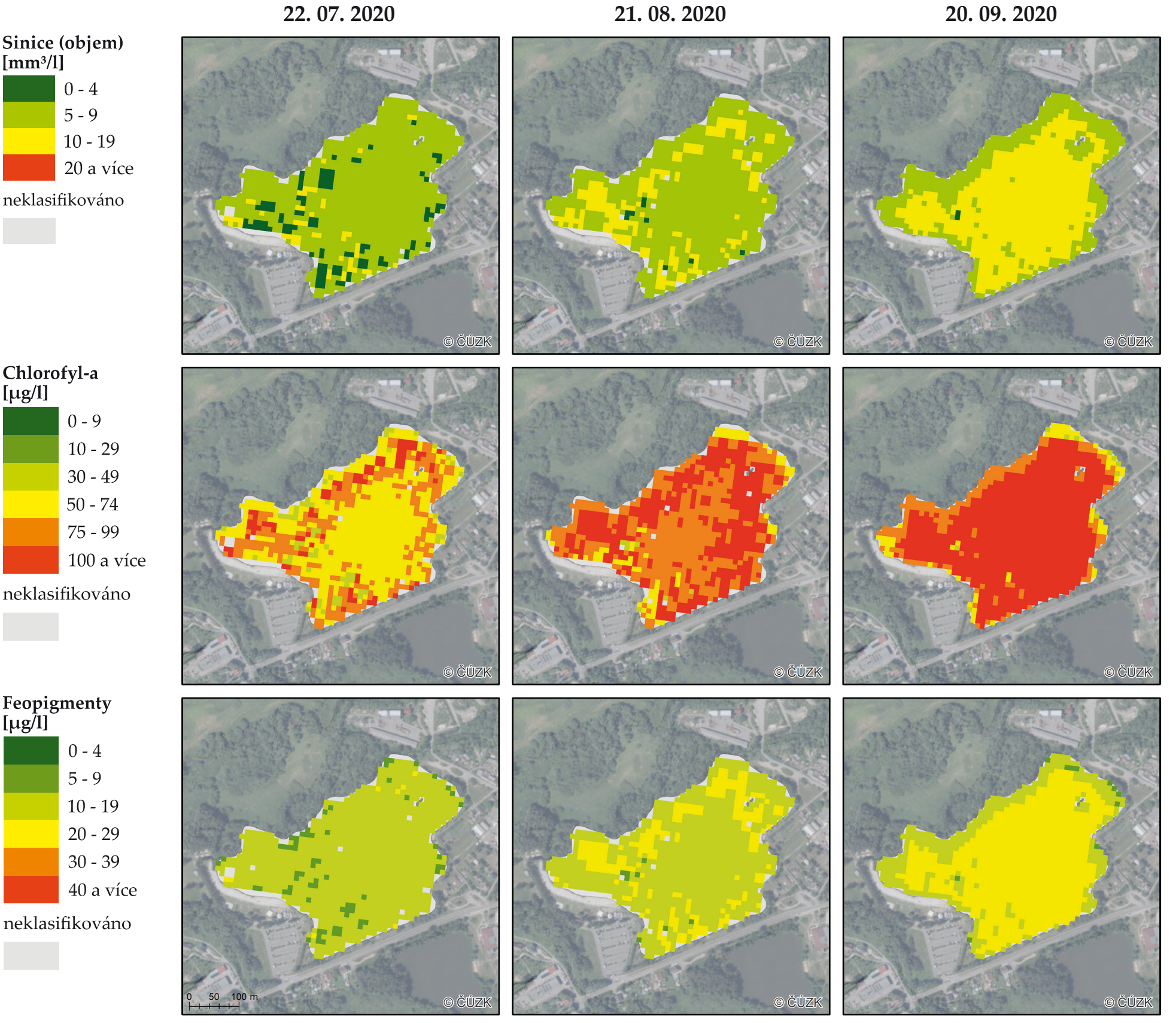


Vodní tok: neleží na vodním toku
Kraj: Liberecký

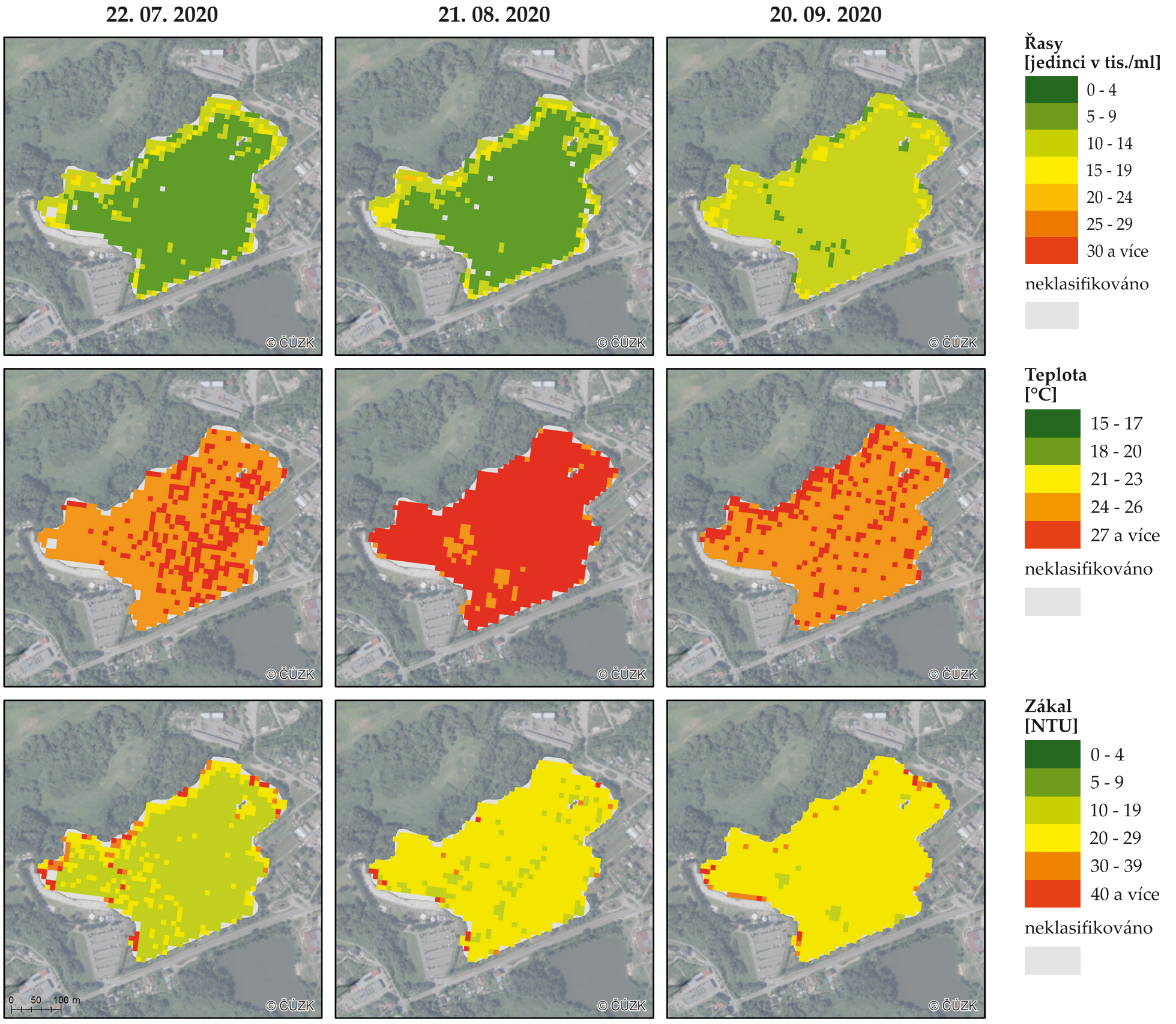
Tato nádrž po těžbě písku se nachází v západní části České Lípy zvané Dubice. Do roku 2011 zde bylo přírodní koupaliště s velmi problematickou kvalitou vody díky opakujícímu se masovému rozvoji sinic. V současnosti je zde provozován wakeboarding a další s vodou související rekreační a sportovní aktivity. I když jsou tyto aktivity z hlediska expozice v koupací vodě a ochrany veřejného zdraví rizikovější než samotné koupání, kvalita koupací vody se na podobných nádržích a priori vylučuje ze sledování. Obdobný přístup mají však i ostatní státy Evropské unie. U nádrže je situován kemp a kapacitní parkoviště [31].



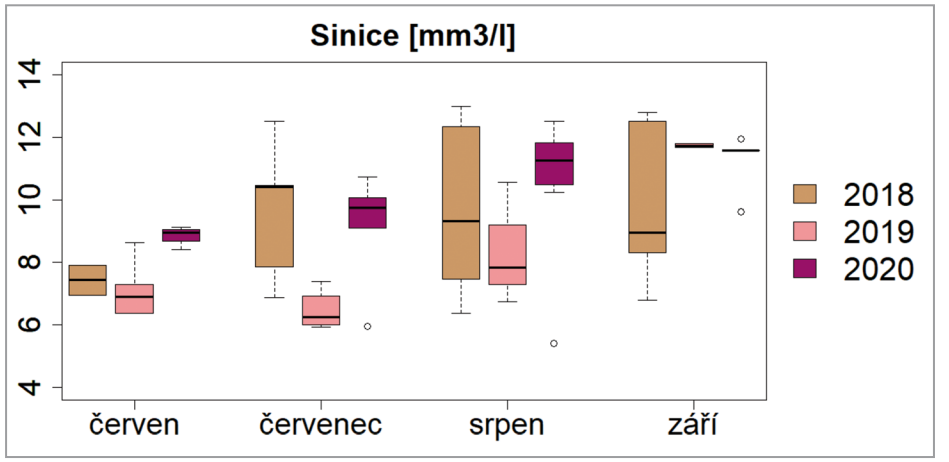
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

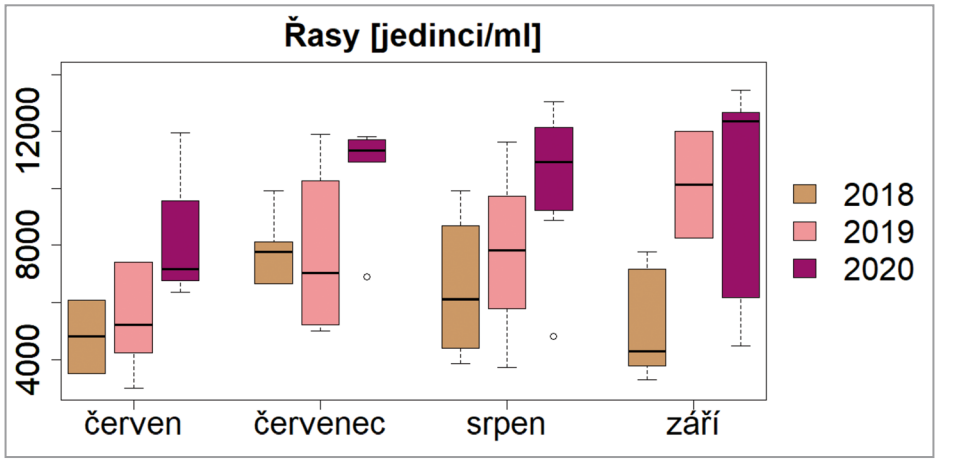


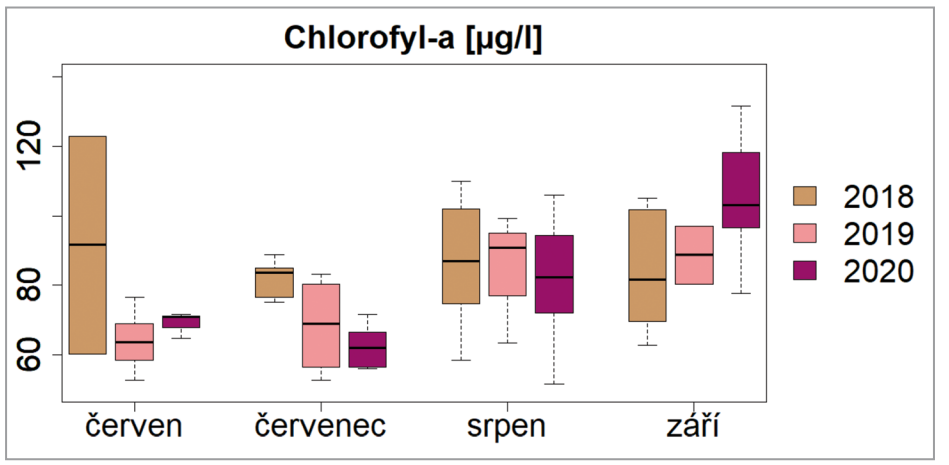
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

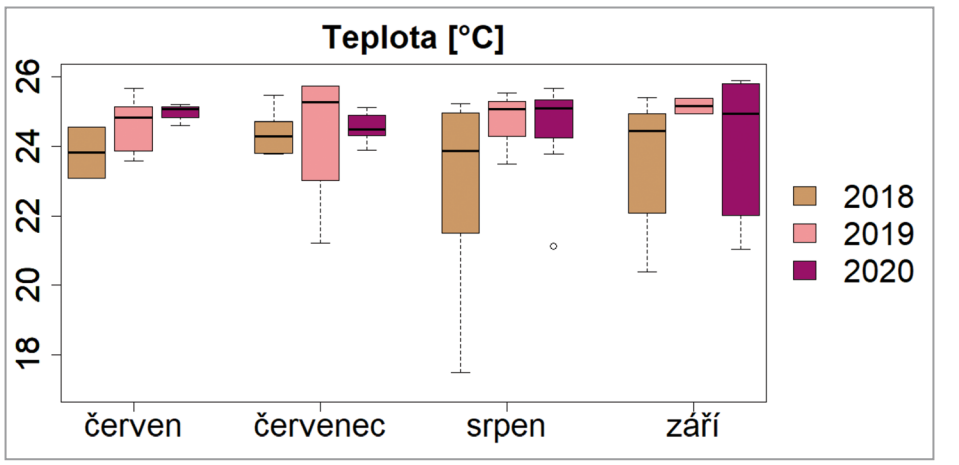


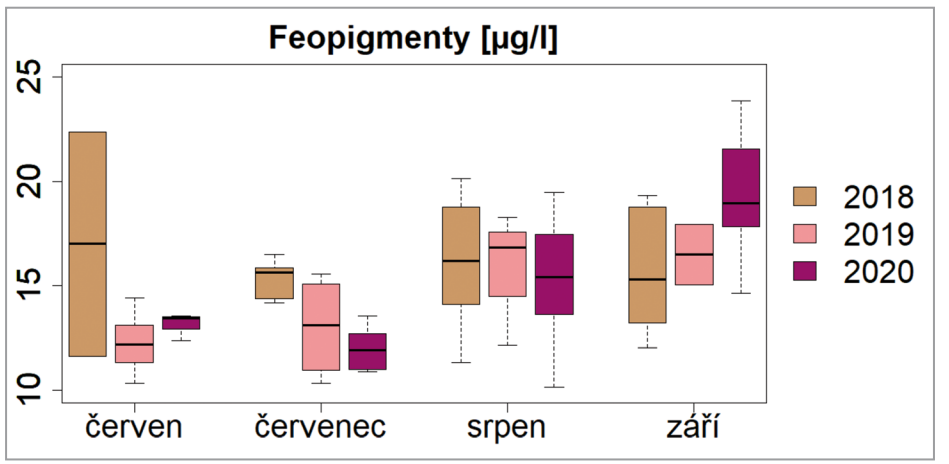
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

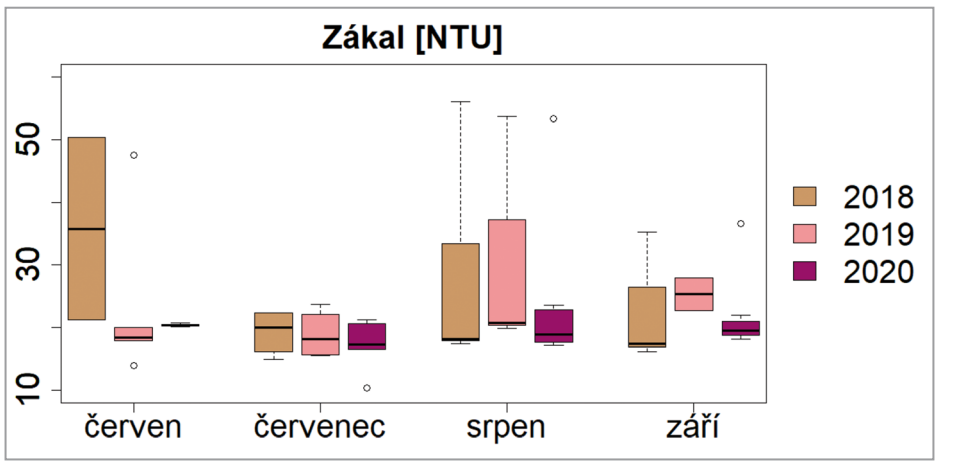








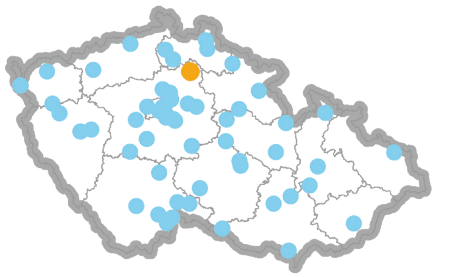




Shrnutí:

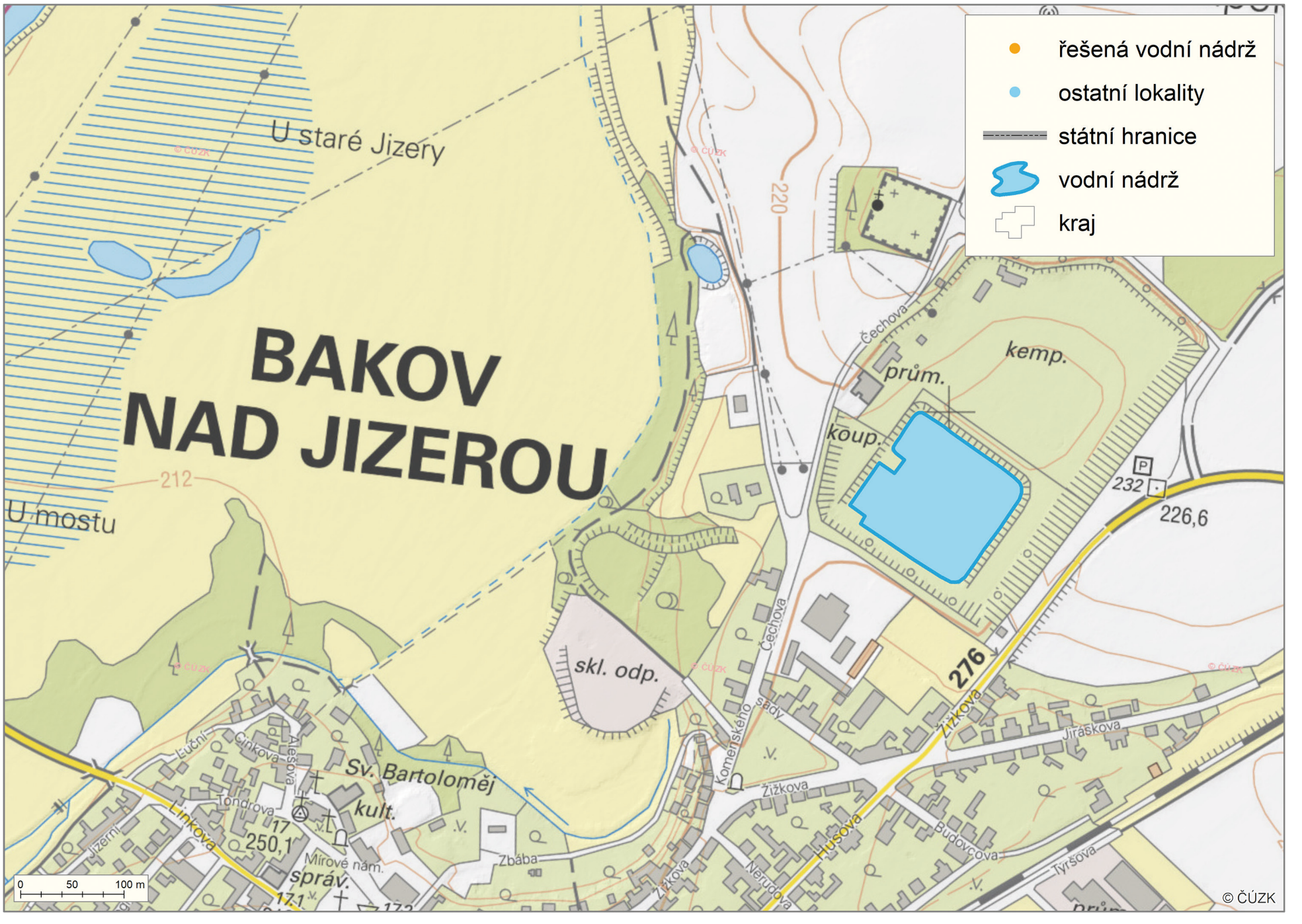
Nádrž byla v minulosti silně oživena fytoplanktonem. Dominovaly zde většinou tenké vláknité sinice. Zajímavostí je, že se jednalo o jednu z prvních lokalit s výskytem původně tropické invazivní sinice *Cylindrospermopsis raciborskii*. Z posledních let nejsou k dispozici žádná data pozemního monitoringu kvality vody. Výsledky dat z DPZ však naznačují, že oživení fytoplanktonem i výskyt sinic jsou stále po většinu koupací sezóny značné. Koncentrace chlorofylu-*a* v mnoha případech překračují 100 µg/l a v kombinaci s výskytem sinic bývají překračovány hodnoty pro stupeň 4 - voda nevhodná ke koupání.

PÍSNÍK BAKOV

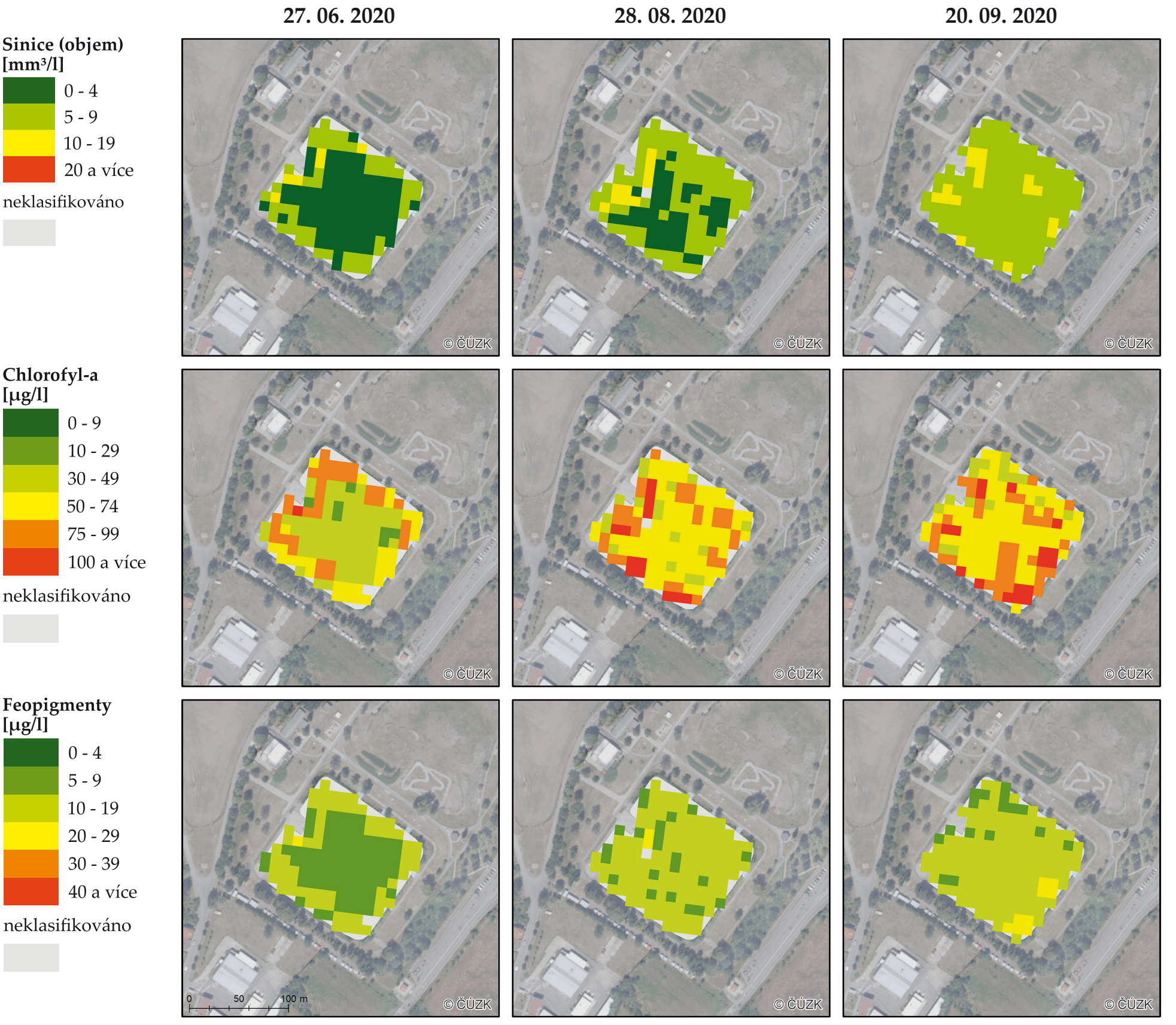


Vodní tok: neleží na vodním toku
Kraj: Středočeský

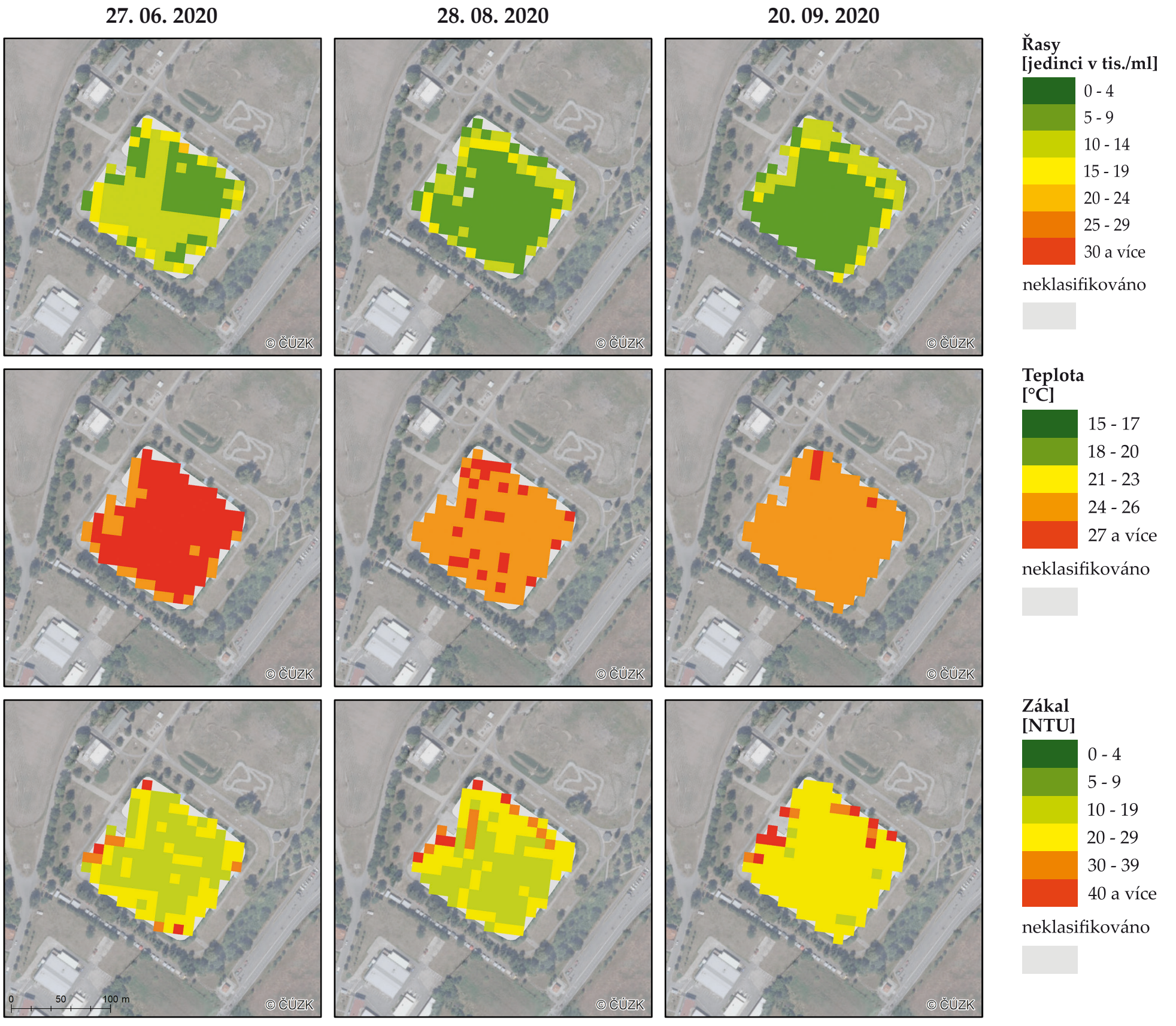
Přírodní koupaliště je situováno v severní části města Bakov nad Jizerou přibližně 7 km severně od Mladé Boleslavi. Jedná se o nádrž po těžbě štěrko-písku o velikosti 1,5 ha s přibližně čtvercovým tvarem. Nádrž je součástí rozlehlého volnočasového areálu, který byl vybudován v roce 2010. V areálu je mimo hygienického zázemí (toalety, sprchy), šaten a občerstvení k dispozici rovněž stanová a chatová osada, přibližně 1 km dlouhá in-line dráha, dále dětská hřiště a různá sportoviště [32]. Pláž je travnatá, ke vstupu do vody lze na více místech využít kamenné schody. Areál včetně přírodního koupaliště je přístupný bezplatně a lze zde využít i možnost parkování.



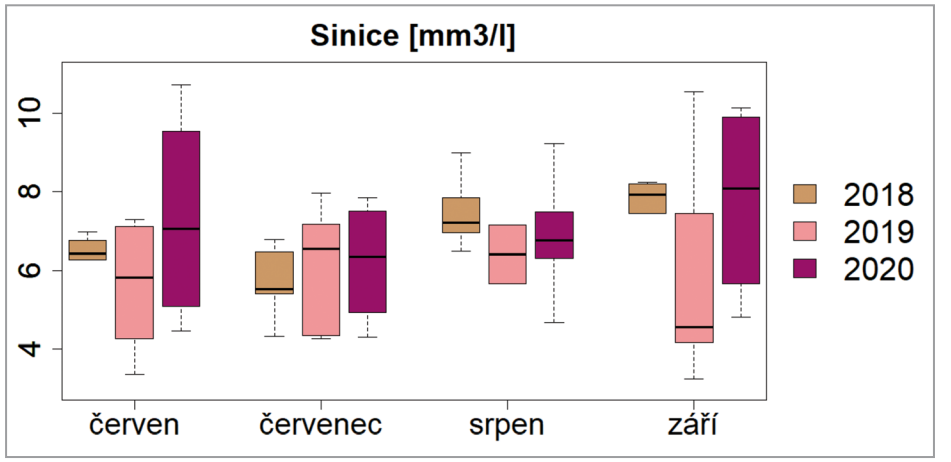
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

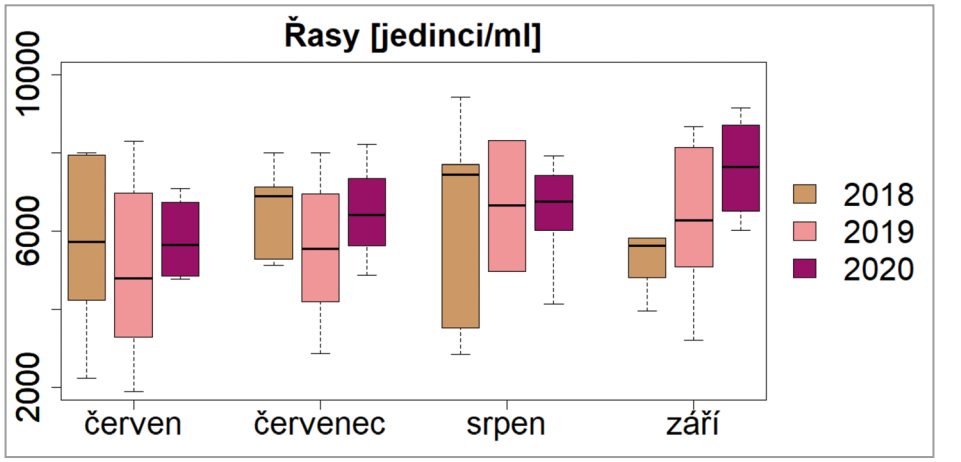


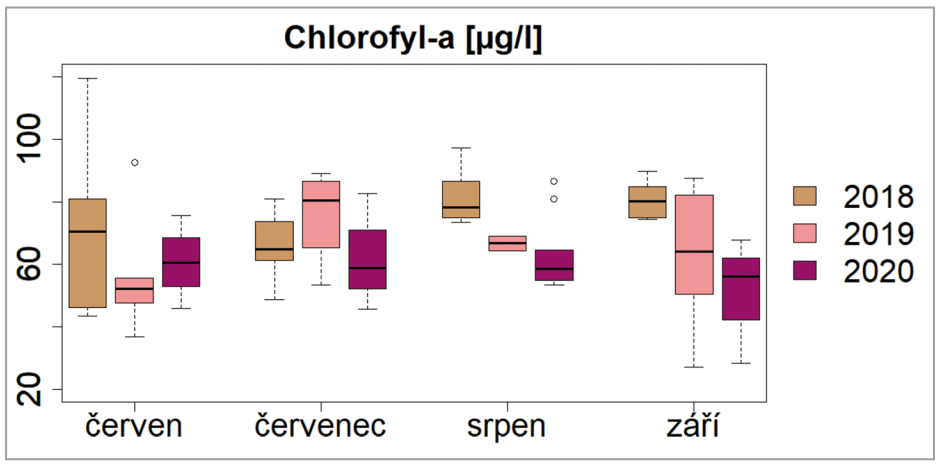
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

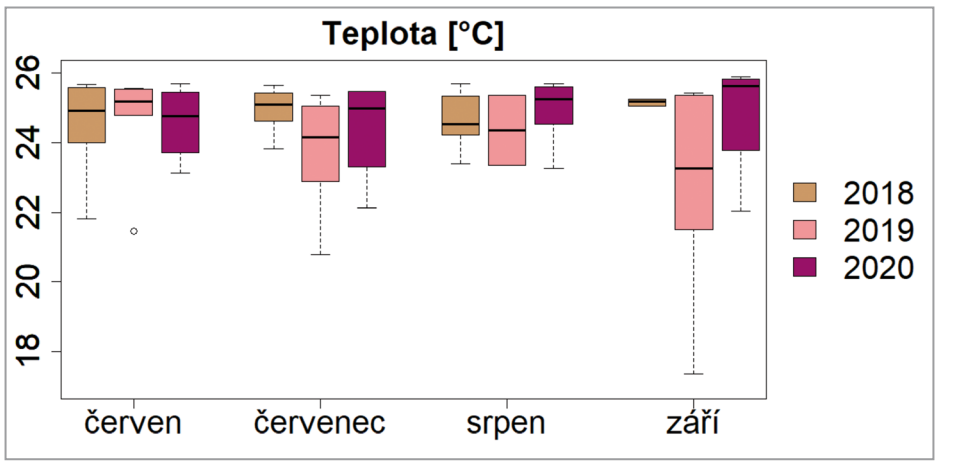


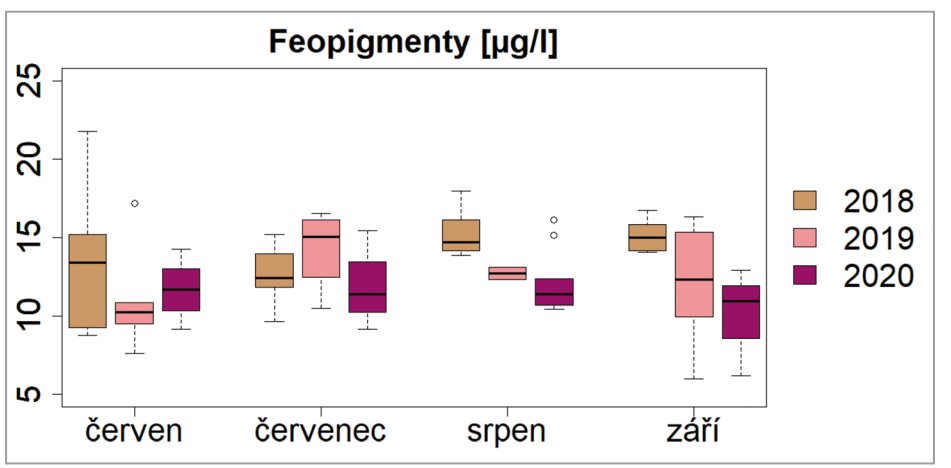
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

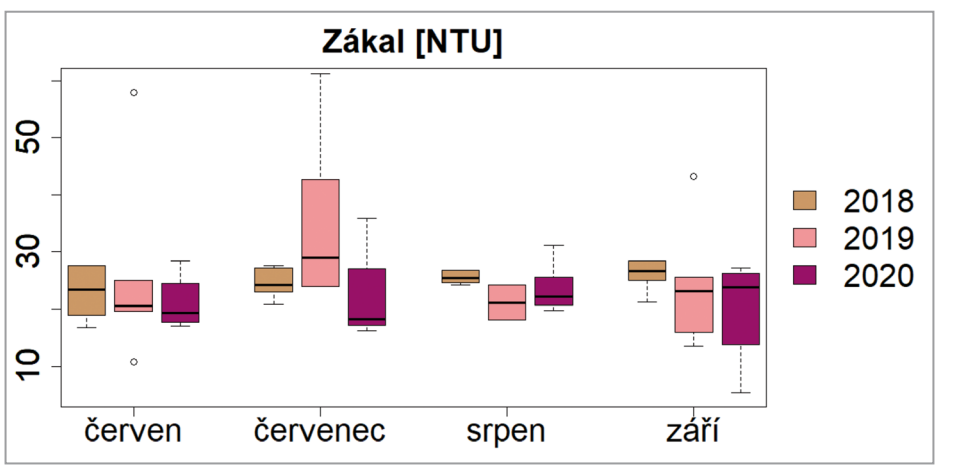








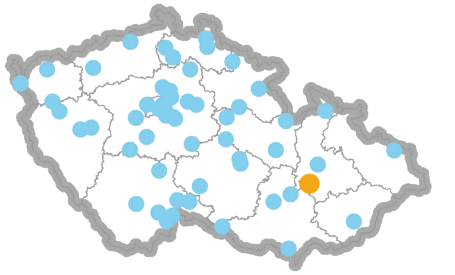




Shrnutí:

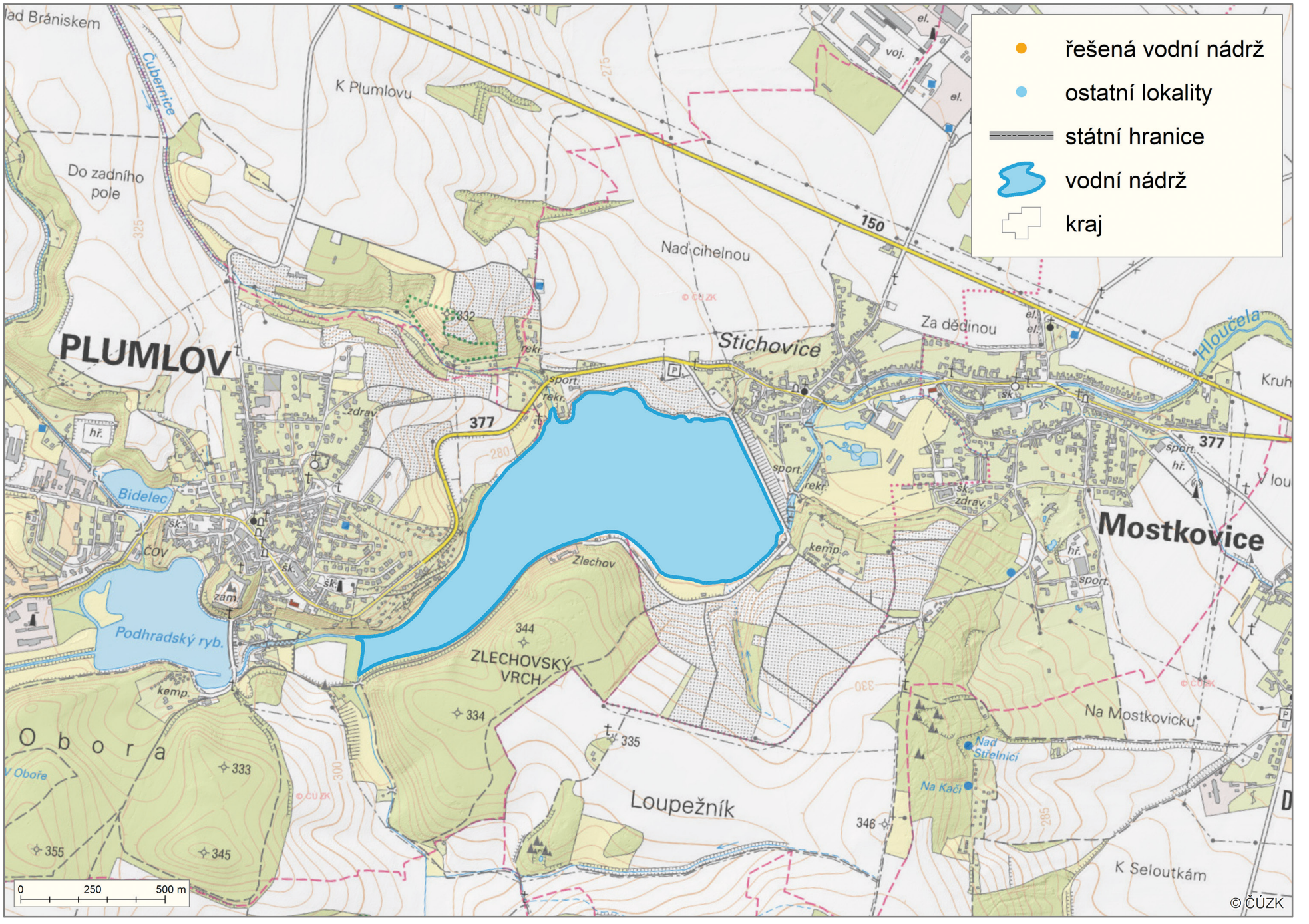
Hlavním problémem přírodního koupaliště v Bakově nad Jizerou je rozvoj fytoplanktonu, ve kterém převládají v letních měsících sinice, i když se často jedná o taxony netvořící vodní květy. Oživení fytoplanktonem, vyjádřené jako koncentrace chlorofylu-*a*, dosahuje v koupací sezóně obvykle desítek µg/l, což dokládají jak výsledky běžného monitoringu z IS PiVo, tak získané výsledky dat z DPZ. Tato data však vykazují mírně vyšší hodnoty. Sinice se vyskytují po větší část koupací sezóny, což je opět patrné z obou zdrojů dat. V červnu však výsledky dat z DPZ výskyt sinic poměrně výrazně nadhodnocují. Mezi sezónami 2018 až 2020 nejsou patrné významné rozdíly. Teplota vody v povrchové vrstvě obvykle v koupací sezóně přesahuje 24 °C. Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně malou nádrž, naráží použití metod DPZ na metodické problémy (viz. kapitola Vyhodnocení a závěr v textové části).

PLUMOV

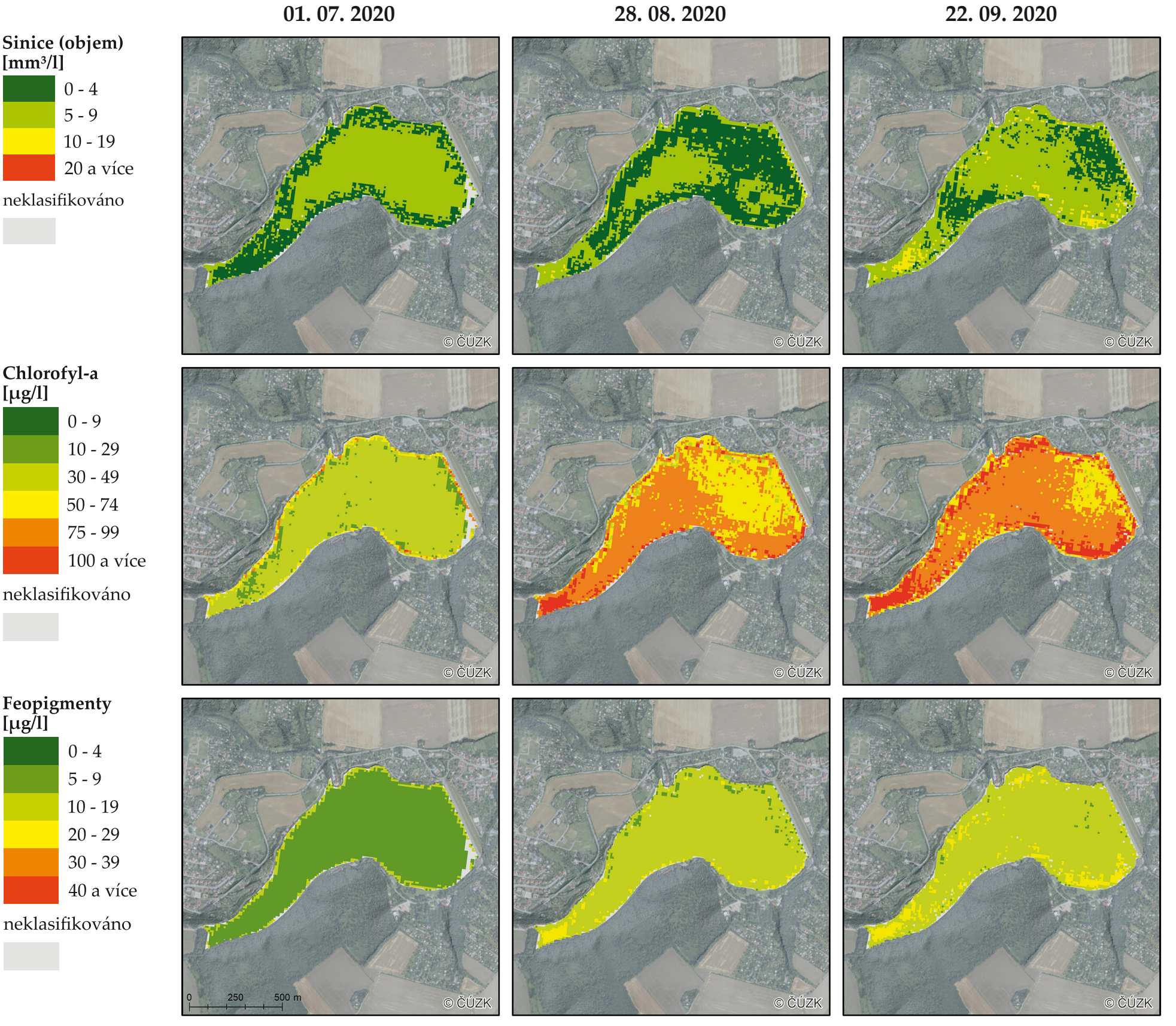


Vodní tok: Hloučela
Kraj: Olomoucký

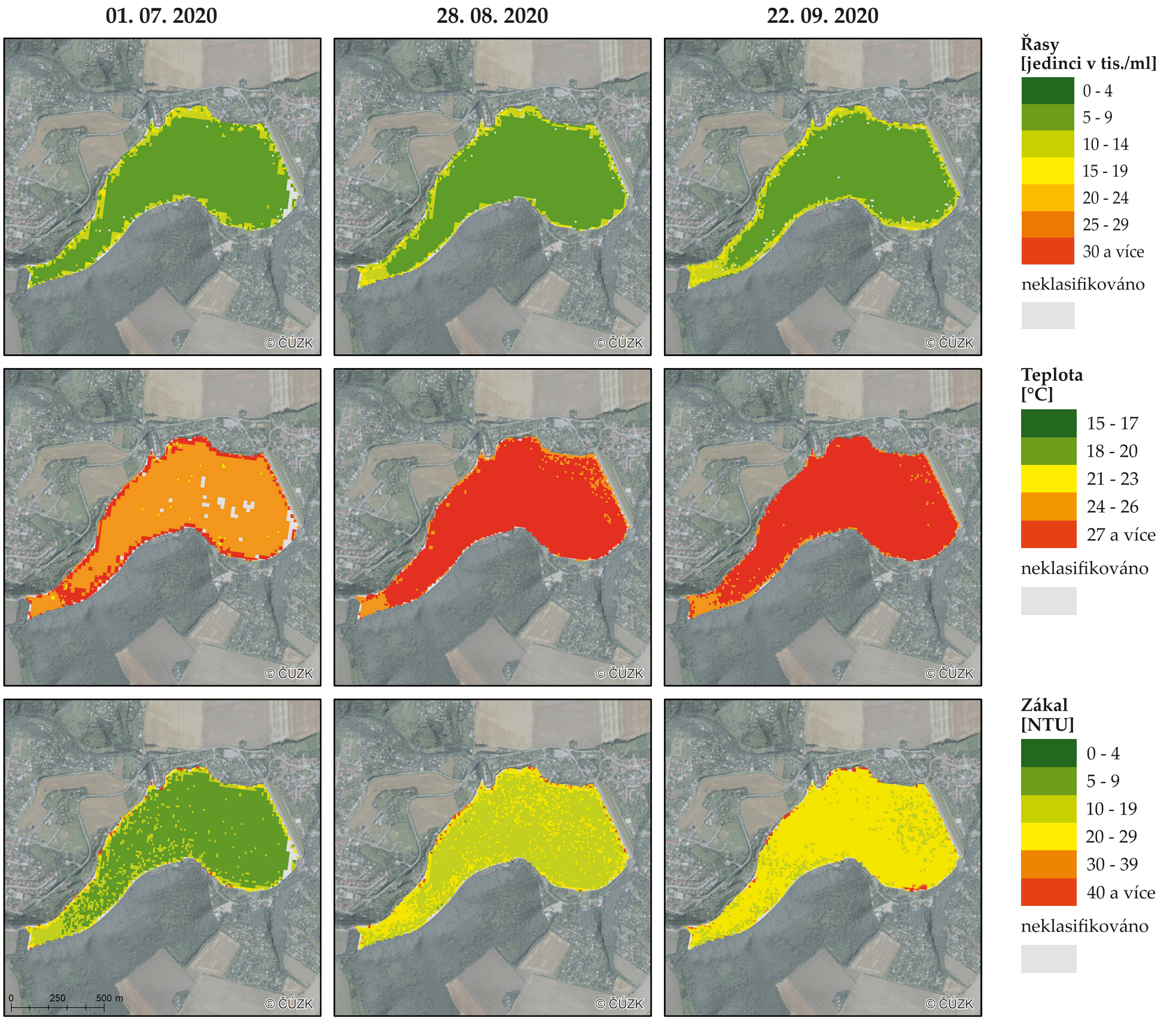
Jedná se o menší nádrž o rozloze 68 ha na říčce Hloučele zhruba 5 km západně od Prostějova. Se stavbou přehrady se započalo již v roce 1913, dokončena byla však až v roce 1932. Kvůli dlouhodobě špatné kvalitě vody byla nádrž v letech 2009 až 2013 vypuštěna a odbahněna [33]. Nádrž je zařazena do Seznamu koupacích vod. U hráze se nachází kemp, v okolí jsou i další možnosti ubytování a také velký počet soukromých chat. Pláže, které jsou situovány na jižním i severním břehu nádrže, jsou převážně travnaté. Funguje zde rovněž půjčovna plavidel.



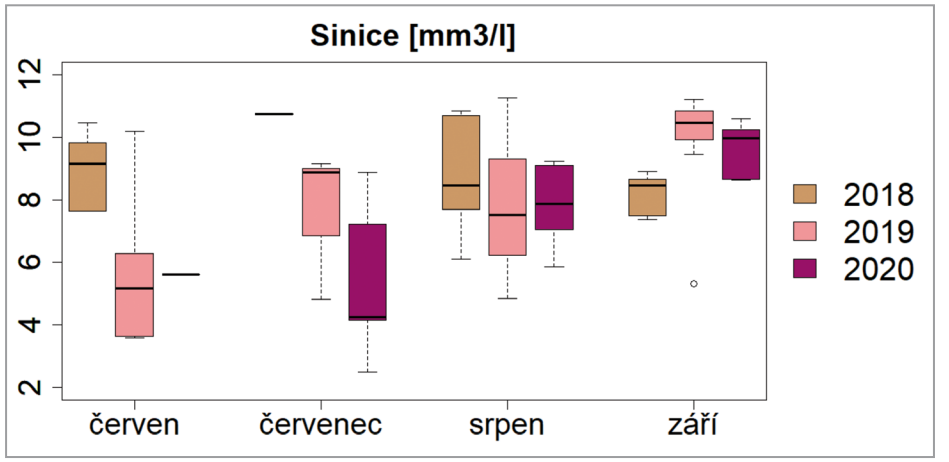
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

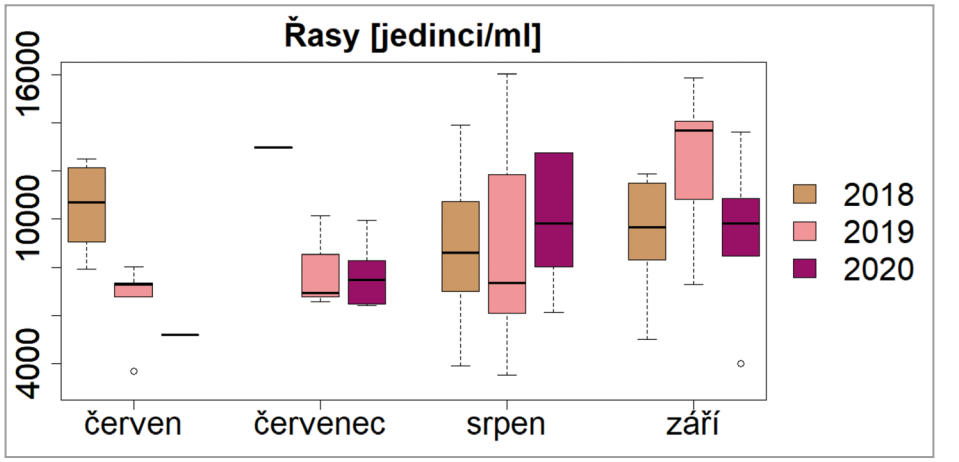


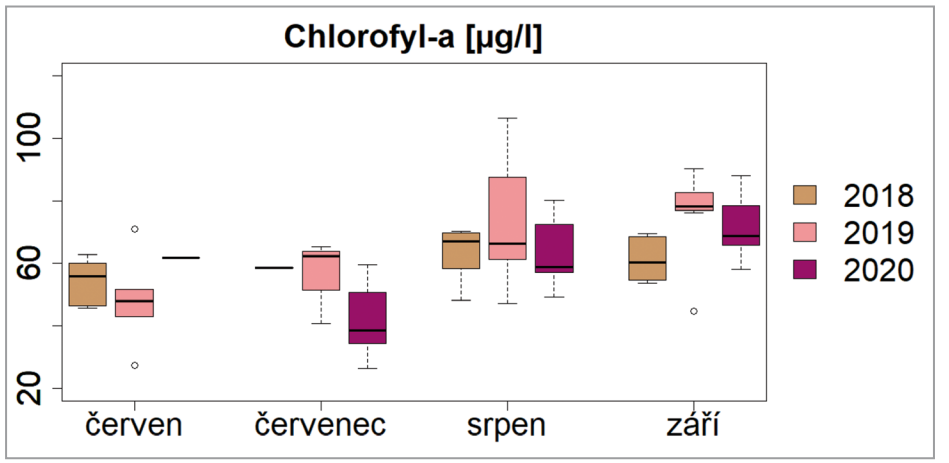
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

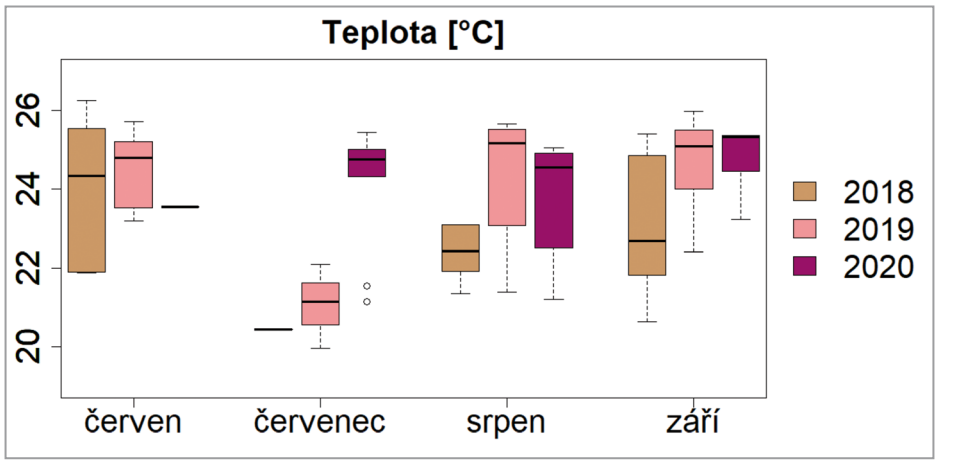


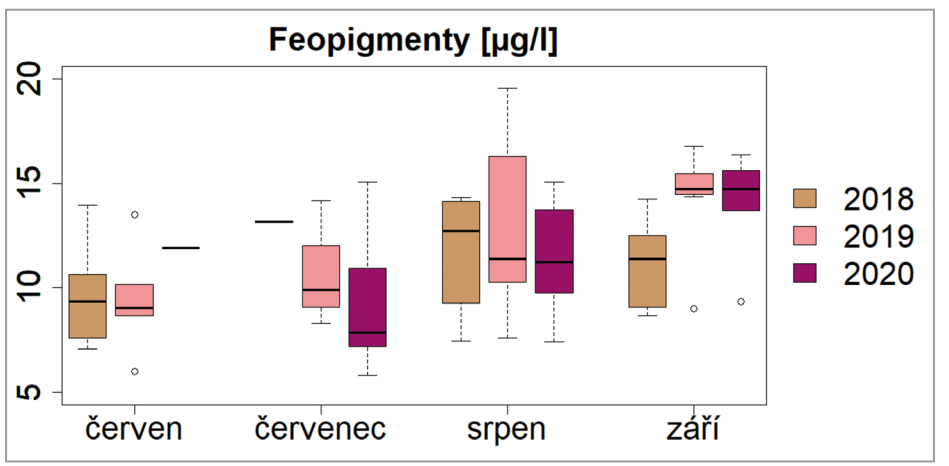
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

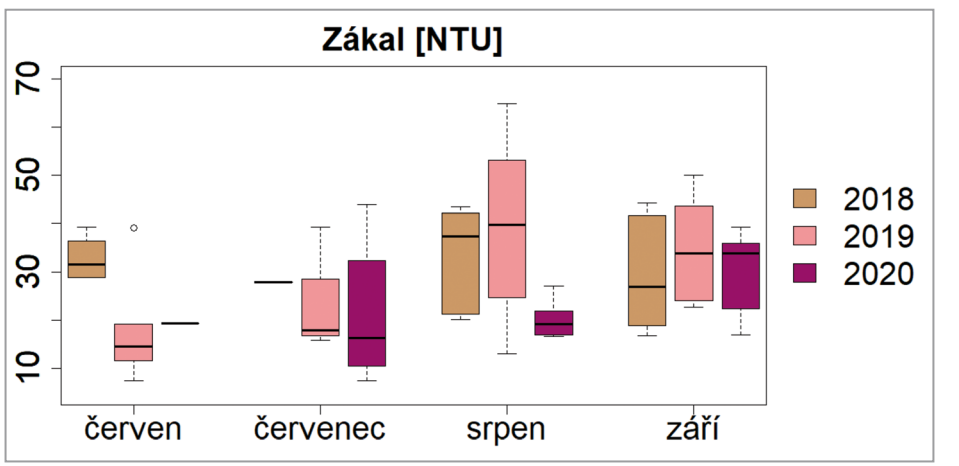








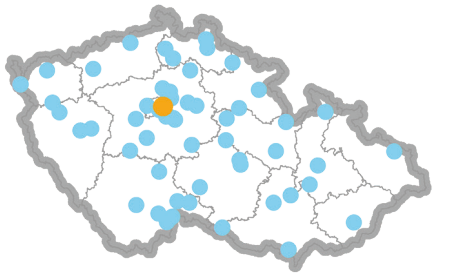




Shrnutí:

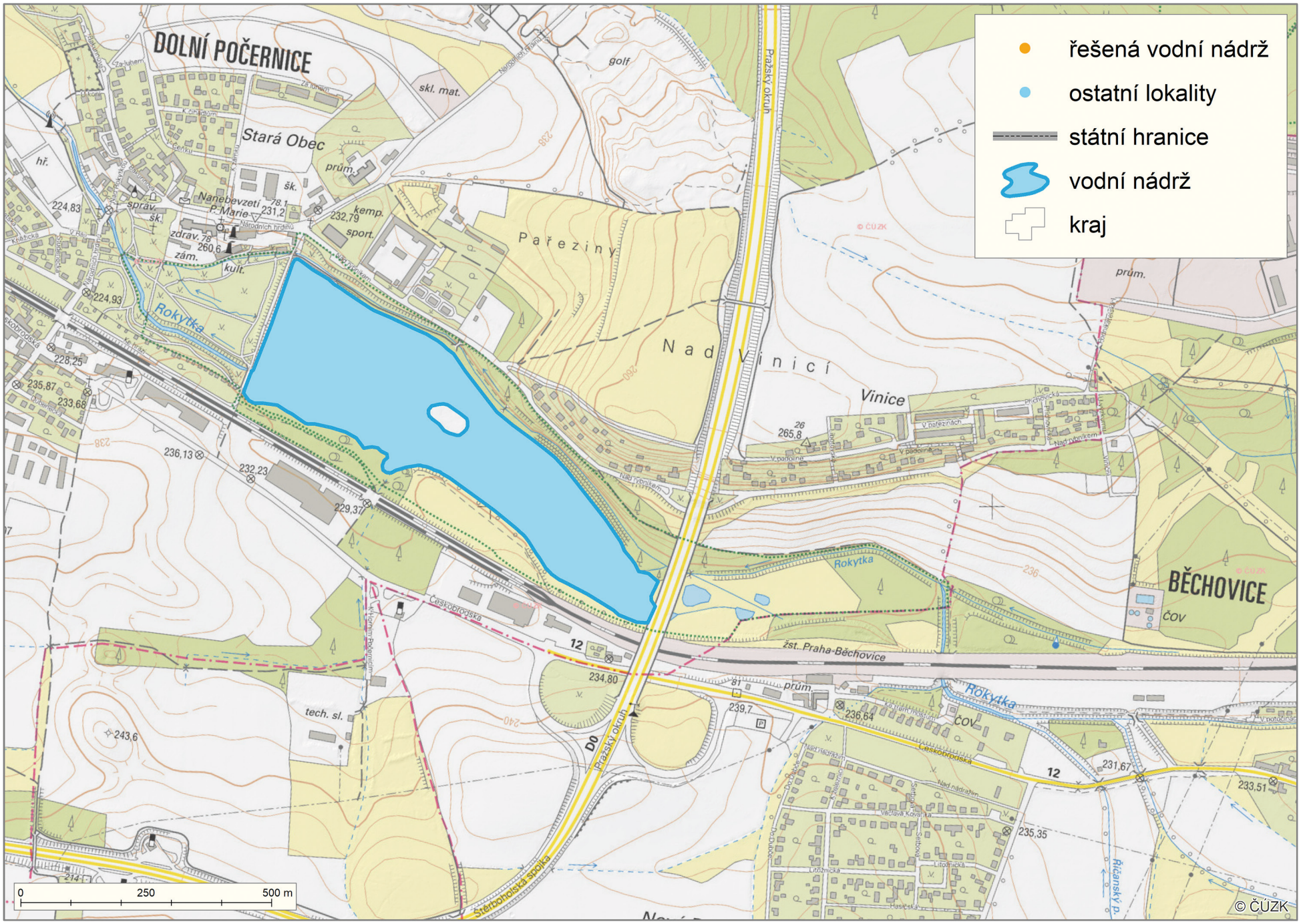
Po odbahnění v roce 2014 negativní hodnocení kvality vody jako je zákaz koupání a voda nevhodná ke koupání značně ubyla. V posledních letech, zvláště ke konci koupací sezóny, však ke zhoršení kvality vody dochází, a to vlivem vysokého výskytu sinic. Koncentrace chlorofylu-*a* z pozemního sledování se především počátkem sezóny pohybují v řádech jednotek µg/l a ke konci sezóny až vyšších desítek µg/l, nálezy sinic koncem sezóny dosahují v některých letech statisíců buněk/ml. Výsledky dat z DPZ jsou u chlorofylu-*a* i sinic ve srovnání s výsledky pozemního sledováni počátkem koupací sezóny výrazně nadhodnocené, ke konci sezóny jsou již nadhodnocené jen mírně nebo jsou na srovnatelné úrovni.

POČERNICKÝ RYBNÍK

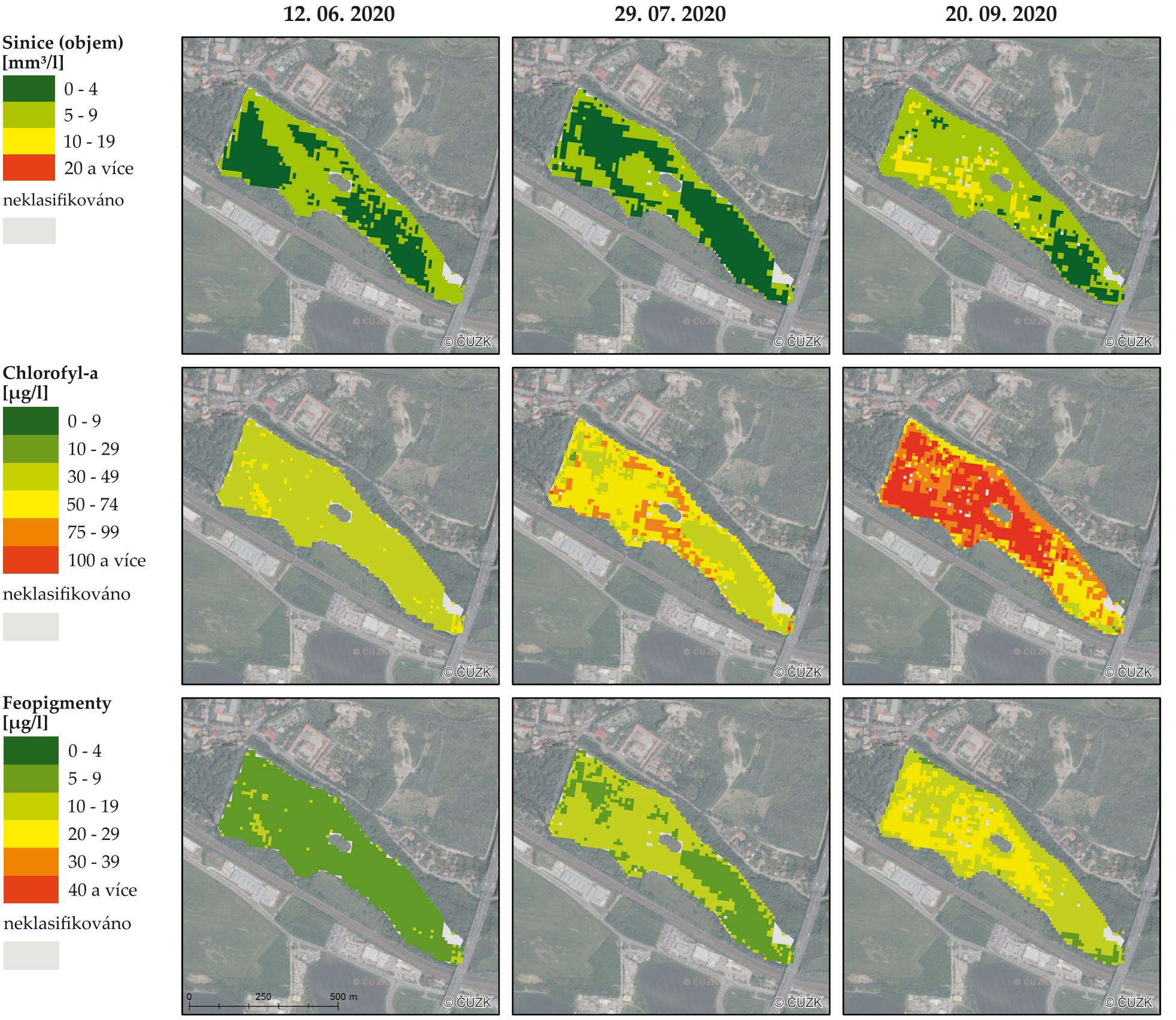


Vodní tok: Rokytka
Kraj: Hlavní město Praha

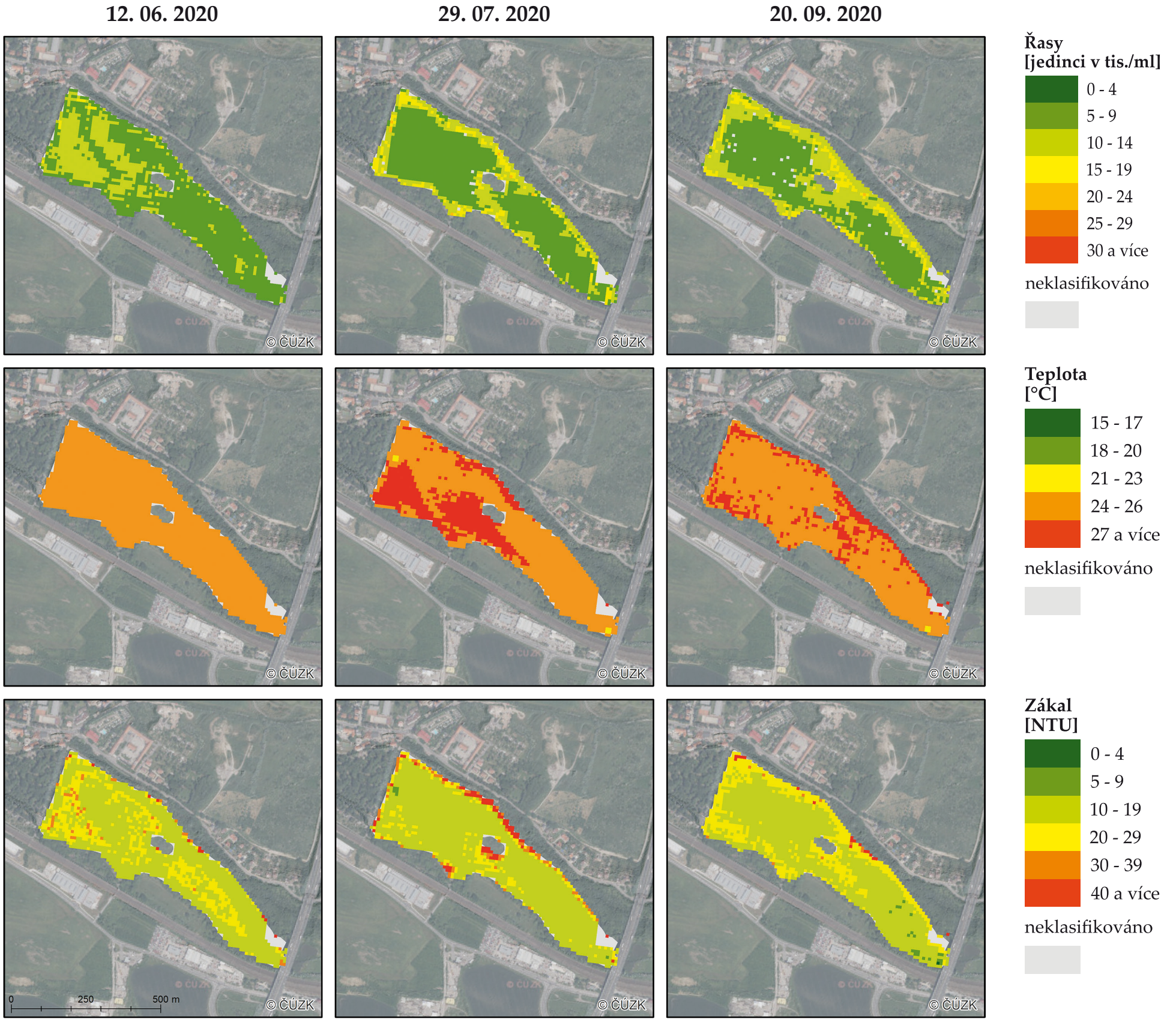
Počernický rybník se nachází na východním okraji Prahy – v Dolních Počernicích. Byl vybudován na řece Rokytce v polovině 19. století. S rozlohou 41 ha se jedná o největší rybník na území Prahy. V minulosti byl hojně využíván k rekreaci - v sedmdesátých letech 20. století se zde koupalo až 5 tisíc návštěvníků denně [34]. V současnosti je zájem o koupání na této lokalitě výrazně menší. Možnost vstupu do vody je v prostoru hráze a především na jižním okraji z travnaté pláže. Rybník není zařazen do Seznamu koupacích vod. Počernický rybník je součástí Přírodního parku Klánovice – Čihadla. Zároveň je spolu s přilehlým parkem označen jako přírodní památka [34]. V letech 2004 – 2006 byl rybník revitalizován. Byla provedena rekonstrukce hráze, odbahnění, vybudování ostrova a tůní [35].



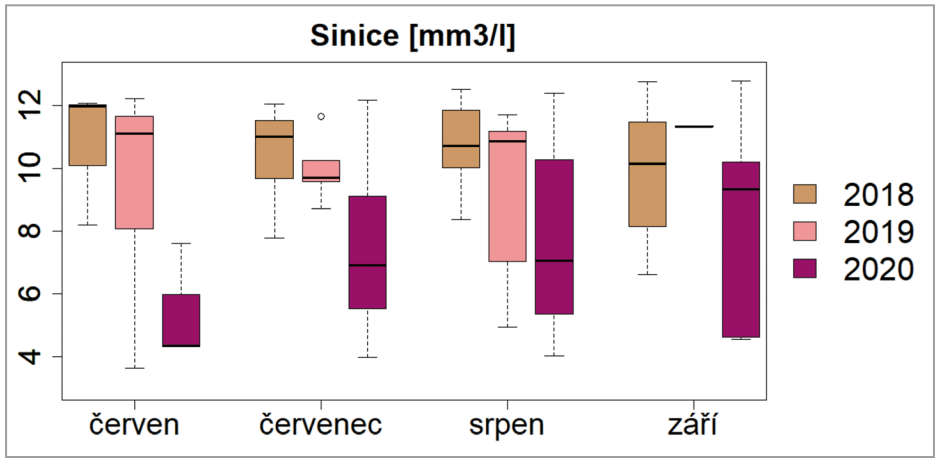
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

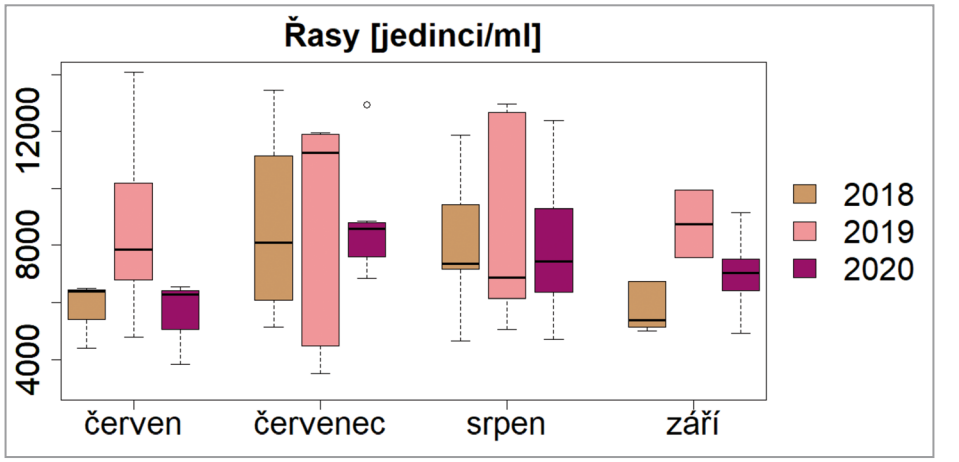


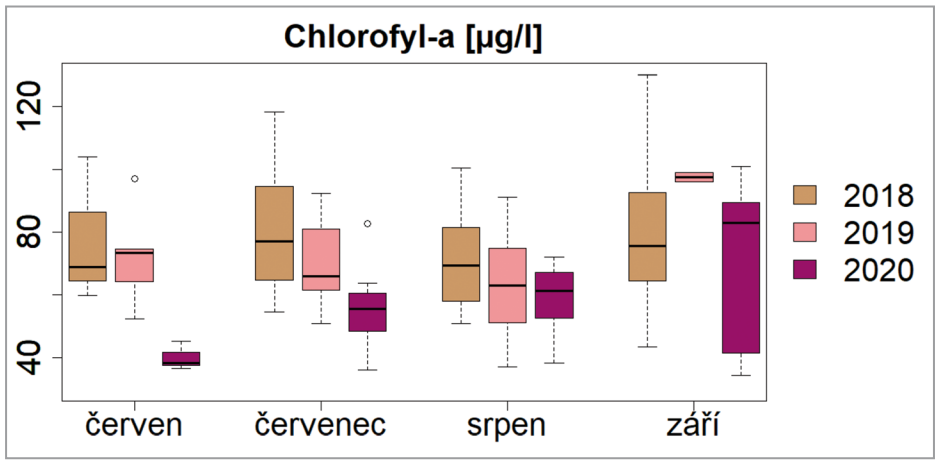
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

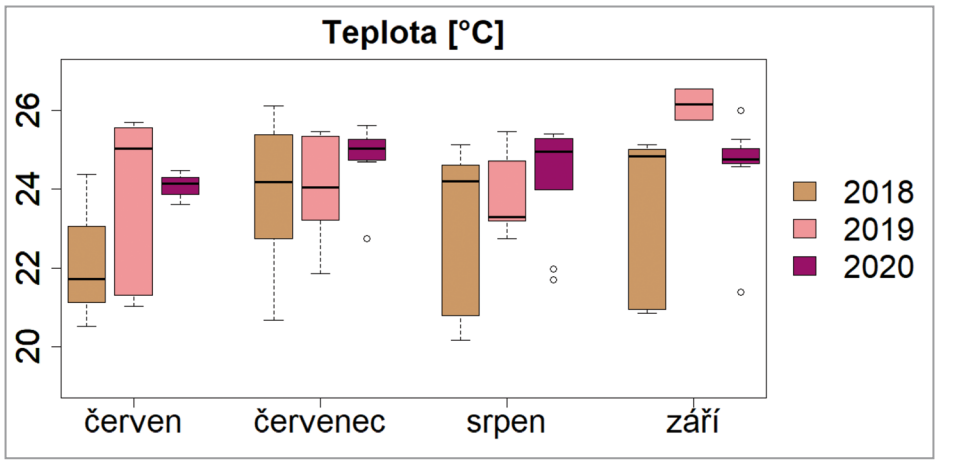


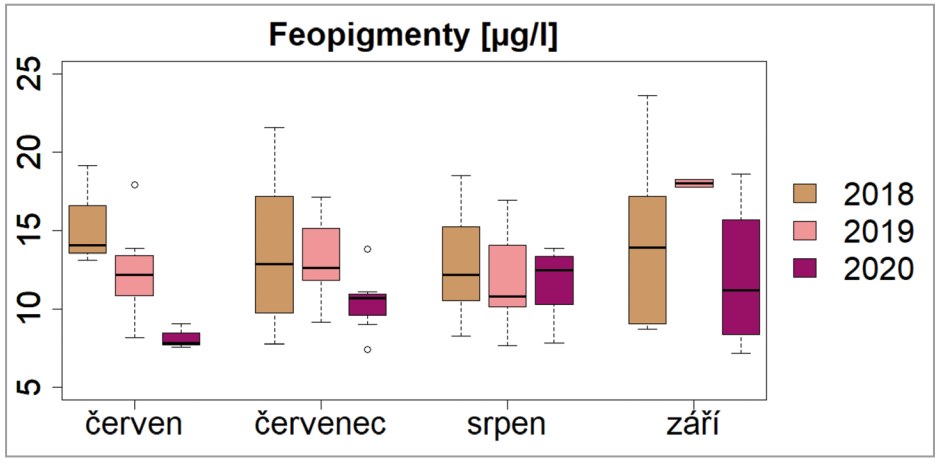
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

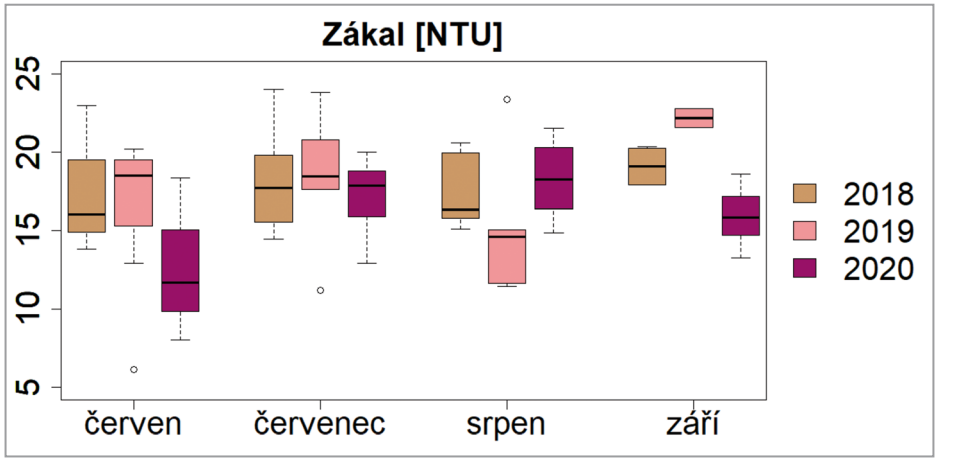








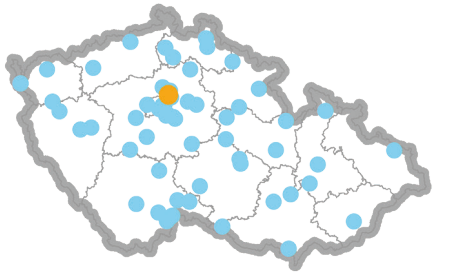




Shrnutí:

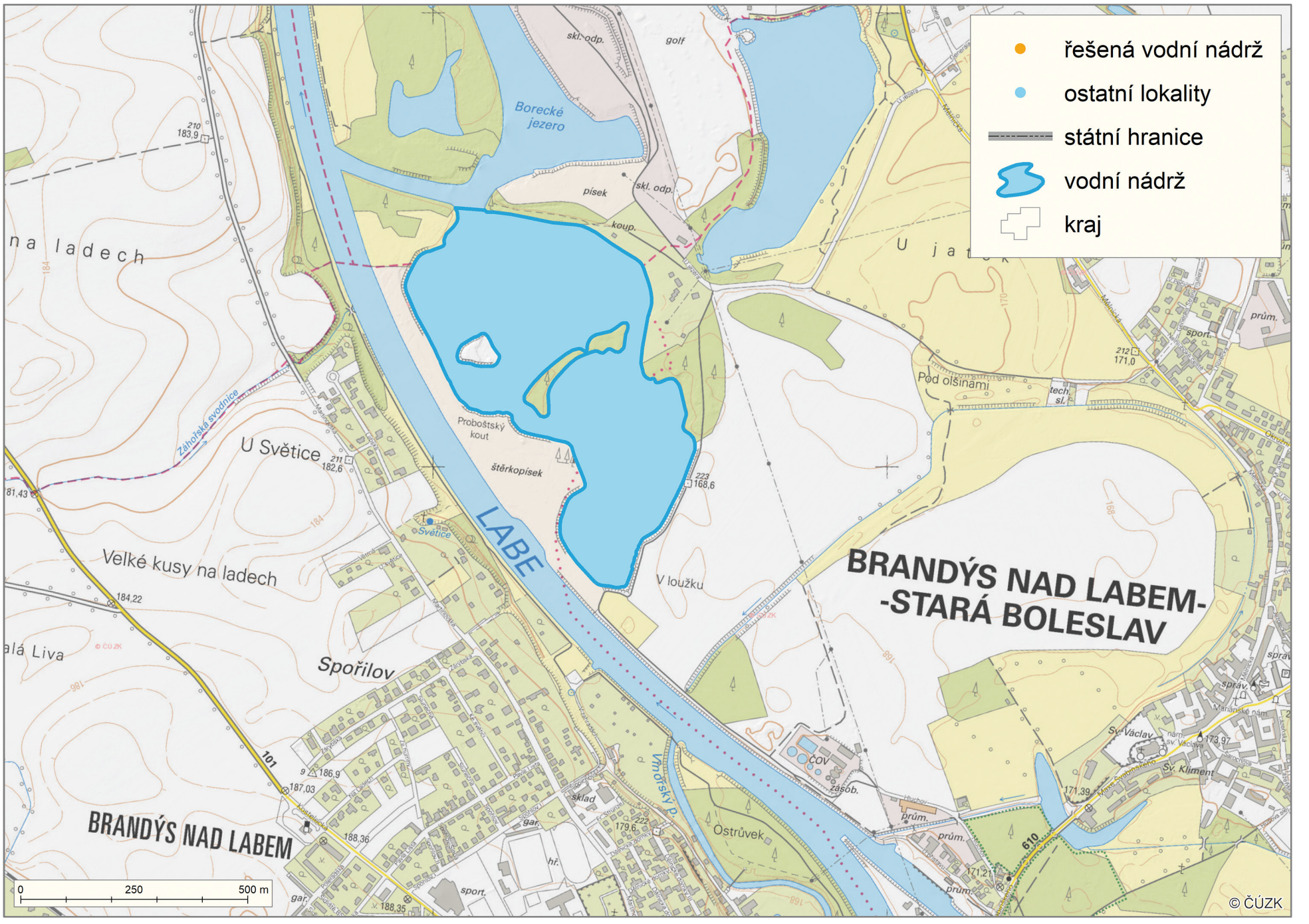
Vzhledem k tomu, že není k dispozici relevantní množství dat z pozemního monitoringu, nelze objektivně porovnat výsledné hodnoty získané z dat z DPZ s dalším nezávislým zdrojem. Ze získaných výsledků vyplývá, že Počernický rybník je silně oživen fytoplanktonem. Koncentrace chlorofylu-*a* se pohybují obvykle v řádu vyšších desítek až více než 100 µg/l. Zajímavé jsou výrazně nižší hodnoty v červnu a červenci 2020 ve srovnání s předchozími dvěma sezónami, což ostatně potvrzují i výsledky průhlednosti z projektu Možnosti vodní rekreace na území hlavního města Prahy [36]. Ojedinělé vzorkování SZÚ provedené v červnu 2019 naznačuje, že modelované výsledky dat z DPZ hodnoty sledovaného ukazatele sinice na počátku sezóny výrazně nadhodnotily, což může být způsobeno především velikostí vodní plochy a její okolní a břehovou vegetací.

PROBOŠTSKÝ RYBNÍK

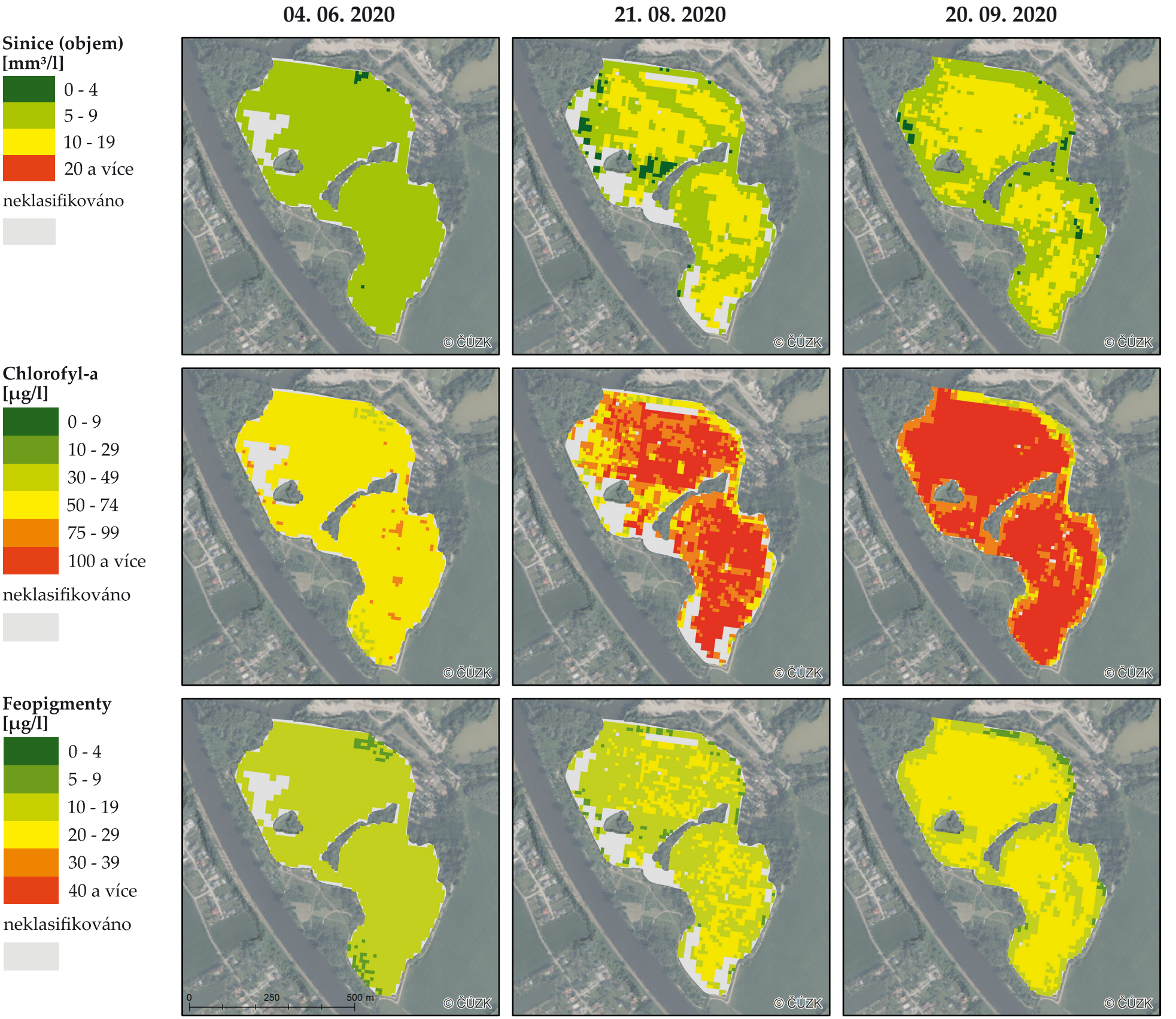


Vodní tok: Labe
Kraj: Středočeský

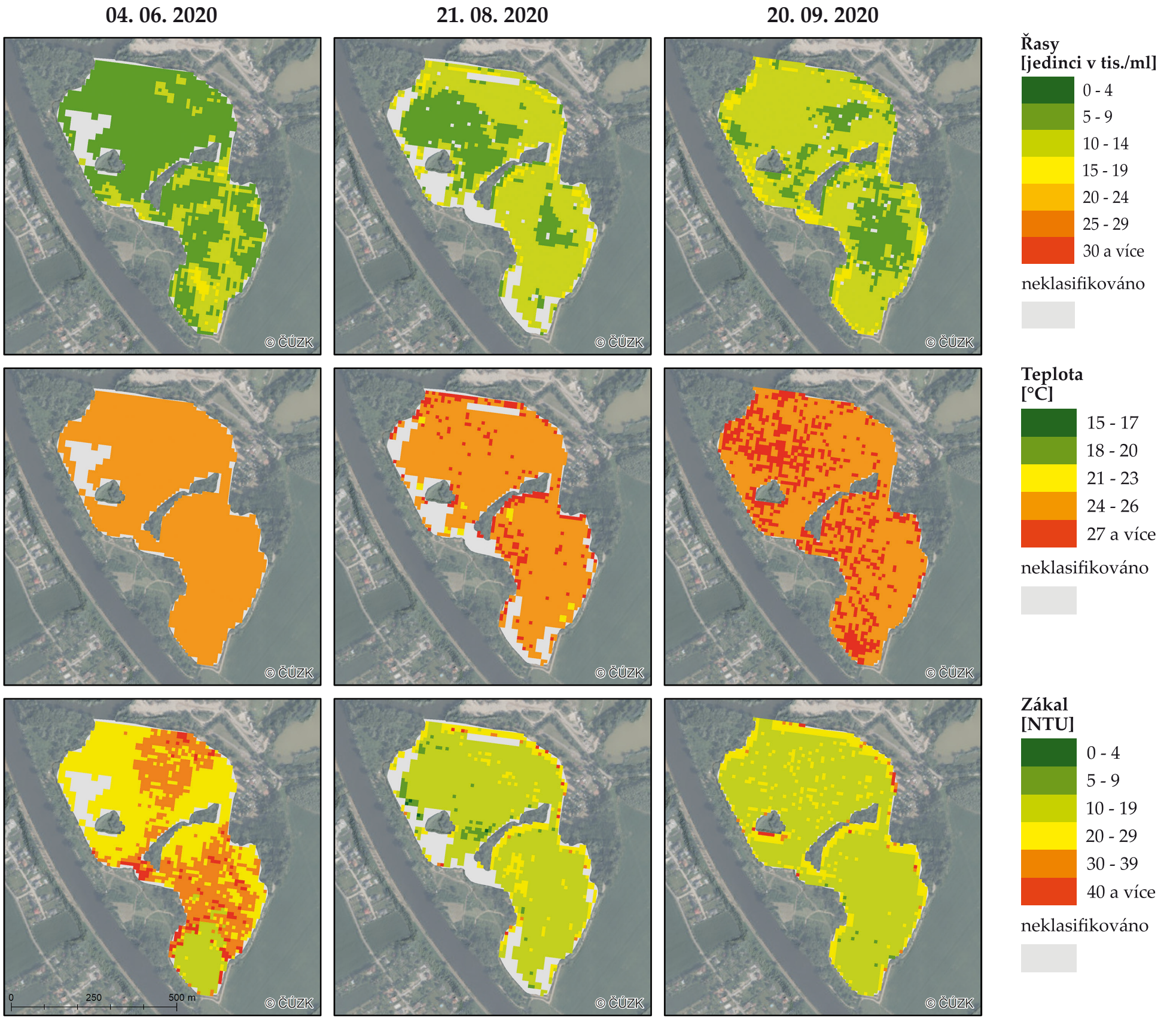
Lokalita se nachází severozápadně od Brandýsa nad Labem - Staré Boleslavi. Jedná se o nádrž po těžbě štěrkopísku v těsné blízkosti Labe, se kterým je na severní straně spojena cca 50 m širokým ramenem. Přírodní koupaliště místního významu leží na východním břehu ve společném areálu s kempem. Součástí areálu je hygienické zázemí, parkoviště a občerstvení. Pláže v blízkosti vody jsou písčité, výše položené části pak travnaté. Koupaliště je oploceno a vstup zpoplatněn. Provozovatel udává kapacitu koupaliště 1800 osob. Jižně od areálu přírodního koupaliště se nachází menší pláž s bezplatným přístupem. Na dalších místech jsou břehy nádrže buď špatně přístupné (strmé či zalesněné) nebo hojně využívané rekreačními rybáři [37], [38].



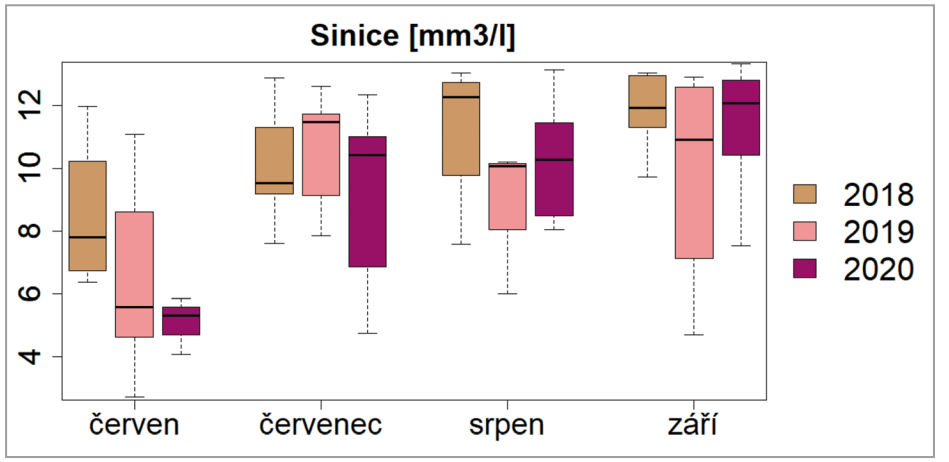
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

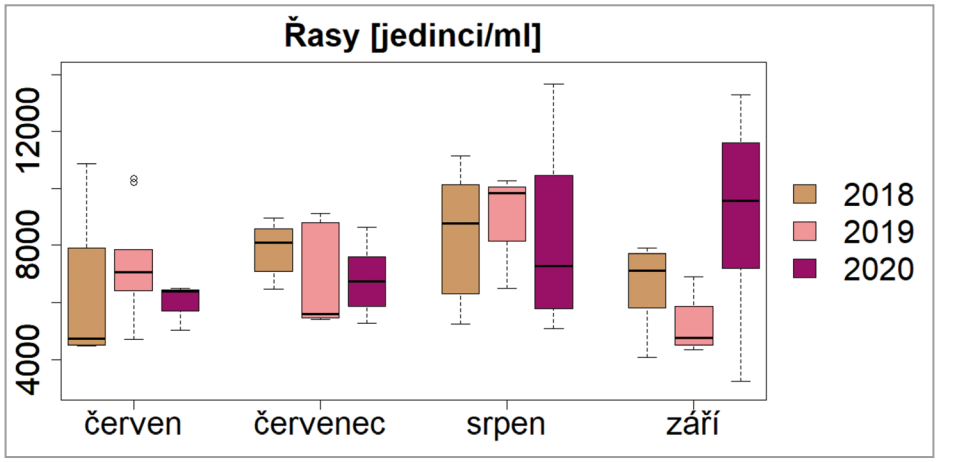


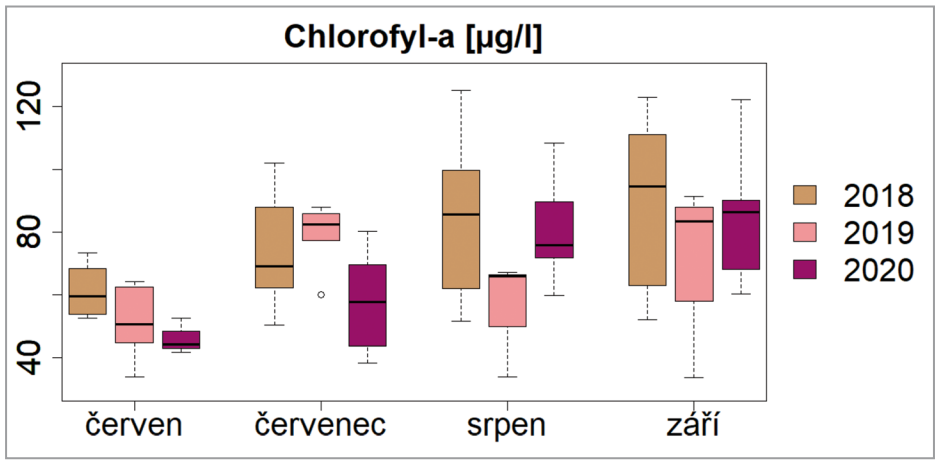
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

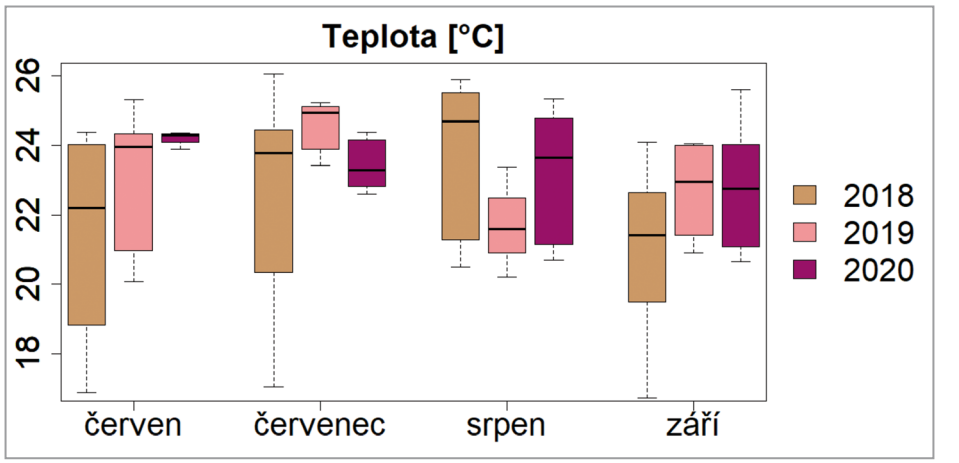


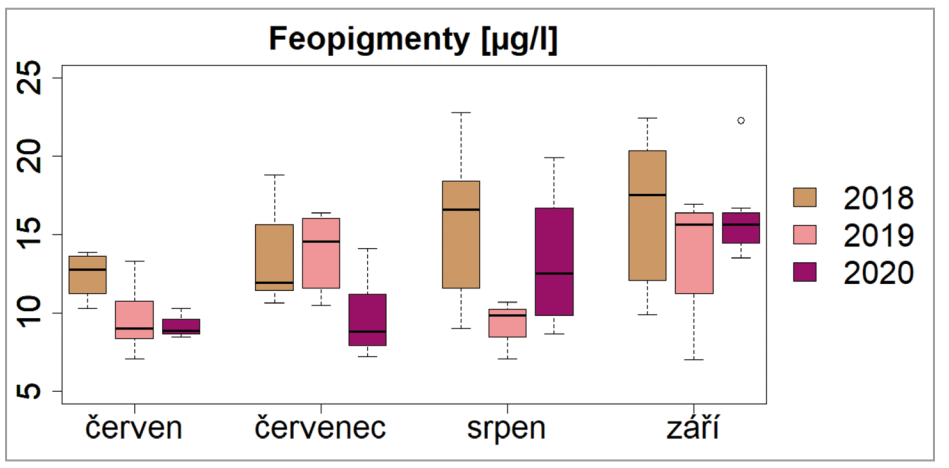
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

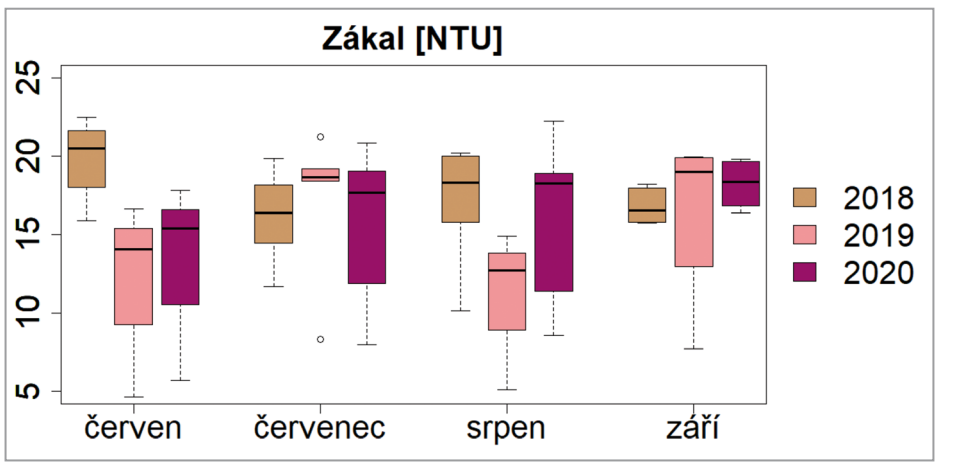








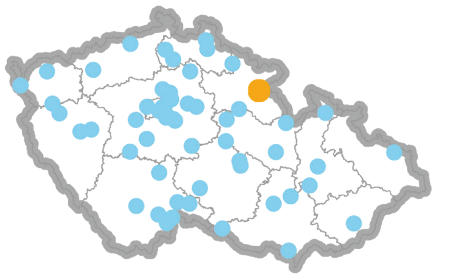




Shrnutí:

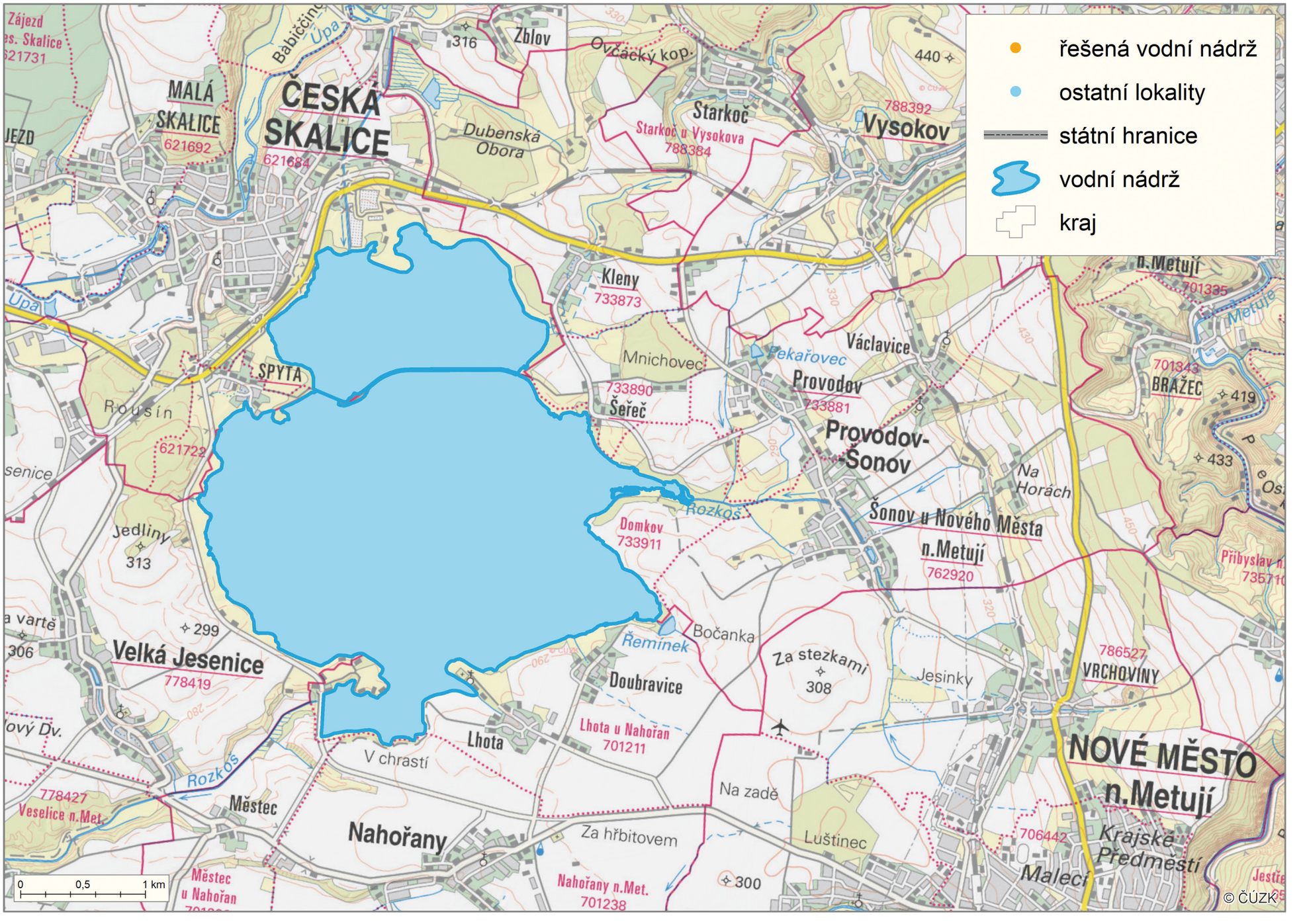
Na Proboštských jezerech obvykle dominují v letním fytoplanktonu velké obrněnky rodu *Ceratium*, které jsou velmi pohyblivé a mění rychle svou pozici ve vodním sloupci. Proto jsou z hlediska pozemního monitoringu velmi problematické, zvláště odebírají-li se pouze standardní vzorky u hladiny (resp. z horizontu 0 - 30 cm). Výsledky dat z DPZ mohou přinést zajímavé doplňující údaje k prostorové distribuci těchto organismů v nádrži. Maximální bodové hodnoty chlorofylu-*a* z pozemního monitorování přesahují 100 µg/l. Výsledky středních hodnot (za nádrž) získaných z dat z DPZ jsou obvykle nižší, což nemusí být v rozporu (viz výše zmíněná nehomogenita). Hodnoty sinic jsou však ve výsledcích dat z DPZ v letních měsících poměrně nadhodnoceny.

ROZKOŠ

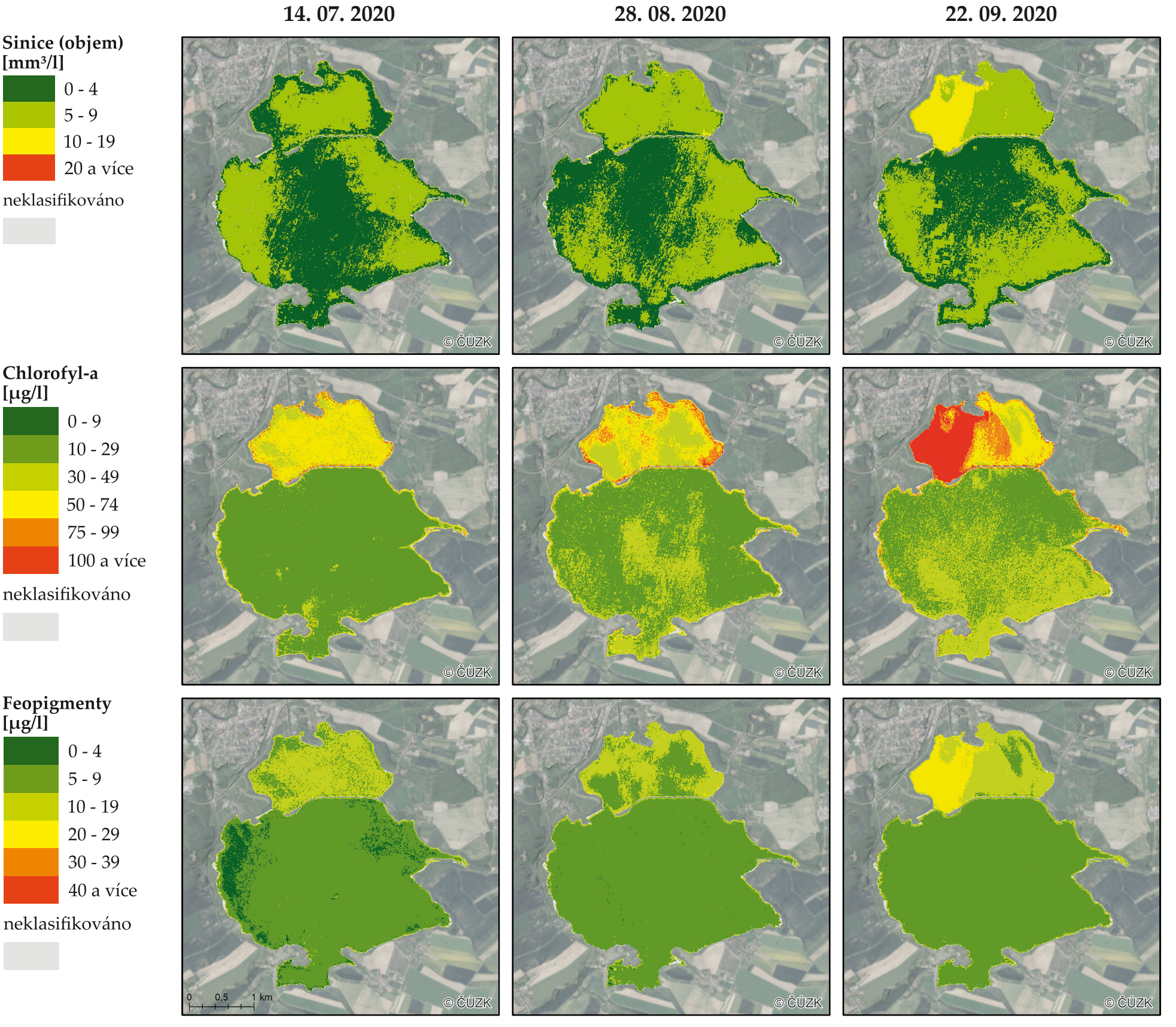


Vodní tok: Rozkoš
Kraj: Královéhradecký

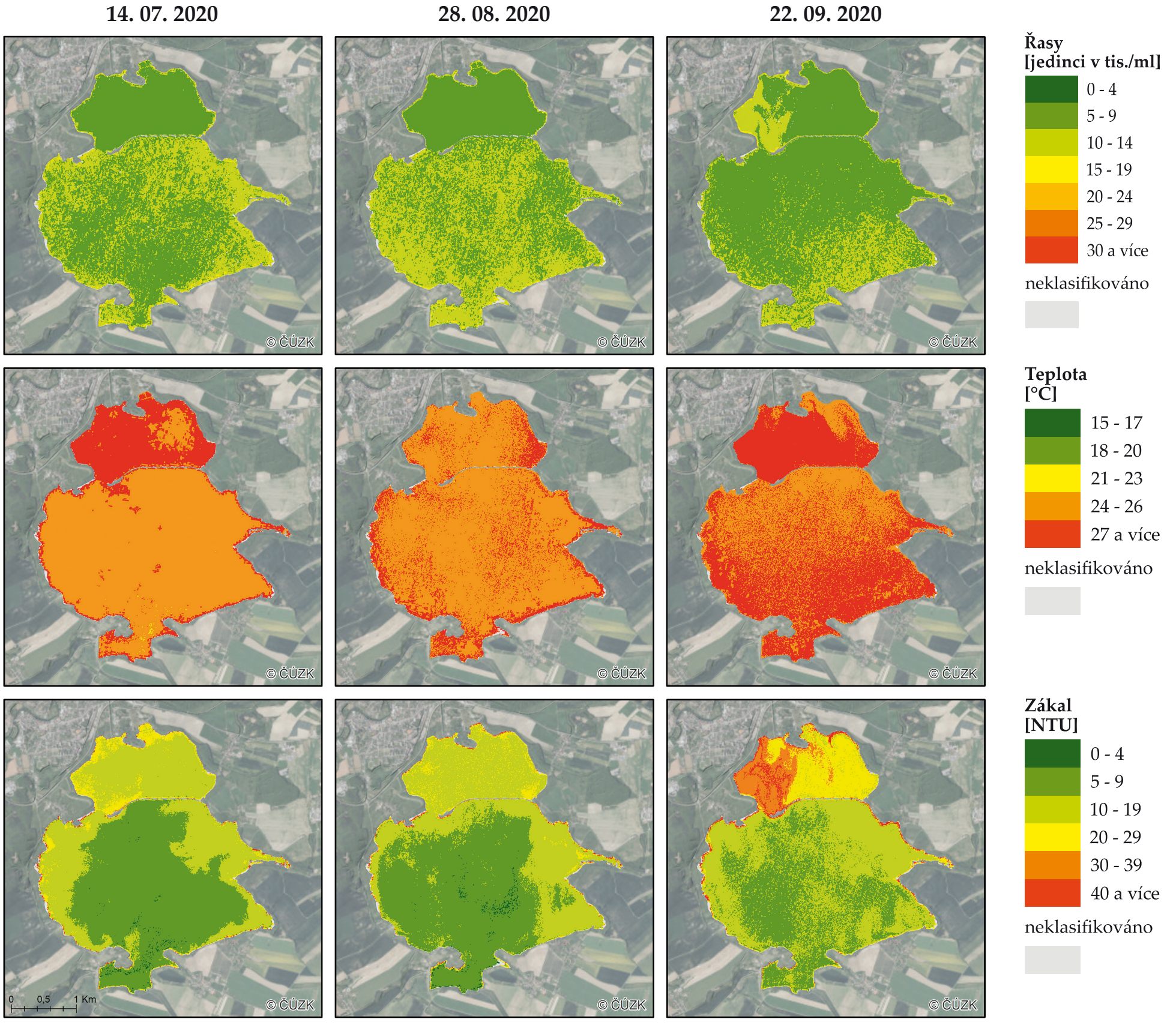
Přehradní nádrž Rozkoš leží jihovýchodně od města Česká Skalice. Její stavba proběhla v letech 1965 až 1972. Jedná se vlastně o dvě nádrže od sebe oddělené pouze úzkou hrází o délce 1,7 km a 200 m dlouhým betonovým přelivem. Severní nádrž o rozloze 186 ha, prezentovaná v tomto atlase, je napájena z řeky Úpy, která však nádrží přímo neprotéká. Voda je z Úpy do nádrže přiváděna umělým přivaděčem [39]. Na severním břehu horní nádrže je situován velký autokemp. Do roku 2017 byla severní nádrž zařazena do Seznamu koupacích vod. Vzorky byly odebírány z dlouhého dřevěného mola, které přehrazuje jednu ze zátok severní nádrže. V roce 2018 bylo odběrové místo přesunuto na jižní nádrž (Velká Jesenice), kde je většinou výrazně lepší kvalita vody. Návštěvníci kempu se v nádrži stále koupou, i když je jisté, že špatná kvalita vody část zájemců od koupání odradí. V areálu autokempu se buduje biokoupaliště. V současné době je však již několik let rozestavěno.



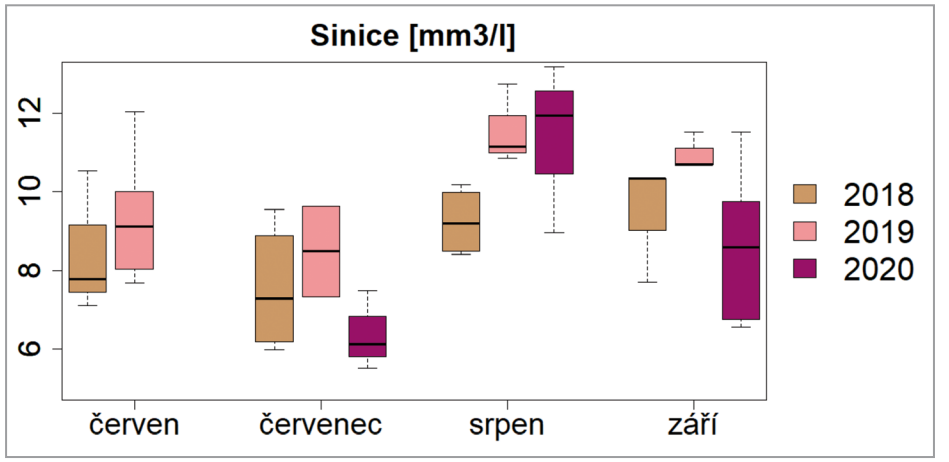
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

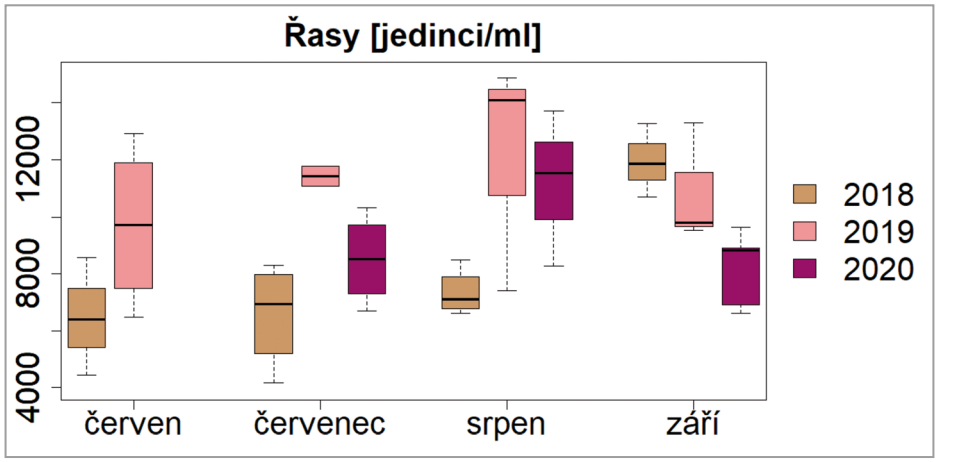


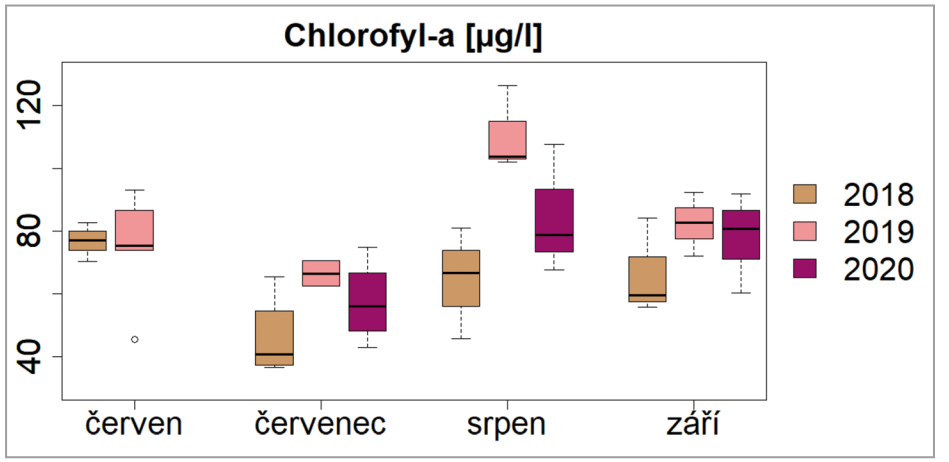
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

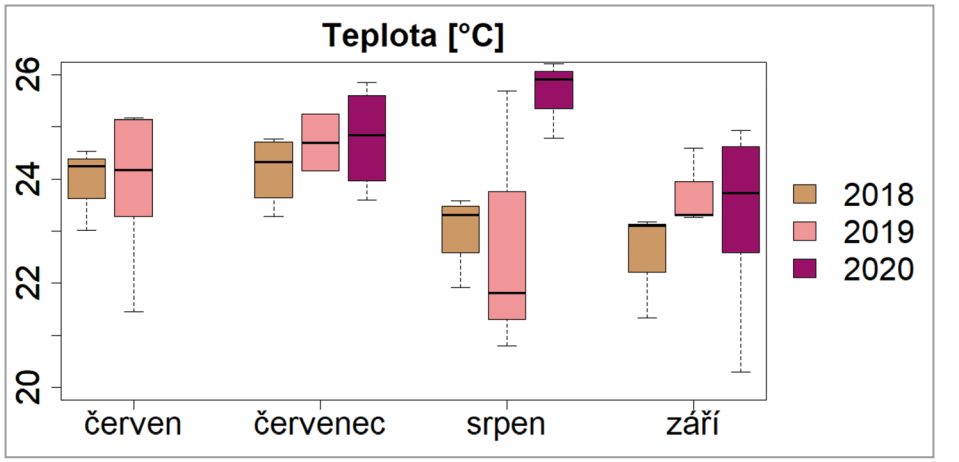


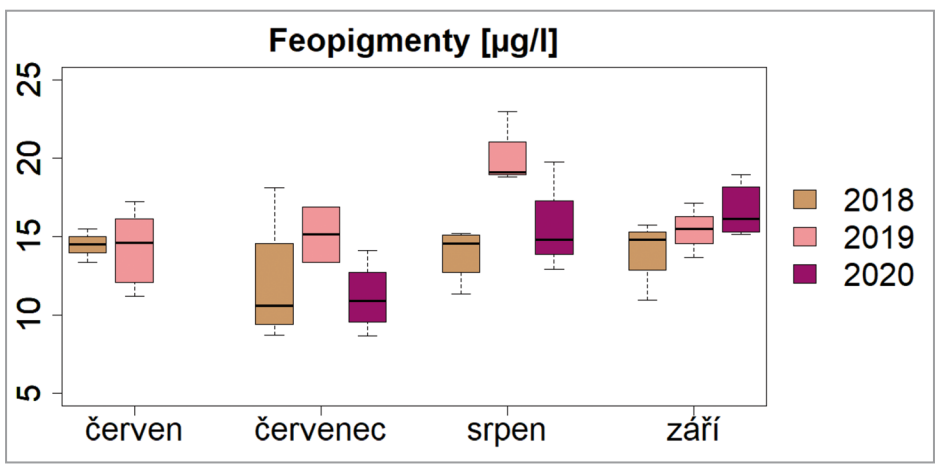
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

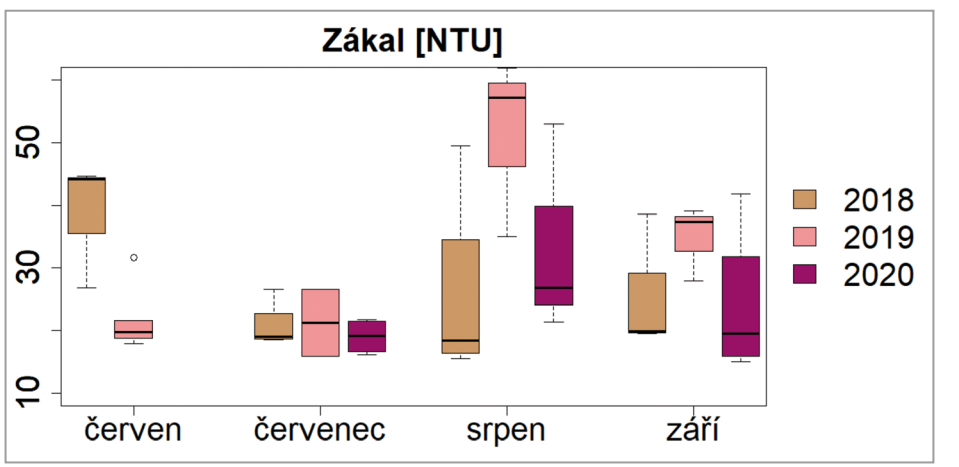








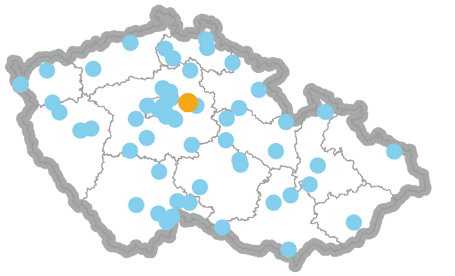




Shrnutí:

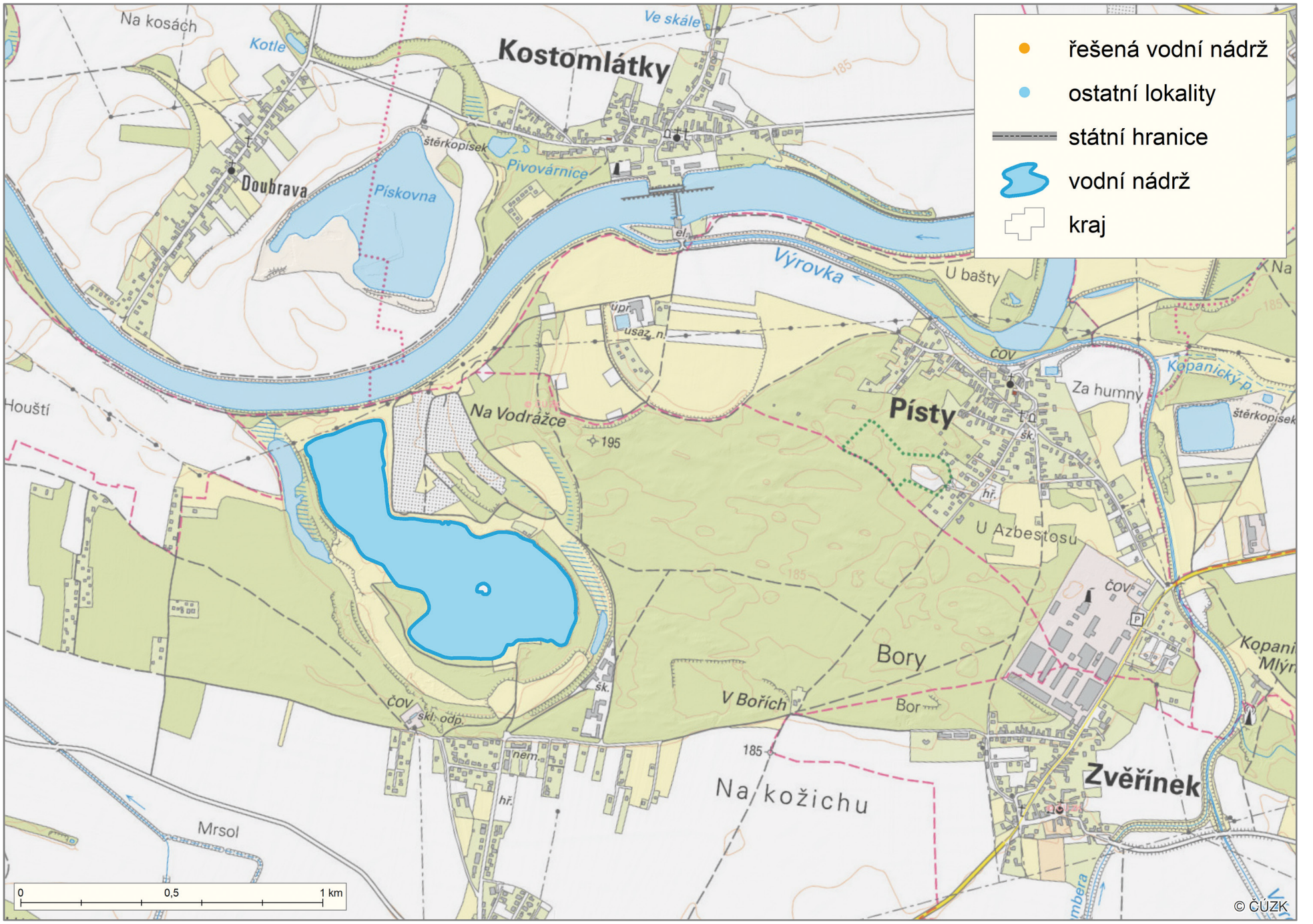
Kvalita vody v horní nádrži je téměř každou sezónu výrazně ovlivněna rozvojem sinic a vznikem výrazných vodních květů. Hodnoty koncentrace chlorofylu-*a* z dat pozemního monitoringu se pohybují obvykle ve vyšších desítkách až stovkách µg/l. Výsledky získané pomocí dat z DPZ se relativně shodují. Situace na konkrétním odběrovém místě se především koncem koupací sezóny může rychle měnit v závislosti na pozici příhladinových sinicových vodních květů. K jejich lokalizaci mohou dobře napomoci právě získané výsledky dat z DPZ, a to i bez nutnosti přesné kvantifikace, což je dobře patrné např. ze situace z 22. září 2020, kdy západní část severní nádrže vykazovala mnohem vyšší hodnoty pro ukazatele chlorofyl-*a* a sinice než část východní.

SADSKÁ

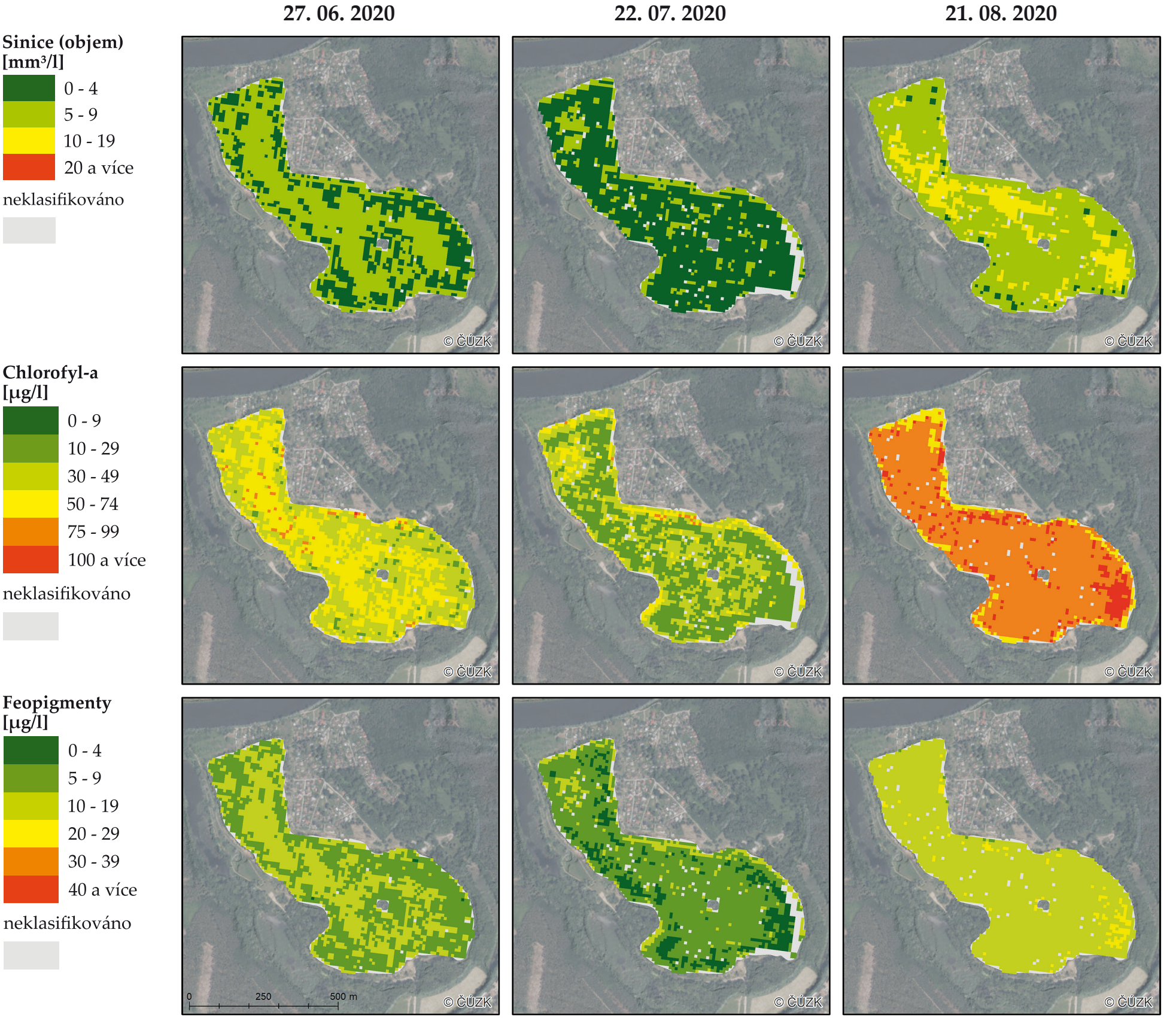


Vodní tok: neleží na vodním toku
Kraj: Středočeský

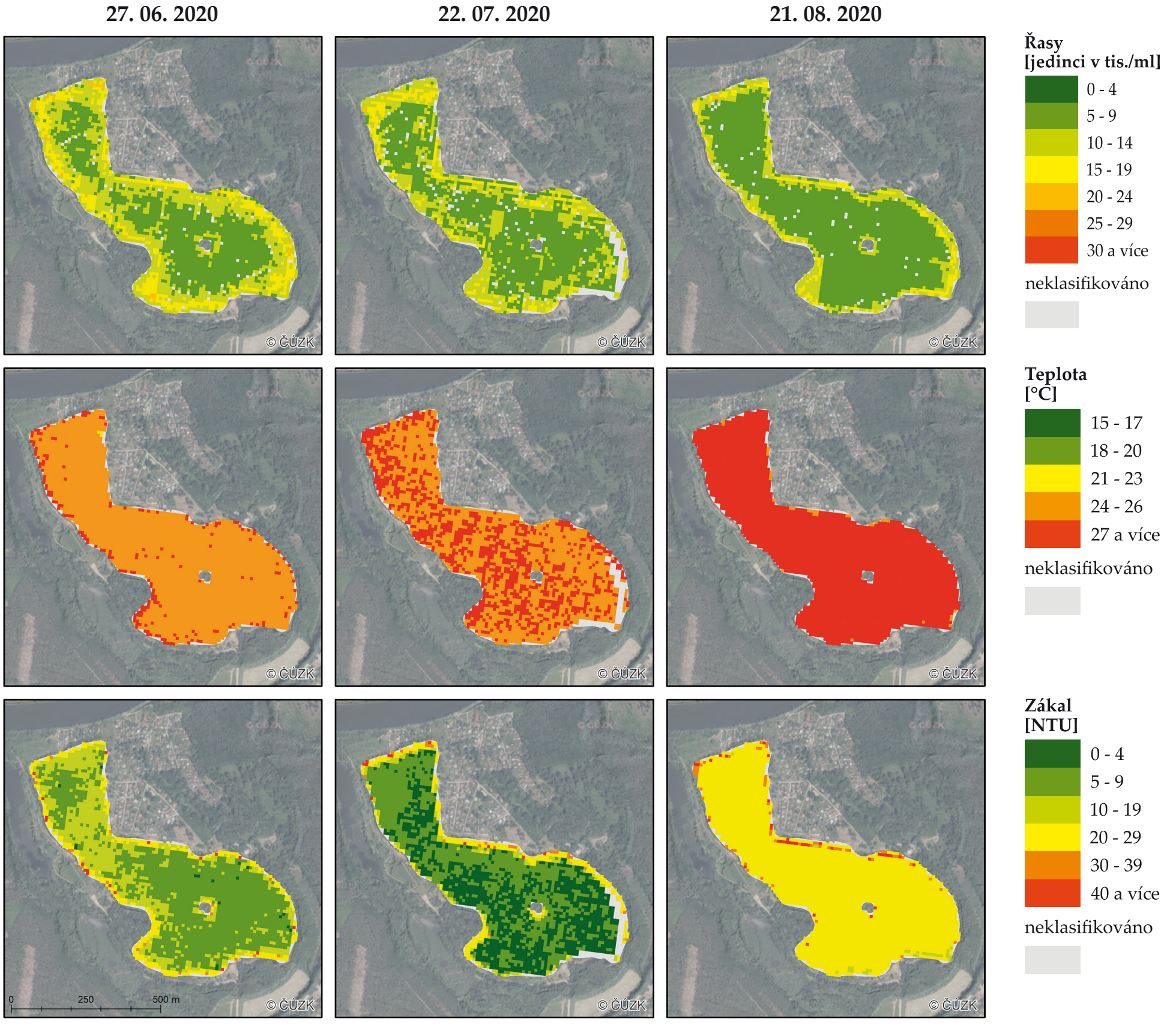
Nádrž se nachází zhruba 2 km severně od města Sadská (přibližně 10 km západně od Poděbrad). Jedná se o nádrž po těžbě štěrkopísku v těsné blízkosti Labe. Přesto, že je nádrž široce využívána k rekreaci [40], není zařazena do Seznamu koupacích vod. U nádrže je možnost parkování a je zde i základní infrastruktura (toalety, odpadkové koše, občerstvení). V blízkosti nádrže se nachází větší počet soukromých rekreačních objektů. Pláže, které jsou rozmístěny podél téměř celého jezera, jsou travnaté nebo písčité. Jedna z pláží je využívána naturisty [41]. Celá nádrž je součástí přírodního parku Kersko – Bory.



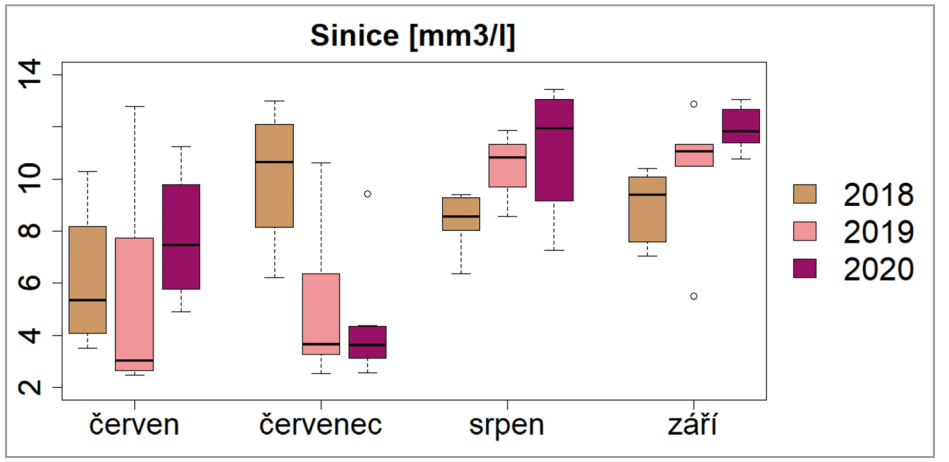
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

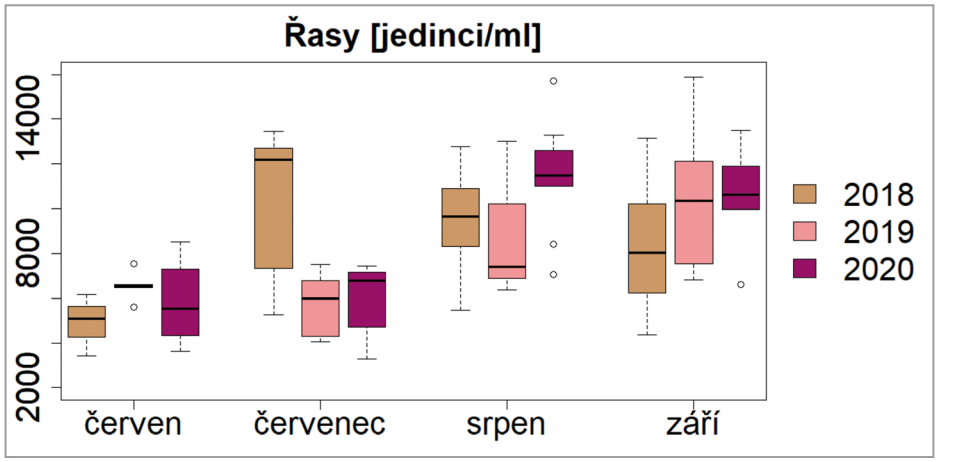


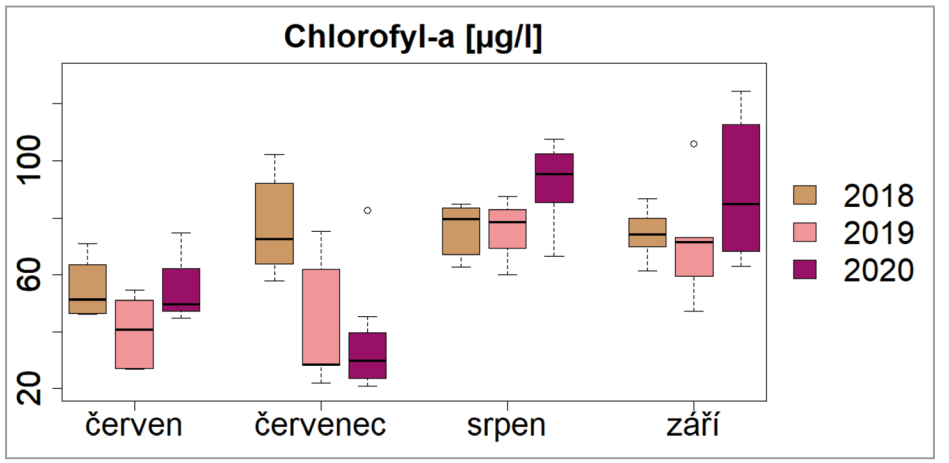
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

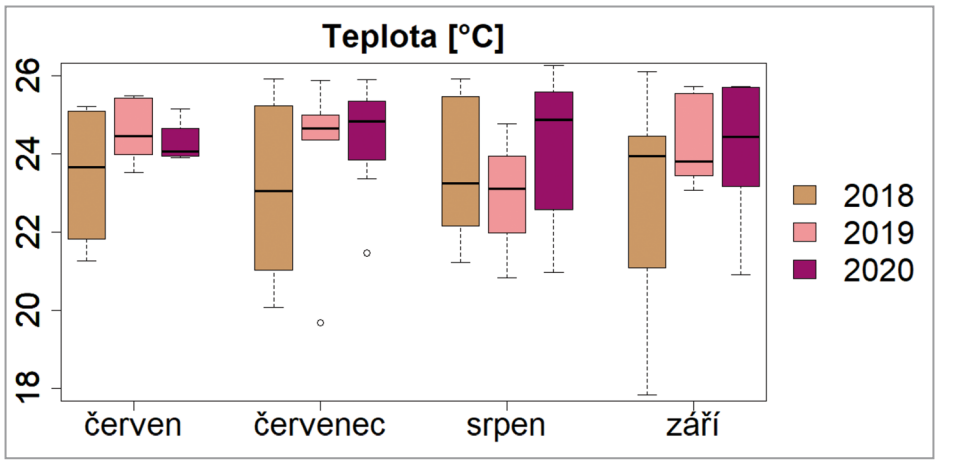


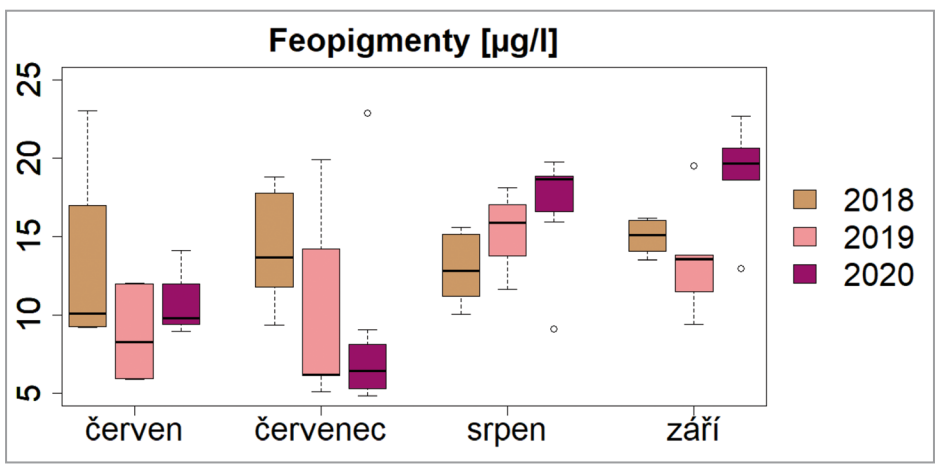
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

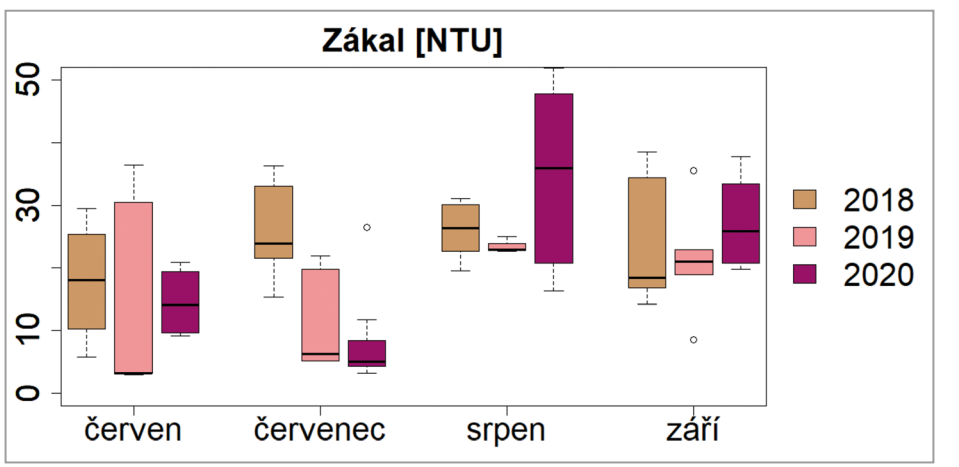








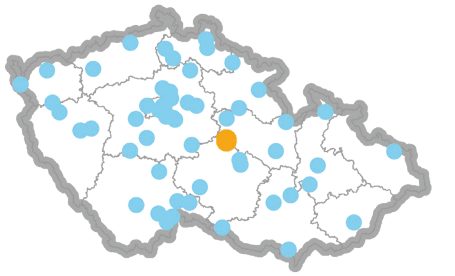




Shrnutí:

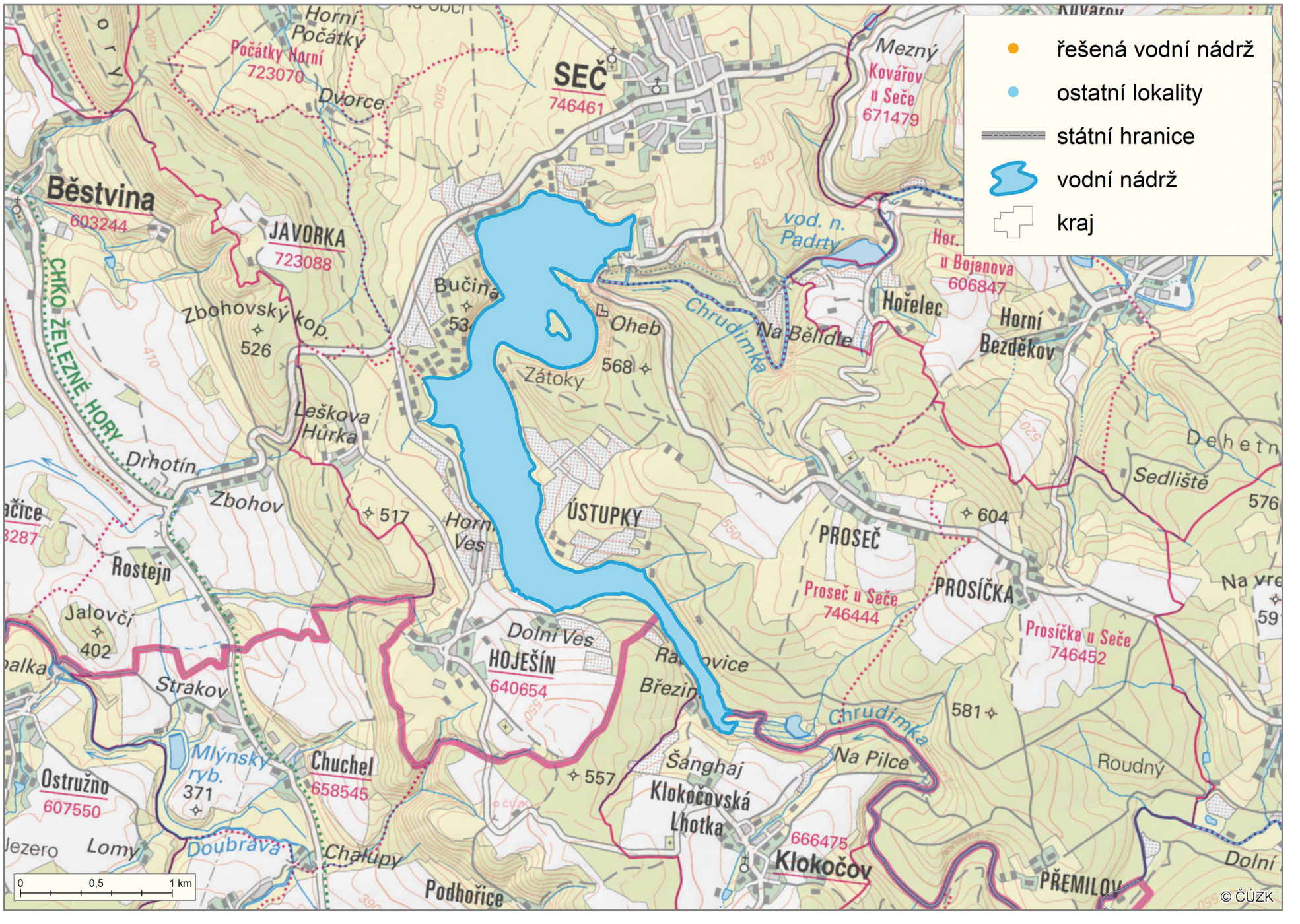
V nádrži není kvalita vody systematicky monitorována. Město Sadská ojediněle zveřejňuje na svých webových stránkách protokoly, ze kterých je patrný výskyt sinic a rozvoj fytoplanktonu v nádrži. Koncentrace chlorofylu-*a* se podle výsledků dat z DPZ pohybují v desítkách µg/l a v některých případech překračují i sto µg/l. Je z nich také patrné, že nástup sinic (resp. jejich kumulace v příhladinové vrstvě) nastal v teplém roce 2018 již v červenci. V letech 2019 a 2020 k této situaci došlo až v průběhu měsíce srpna.

SEČ

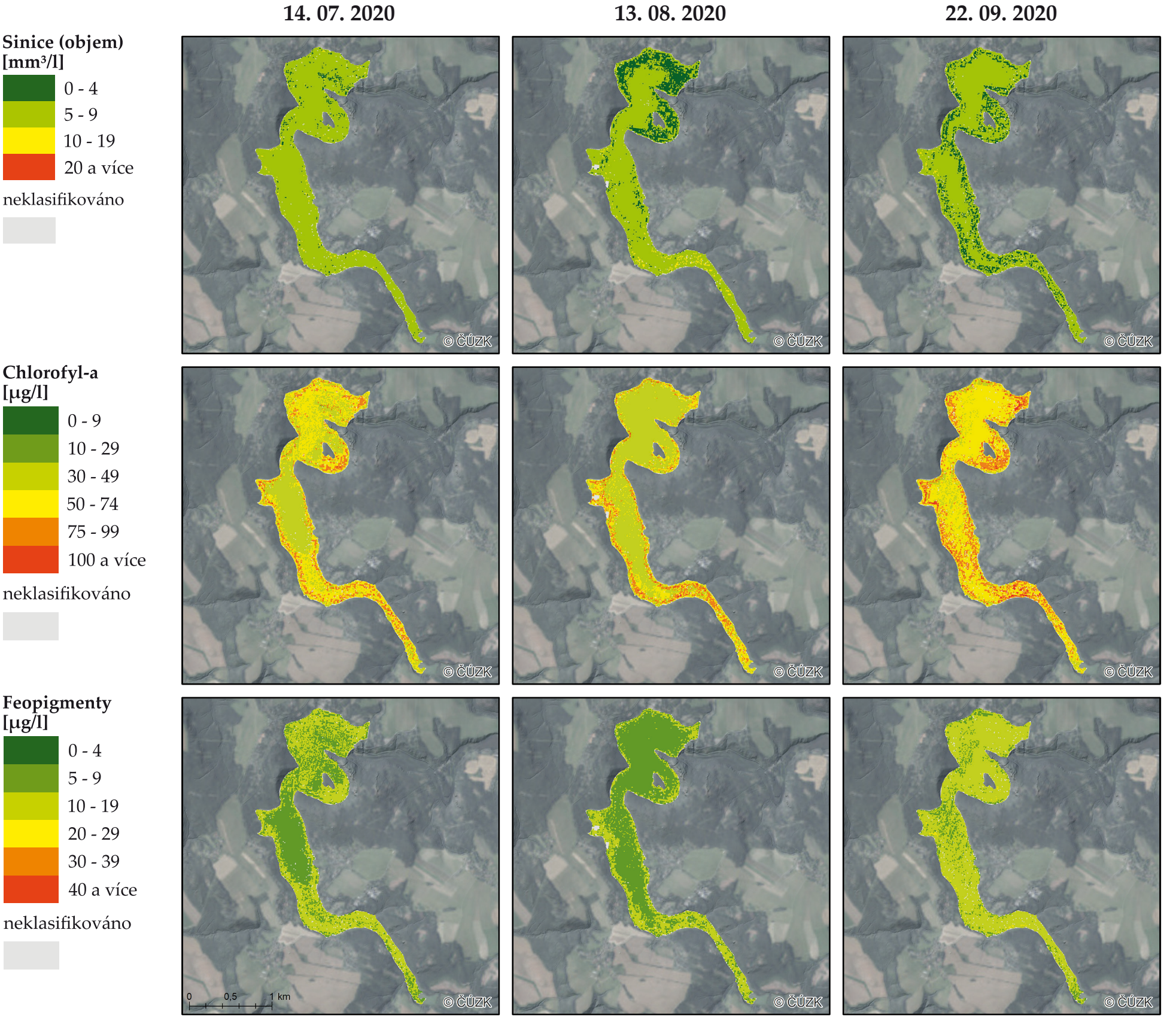


Vodní tok: Chrudimka
Kraj: Pardubický

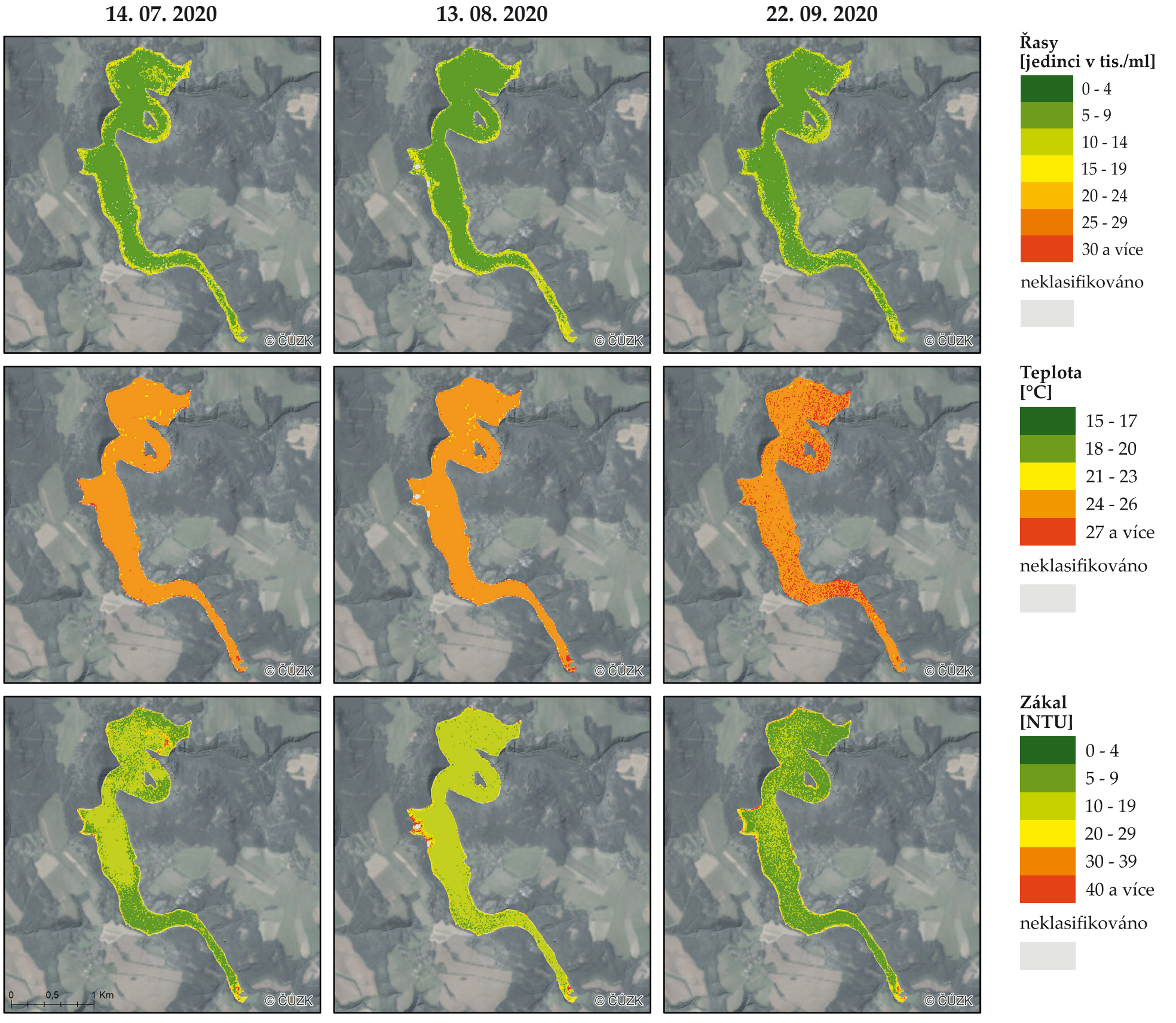
Vodní nádrž Seč se nachází na řece Chrudimce a její rozloha činí 220 ha. Byla vybudovaná v letech 1924 až 1934 [42]. Díky jejímu okolí atraktivnímu pro turisty - leží v Chráněné krajinné oblasti Železné hory - je nádrž významná i z hlediska vodní rekreace. V její blízkosti je nespočet možností pro ubytování – kempy, hotely, penziony, chatové osady a rovněž mnoho chat pro individuální rekreaci. Pláže jsou převážně travnaté. Seč je také využívána k rekreačnímu rybolovu. Tři odběrová místa (Semtín, Ústupky, Hoješín) jsou zařazena v Seznamu koupacích vod.



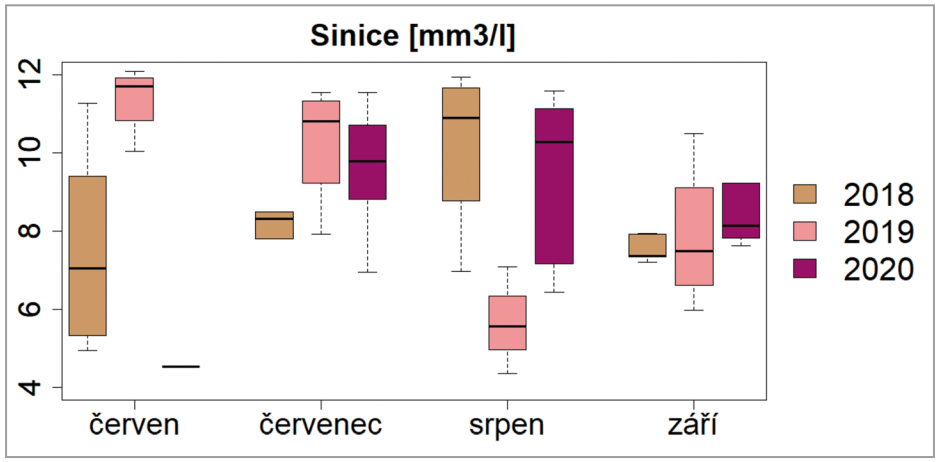
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

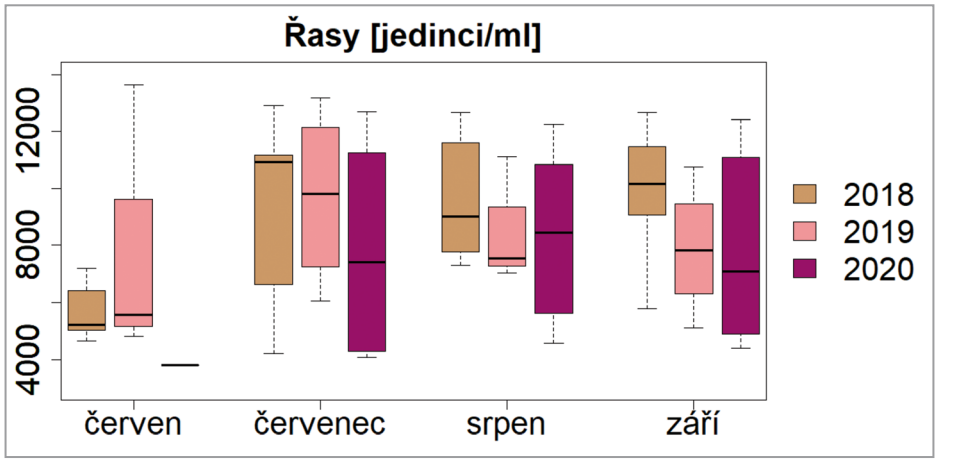


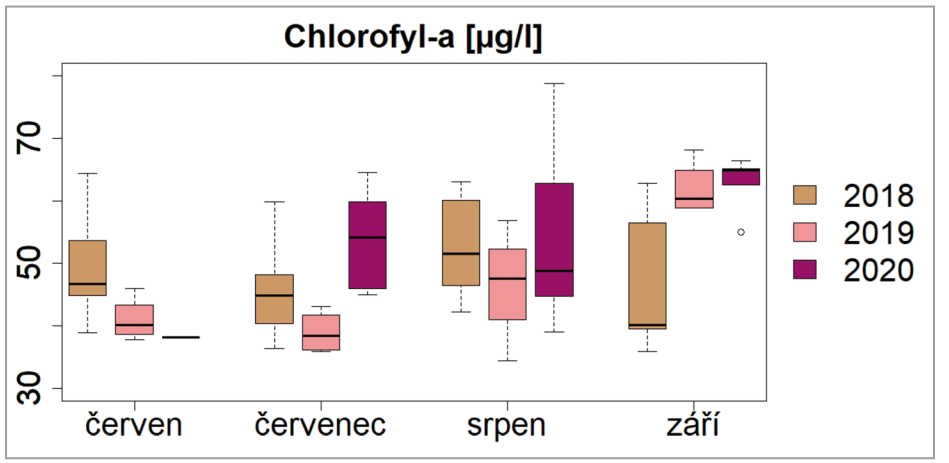
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

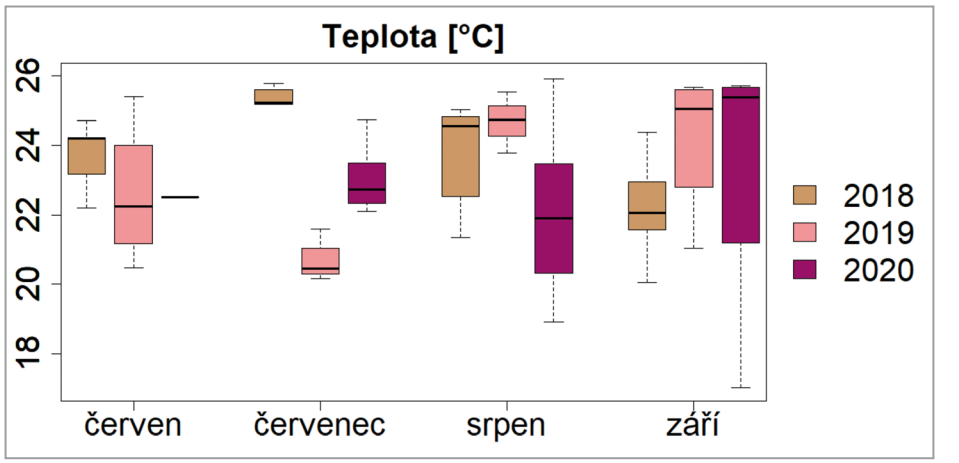


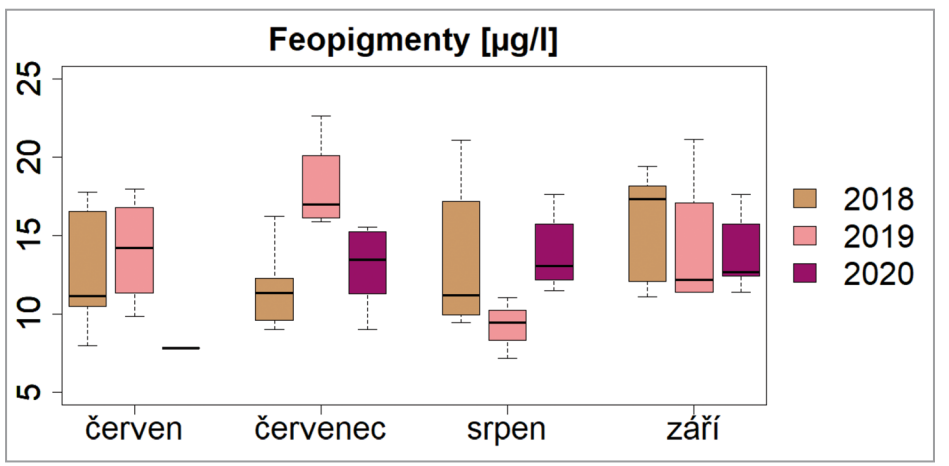
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

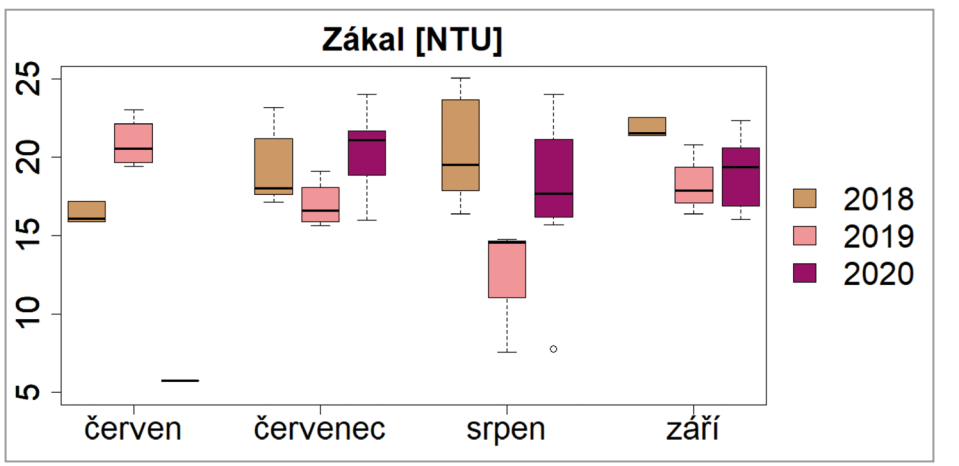








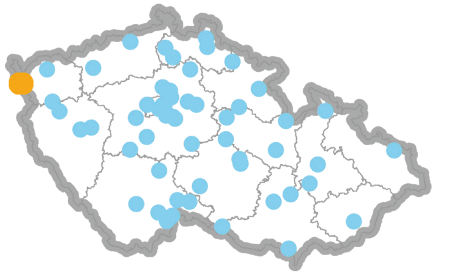




Shrnutí:

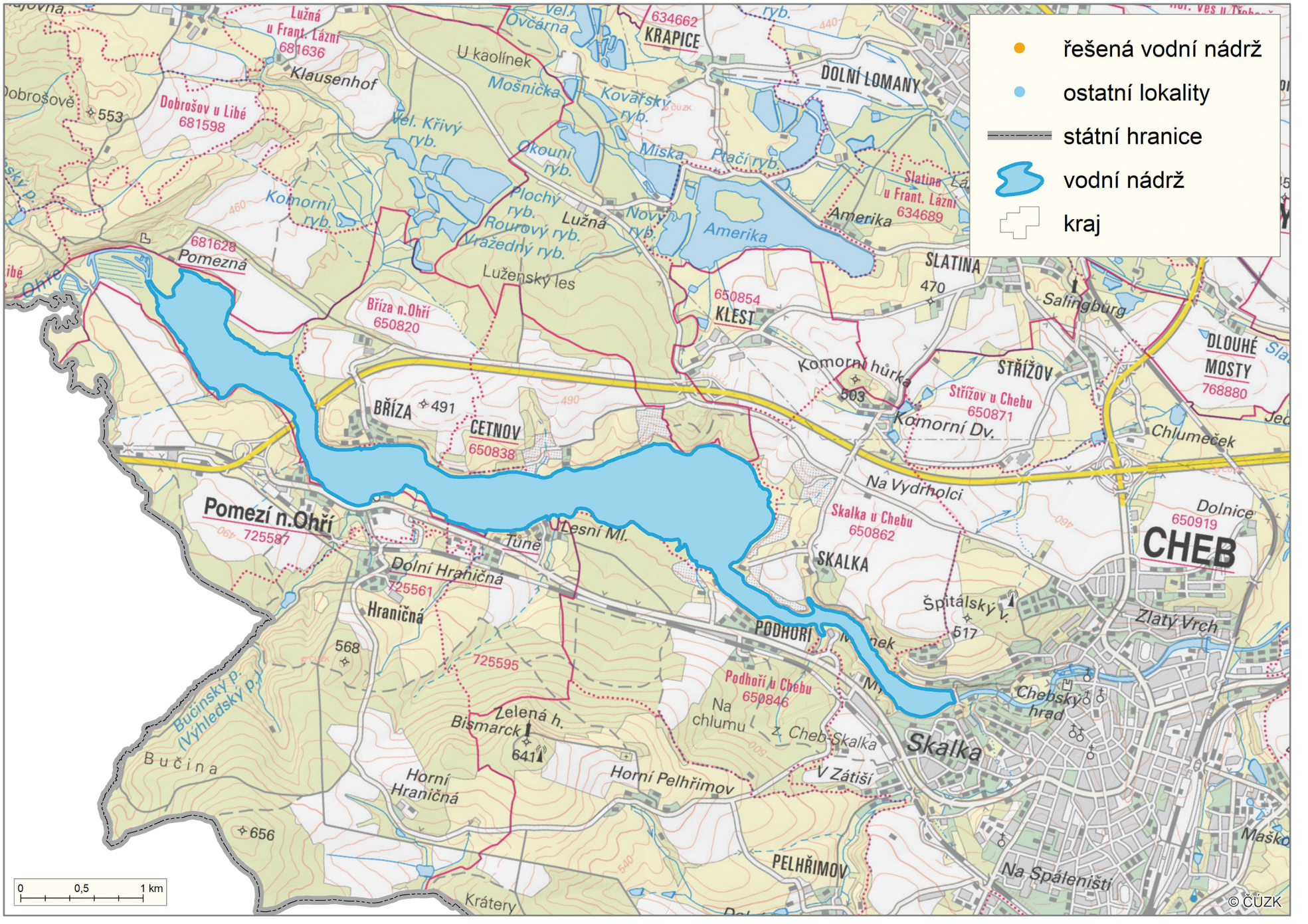
Na nádrži v průběhu koupací sezóny dochází k rozvoji sinic, který pravidelně vyústí ve většině případech ve zhoršené hodnocení kvality vody (nejčastěji ve stupeň 3 – zhoršení kvalita vody, případně stupeň 4 – voda nevhodná ke koupání). Hodnoty koncentrace chlorofylu-*a* z pozemního sledování se pohybují v desítkách µg/l, v některých případech překročí i 100 µg/l (především na místech blíže přítoku – Ústupky, Hoješín). Hodnoty získané pomocí dat z DPZ vykazují relativně dobrou shodu s výsledky pozemního šetření. Výjimkou je počátek koupací sezóny (červen), kdy data z DPZ situaci nadhodnocují, v případě ukazatele sinic platí totéž.

SKALKA

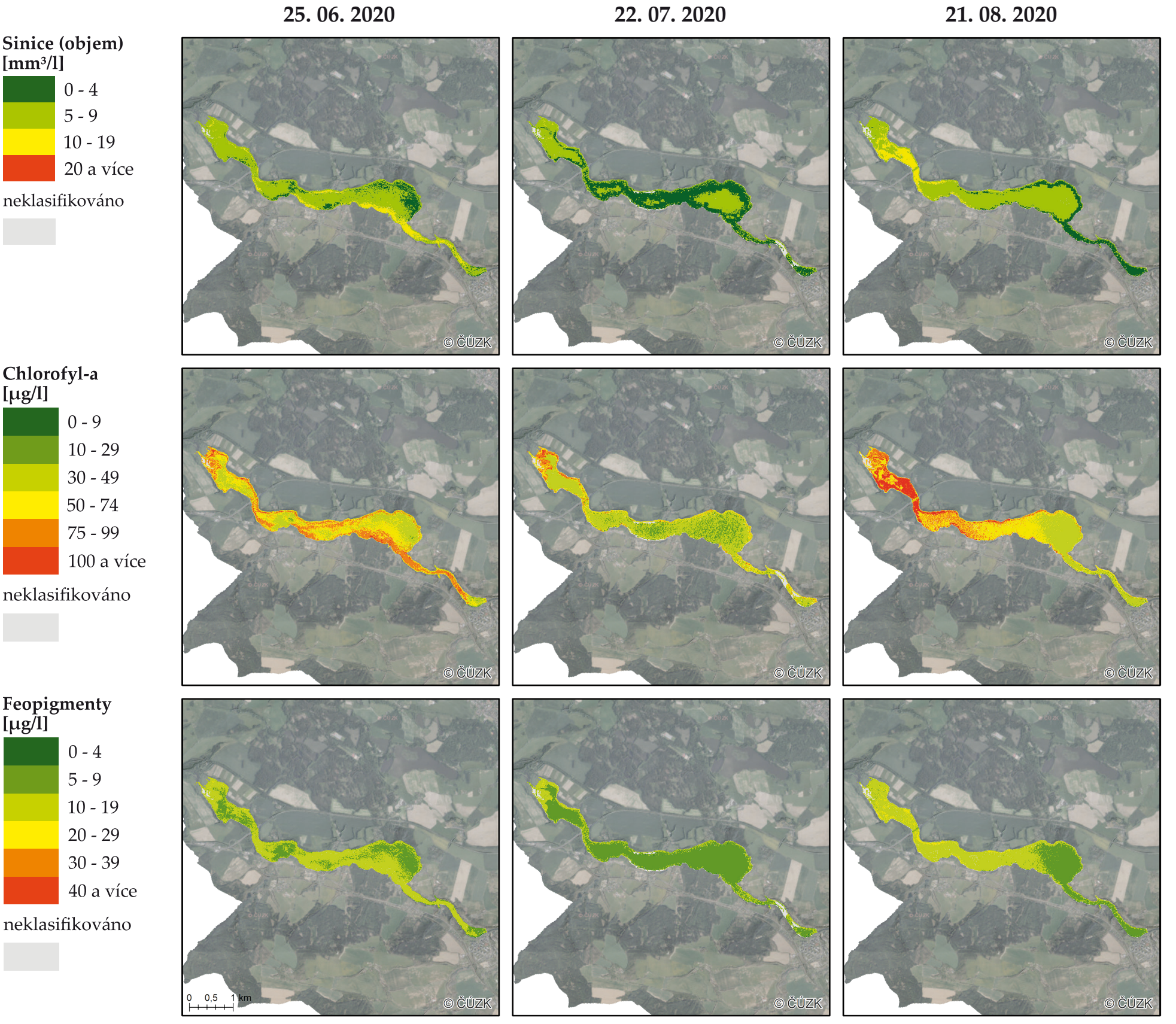


Vodní tok: Ohře
Kraj: Karlovarský

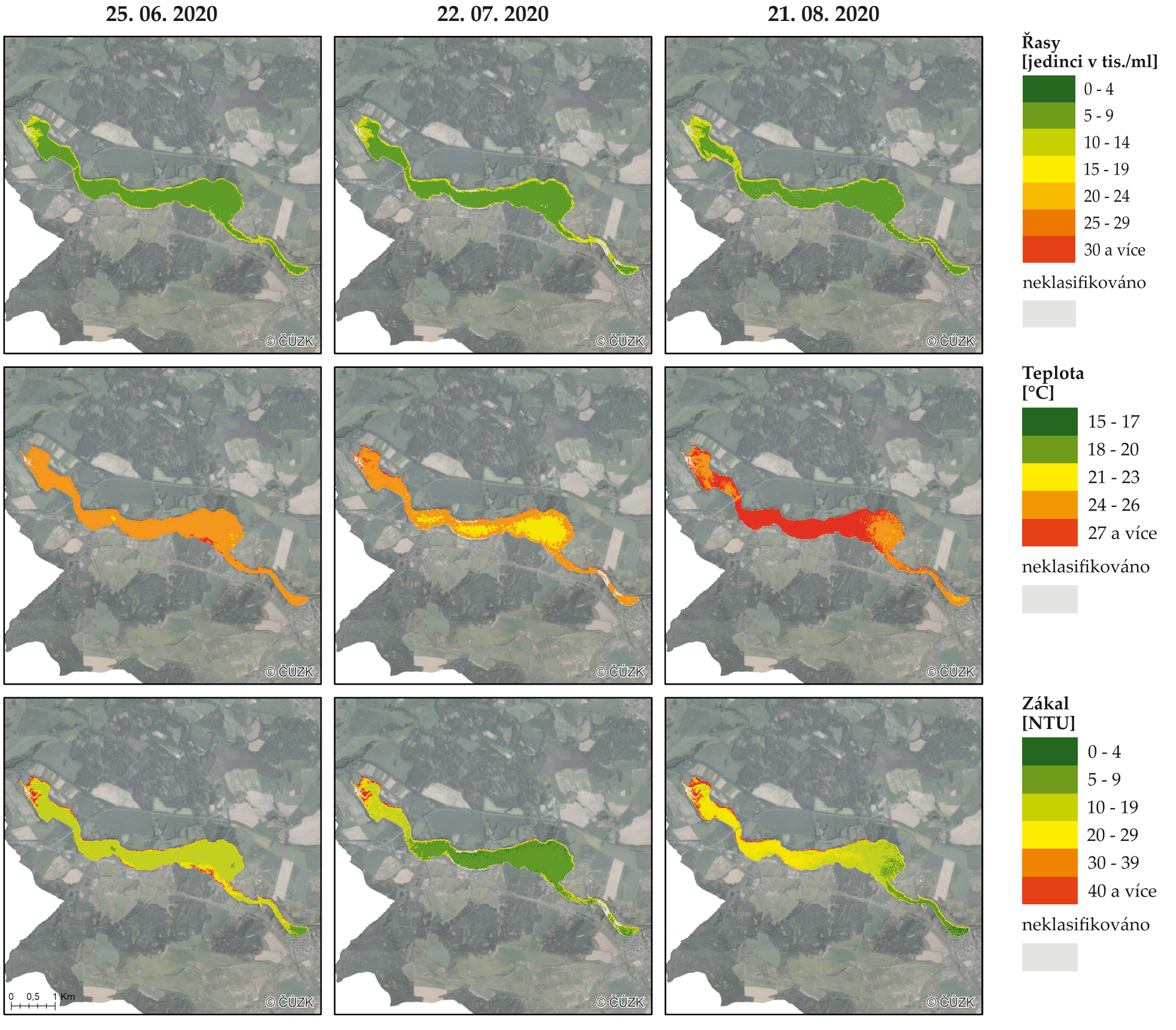
Jedná se o korytovou nádrž na Ohři s rozlohou 378 ha, která byla vybudovaná v letech 1962 – 1964. Nachází se na západním okraji města Cheb. Hlavním účelem vodního díla je nadlepšování průtoků v Ohři. Nádrž chrání rovněž město Cheb před povodněmi. Slouží také pro rekreaci – koupání a sportovní rybaření (pro vyšší obsah rtuti je zakázána konzumace ryb) [43]. Nádrž je zařazena v Seznamu koupacích vod. Odběrové místo leží na jižním břehu v areálu autokempu Křížový kámen. Pláže jsou travnaté.



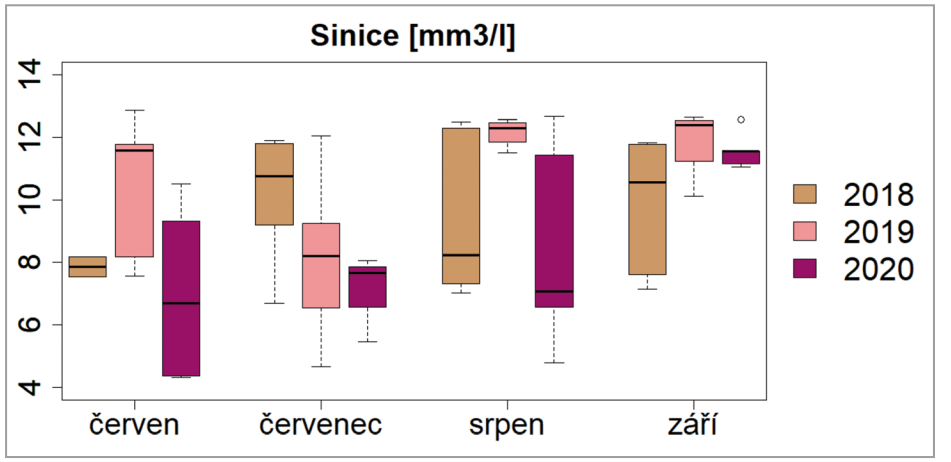
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

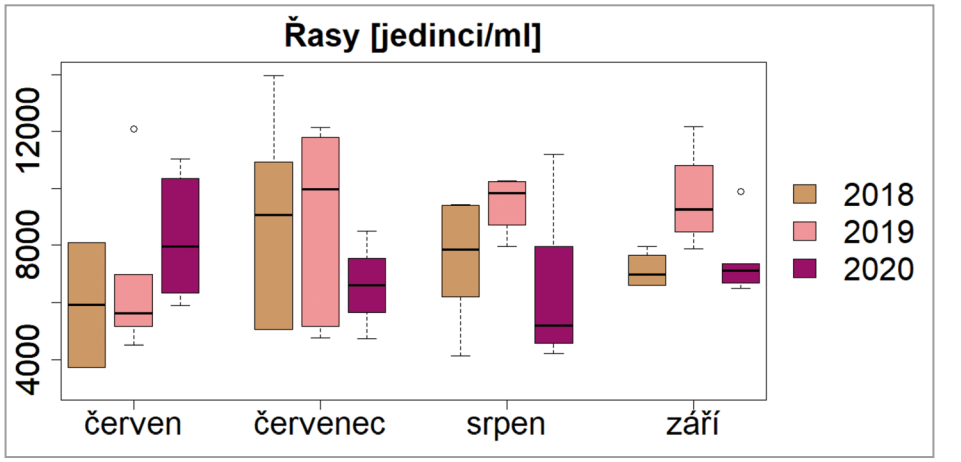


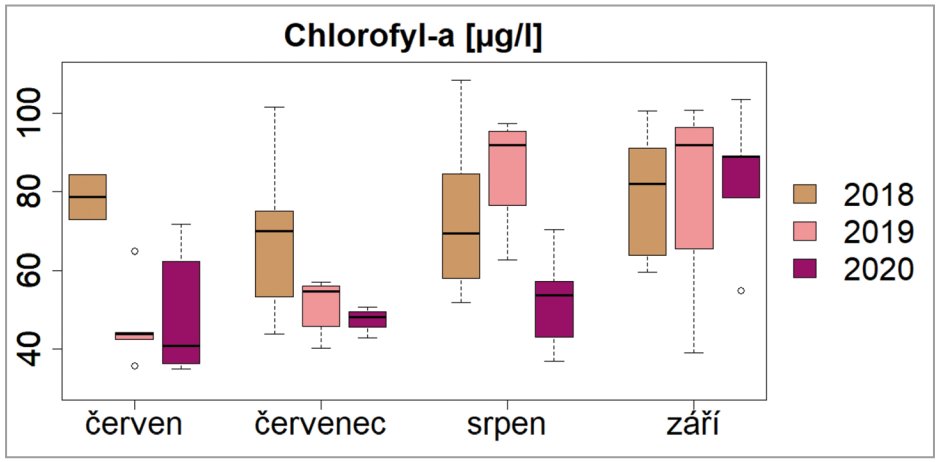
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

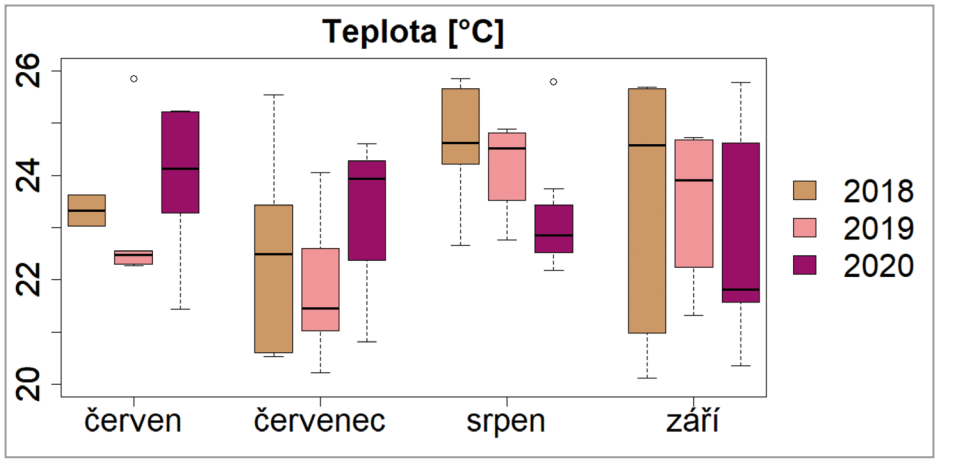


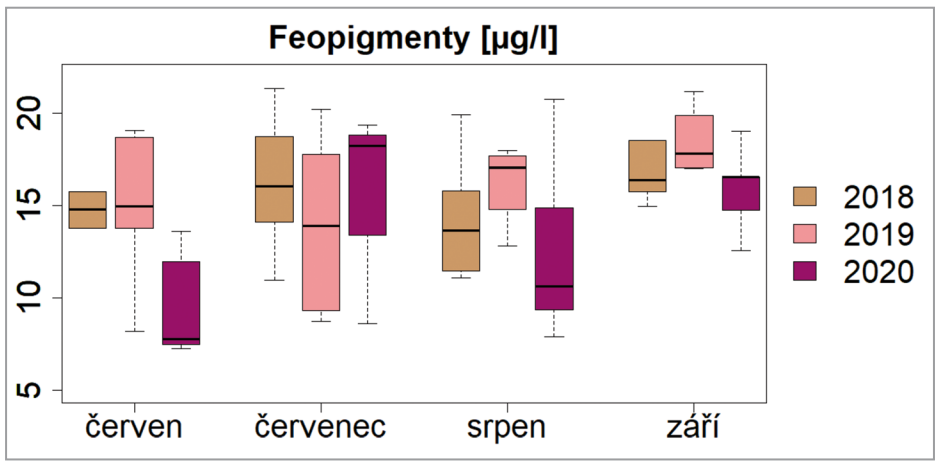
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

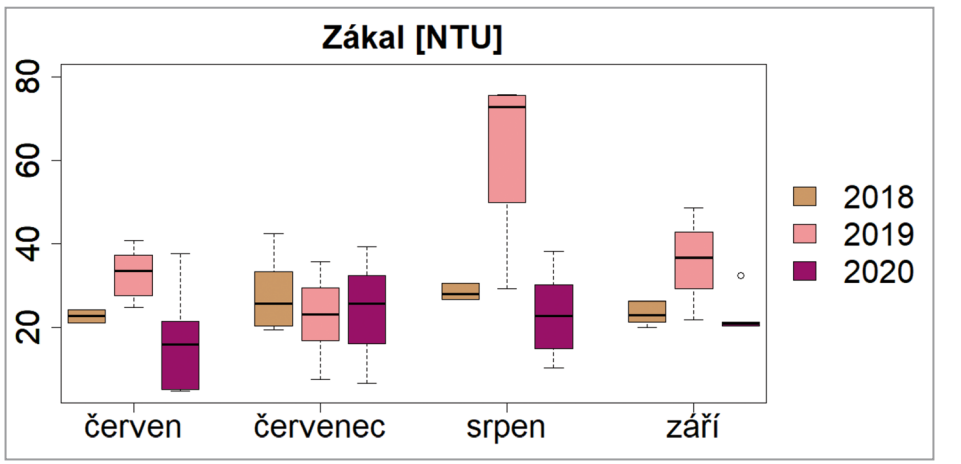








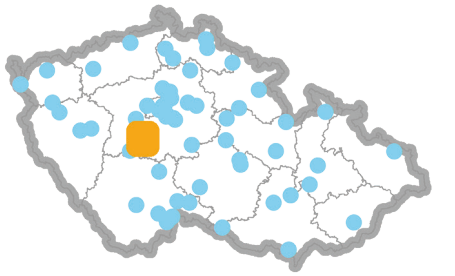




Shrnutí:

Nádrž se pravidelně potýká s problémem masového rozvoje sinic, díky němuž je téměř každoročně po část sezóny hodnocena stupněm 5 a je tedy vydán zákaz koupání. Koncentrace chlorofylu-*a* z pozemního monitorování se pohybují v desítkách µg/l s občasnými nálezy nad 100 µg/l. Na druhou stranu se vyskytují i v koupací sezóně úseky, kdy se koncentrace chlorofylu-*a* pohybují v jednotkách či nižších desítkách µg/l (např. červenec 2019). Situace v nádrži může být poměrně proměnlivá, což je způsobeno příhladinovým vodním květem sinic (viz obr. z 25. 6. 2020). Zde byly zaznamenány nejvyšší hodnoty pro chlorofyl-*a* a sinice u jižního břehu, kde se nachází i standardní odběrové místo. Při předchozím i následném pozemním šetření byla však pozice vodního květu v odběrovém místě výrazně odlišná. Z důvodu velké prostorové heterogenity může být srovnání výsledků z pozemního šetření a dat z DPZ na této nádrži poměrně problematické.

SLAPY

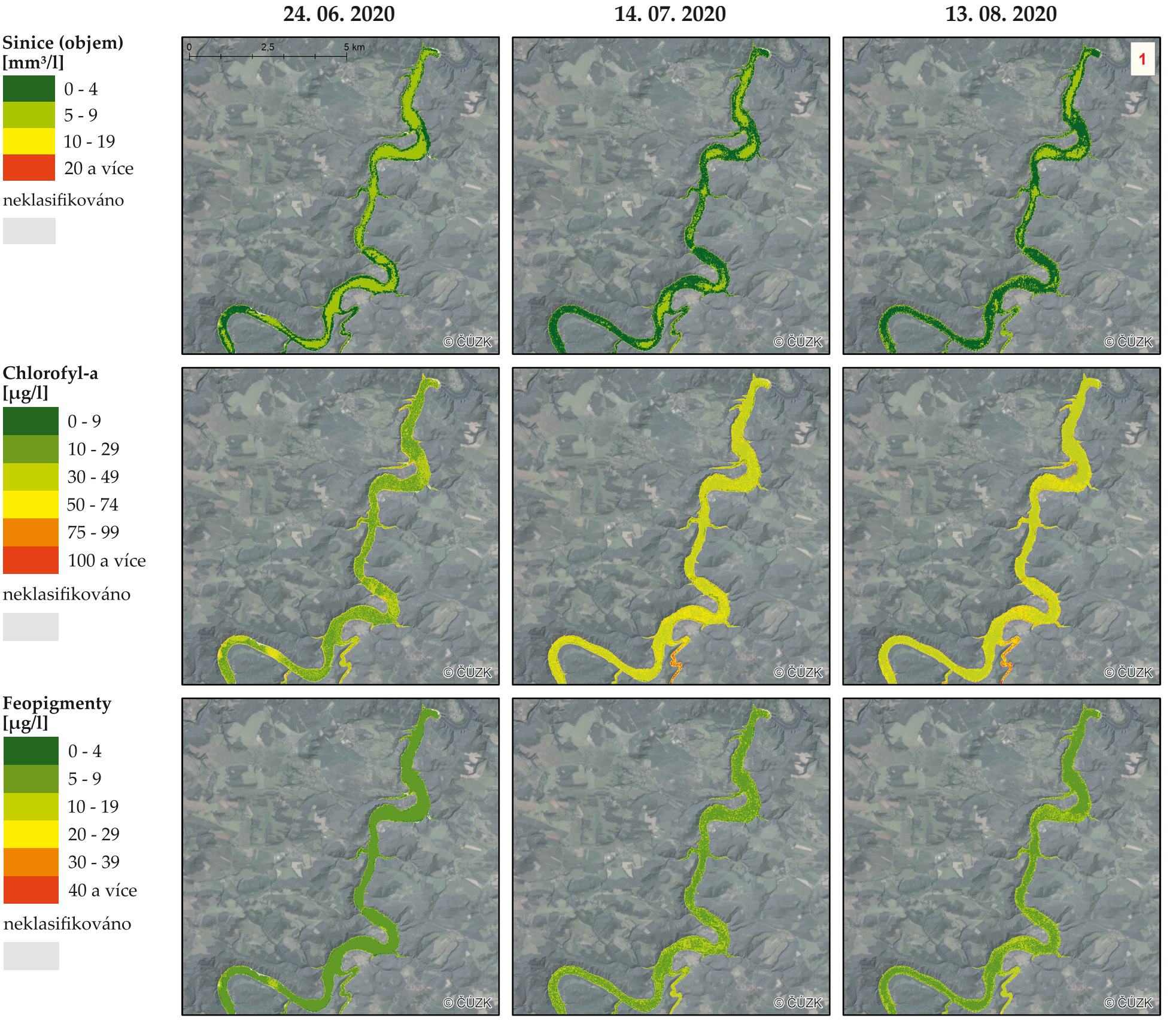


Vodní tok: Vltava
Kraj: Středočeský

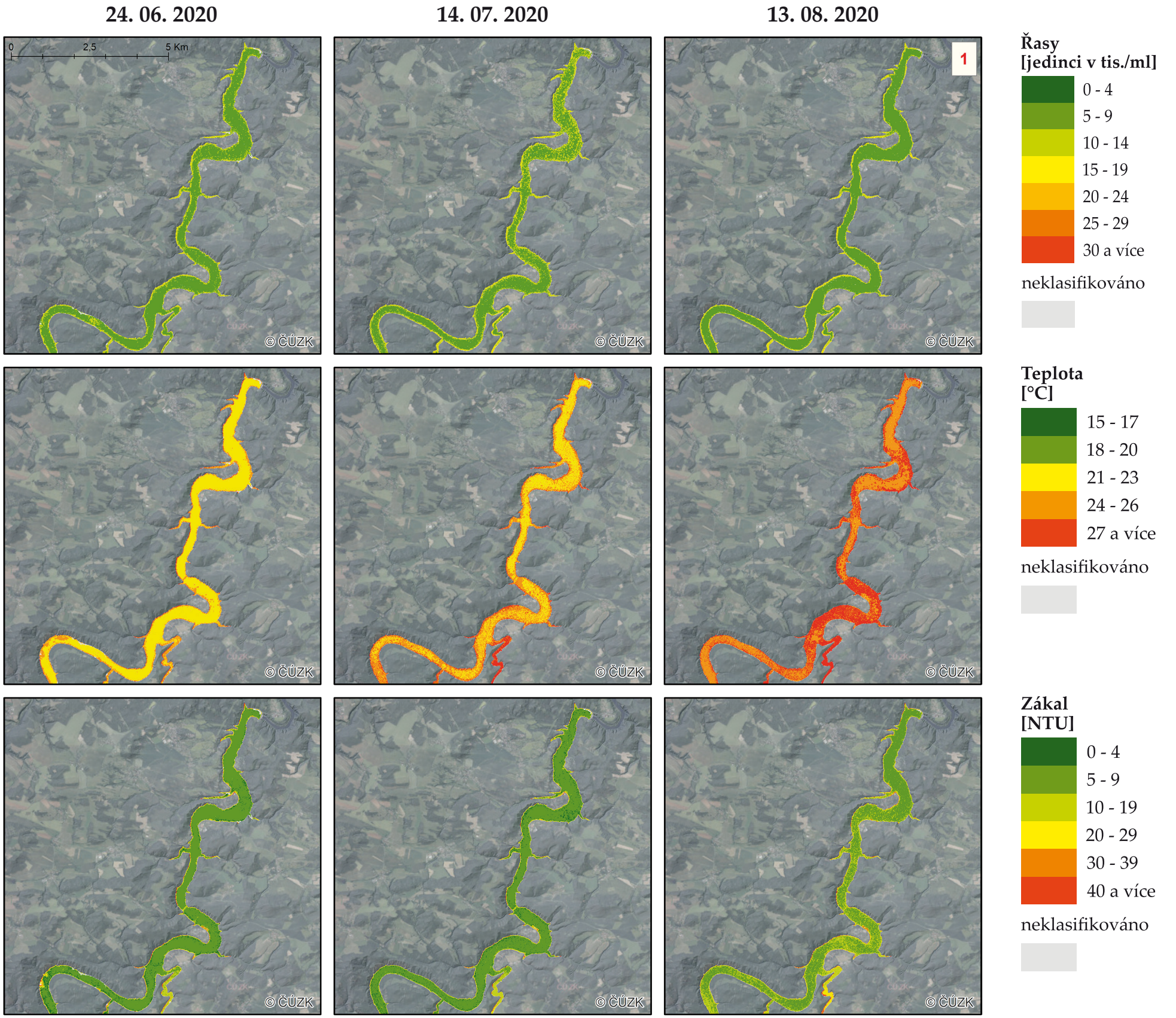
Tato přibližně 43 km dlouhá korytovitá nádrž vybudovaná na Vltavě v letech 1949 – 1955 s rozlohou 11,6 km² slouží nejen k vodní rekreaci, ale i k výrobě elektrické energie, nadlepšování průtoků, k odběrům pitné a průmyslové vody a částečně k ochraně území pod nádrží (zejména Prahy) před velkými vodami a pro rybí hospodářství [44]. V okolí nádrže se nachází velký počet kempů, hotelů a dalších rekreačních zařízení, taktéž mnoho soukromých chat. Na nádrži je situováno šest míst zařazených v Seznamu koupacích vod. Pět z nich leží v dolní části nádrže a jedno (Županovice) v části horní, relativně blízko přítoku nádrže.


řešená vodní nádrž
ostatní lokality
státní hranice
vodní nádrž
kraj
rámec výřezu ukazatelů
1
2
3
Slapy
Nové Dvory
Buš
Rabyně
Vysoký Újezd
Malá Hraštice
Voznice
Mokrovraty
NOVÝ KNÍN
Stará Huť
Korkyně
Chotilsko
Čím
Trebenice
Štěchovice
Malá Lečice
Porostliny
Přestávlky
Krámy
Křížov
Záborná Lhota
Střední Lhota
Křenična
Měřín
Blaženice
Louti
Nedvězí
Tuchyně
Nová Rabyně
Větrov
Teletín
Stranný
Živohošť
Nahoruby
Poličany
Lhotka
NEVEKLOV
Vlkonice
Křečovice
Radíč
Dublíny
Velběhy
Nová Ves
Ždár
Hluboká
Hrazany
Drbákov
Nalžovské Podhájí
Křepenice
Županovice
Drevníky
Borotice
Dražetice
Rohatec
Drhovy
Drhovce
Nechalov
Homole
Libický v.
Libice
Daleké Dušníky
Skalice
Slovanská Lhota
Vaječník
Žebrák
Lipiny
Háje
Nečín
Strupina
Hřiměždice
Jablonce
Vestec
Obory
Vápenice
Luhy
Tetí
Velká
Kaliště
Hrachov
Šibenný
Hojšín
Chramosty
Kamýk n. Vlt.
Zduchovice
Brzina
Drážkov
Skrýšov
Štítečník
Břeková Lhota
SOLOPYSKY
TŘEBNICE
ŘÍKOV
Řadový
Svatý Jan
ŠVASTALOVA LHOTA
Bražná
Hrabří
Hradce
Jezvina
Dublovice
Příčovy
Kňovice
Kňovičky
Nalžovice
Libešov
Usuší
Chlum
Musík
Osečany
Paseky
Prosenice
Prosenická Lhota
SEDLČANY
Sedlčanský Šiberný
ZBERAZ
VÍTĚŽ
Červený Hrádek
Kosova Hora
Vojkov
Janov
Dohnalova Lhota
Lavičky
Podolí
Vysoká
Křenovice
Bezmíř
Babice
Radotín
KOŠOVICE
VRANOV
BEZTAHOV
Křešice
Veselka
Kochnov
MLADOUŠOV
SRBICE
Olbramovice
Vrchotovy Janovice
Štětkovice
Chrastava
Klimětice
Mrvice
Sledovice
Minartice
Sedlečko
Vorácice
Bořená Hora
Suchdol
Hodětice
Horetice
Tikovice
Maršovice
Podmaršovice
Hůrka
Rehovice
Mstětice
Libeč
Zálesí
Strážovice
Skryšov
Brišejov
Zhorný
Křečovický p.
Janovický p.
Vltavský p.
Rybníky
Pole
Budínek
Kocába
Libický v.
Drhovy
Pod skálou
Rohatec
Borotice
Dražetice
Mokrsko
Sejcká Lhota
Hněvšín
Živohošť
Lipí
Střední Lhota
Čelina
Cholín-Boudovice
Šumavice
Hluboká
Hrazany
Drbákov
Nalžovské Podhájí
Nová Ves
Ždár
Radíč
Dublíny
Velběhy
Křečovice
Krchleby
Vlkonice
Poličany
Nahoruby
Lhotka
NEVEKLOV
Zaječi
Dlouhá Lhota
Záhoří
Zderadice
Zahrádka
Bezejovice
Rýšovka
Vráce
Brdečný
Strážovice
Skryšov
Mstětice
Libeč
Rehovice
Tikovice
Maršovice
Podmaršovice
Horetice
Suchdol
Prosenice
Paseky
Brišejov
Zhorný
Velběhy
Dublíny
Křečovický p.
Janovický p.
Vltavský p.
Tisem
Dubová
Borovka
Heroutice
Mlékovice
Bělice
Bukovec
Blažim
Břevnice
Tloskov
Chvojínek
Neštětice
Přibyšice
Neštětická h.
Černíkovice
Lípka
Václavice
Olbramovice-Městečko
Semtín
Semtínek
Podolí
Dvůr
Zahradnice
Slavkov
Rudoltice
Braštice
Šebáňovice
Manělovice
Sedlečko
Strnadice
Libohošť
Radošovice
Božkovice
Tožice
Drachkov
Zálesí-1.díl
Zálesí-2.díl
Hůrka
Podmaršovice
Janovický p.
Nesvačily
Zahořany
Petrovice
Bezejovice
Lhotka
Dlouhá Lhota
Mlýny
Tvoršovice
Jarkov
Vatěkov
Kožlí
Chvojínek

Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod



Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod



Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

Sinice (objem) [mm³/l]

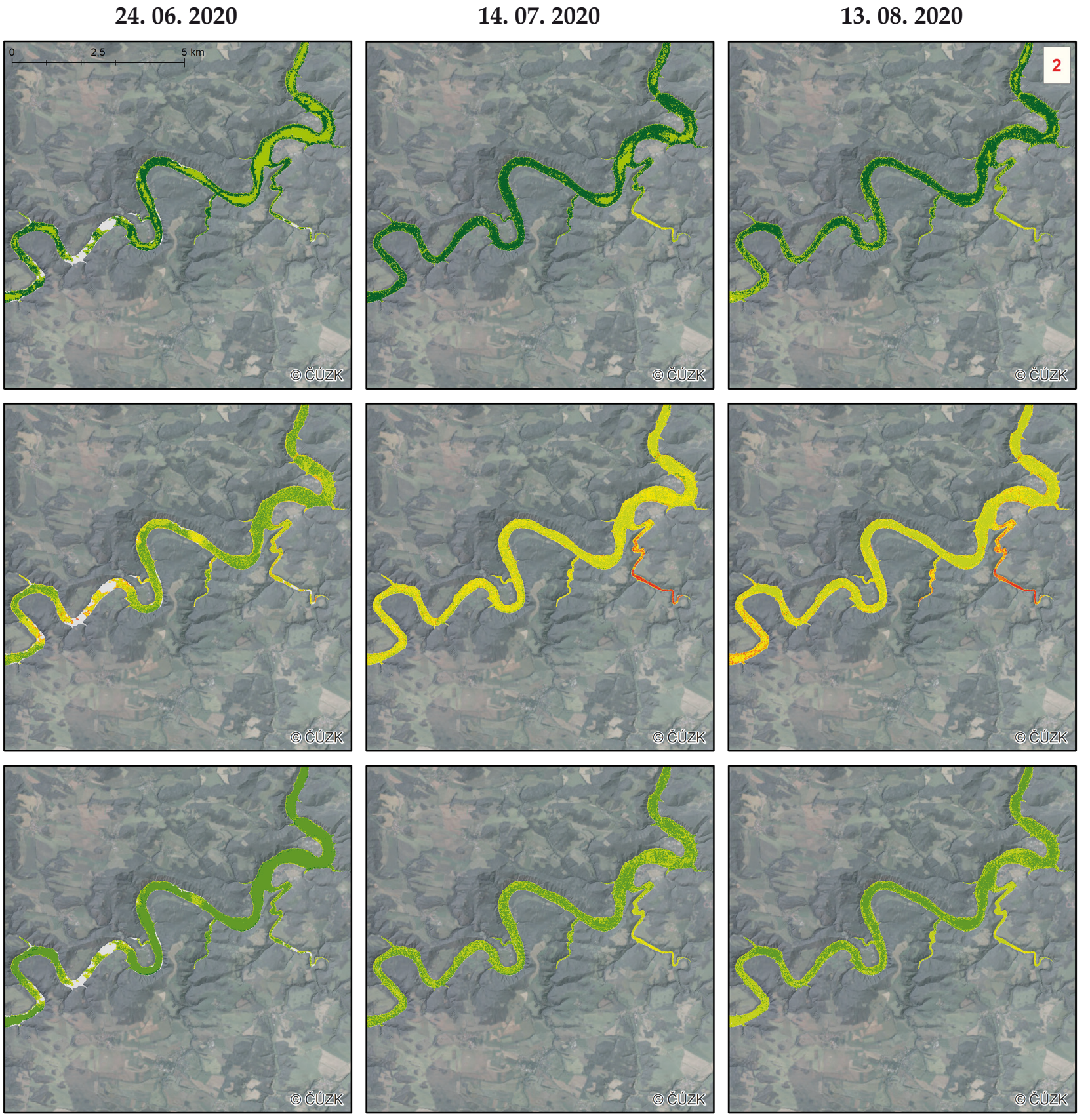
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 a více
- neklasifikováno

Chlorofyl-a [µg/l]

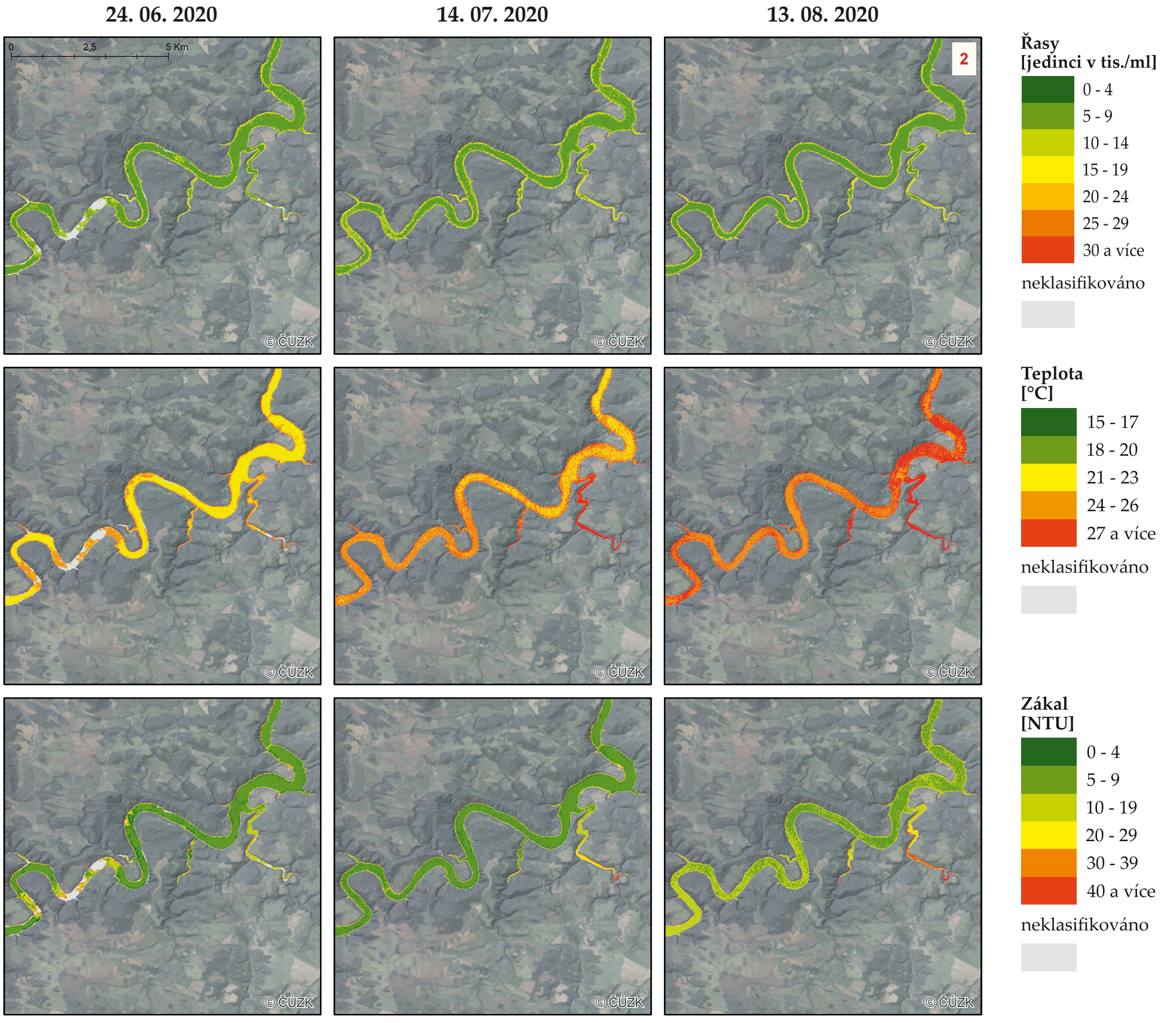
- 0 - 9
- 10 - 29
- 30 - 49
- 50 - 74
- 75 - 99
- 100 a více
- neklasifikováno

Feopigmenty [µg/l]

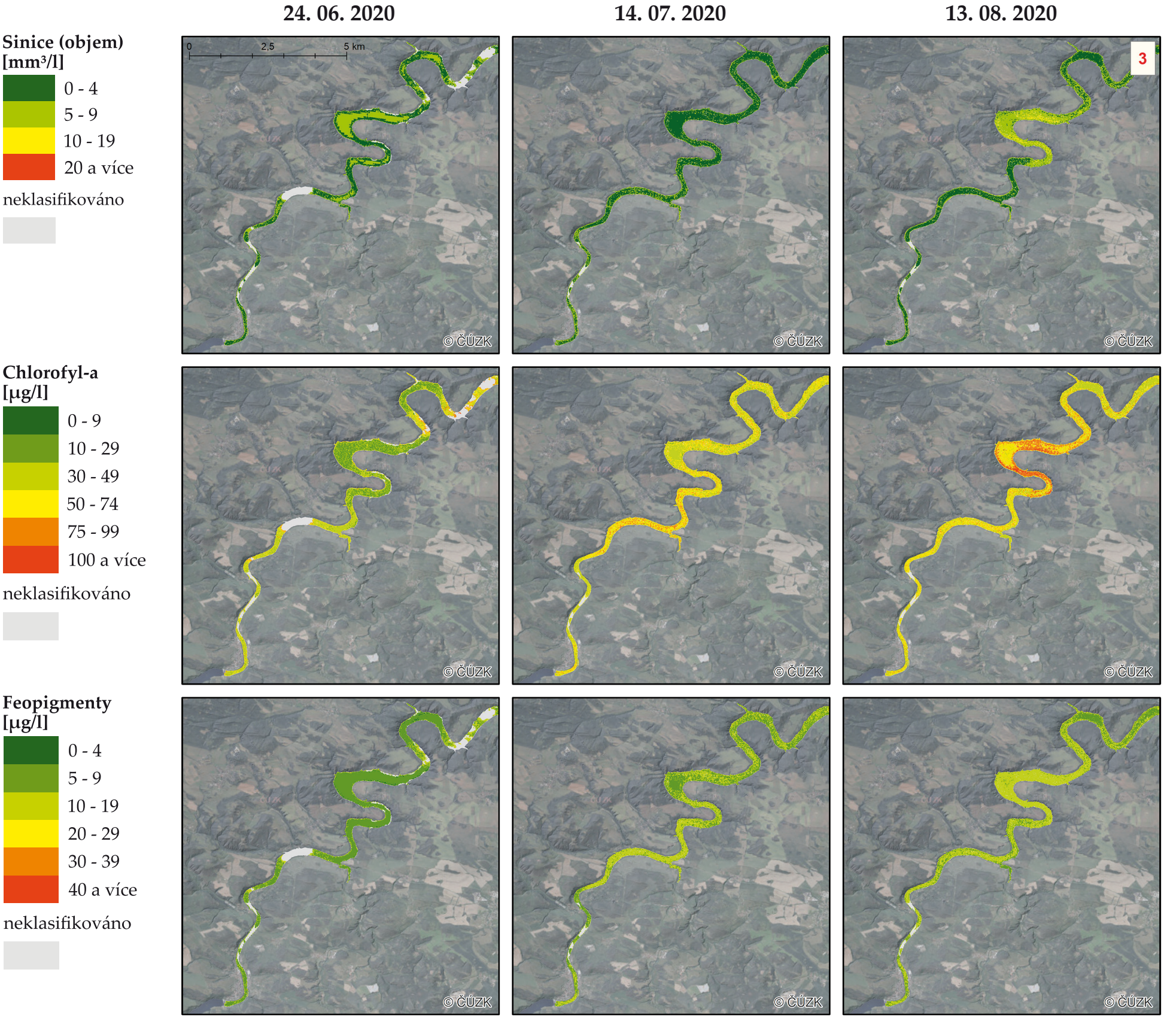
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 - 29
- 30 - 39
- 40 a více
- neklasifikováno



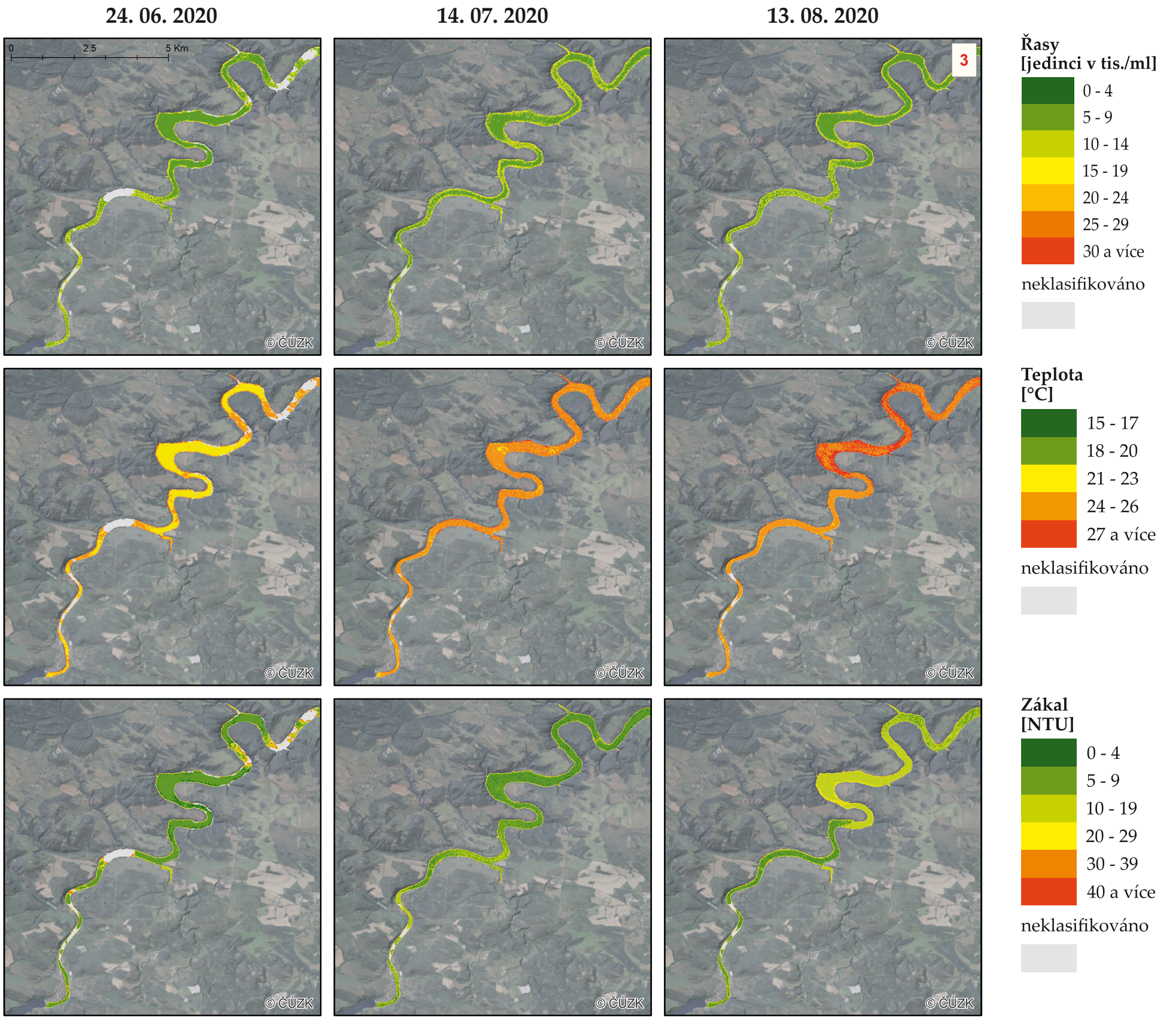
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod



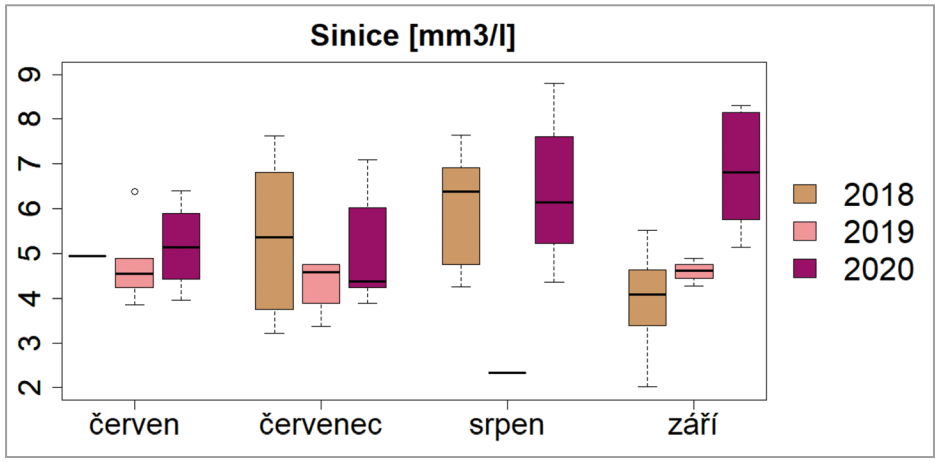
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

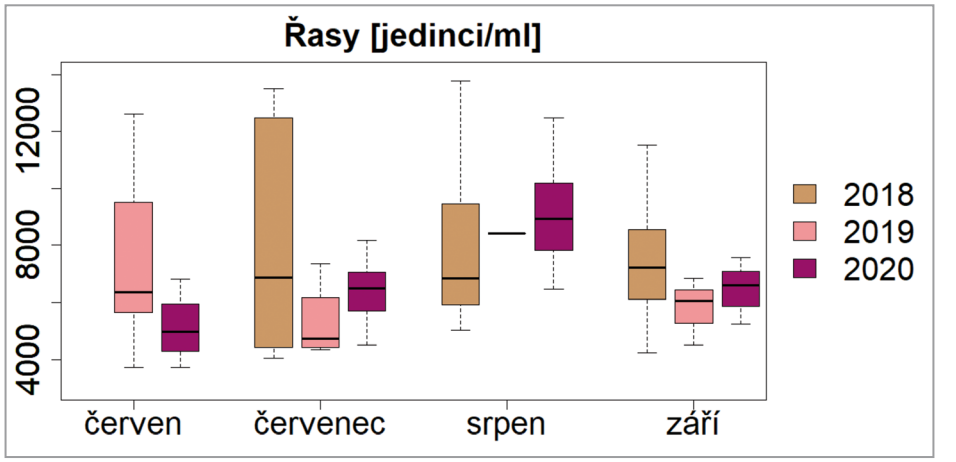


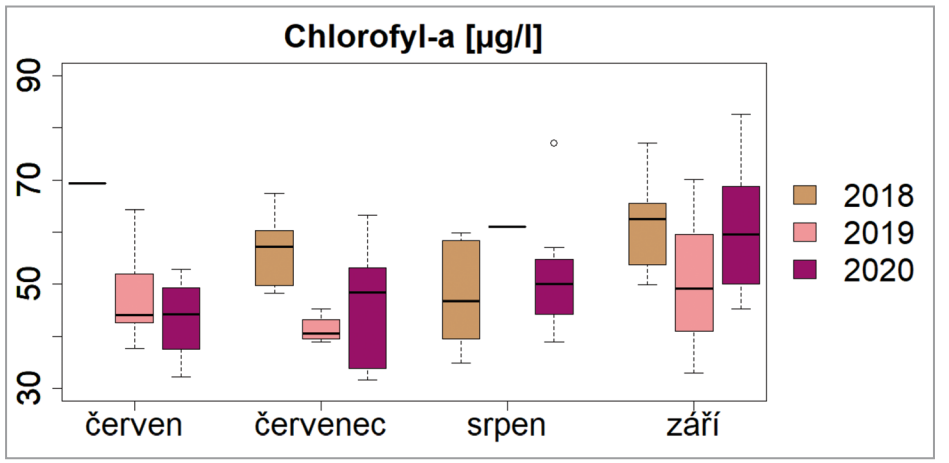
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

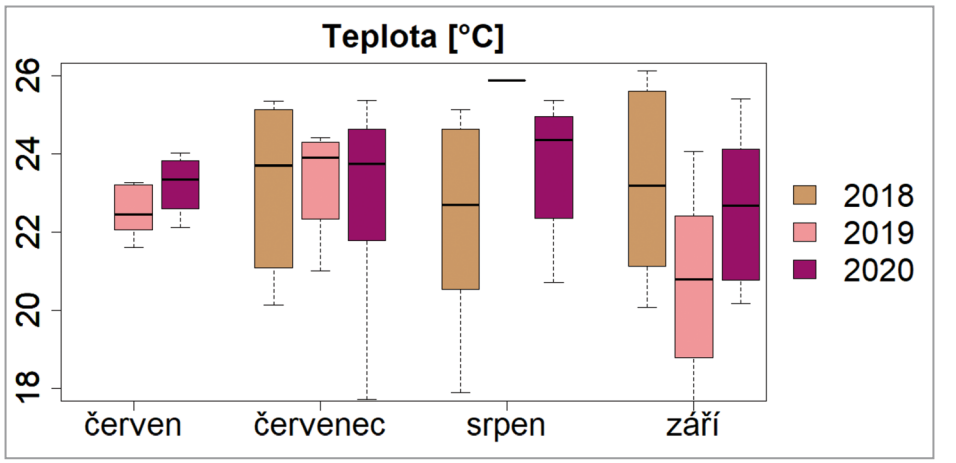


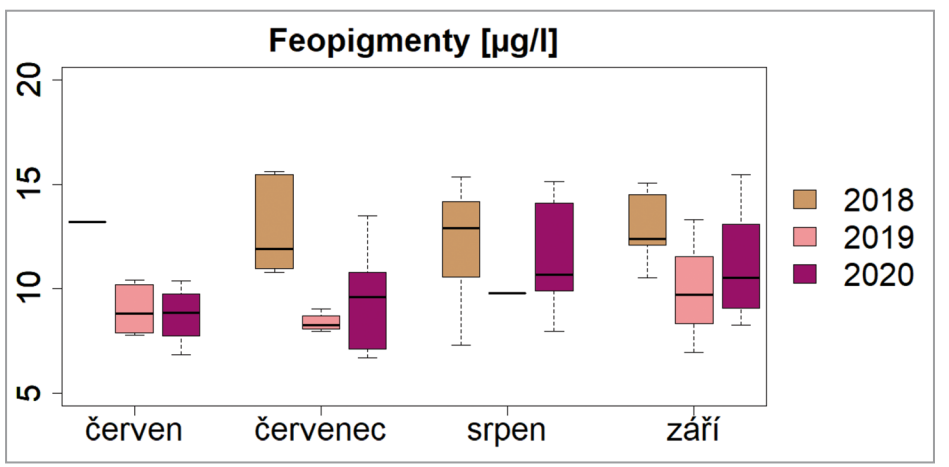
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

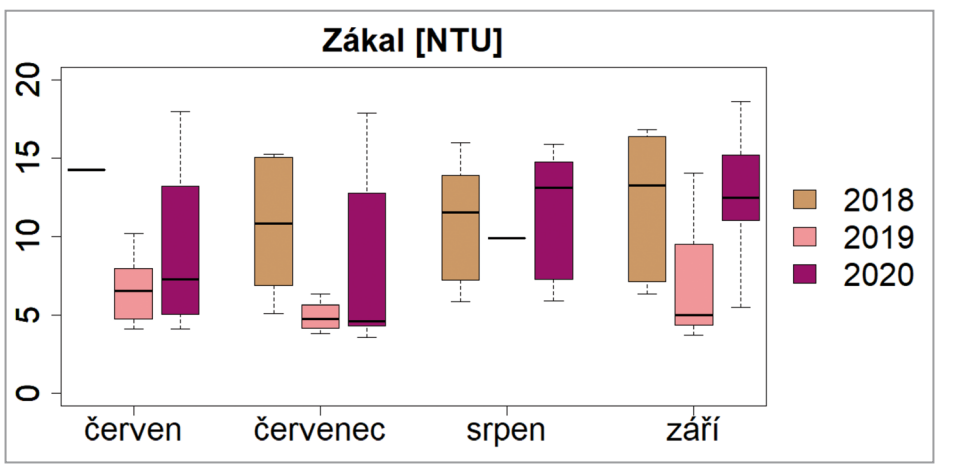








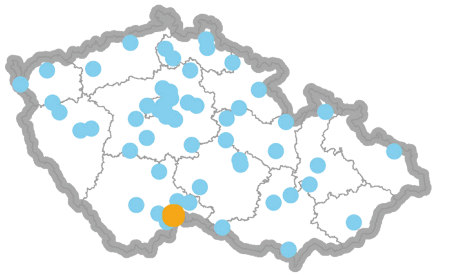




Shrnutí:

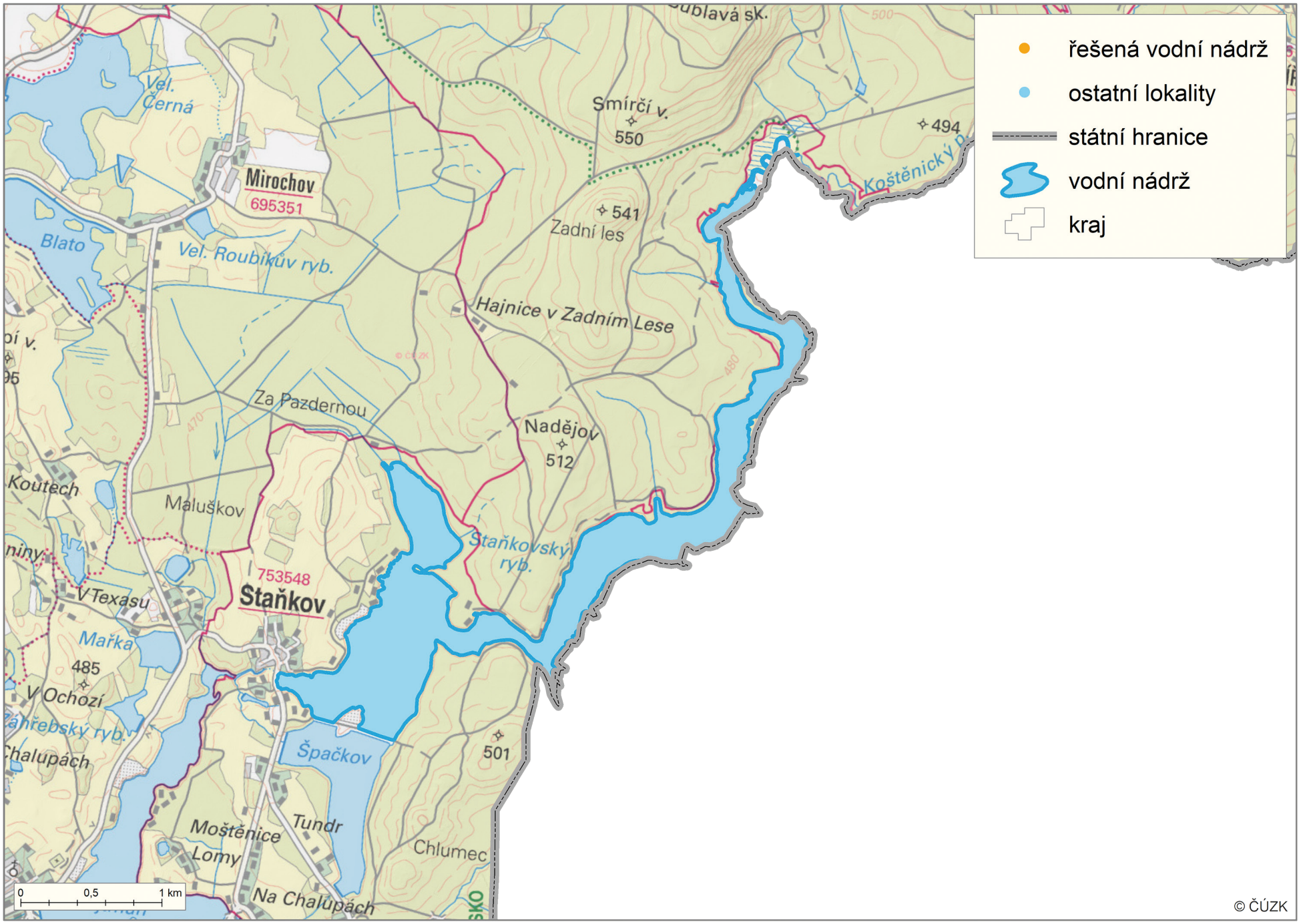
Vzhledem k délce nádrže jsou v oživení fytoplanktonem velké rozdíly mezi přítokovou částí a částí u hráze. Z tohoto hlediska nemají střední hodnoty zobrazené v grafech dostatečnou vypovídající hodnotu. Koncentrace chlorofylu-*a* z pozemního sledování se v letech 2018 až 2020 pohybovaly v červnu většinou na úrovni jednotek µg/l, v červenci a srpnu na úrovni nižších desítek µg/l. Pouze v Županovicích byly koncem sezóny hodnoty vyšší (v roce 2020 překročily stovku). Hodnoty koncentrace získané pomocí dat z DPZ byly většinou nadhodnocené. Rovněž výrazně vyšší byly i výsledky pro sinice, které jsou ve významné míře pozemním sledováním zaznamenány obvykle až v druhé polovině koupací sezóny.

STAŇKOVSKÝ RYBNÍK

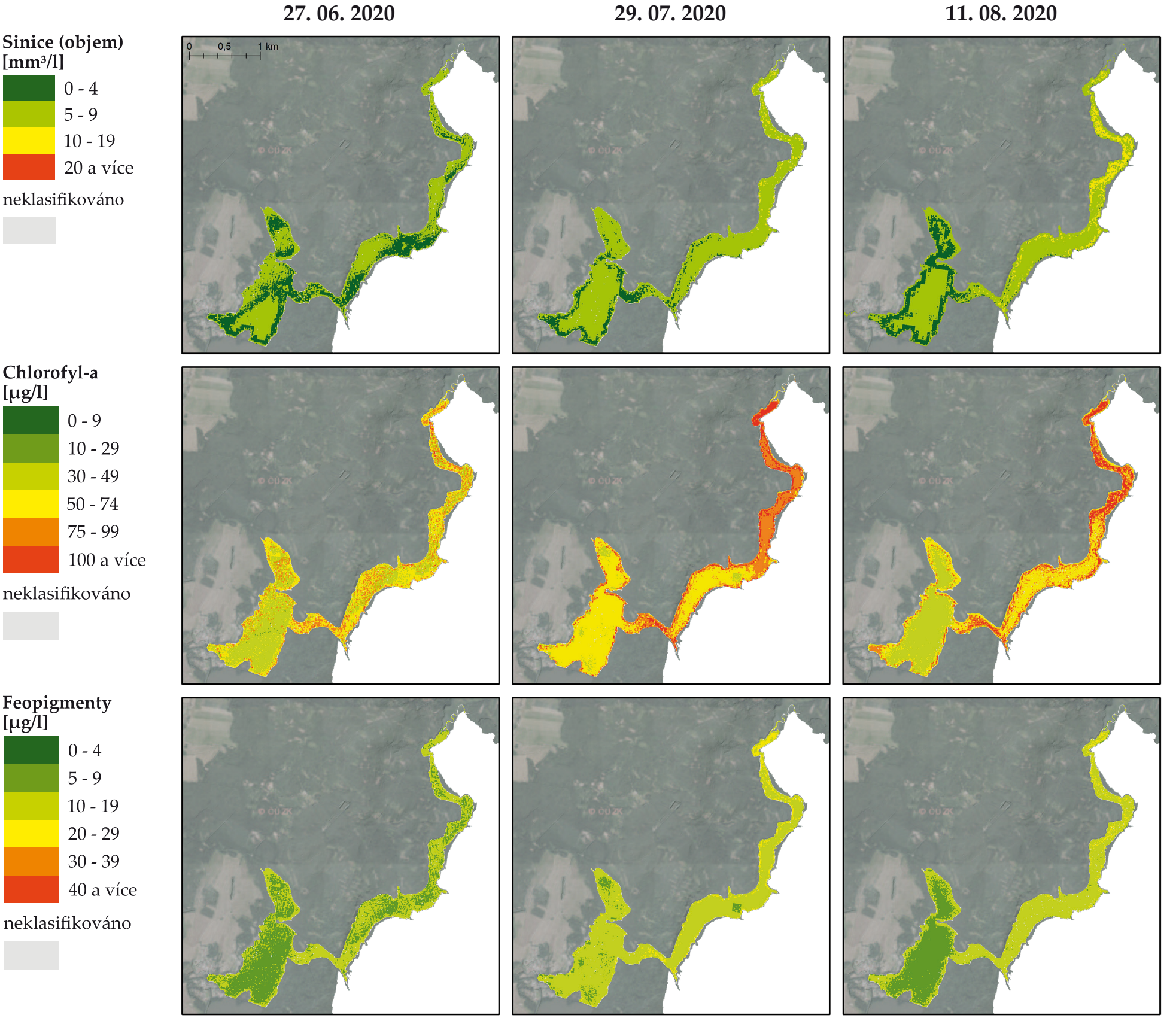


Vodní tok: Koštěnický potok
Kraj: Jihočeský

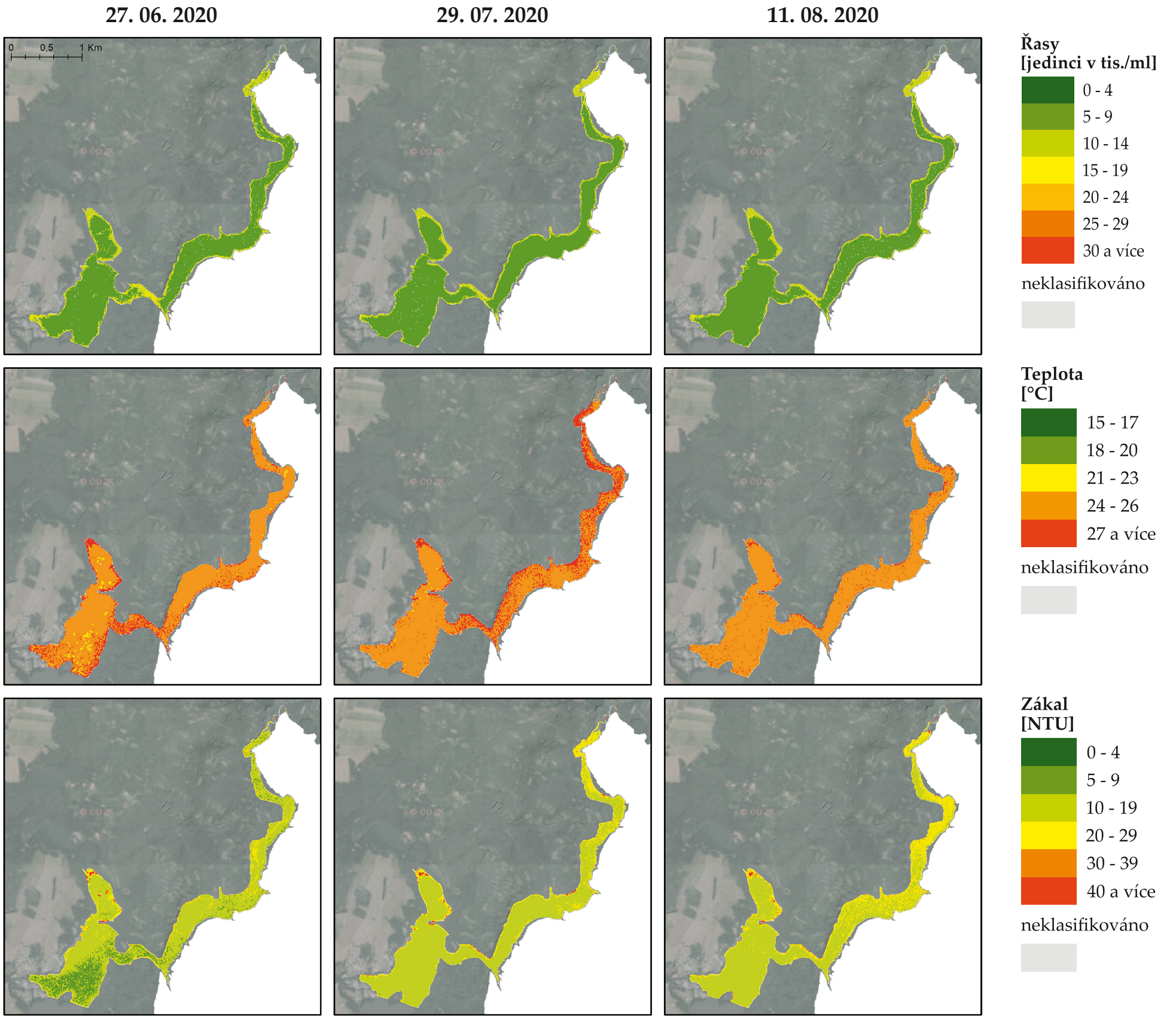
Staňkovský rybník se nachází na Třeboňsku u obce Staňkov (severovýchodně od Chlumu u Třeboně) v blízkosti státní hranice s Rakouskem. Byl vybudován v 16. století. Jeho rozloha je 241 ha a jedná se o šestý největší rybník Třeboňska. Vzhledem k protaženému tvaru a velké hloubce má z rybníků v ČR největší objem vody a nejdelší obvod (25 km). Zároveň je také rybníkem nejhlubším (hloubka u hráze cca 16 m). Svými parametry připomíná spíše údolní nádrž [45]. Jedná se o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod. K rekreaci je využívána takřka výhradně část západního břehu ležící v blízkosti hráze, kde je situováno několik kempů a různých rekreačních objektů. Staňkovský rybník se v posledních letech potýká s nevyhovující kvalitou vody z důvodu blíže nevysvětlené vysoké koncentrace mikrobiálních indikátorů fekálního znečištění.



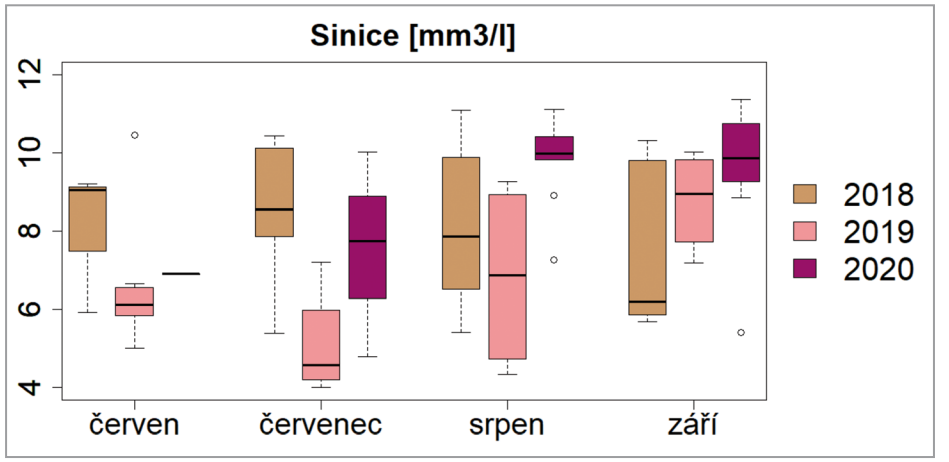
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

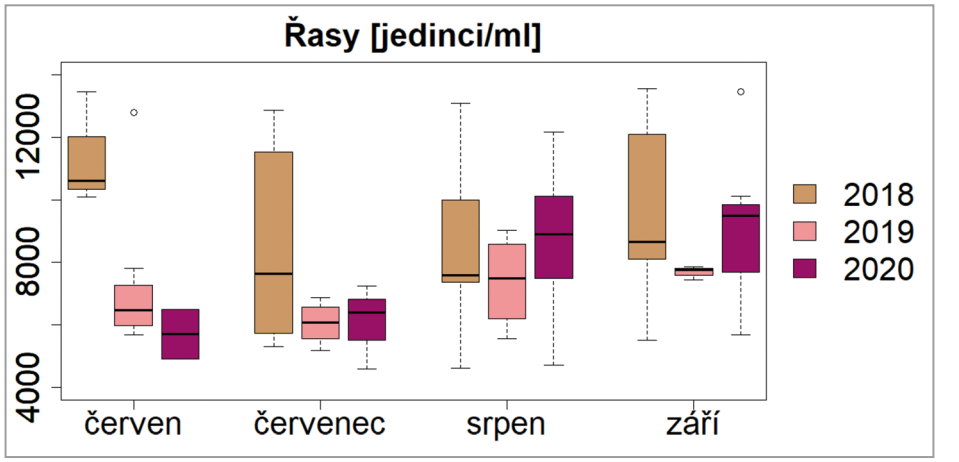


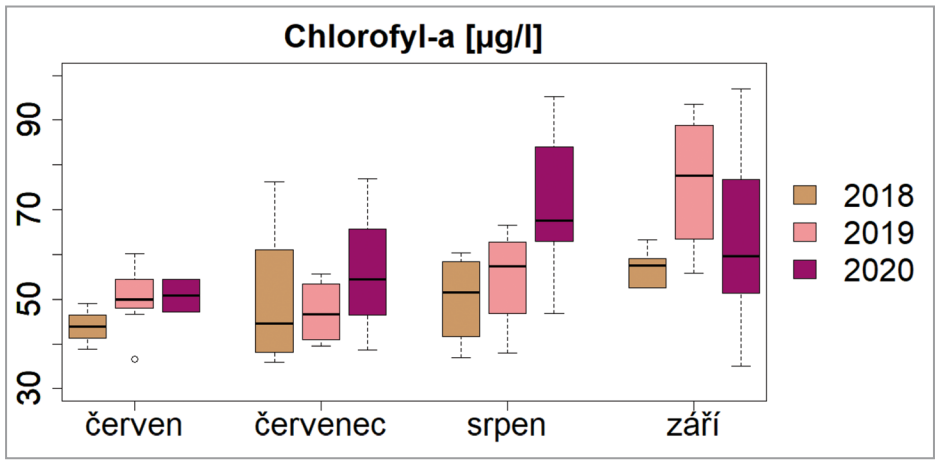
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

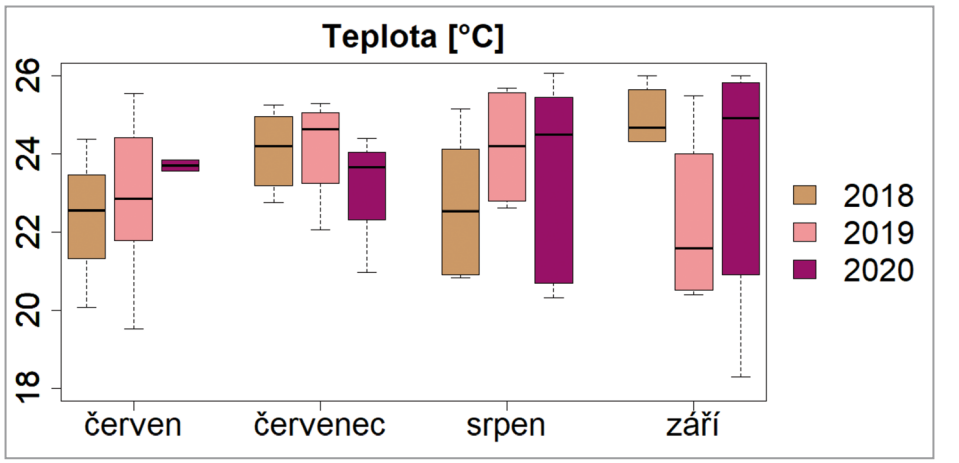


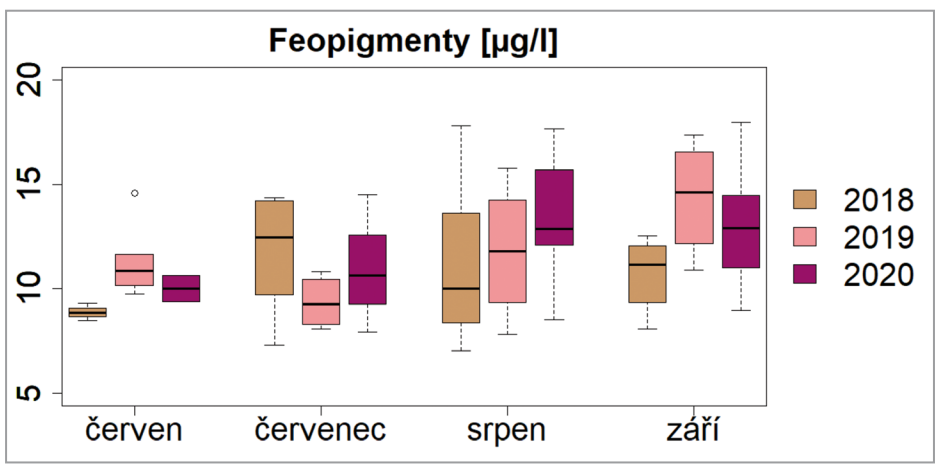
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

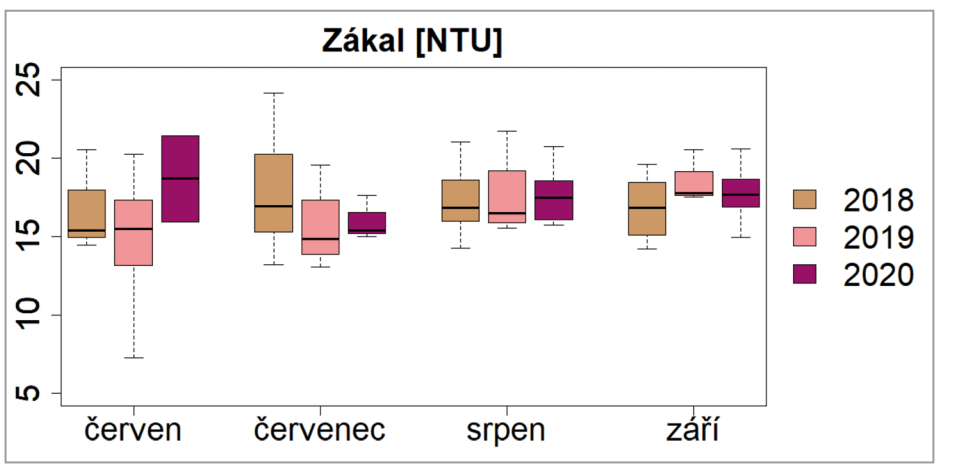








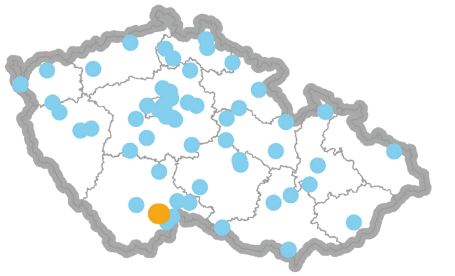




Shrnutí:

Na Staňkovském rybníku dochází ke konci koupací sezóny k rozvoji sinic, který většinou vyústí v souhrnné hodnocení stupně 3 - zhoršená jakost vody. Za špatné hodnocení lokality můžou, jak je uvedeno výše, nálezy mikrobiálních indikátorů fekálního znečištění. Koncentrace chlorofylu-*a* se pohybují v desítkách µg/l. Výsledky dat z DPZ jsou téměř vždy vyšší, k čemuž s jistotou přispívá fakt, že Staňkovský rybník je relativně dlouhá korytovitá nádrž. U nich bývají nejvyšší hodnoty v přítokové části (která však není využívána pro účely koupání) a směrem ke hrázi klesají. Standardní odběrové místo leží jen několik set metrů od hráze. Výskyt sinic je v počátku koupací sezóny oproti pozemnímu šetření významně nadhodnocen.

SVĚT

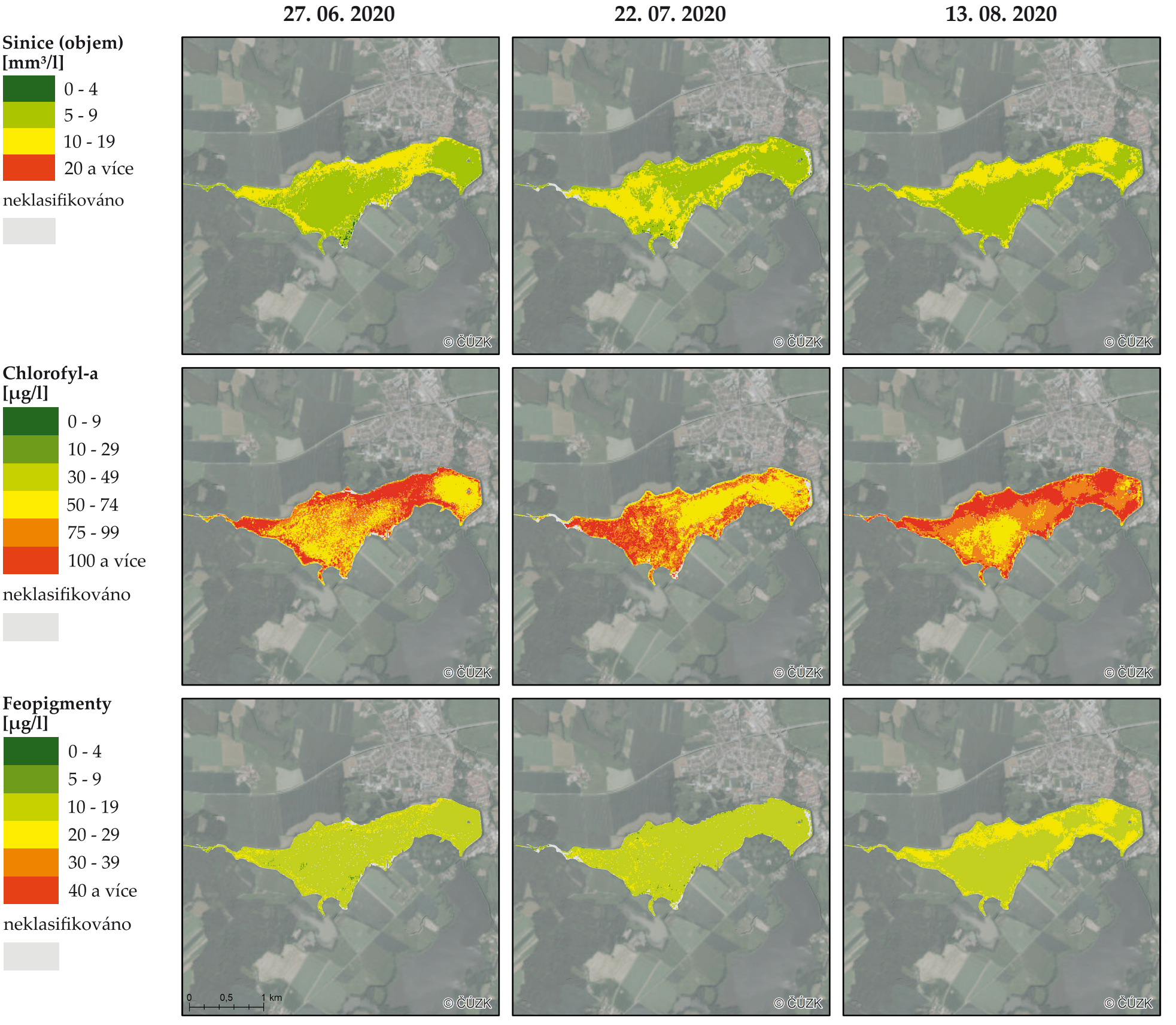


Vodní tok: Spolský potok
Kraj: Jihočeský

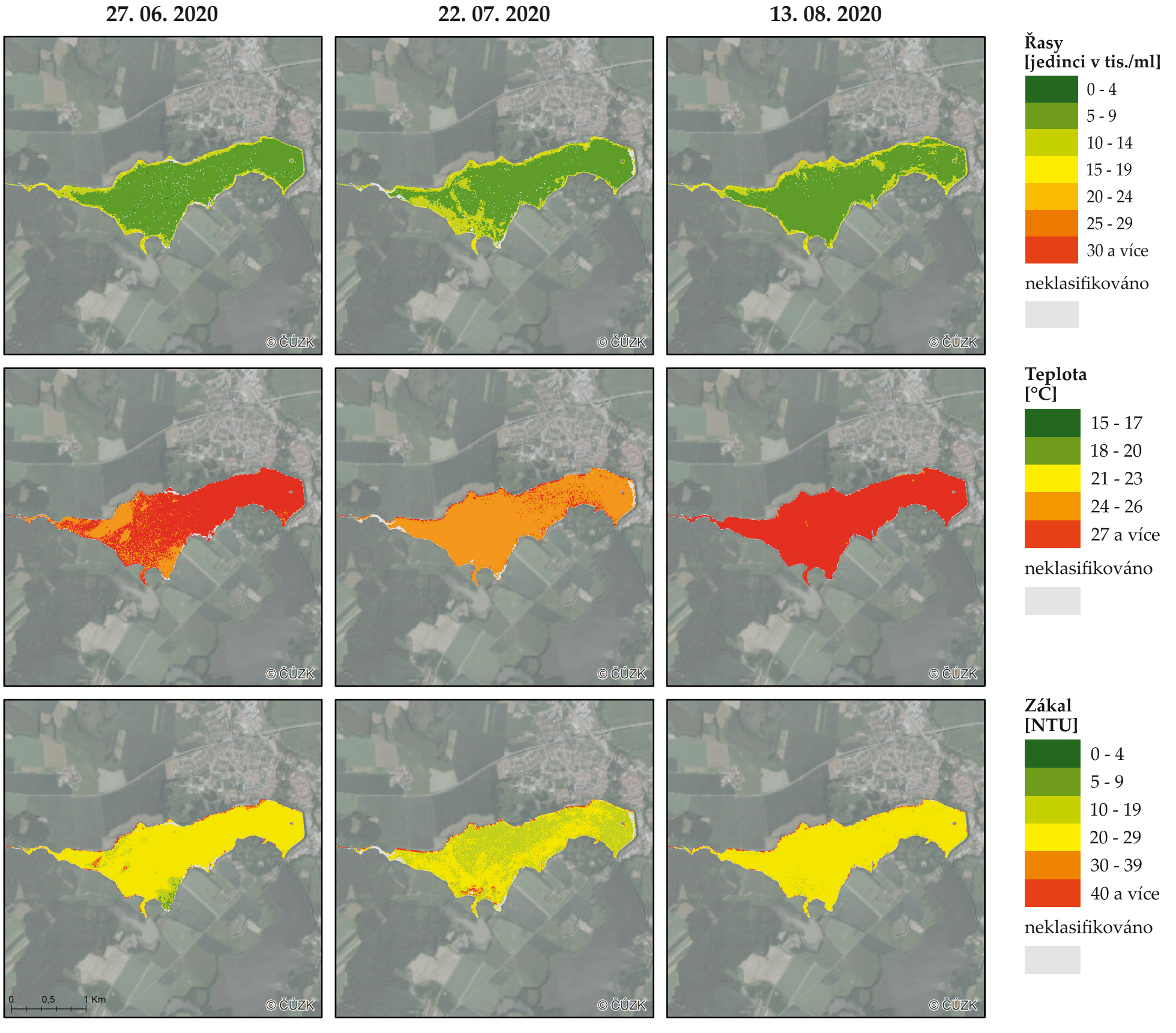
Rybník Svět leží na jižním okraji města Třeboň. S rozlohou 214 ha se jedná o sedmý největší rybník Třeboňska. Vybudován byl v 16. století Jakubem Krčínem z Jelčan [46]. Na rybníku Svět bylo přírodní koupaliště a kvalita vody ke koupání byla sledována do roku 2006. Občasné informace o kvalitě vody se objevovaly na internetových stránkách města Třeboň do roku 2018. Rozsah ukazatelů ani četnost vzorkování však nesplňovaly požadavky legislativy na monitorování vod ke koupání a v současnosti již neprobíhá ani tento monitoring [47]. Na břehu rybníka jsou situovány písčité pláže (u hráze u hotelu Bohemia a na východním břehu Ostende) a také travnatá naturistická pláž (Aurora).



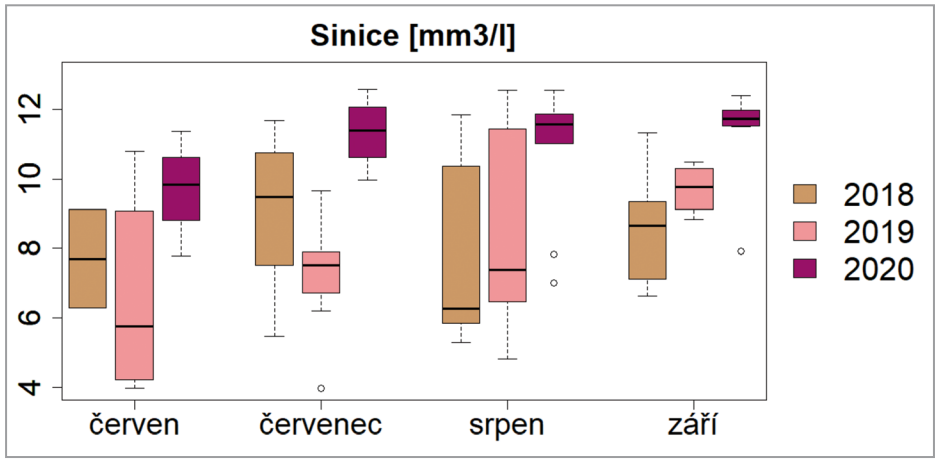
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

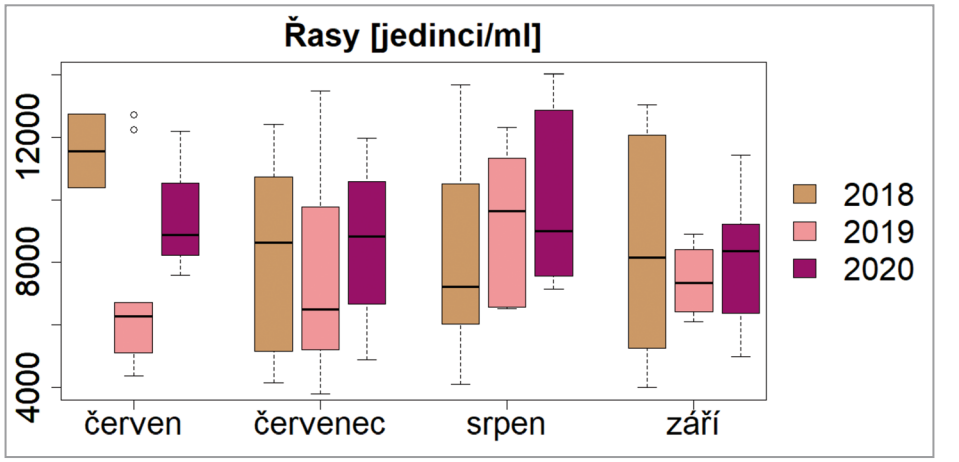


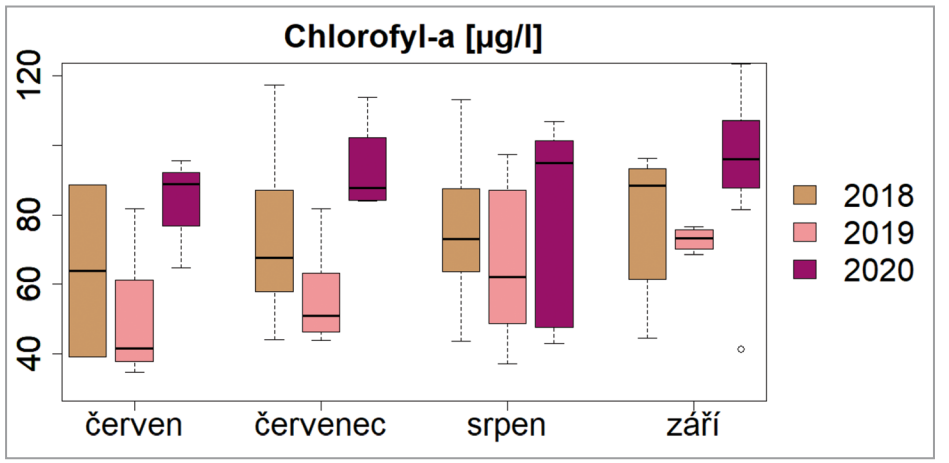
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

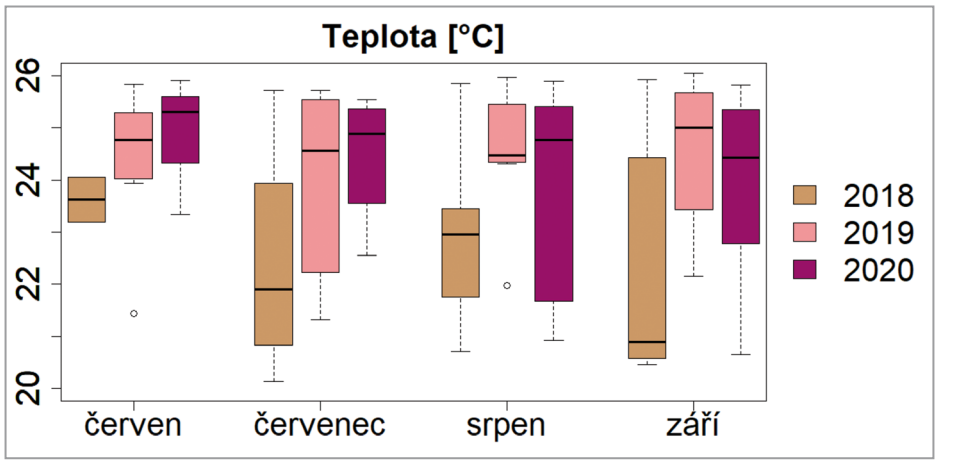


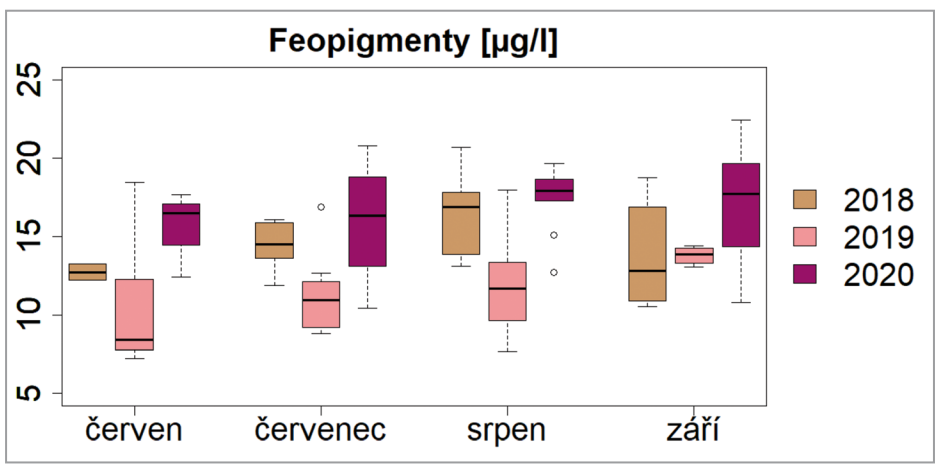
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

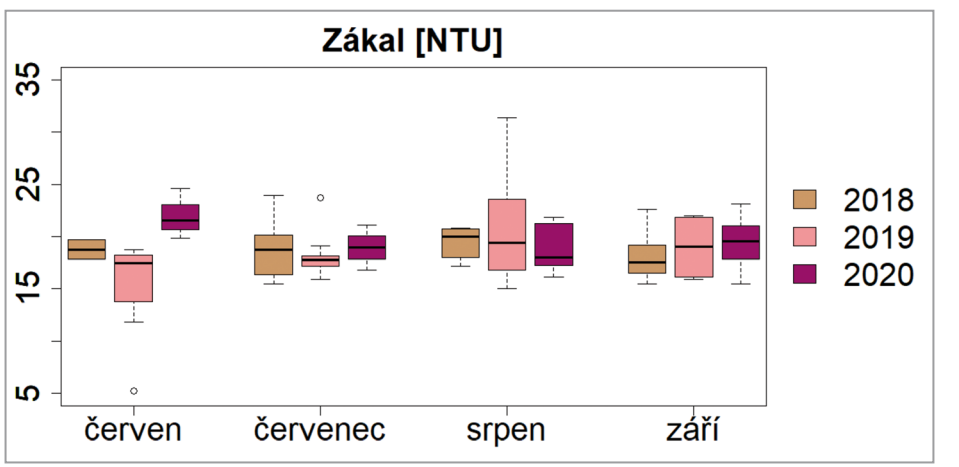








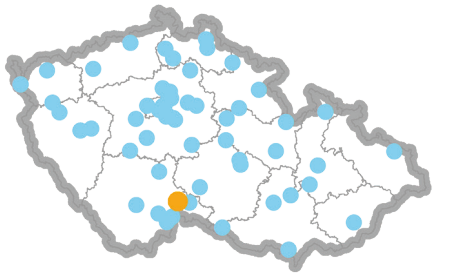




Shrnutí:

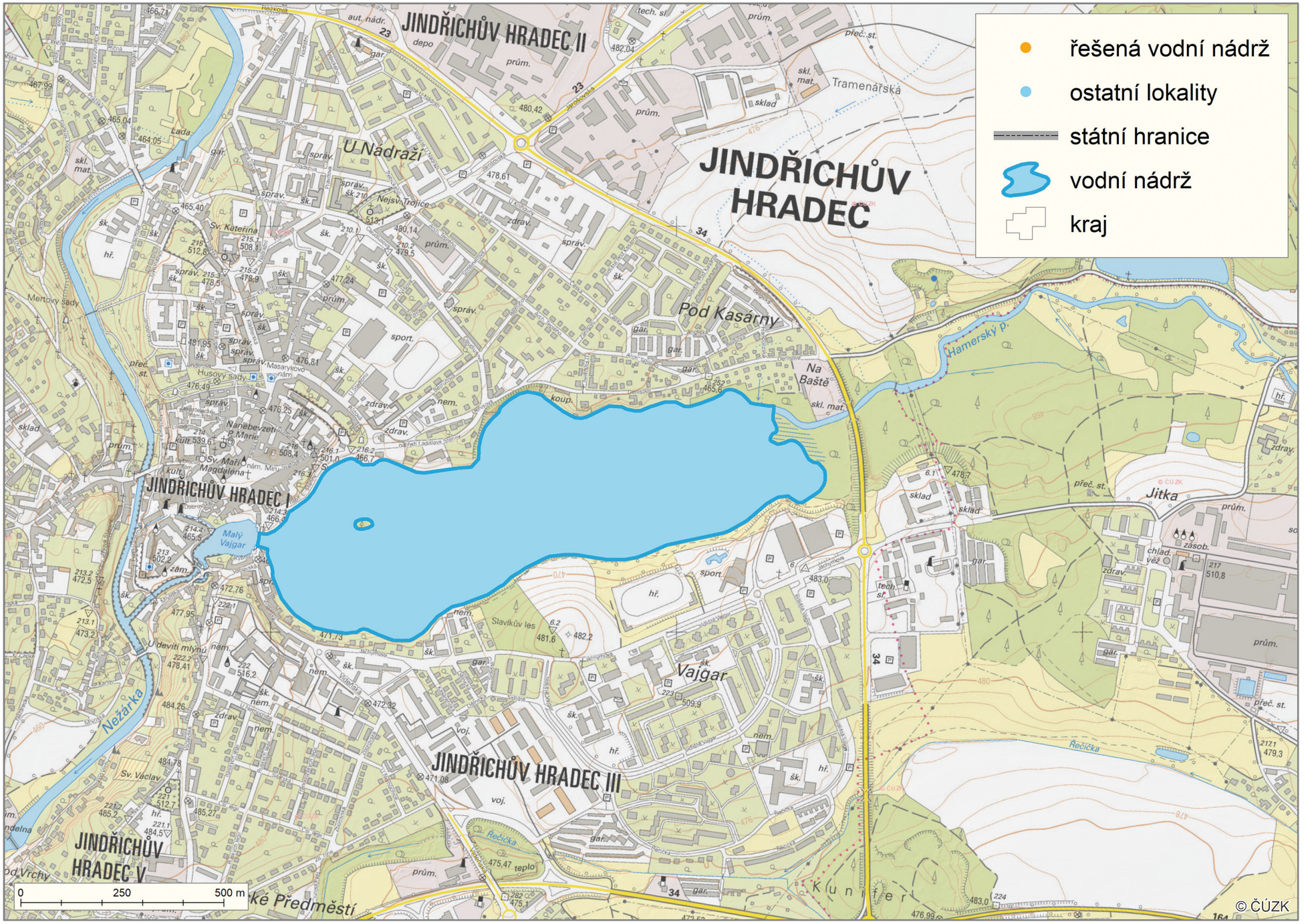
Rybník Svět je silně oživen fytoplanktonem, ve kterém často dominují sinice. Koncentrace chlorofylu-*a* se podle výsledků dat z DPZ pohybují na úrovni vyšších desítek µg/l a často překračují i 100 µg/l. Ze sporadických informací z pozemního monitorování z dřívějších let lze vyčíst ještě vyšší hodnoty (stovky µg/l) [48]. Z let 2018 až 2020, až na jednu výjimku, však data z pozemního monitorování nejsou k dispozici, a tudíž shodu s výsledky z dat z DPZ nelze objektivně posoudit. Zajímavostí je, že v roce 2020 bylo zaznamenáno ve srovnání s dvěma předchozími sezónami výrazně vyšší oživení. Výskyt sinic v kombinaci s chlorofylem-*a* by lokalitu přinejmenším po část sezóny ve všech zkoumaných letech řadil do stupně 4 – voda nevhodná ke koupání.

VAJGAR

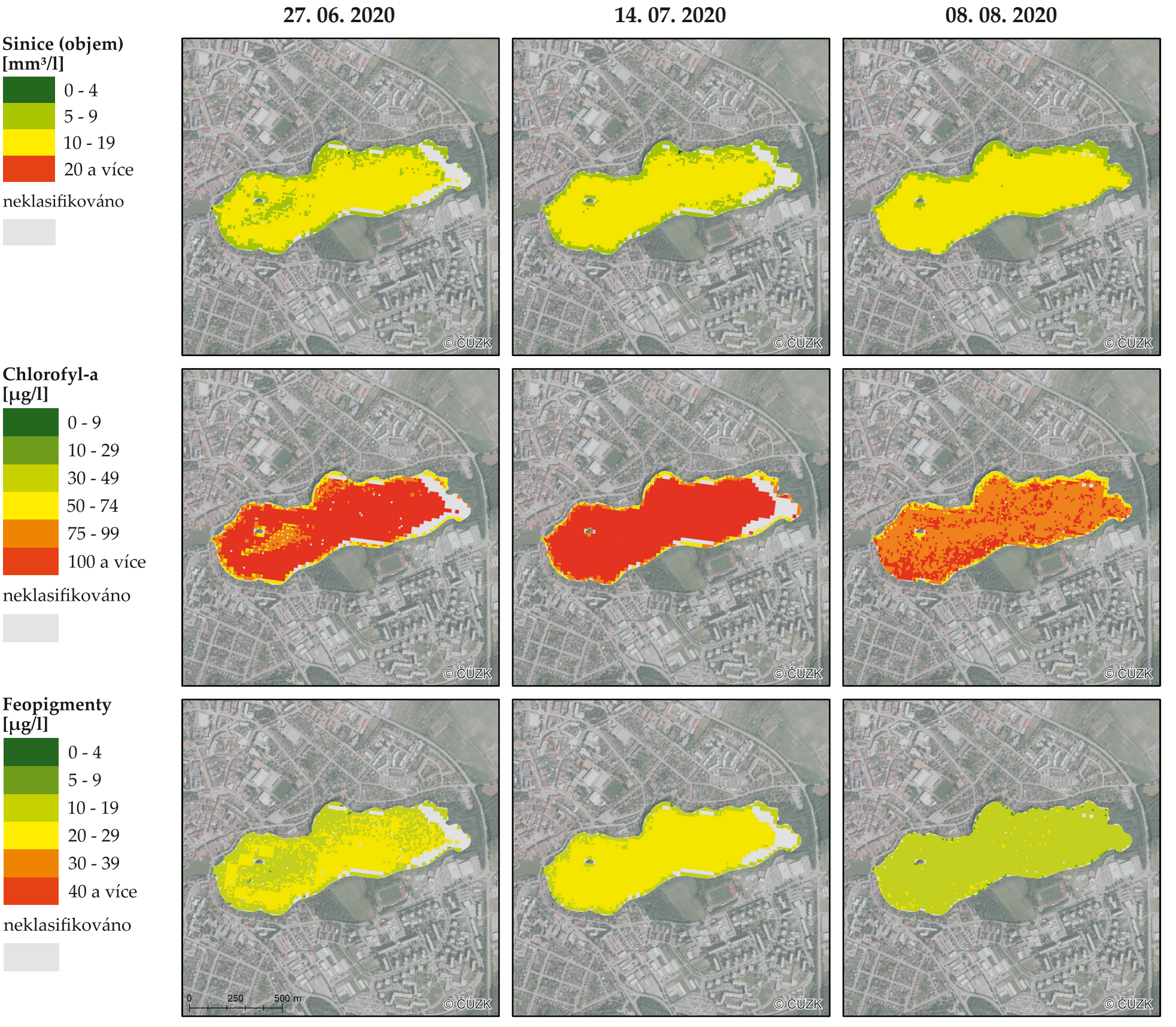


Vodní tok: Hamerský potok
Kraj: Jihočeský

Rybník Vajgar o rozloze 47 ha se nachází v centru Jindřichova Hradce. První zmínka o jeho existenci pochází z konce 14. století. Koupání zde mělo dlouhou tradici. Již koncem 19. století existovaly na jeho břehu dvě plovárny [49]. Do koupací sezóny 2009 zde bylo oficiální přírodní koupaliště. Po otevření aquaparku, který se nachází na jižním břehu rybníka, i s ohledem na špatnou kvalitu vody, přestal být Vajgar ke koupání v podstatě využíván. Plovárna na severním břehu stále funguje, jsou zde rovněž provozovány různé s vodou související rekreační aktivity (vodní lyžování, wakeboarding, paddleboarding, půjčovna loděk) [50].

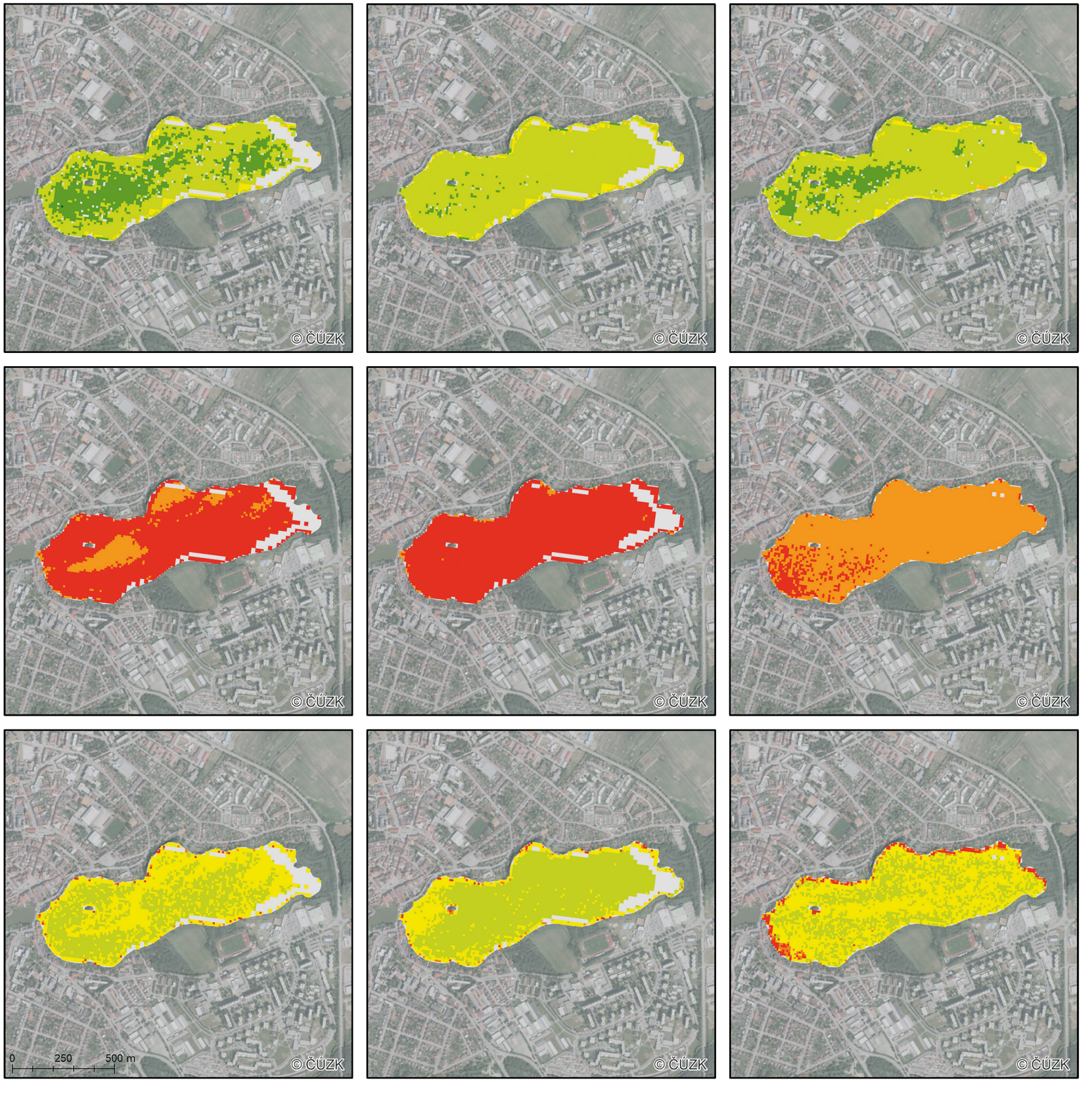


Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod



Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

27. 06. 2020 | 14. 07. 2020 | 08. 08. 2020

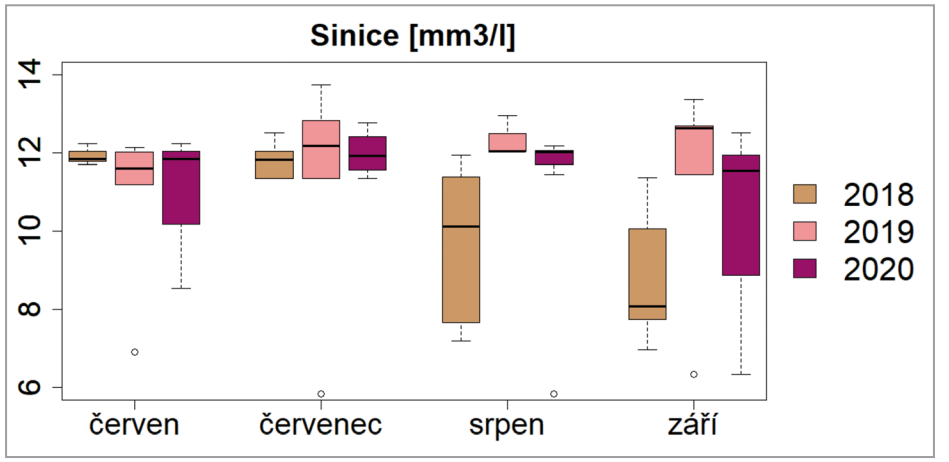


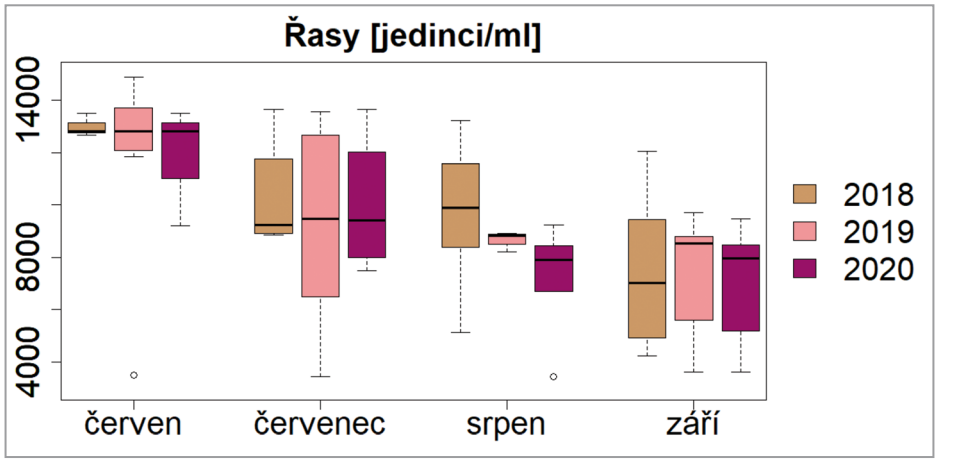
Řasy [jedinci v tis./ml]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 14
- 15 - 19
- 20 - 24
- 25 - 29
- 30 a více
- neklasifikováno

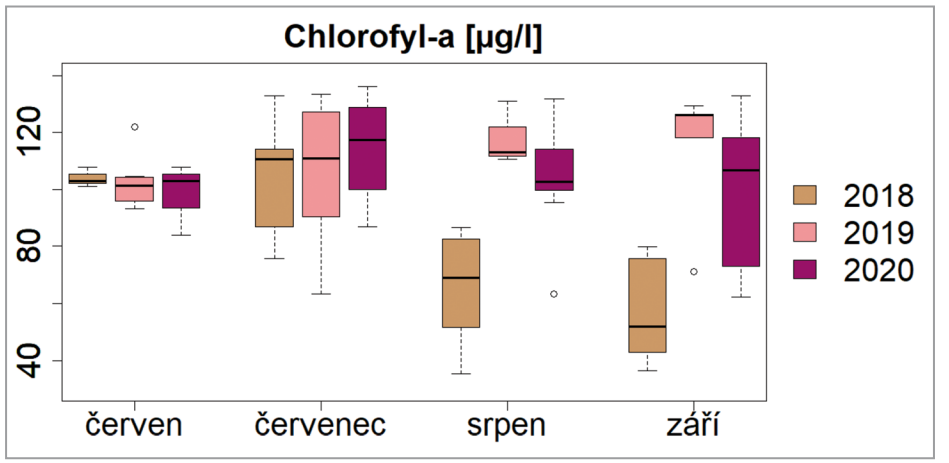
Teplota [°C]
- 15 - 17
- 18 - 20
- 21 - 23
- 24 - 26
- 27 a více
- neklasifikováno

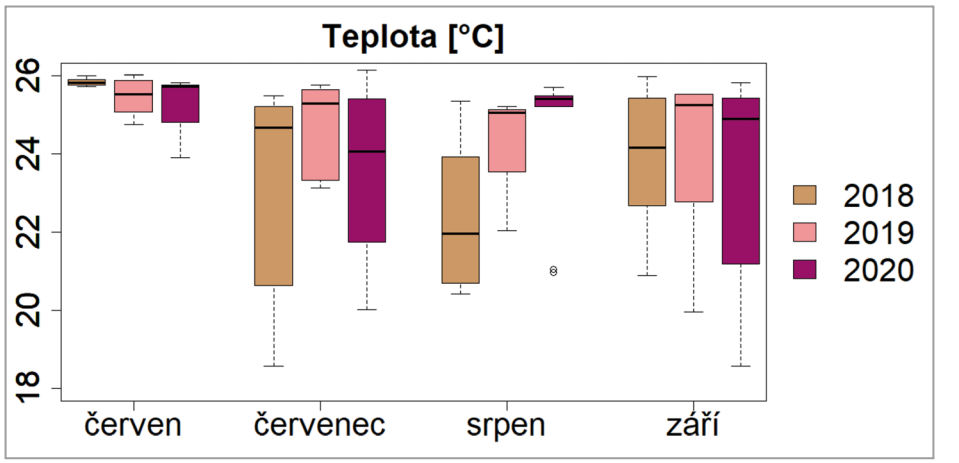
Zákal [NTU]
- 0 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19
- 20 - 29
- 30 - 39
- 40 a více
- neklasifikováno

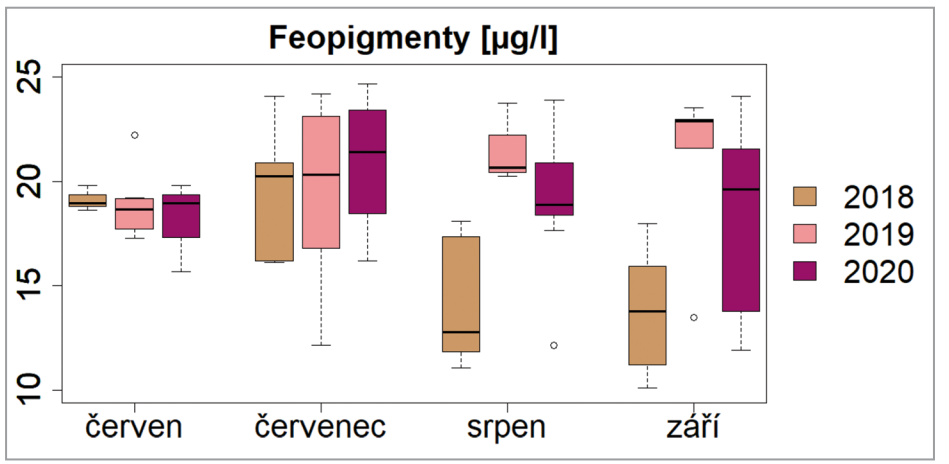
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

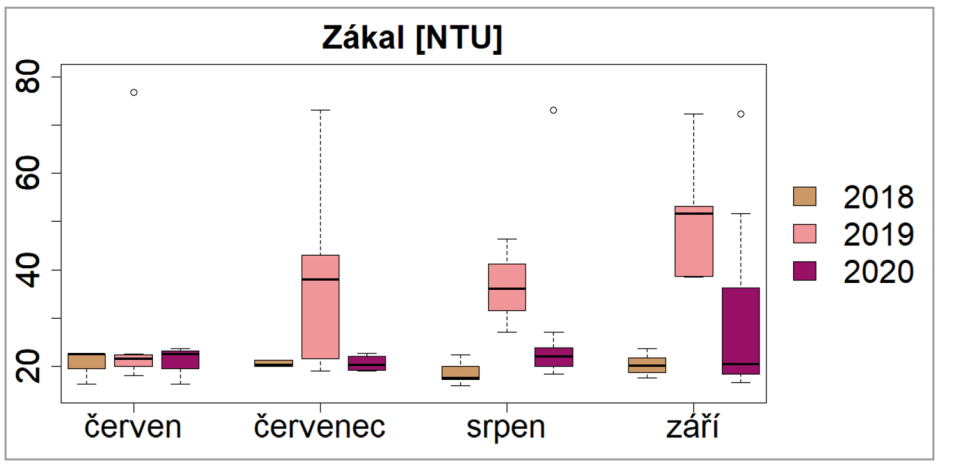








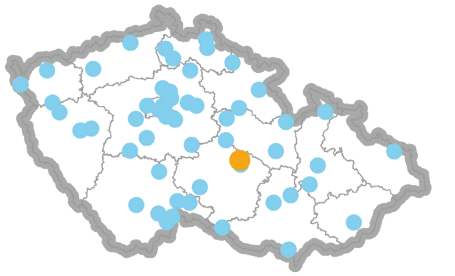




Shrnutí:

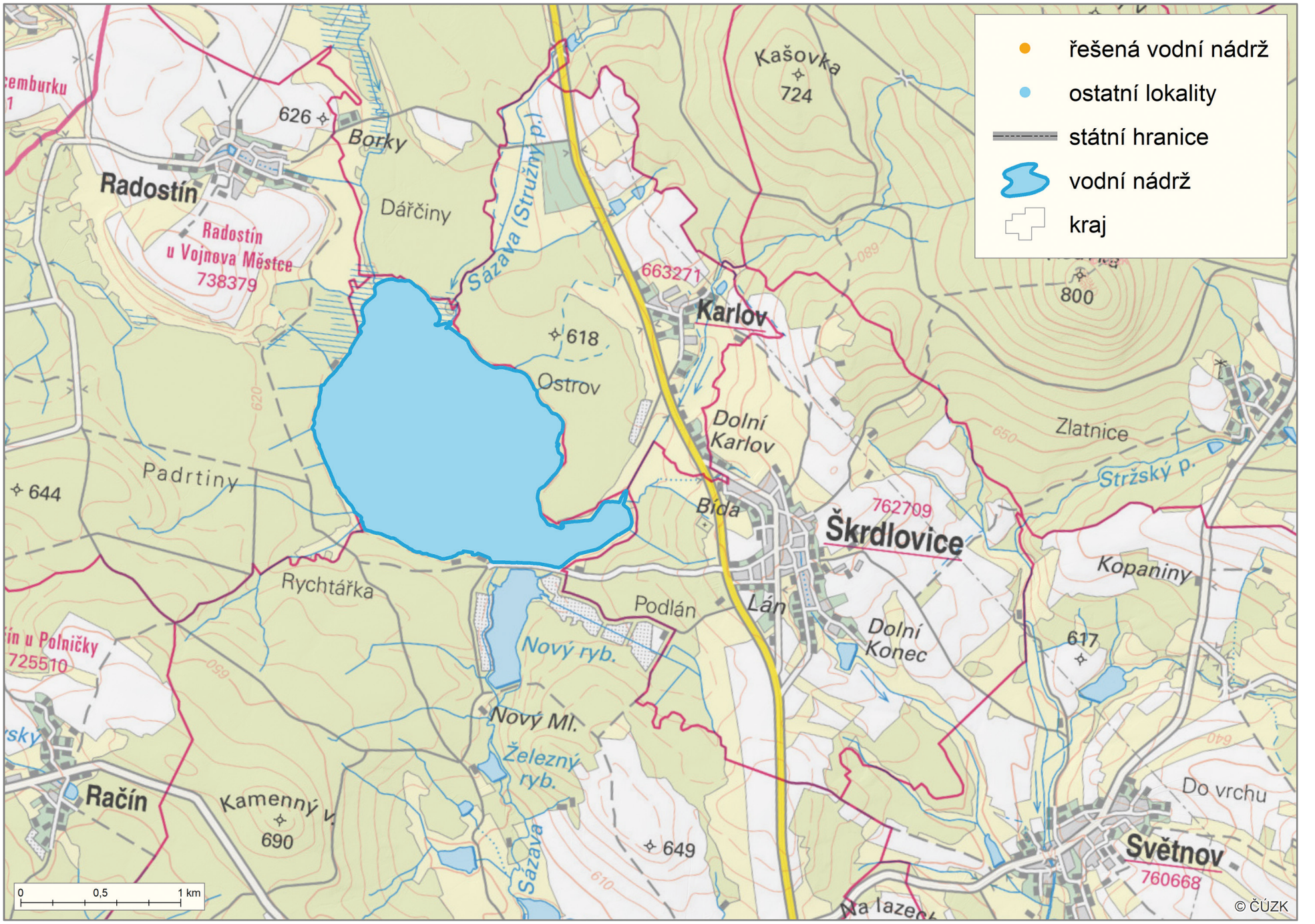
V době, kdy bylo na Vajgaru provozováno oficiální přírodní koupaliště, bývala kvalita vody hodnocena velmi často jako nevyhovující. Hodnoty koncentrace chlorofylu-*a* se obvykle koncem koupací sezóny pohybovaly ve stovkách µg/l (maximum v posledním sledovaném roce 2009 bylo 403 µg/l) a počty sinic ve statisících buněk/ml. Výsledky dat z DPZ pro roky 2018 až 2020 ukazují velmi vysoké hodnoty jak pro chlorofyl-*a* (koncentrace velmi často překračující 100 µg), tak pro sinice (více než 10 mm^3/l), což by odpovídalo přinejmenším stupni 4 – voda nevhodná ke koupání. Nejnižší (avšak stále ještě velmi vysoké) koncentrace chlorofylu-*a* z výsledků dat z DPZ byly zaznamenány v srpnu a září roku 2018. Tento rok byl zcela výjimečný (velmi teplý již od dubna) a na řadě lokalit proběhla sezóna rychleji. Je tedy možné, že již v srpnu došlo ke kolapsu vodního květu a tím pádem k následnému mírnému zlepšení kvality vody.

VELKÉ DÁŘKO

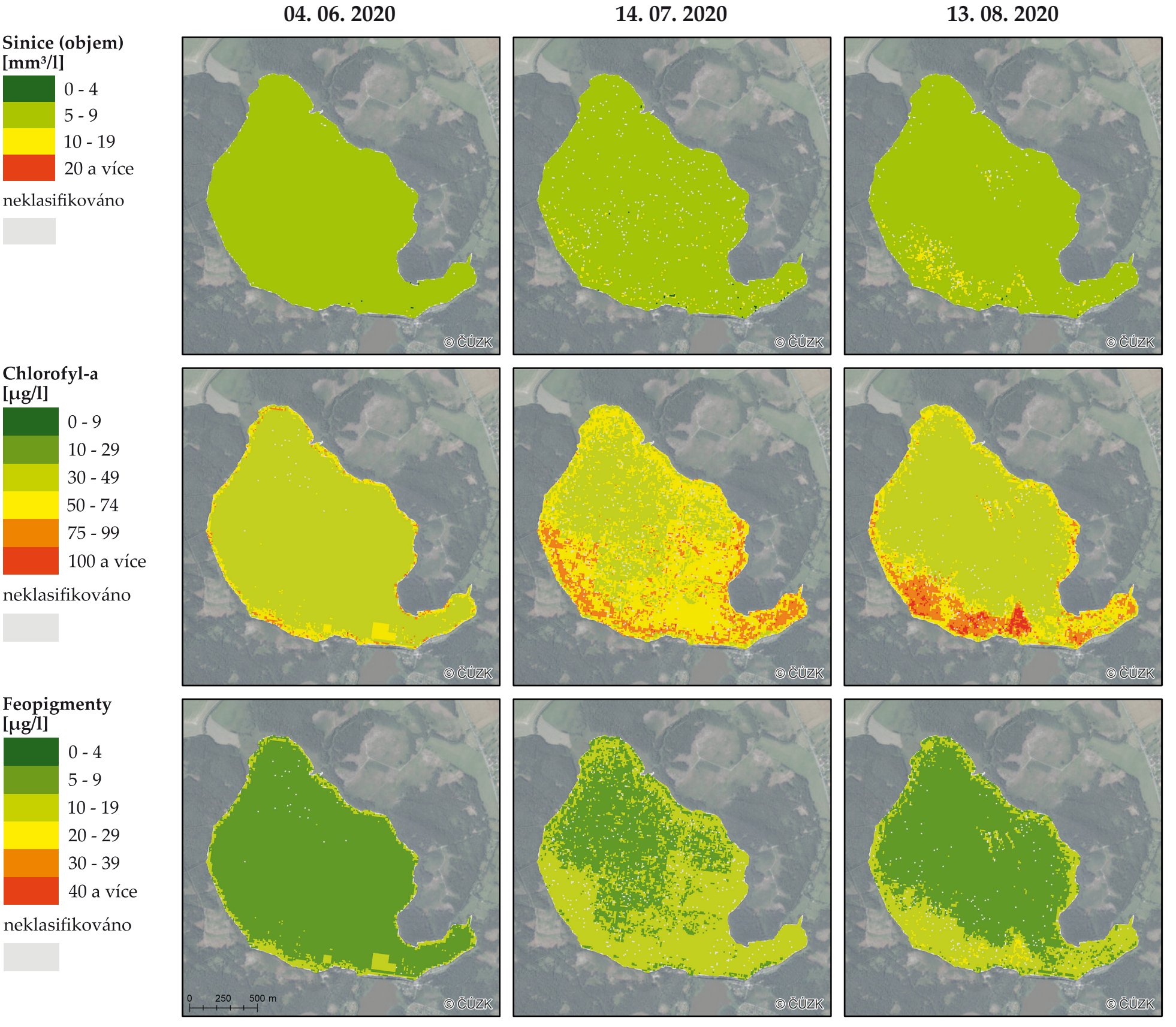


Vodní tok: Sázava
Kraj: Vysočina

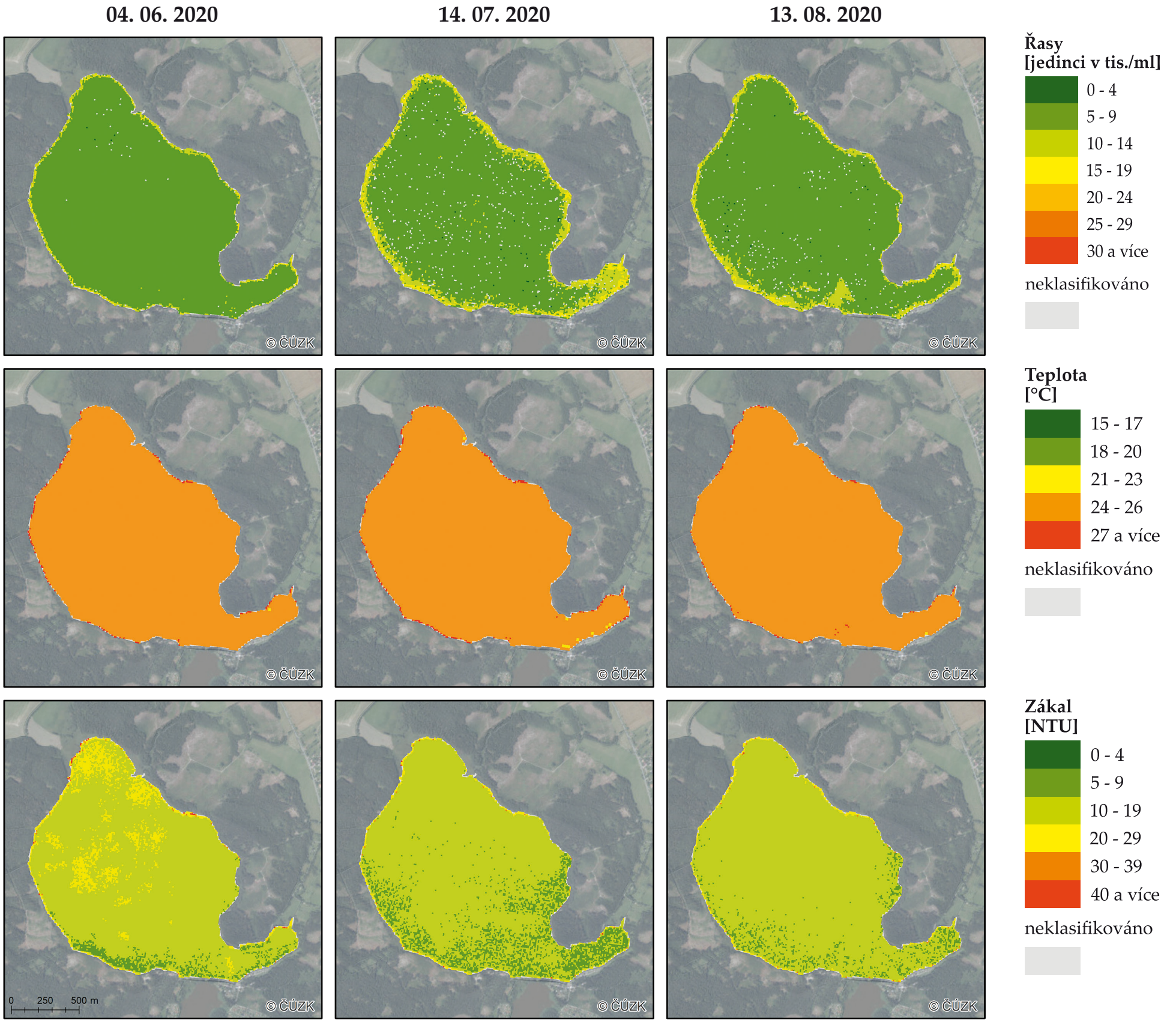
Velké Dářko je svou rozlohou 206 ha největším rybníkem na Českomoravské vrchovině, který se nachází necelých 10 km severně od Žďáru nad Sázavou. Vybudován byl na konci 15. století [51]. V dnešní době slouží převážně k rekreaci. Možnosti ubytování jsou na jižní straně v prostoru hráze, kde jsou situovány dva kempy, další možnosti ubytování a větší počet soukromých chat. Travnaté pláže jsou umístěny rovněž na jižní straně. Na poloostrově na jihovýchodní straně nádrže se nachází naturistická pláž. Kromě koupání je Velké Dářko, které je přibližně oválného tvaru, využíváno pro jachting a windsurfing. Jsou zde také pořádány závody dračích lodí [51]. Jedná se o lokalitu zařazenou do Seznamu koupacích vod.



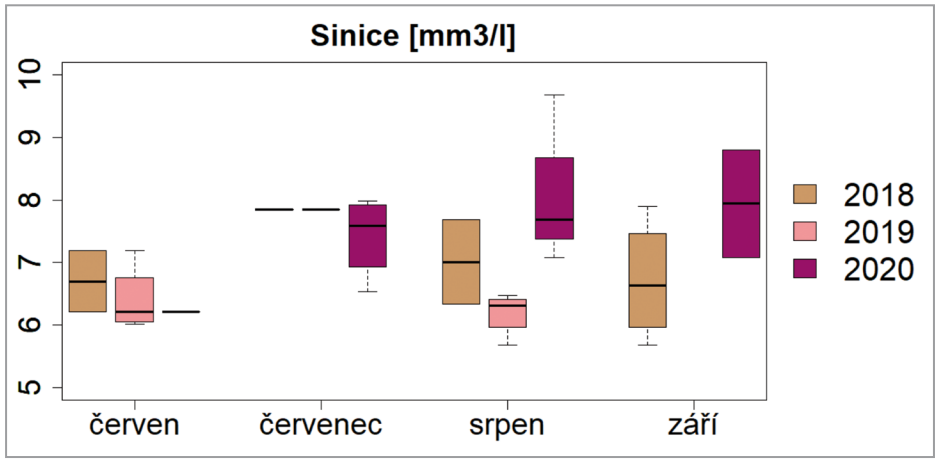
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

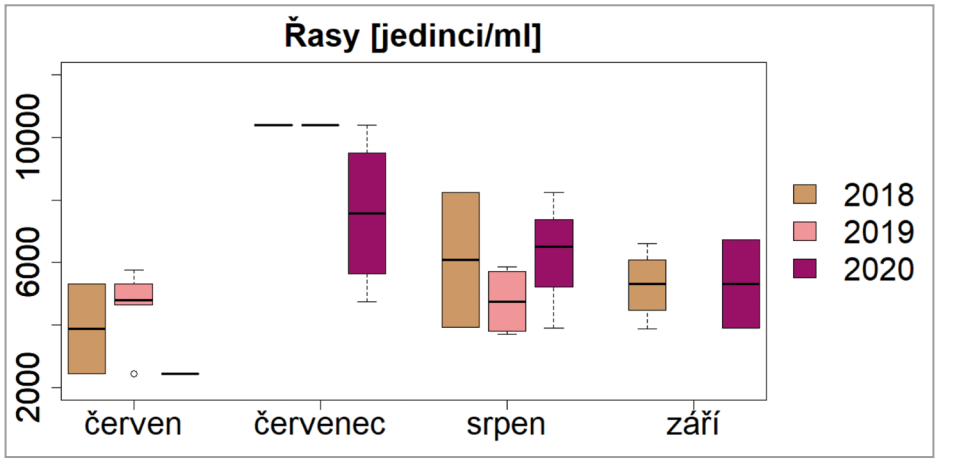


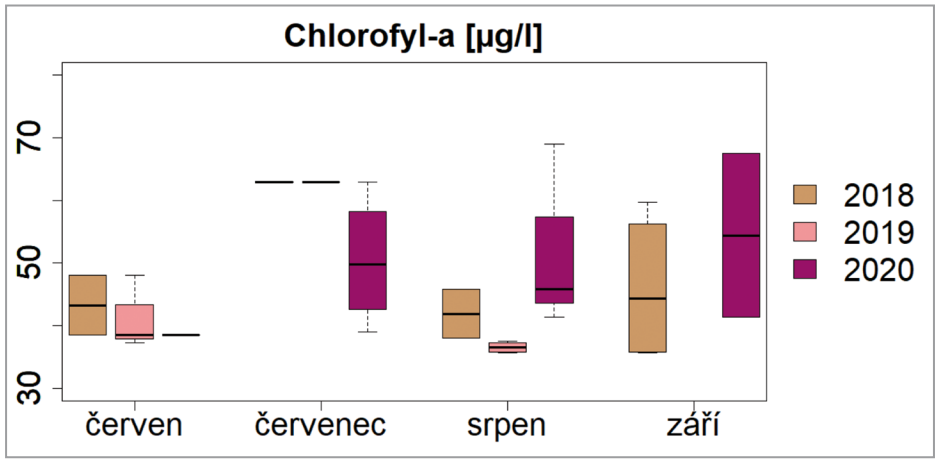
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

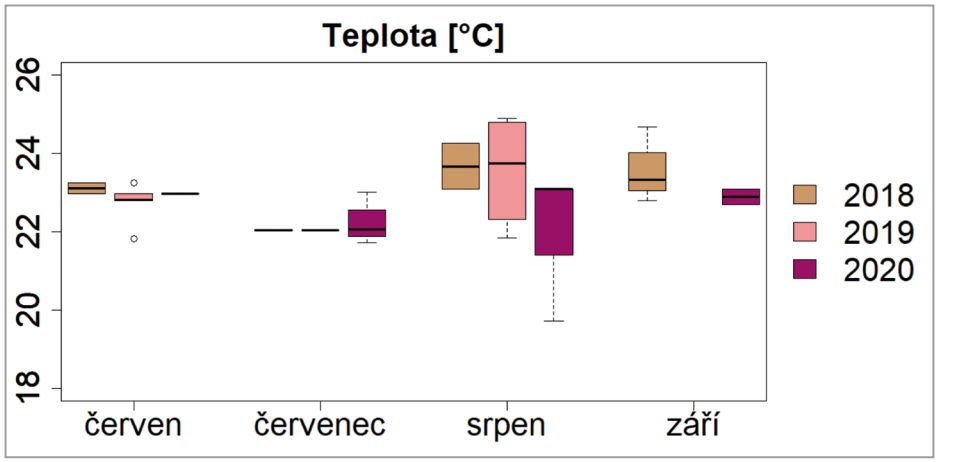


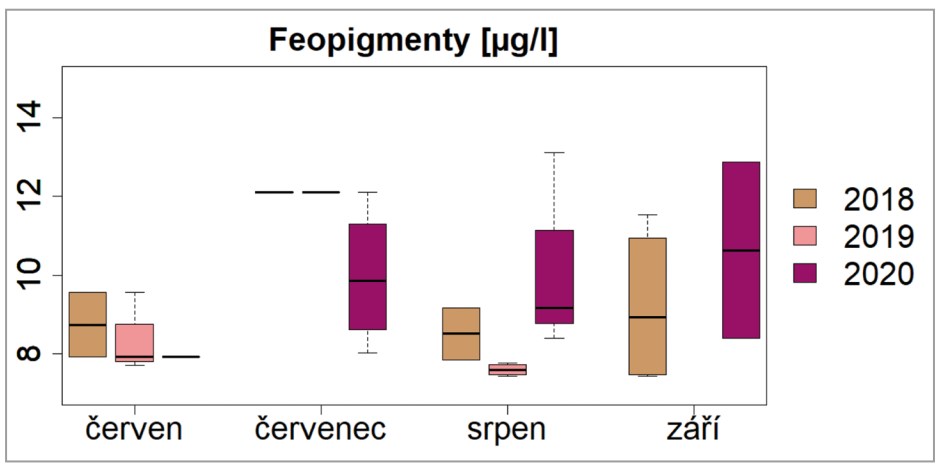
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

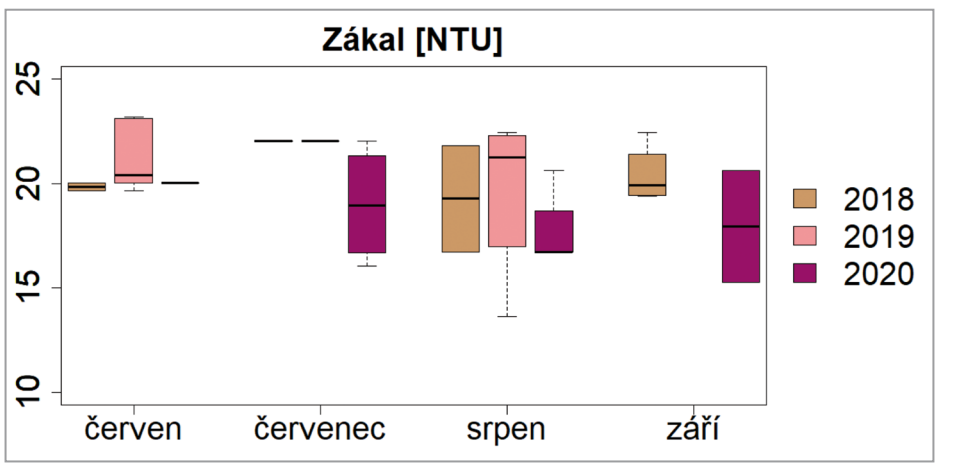








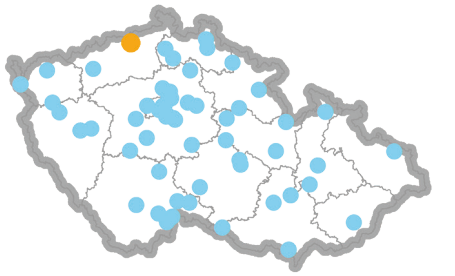




Shrnutí:

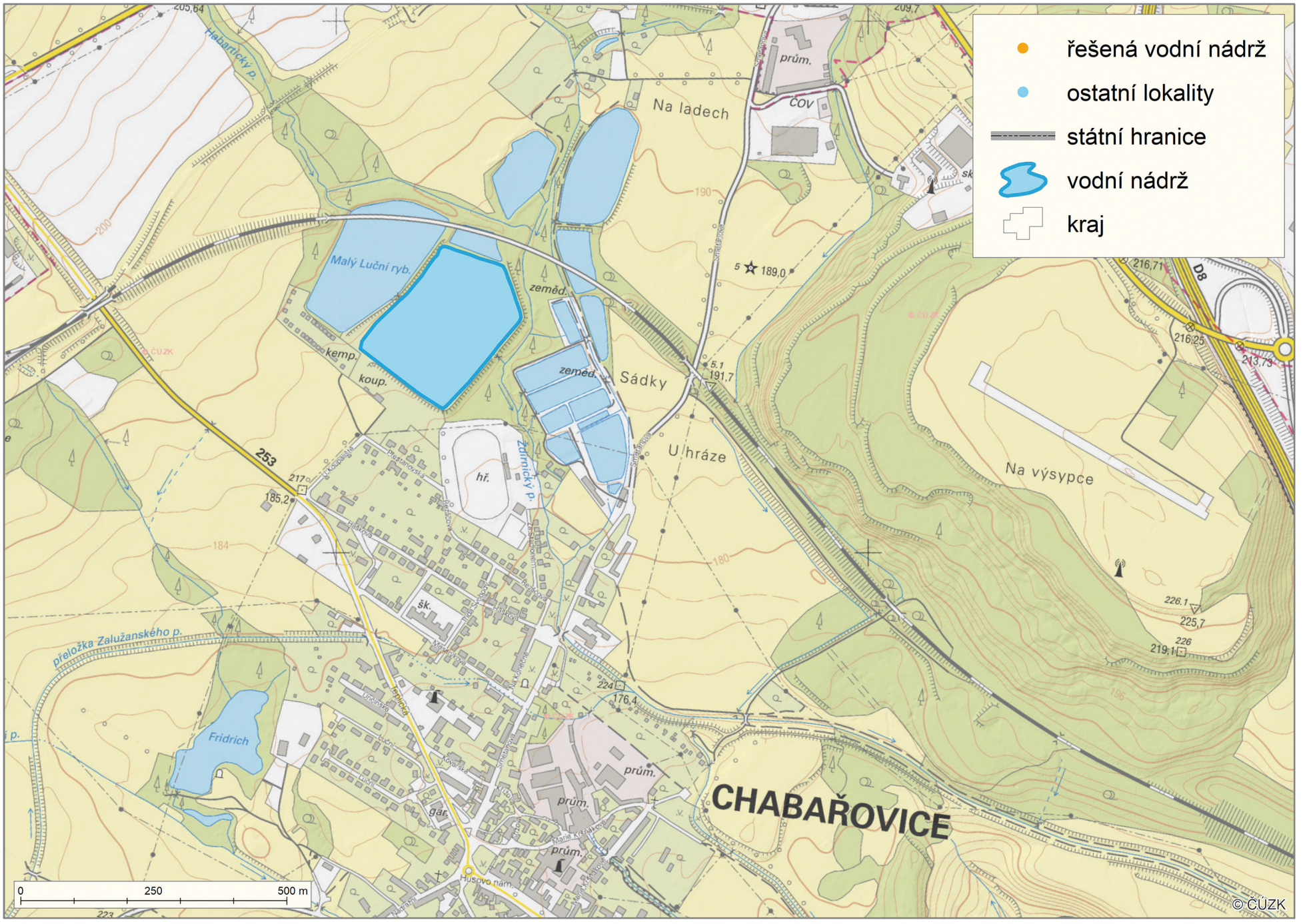
Kvalita vody je poměrně vyhovující. K rozvoji fytoplanktonu i sinic zde sice dochází, nicméně k překračování limitů to vede jen ojediněle. Ve většině případech je kvalita vody hodnocena ve stupni 1 – voda vhodná ke koupání. Koncentrace chlorofylu-*a* se pohybují obvykle v nižších řádech desítek µg/l. Ve srovnání s nimi se jeví výsledky získané pomocí dat z DPZ jako mírně nadhodnocené. Významně nadhodnocené jsou však ve srovnání s pozemním sledováním nálezy sinic. V některých případech bylo možné pozorovat nehomogenní rozložení fytoplanktonu v nádrži způsobené pravděpodobně vlivem větru (viz mapy z července a srpna 2020). Bohužel se u této lokality projevil problém s vysokou oblačností v některých sledovaných obdobích, tudíž nebyl k dispozici dostatečný objem dat pro vyhodnocení za některé měsíce (viz grafy).

VELKÝ LUČNÍ RYBNÍK

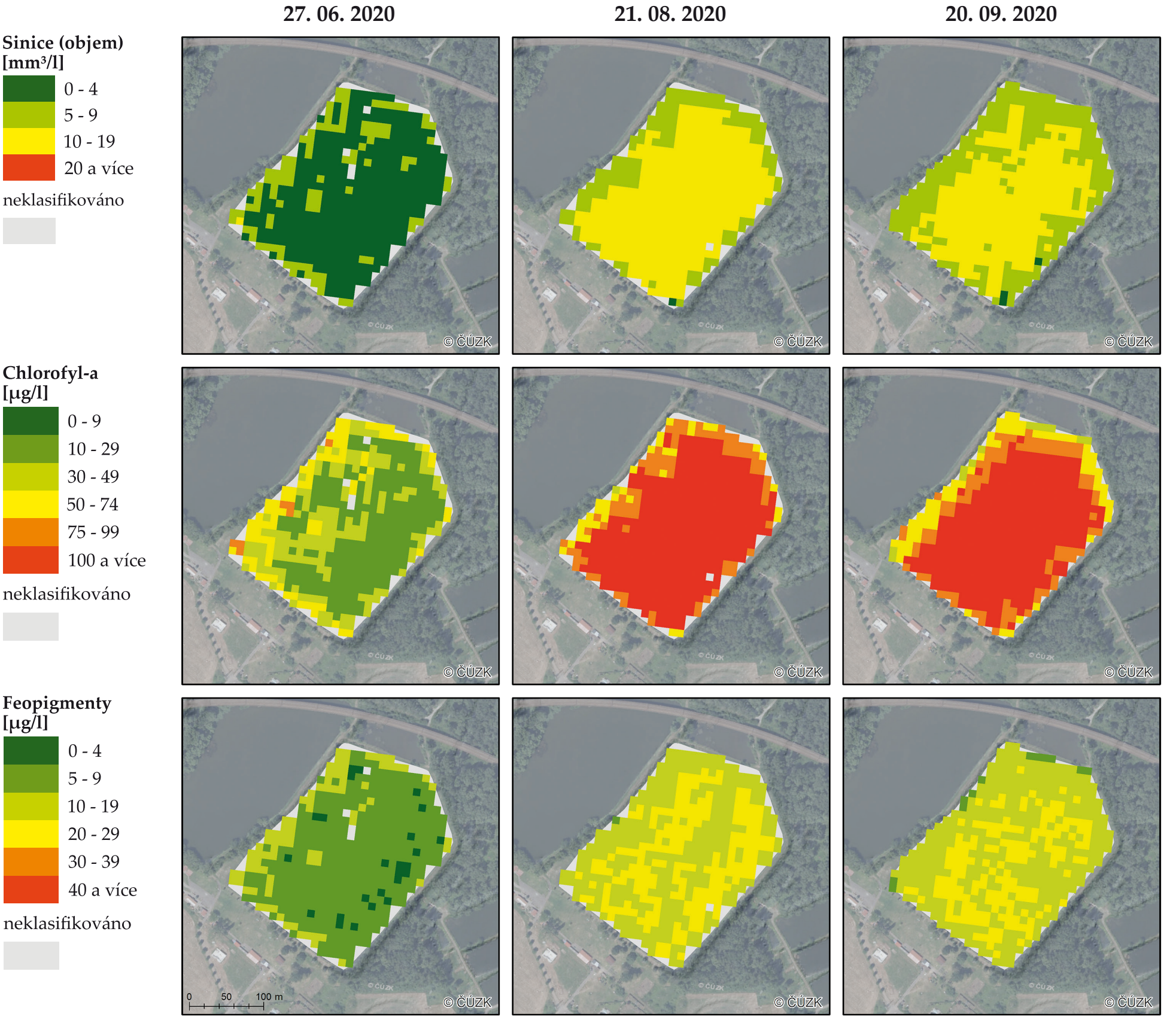


Vodní tok: Ždírnický potok
Kraj: Ústecký

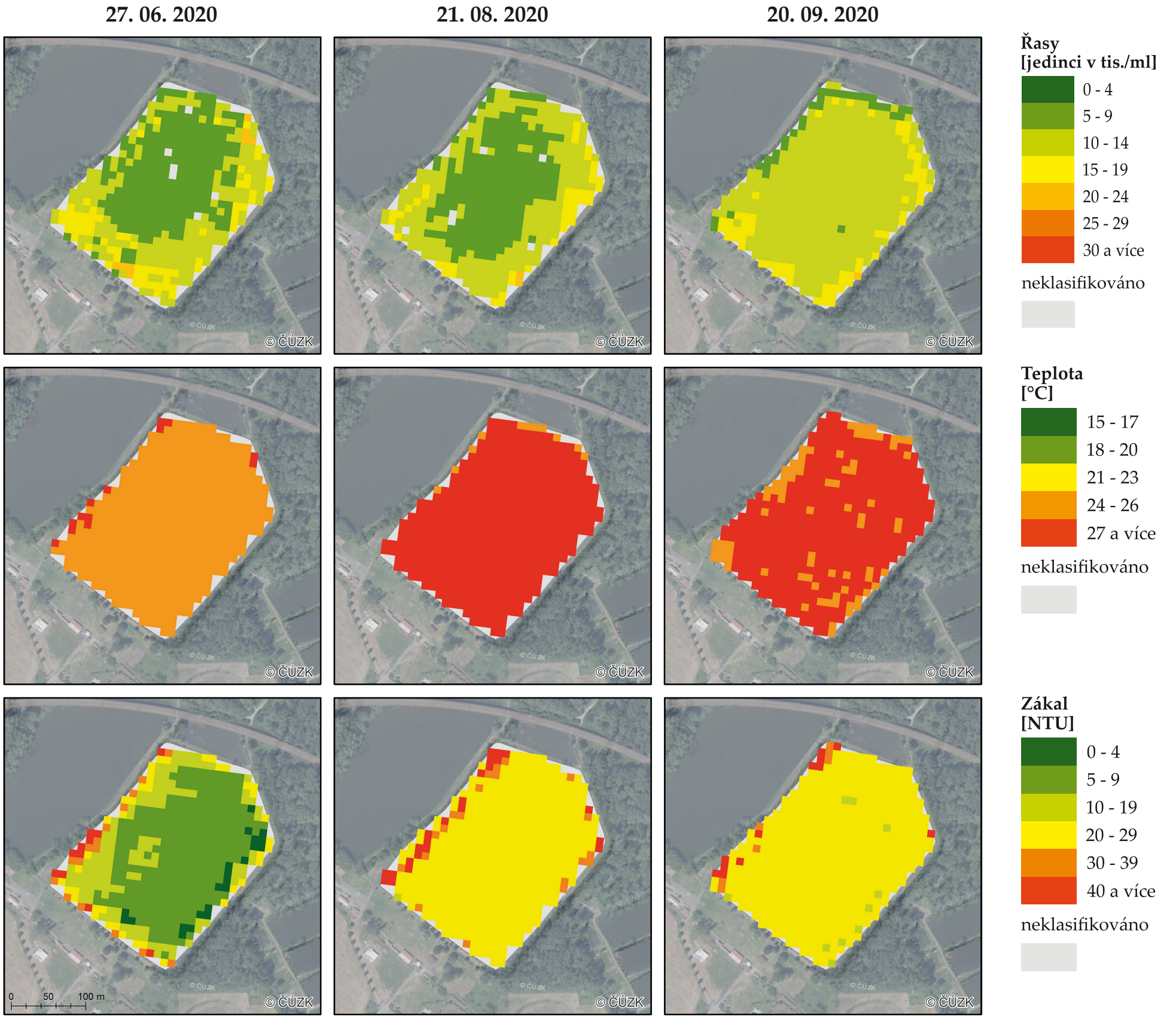
Lokalita se nachází západně od Ústí nad Labem (necelé 4 km od místní části Všebořice). V Seznamu koupacích vod je zařazeno přírodní koupaliště místního významu na Velkém Lučním rybníku (o rozloze 5 ha). Ke koupání se však využívá i Malý Luční rybník (o rozloze 3,5 ha) ležící v těsném sousedství. Přírodní koupaliště je plně vybavené (sociální zařízení, převlékací kabiny, restaurace a stánek s občerstvením) [52] a je situováno na jižním břehu obou rybníků. Pláže jsou travnaté. Součástí areálu přírodního koupaliště je chatová osada a autokemp.



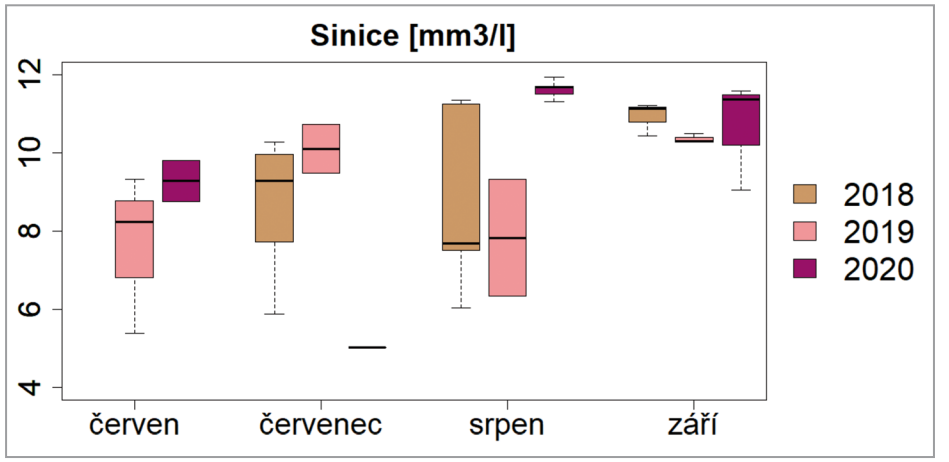
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

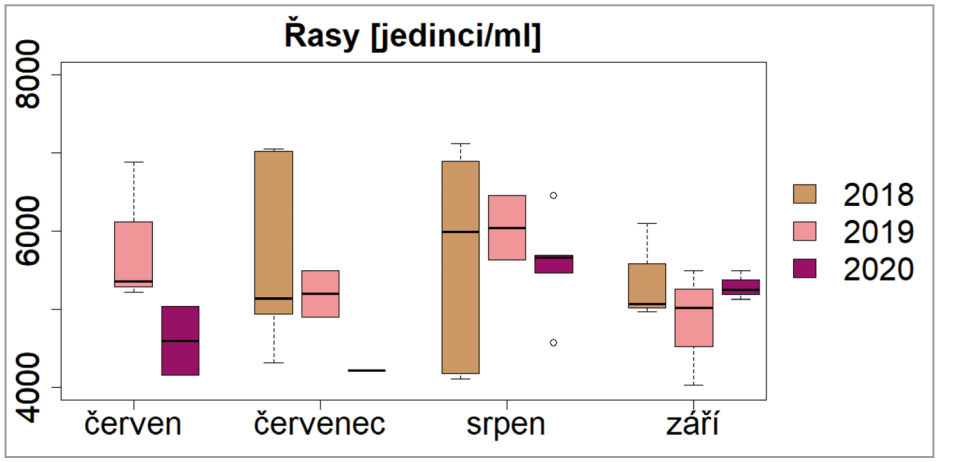


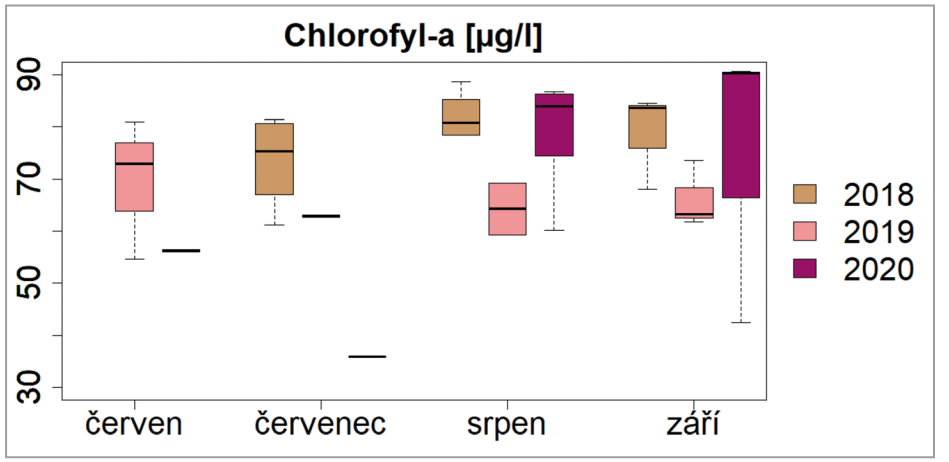
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

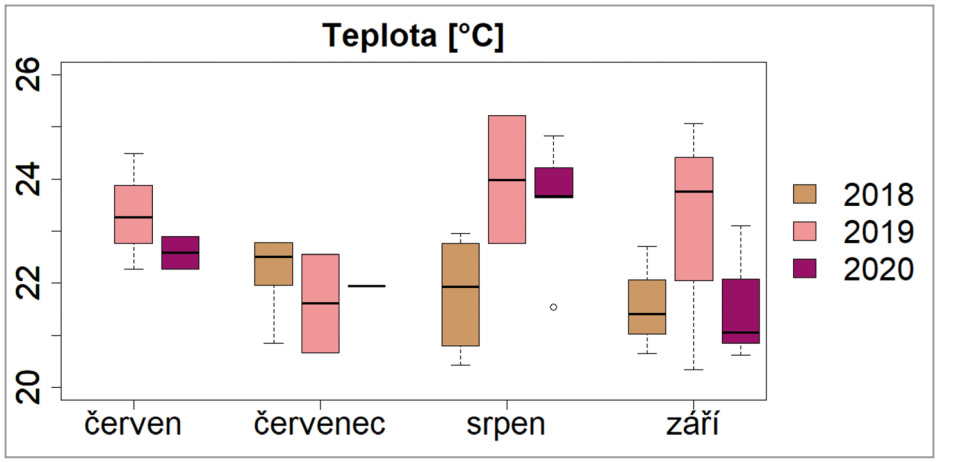


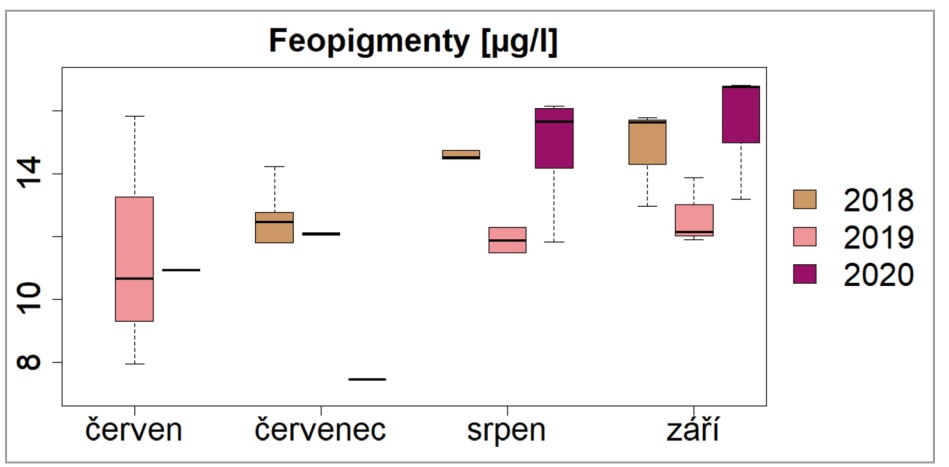
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

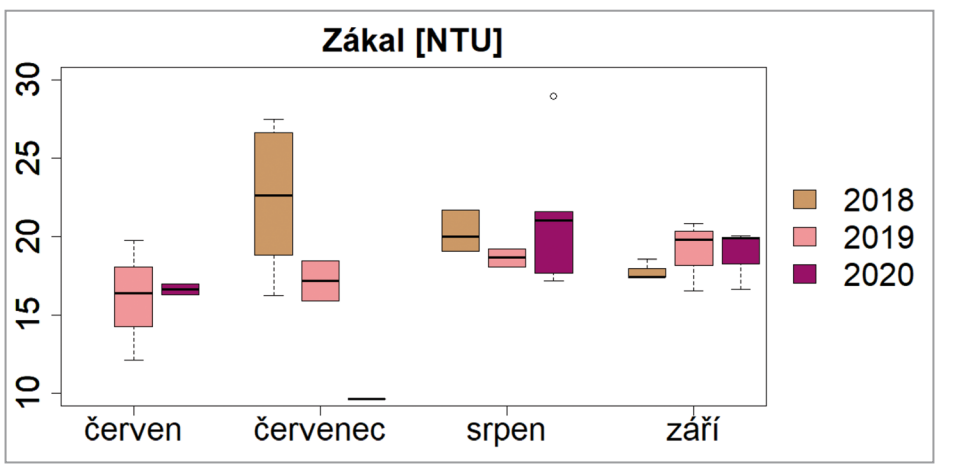








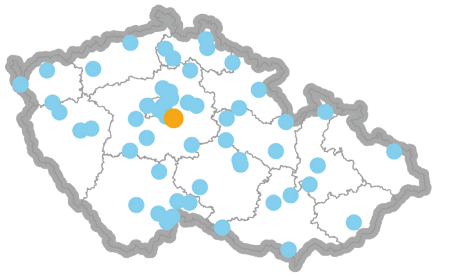




Shrnutí:

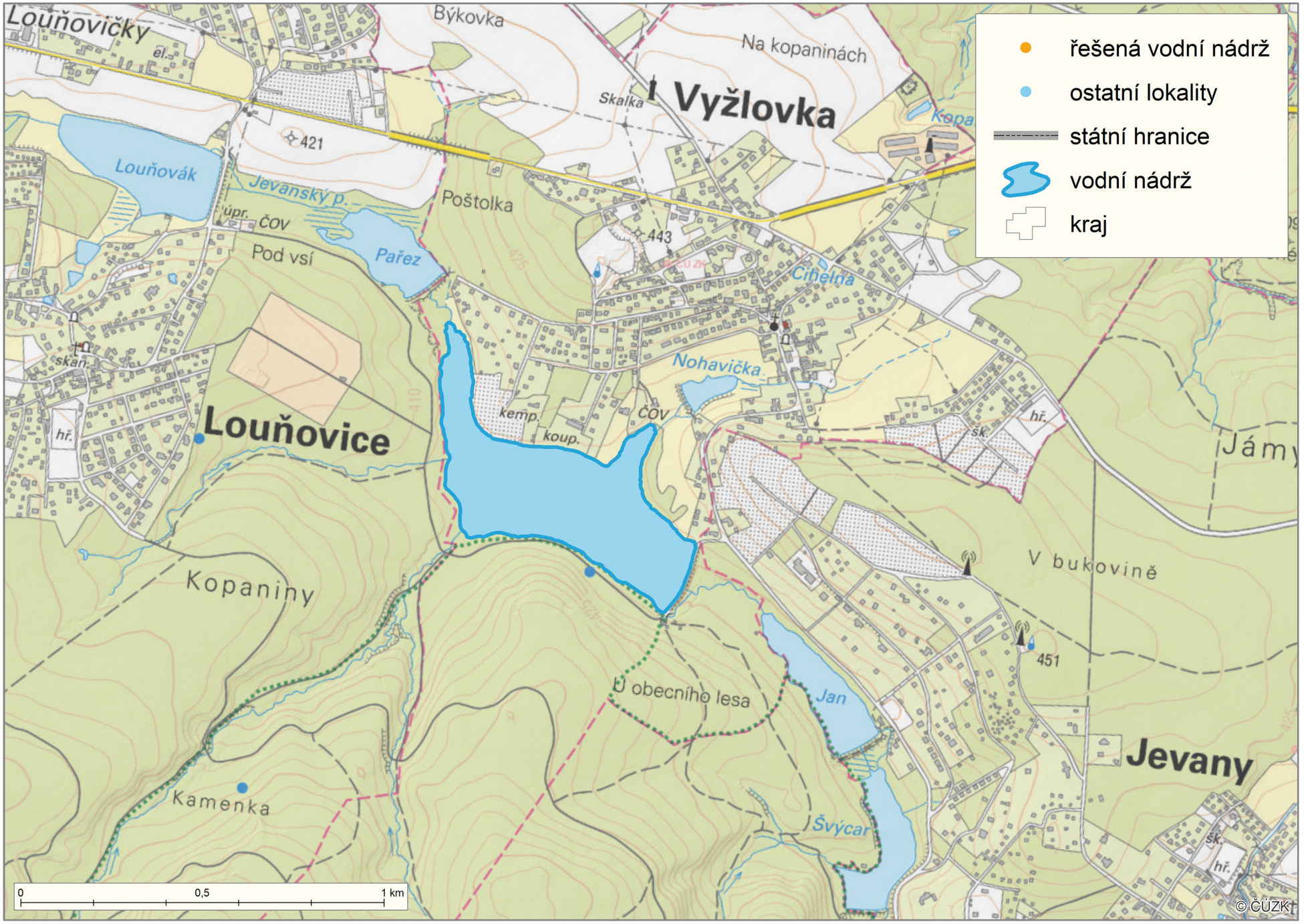
Kvalita vody v nádrži bývá přinejmenším v některých koupacích sezónách významně ovlivněna rozvojem fytoplanktonu (včetně výskytu sinic), který ve sledovaném období (v letech 2018 až 2020) vyústil k vydání zákazu koupání (srpen). V roce 2019 byla kvalita vody výrazně lepší (hodnocení pouze stupněm 2). To je dobře pozorovatelné i na výsledcích dat z DPZ především u hodnot chlorofylu-*a*. Při hodnocení výskytu sinic, který byl z pozemního sledování také evidentní, jsou výsledky zejména v roce 2019 výrazně nadhodnocené.

VYŽLOVSKÝ RYBNÍK

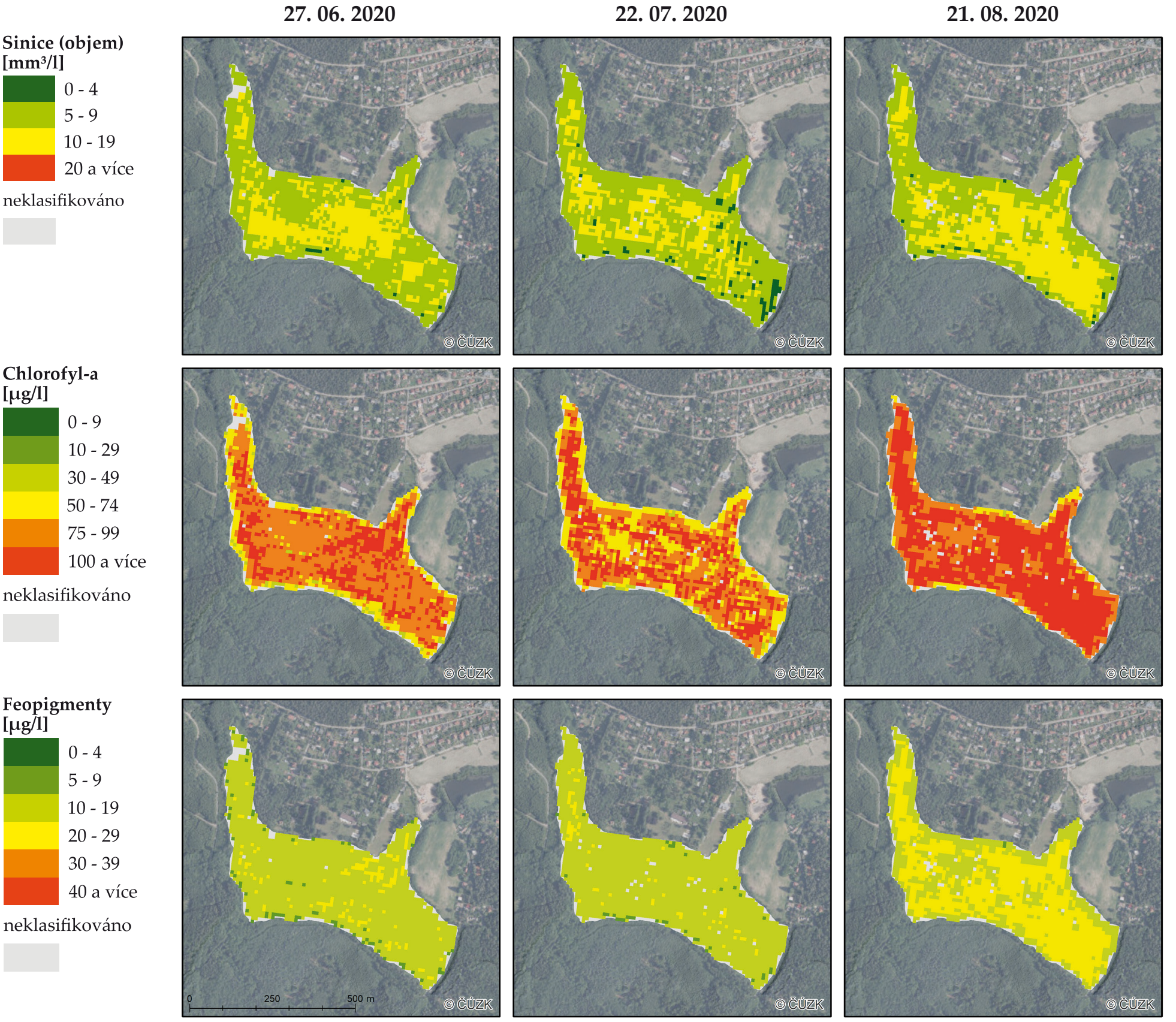


Vodní tok: Jevanský potok
Kraj: Středočeský

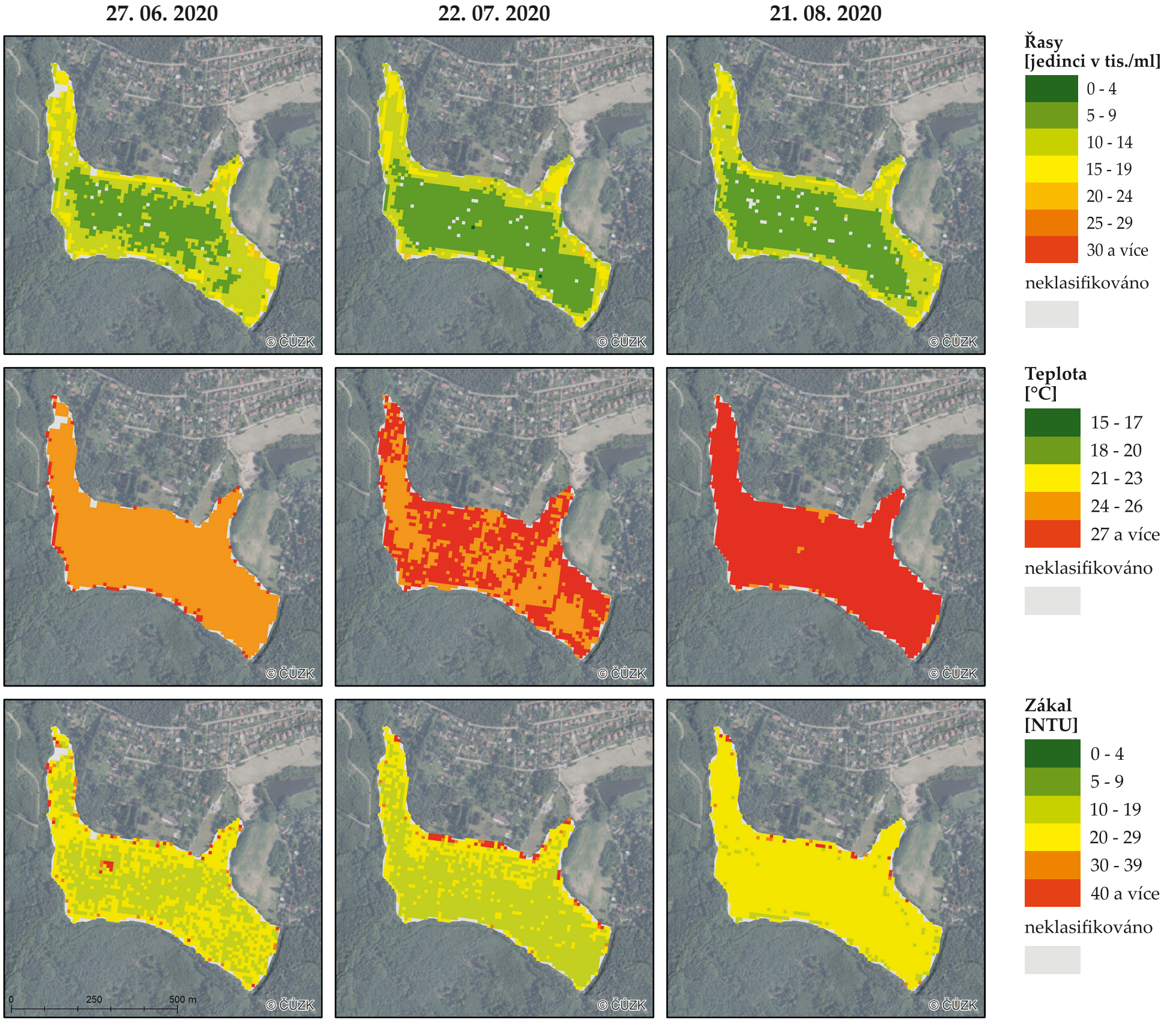
Jedná se o jednu z několika nádrží na Jevanském potoce o rozloze 22,5 ha ležící na jižním okraji obce Vyžlovka. Přírodní koupaliště s placeným vstupem je situováno na levém (severním) břehu. Jeho součástí je hygienické zázemí (včetně sprch a převlékáren), občerstvení, sportoviště (kurt na plážový volejbal), travnatá pláž a více než 30 m dlouhé molo. Rybník je primárně určen k chovu ryb (Školní lesní podnik České zemědělské univerzity v Kostelci nad Černými lesy) [53]. Na jižní straně rybník přiléhá k národní přírodní rezervaci Voděradské bučiny.



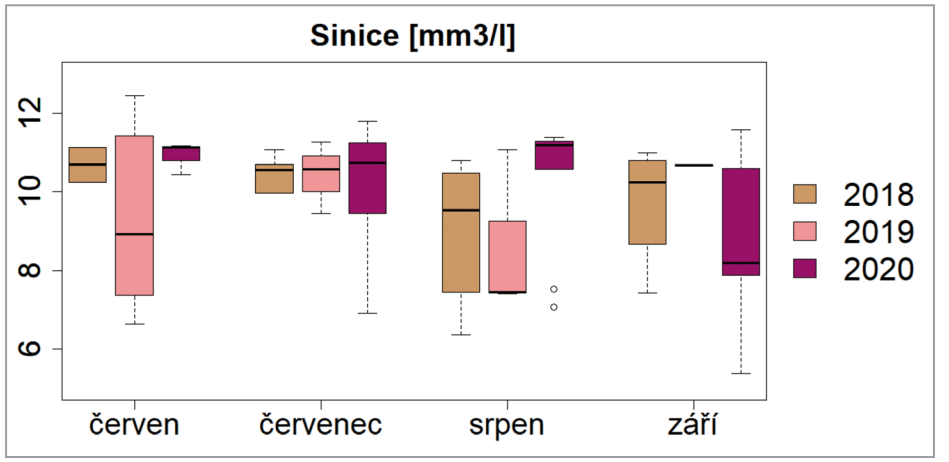
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

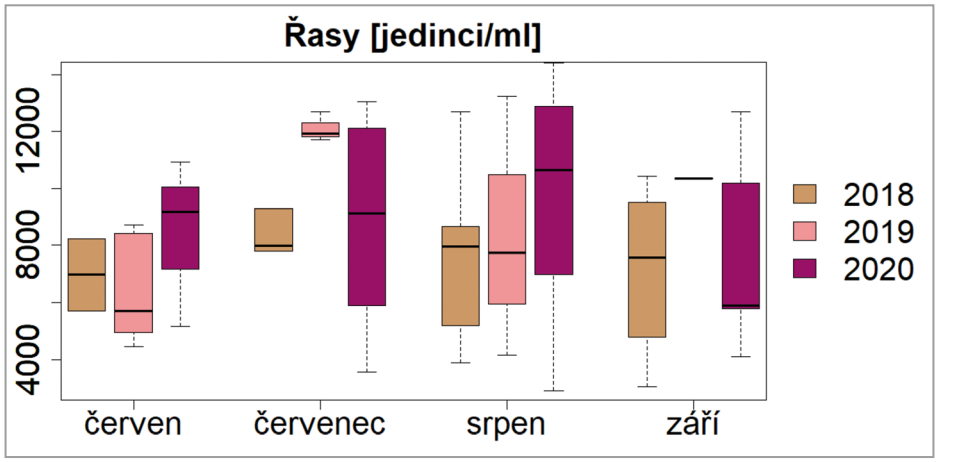


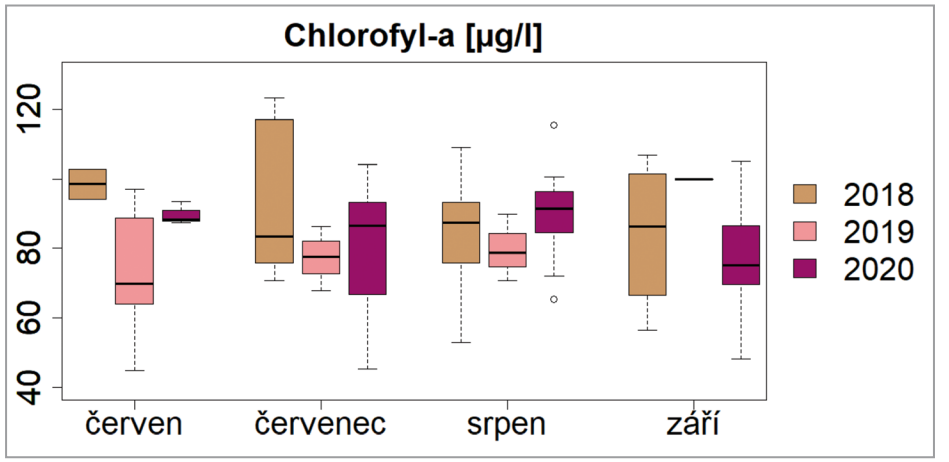
Predikované hodnoty ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod

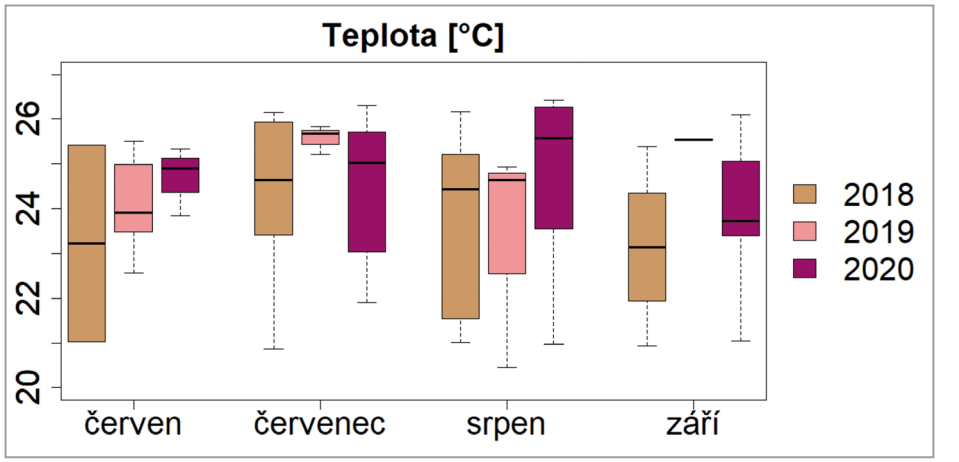


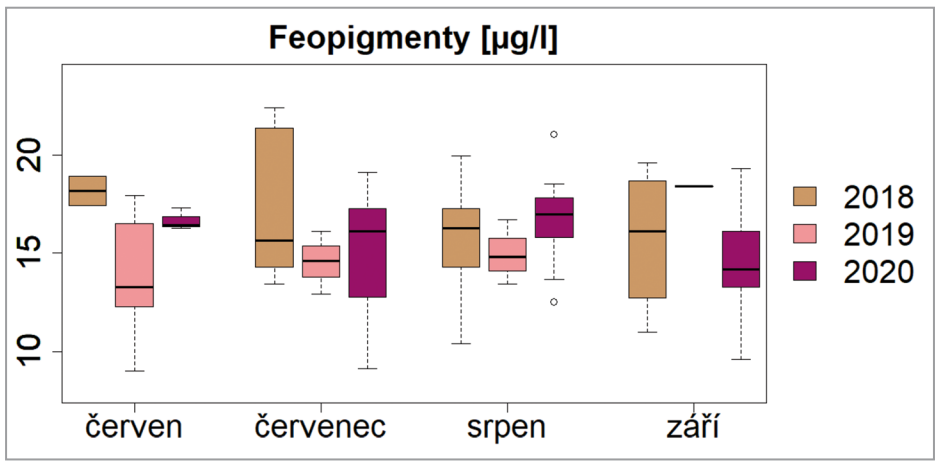
Vývoj ukazatelů stavu a jakosti koupacích vod v letech 2018 - 2020

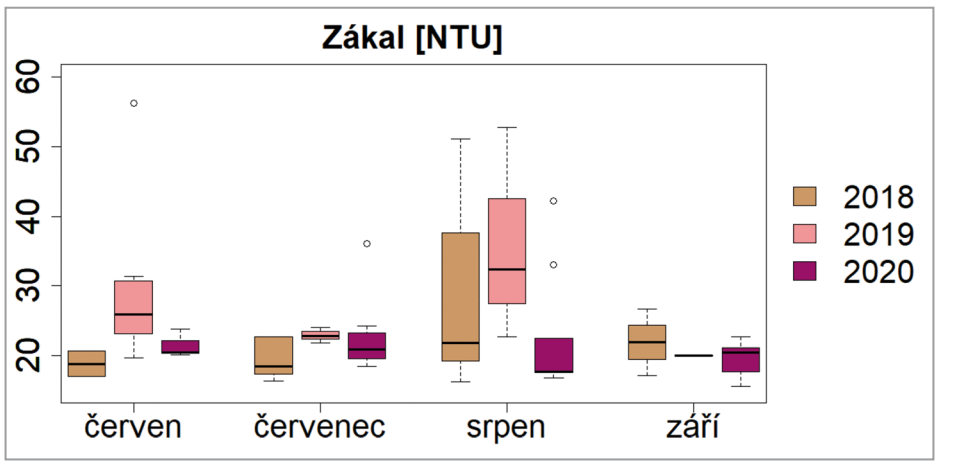












Shrnutí:

Podle výsledků měření z terénních šetření uskutečněných v rámci projektu i výsledků pravidelných kontrol, které provádí provozovatel koupaliště, se jedná o nádrž s velmi vysokými koncentracemi chlorofylu-*a*, které obvykle převyšují 100 µg/l a v ojedinělých případech i 200 µg/l. I když výsledky získané pomocí dat z DPZ jsou taktéž vysoké, těchto hodnot nedosahují. Nejvyšší střední hodnota za celé sledované období činila necelých 120 µg/l. Sinice se podle výsledků laboratorních rozborů vyskytují především ke konci koupací sezóny. Ve výsledcích dat z DPZ jsou tak po větší část koupací sezóny nadhodnoceny.

SEZNAM ZKRATEK

CART ..... *Classification And Regression Tree*
ČUZK ..... Český úřad zeměměřický a katastrální
DPZ ..... Dálkový průzkum Země
GIS ..... Geografický informační systém
CHKO ..... Chráněná krajinná oblast
KHS ..... Krajská hygienická stanice
KML ..... *Keyhole Markup Language*
ML ..... Modelové lokality
MSE ..... *Mean squared error*
MZd ..... Ministerstvo zdravotnictví České republiky
MZe ..... Ministerstvo zemědělství České republiky
MŽP ..... Ministerstvo životního prostředí České republiky
NTU ..... *Nephelometric Turbidity Units*
OM ..... Odběrové místo
PLSR ..... *Partial Least Squared Regression*
RF ..... *Random Forests*
RMSE ..... *Root-mean-square error*
SMAPE ..... *Symmetric mean absolute percentage error*
SZÚ ..... Státní zdravotní ústav
SW ..... Software
VÚV ..... Výzkumný ústav vodohospodářský
WHO ..... *World Health Organization*
ZABAGED ..... Základní báze geografických dat

SEZNAM ONLINE ZDROJŮ

[1] Bezdrev – Wikipedie. https://cs.wikipedia.org/wiki/Bezdrev (accessed Jan 22, 2021).

[2] Mapy.cz. https://mapy.cz/turisticka?x=14.4035464&y=49.0313476&z=17&source=firm&id=12713705 (accessed Jan 22, 2021).

[3] České údolí – brožura Povodí Vltavy s.p. http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/ceske-udoli.pdf (accessed Jan 20, 2021).

[4] EISENMANNOVÁ D., LUDVÍK M. Koupání v ČSR A-Z na cesty. Olympia Praha, 1988, 213 str.

[5] Multifunkční areál ŠKODALAND. http://www.skodaland.eu/ (accessed Jan 15, 2021).

[6] Naturista.cz – Borská přehrada. http://naturista.cz/drupal/?q=lokality/borska_prehrada_plzen (accessed Jan 22, 2021).

[7] Informační portál Třeboňsko – rybník Hejtman. https://www.trebonsko.cz/rybnik-hejtman (accessed Jan 20, 2021).

[8] Pražská příroda. http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-plochy-dle-katastru/hostivar/vd-hostivar/ (accessed Jan 19, 2021).

[9] Areál - Hostivařská přehrada. https://www.hostivarskaprehrada.cz/areal/ (accessed Jan 19, 2021).

[10] Kudy z nudy - Zatopený lom Hradišťský vrch u Konstantinových Lázní. https://www.kudyznudy.cz/aktivity/okrouhlak-lom-u-konstantinovych-lazni (accessed Jan 20, 2021).

[11] Facebook - Lom Hradišťský Vrch. https://www.facebook.com/Lom-Hradi%C5%A1%C5%A5sk%C3%BD-Vrch-197962610254426/ (accessed Jan 18, 2021).

[12] Město Tábor - oficiální webové stránky: Jordán. https://www.taborcz.eu/jordan/ds-1987/archiv=0 (accessed Jan 18, 2021).

[13] Naturista.cz – Jordán. http://naturista.cz/drupal/lokality/tabor_jordan (accessed Jan 18, 2021).

[14] Náš region - jih. https://nasregion.cz/jih/legendarni-plovarna-jurecek-za-prvni-republiky-luxus-hodny-filmovych-hvezd-vrati-se-do-puvodni-podoby/ (accessed Jan 22, 2021).

[15] Jihočeské rybníky - Komorník. https://www.kct-tabor.cz/gymta/JihoceskeRybniky/Komornik/index.htm (accessed Jan 20, 2021).

[16] Autokemp Komorník - Tomáš Holec. https://www.autokempkomornik.cz/ (accessed Jan 20, 2021).

[17] Povodí Moravy - VD Luhačovice. http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodni-dila/luhacovice/ (accessed Jan 19, 2021).

[18] Machovo jezero - Wikipedie. https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1chovo_jezero (accessed Jan 19, 2021).

[19] OPS Máchovo jezero. http://opsmachovojezero.cz/ (accessed Jan 19, 2021).

[20] Informační tabule na lokalitě Marvánek

[21] Info Říčany. https://info.ricany.cz/mesto/oprava-rybnika-marvanek-se-blizi-do-finale-v-zari-nebo-rijnu-ho-ceka-napusteni (accessed Jan 22, 2021).

[22] Info Říčany. https://info.ricany.cz/mesto/revitalizace-okoli-prirodni-nadrze-marvanek (accessed Jan 22, 2021).

[23] Olomoucký deník. https://olomoucky.denik.cz/zpravy_region/hanacke-more-naklo-koupani-tezba-rypadlo.html (accessed Jan 21, 2021).

[24] Vodní nádrž Nechranice - Wikipedie. https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_n%C3%A1dr%C5%BE_Nechranice (accessed Jan 21, 2021).
[25] Krajská hygienická stanice Ústeckého kraje - Nechranická přehrada - kemp U Hráze. http://www.khsusti.cz/php/koupani/kv.php?k=10 (accessed Jan 20, 2021).
[26] České hory - koupaliště Olšovec. https://www.ceskehory.cz/koupaliste/olsovec.html (accessed Jan 20, 2021).
[27] Kudy z nudy - Přehrada Orlík neboli Orlík. https://www.kudyznudy.cz/aktivity/krasy-orlicke-prehrady (accessed Jan 20, 2021).
[28] Povodí Labe - Seznamte se: Přehrada Pastviny. http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/dokumenty/seznamte-se--prehrada-pastviny_12825.html (accessed Jan 20, 2021).
[29] Vodní nádrž Pilská - Wikipedie. https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_n%C3%A1dr%C5%BE_Pilsk%C3%A1 (accessed Jan 18, 2021).
[30] SPORTIS. https://www.sportispo.cz/page.aspx?IDTema=4 (accessed Jan 18, 2021).
[31] Wake sport park Česká Lípa. https://www.wakesport.cz/ (accessed Jan 22, 2021).
[32] O areálu - Bakovsko. https://www.bakovsko.eu/cs/vcas/volnocasovy-areal-a-kemp/o-arealu.html (accessed Jan 18, 2021).
[33] Vodní nádrž Plumlov - Wikipedie. https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_n%C3%A1dr%C5%BE_Plumlov (accessed Jan 22, 2021).
[34] Velký Počernický rybník - oficiální web městské části Praha - Dolní Počernice. https://praha-dolnipocernice.cz/velky-pocernicky-rybnik (accessed Jan 21, 2021).
[35] Pražská příroda - Počernický rybník. http://www.praha-priroda.cz/priloha/51f96120c65b6/05pocernice-5304a-389f0a92.pdf (accessed Jan 21, 2021).
[36] Rekreační potenciál vody v Praze - VÚV TGM, v.v.i. https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/polrus-tu2rekreace/default.asp?lang=&tab=4&tab2=4&wmap=¨ (accessed Jan 20, 2021).
[37] Krajská hygienická stanice Středočeského kraje - Proboštská jezera. http://khsstc.cz/koupaliste.aspx?id=196®=8 (accessed Jan 21, 2021).
[38] Přírodní koupaliště Proboštská jezera. http://www.probostskajezera.com/ (accessed Jan 21, 2021).
[39] Povodí Labe - Seznamte se: Přehrada Rozkoš. http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/dokumenty/seznamte-se--prehrada-rozkos_12845.html (accessed Jan 20, 2021).
[40] Přírodní zajímavosti - oficiální stránky města Sadská. https://www.mesto-sadska.cz/volny-cas/prirodni-zajimavosti/ (accessed Jan 19, 2021).
[41] Naturista.cz – Sadská. http://naturista.cz/drupal/?q=sadska-naturisti (accessed Jan 19, 2021).
[42] Vodní nádrž Seč - Wikipedie. https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_n%C3%A1dr%C5%BE_Se%C4%8D (accessed Jan 19, 2021).
[43] Vodní dílo Skalka: Povodí Ohře. https://www.poh.cz/vodni-dilo-skalka/d-2615 (accessed Jan 22, 2021).
[44] VD Slapy – brožura Povodí Vltavy s.p.. https://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/slapy.pdf (accessed Jan 21, 2021).

[45] Informační portál Třeboňsko – Staňkovský rybník. https://www.trebonsko.cz/stankovsky-rybnik (accessed Jan 20, 2021).
[46] Informační portál Třeboňsko – Svět. https://www.trebonsko.cz/rybnik-svet (accessed Jan 20, 2021).
[47] Strana zelených Třeboň: Monitoring sinic v rybníku Svět byl novou radnicí zastaven. http://trebon.zeleni.cz/monitoring-sinic-v-rybniku-svet-byl-novou-radnici-zastaven/ (accessed Jan 20, 2021).
[48] Město Třeboň: Zprava z projektu „Rybník Svět“ za rok 2006 - 2016. https://www.mesto-trebon.cz/uploads/_mestsky-urad/zprostredi/ostatni/SVET%20Zprava%202016_6.pdf (accessed Jan 20, 2021).
[49] Vajgar - Jihočeské rybníky. https://www.kct-tabor.cz/gymta/JihoceskeRybniky/Vajgar/index.htm (accessed Jan 20, 2021).
[50] Plovárna Vajgar Jindřichův Hradec. https://www.jh.cz/dr-cs/45-plovarna-vajgar-jindrichuv-hradec.html (accessed Jan 20, 2021).
[51] Velké Dářko - Wikipedie. https://cs.wikipedia.org/wiki/Velk%C3%A9_D%C3%A1%C5%99ko (accessed Jan 18, 2021).
[52] Krajská hygienická stanice Ústeckého kraje - Chabařovice. http://www.khsusti.cz/php/koupani/kv.php?k=15 (accessed Jan 19, 2021).
[53] Vyžlovský rybník - obec Vyžlovka. https://vyzlovka.cz/2017/03/20/vyzlovsky-rybnik/ (accessed Jan 19, 2021).

Tento soubor tematických map je v současné době jednou z mála popularizačně – naučných publikací určených odborné i široké laické veřejnosti, které by moderní a zároveň přehlednou formou poskytovaly informace o stavu a kvalitě vody na koupacích místech v České republice, získaných pomocí využití satelitních dat.

Své uplatnění nalézá především v prezentaci výsledků činností projektu TJ02000091: Využití metod dálkového průzkumu Země pro monitoring stavu a kvality koupacích míst v České republice, kdy jsou demonstrovány aplikace nekonvenčních metod dálkového průzkumu Země pro monitoring konkrétních lokalit. Rovněž slouží jako doplněk k provozované webové mapové aplikaci Ukazatele stavu a kvality vybraných koupacích vod České republiky.

Atlas je rozdělen na dvě části, a to textovou a grafickou. V textové části je nastíněna problematika monitoringu stavu koupacích vod v souvislosti s legislativou, metodickými postupy a hodnocenými ukazateli. Dále je zde věnován prostor dálkovému průzkumu Země, včetně jeho základních principů, a v neposlední řadě také popisu jednotlivých dílčích činností, které vedly k naplnění hlavního cíle projektu, včetně odůvodnění využití uvedených postupů a jejich vyhodnocení.