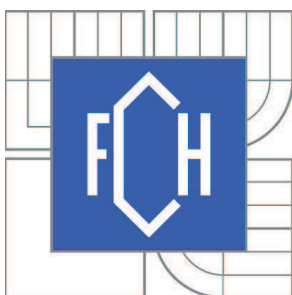


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ PAVILONU PLAZŮ V ZOO BRNO

WATER UTILIZATION IN ZOO BRNO

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

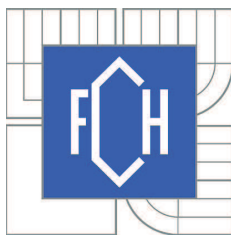
Bc. HANA JANČUROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF KOTLÍK, CSc.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce:	FCH-DIP0479/2010	Akademický rok: 2010/2011
Ústav:	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka):	Bc. Hana Jančurová	
Studijní program:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (N2805)	
Studijní obor:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805T002)	
Vedoucí práce	Ing. Josef Kotlík, CSc.	
Konzultanti:		

Název diplomové práce:

Vodní hospodářství pavilonu plazů v ZOO Brno

Zadání diplomové práce:

Provést analýzu vodního hospodářství pavilonu plazů v ZOO Brno. Navrhnout modelové řešení pro gravitační filtraci. Zpracovat projekt a provést poloprovozní zkoušky účinnosti systému.

Termín odevzdání diplomové práce: 13.5.2011

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

Bc. Hana Jančurová
Student(ka)

Ing. Josef Kotlík, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.10.2010

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Předmětem práce je provést analýzu vodního hospodářství pavilonu plazů v Zoo Brno, s důrazem na udržitelnost životního prostředí místní fauny a flóry. Jsou navržena konkrétní technická a technologická řešení pro snížení ekonomické a energetické náročnosti pavilonu. Při návrhu je nutné respektovat primárně potřeby zvířat, ale zároveň i vysokou estetickou a naučnou funkci pavilonu.

Klíčová slova: analýza, voda, zoo, studie

ABSTRACT

The subject of this thesis is make analysis water system in the pavilion of reptiles in the Zoo Brno, with an emphasis on environmental sustainability, local fauna and flora. It is propose specific technical and technological resolutions to reduce the economic and energy performance of the pavilion. The design is primarily needed to respect the needs of the animals, but also high aesthetic and educational function of the pavilion.

Key words: analysis, water, zoo, study

JANČUROVÁ, H. Vodní hospodářství pavilonu plazů v ZOO Brno. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 75 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Kotlík, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT v Brně.

.....

podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji provoznímu zoologovi panu Jiřímu Vítkovi za umožnění pracovat na zajímavé diplomové práci a panu Michalu Balcarovi za zajímavé informace o zvířatech žijících v Tropicckém království. Rovněž děkuji vodohospodáři panu Ing. Josefu Kunderovi, CSc., za odborné informace týkající se vodního hospodářství Zoo Brno a vedoucímu diplomové práce panu Ing. Josefu Kotlíkovi, CSc., za poskytnuté informace a vstřícné vedení.

OBSAH

1. ÚVODNÍ INFORMACE O ZOO BRNO.....	9
2. SOUČASNÝ STAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ	11
2.1. Voda v Zoologické zahradě Brno a její využití.....	11
2.1.1. Voda a její funkce.....	11
2.1.2. Zdroje pitné vody	11
2.1.3. Zdroj užitkové vody	12
2.1.4. Využití užitkové vody	12
2.2. Vodní hospodářství	12
2.2.1. Kníničský vodovod.....	13
2.2.2. Pisárecký vodovod	13
2.2.3. Provozní vodovod.....	14
2.2.3.1. Historie využití	14
2.2.3.2. Přivaděč DN 600 mm z přehrady Brno.....	14
2.2.3.3. Současné využití	15
2.2.4. Požární vodovod.....	16
2.2.4.1. Odběrná místa	16
2.2.5. Ostatní zdroje vody	17
3. JAKOST VODY	18
3.1. Jakost pitné vody.....	18
3.2. Jakost užitkové vody	18
4. SPOTŘEBA A POTŘEBA VODY	18
4.1. Spotřeba pitné vody	18
4.2. Spotřeba užitkové vody.....	20
4.3. Potřeba vody pro plnění bazénů	21
4.4. Otevřené vodní plochy	22
4.5. Ztráty vody	22
4.6. Budování nových rozvodů užitkové vody.....	23
5. VODNÍ PRVKY ZOO BRNO.....	24
5.1. Poloautomaticky provozované uzavřené vodní systémy	24
5.1.1. Vodní systém expozice tygrů sumaterských a levhartů cejlonských.....	24

5.1.1.1.	Problémy s udržením čistoty.....	25
5.1.2.	Vodní systém vlků arktických a bobrů kanadských	26
5.1.2.1.	Problémy s kvalitou vody	26
5.1.3.	Vodní systém expozice Beringia	27
5.1.3.1.	Charakteristika Beringie	27
5.1.3.2.	Vodní systémy v expozičním souboru Beringia	29
6.	PROVOZNÍ PROBLÉMY SE ZÁSOBOVÁNÍM PITNOU VODOU	31
6.1.	Problémy s plynulostí dodávky pitné vody v druhém tlakovém pásmu	31
6.2.	Problémy se zásobováním pitnou vodou v prvním tlakovém pásmu.....	31
6.3.	Měření vody	31
6.4.	Údržba vodohospodářských zařízení.....	32
7.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	33
7.1.	Tropické království.....	33
7.1.1.	Historie vzniku	33
7.1.2.	Aktuální podoba	33
7.1.3.	Zvířata v Tropickém království.....	34
7.2.	Živočichové žijící v akvaterarijních expozicích Tropického království	35
7.2.1.	Živočichové žijící ve velkém akvateráriu.....	35
7.2.1.1.	Kajmánek trpasličí (<i>Paleosuchus palpebrosus</i>).....	35
7.2.1.2.	Orlície bornejská (<i>Orlitia borneensis</i>)	36
7.2.1.3.	Piraňa (<i>Colosoma sp.</i>).....	37
7.2.1.4.	Gurama velká (<i>Osphronemus goramy</i>).....	37
7.2.2.	Živočichové žijící v malém akvateráriu	38
7.2.2.1.	Dracéna guayanská (<i>Dracaena guianensis</i>).....	39
7.2.2.2.	Vrubozubec paví (<i>Astronotus ocellatus</i>).....	39
7.2.2.3.	Krunýřovec velkoploutvý (<i>Pterygoplichthys gibbiceps</i>).....	40
7.2.2.4.	Akara modrá (<i>Aequidens pulcher</i>)	41
7.3.	Monitorování stavu vody v akvateráriích Tropického království	42
7.3.1.	Jednotlivé metody stanovení	42
7.3.1.1.	Stanovení pH	42
7.3.1.2.	Stanovení vodivosti.....	42
7.3.1.3.	Stanovení alkality	43
7.3.1.4.	Stanovení CHSK _{Mn}	43
7.3.1.5.	Stanovení amonných iontů spektrofotometricky	44
7.3.1.6.	Stanovení dusitanů spektrofotometricky	44
7.3.1.7.	Stanovení dusičnanů spektrofotometricky s kyselinou sulfosalicylovou	44
7.3.2.	Cirkulace vody v Tropickém království	44
7.3.2.1.	Gravitační filtrace na polyurethanovém filtru.....	45

7.3.2.2.	Parametry nádrží.....	45
7.3.2.3.	Popis průběhu měření	46
7.3.2.4.	Charakteristika čerpadla Grundfos UPS 25-40.....	46
7.3.3.	Naměřená data.....	48
7.3.4.	Rizikovitost jednotlivých ukazatelů	52
7.3.4.1.	Odhad obsahu volného amoniaku v analyzovaných vzorcích vody.....	54
8.	DISKUSE	56
8.1.	Návrhy pro řešení problematiky vodního hospodářství.....	56
8.1.1.	Vybudování nové zesilovací čerpací stanice	56
8.1.2.	Modernizace vodních prvků v expozicích.....	56
8.1.3.	Vybudování nových rozvodů užitkové vody.....	56
8.2.	Návrhy na řešení problematiky nakládání s vodou v pavilonu plazů.....	57
8.2.1.	Výsledky stavu vody	57
8.2.1.1.	Stav pitné vody	57
8.2.1.2.	Stav vody v akvateráriích v roce 2009.....	57
8.2.1.3.	Stav vody v akvateráriích před instalací čerpadla.....	57
8.2.1.4.	Stav vody v akvateráriích po instalaci čerpadla.....	58
8.2.2.	Návrh na úsporu energie.....	60
9.	ZÁVĚR.....	61
10.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	62
11.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	67
12.	SEZNAM PŘÍLOH.....	68
13.	PŘÍLOHY	69

1. ÚVODNÍ INFORMACE O ZOO BRNO

Zoologická zahrada města Brna, která patří mezi významné zoologické zahrady České republiky, byla založena v roce 1950 a veřejnosti poprvé otevřela své brány 30. srpna 1953. Je příspěvkovou organizací statutárního města Brna. Nachází se v atraktivním areálu Mniší hory v Brně-Bystřci, kde zaujímá plochu větší než 65,5 ha. Součástí Brněnské zoologické zahrady je i Stálá akvarijní výstava, umístěná na Radnické ulici v historickém centru Brna. Otevřena byla v roce 1969 a svým návštěvníkům představuje sladkovodní i mořské živočichy [1, 2, 3].



Obrázek č. 1: Orel kamčatský

Zoologická zahrada Brno je členem významných mezinárodních odborných seskupení, jako jsou Unie českých a slovenských zoologických zahrad (UCSZ), Evropská asociace zoologických zahrad a akvárií (EAZA), Euroasijská asociace zoologických zahrad a akvárií (EARAZA), Světová asociace zoologických zahrad a akvárií (WAZA), Mezinárodní asociace vzdělávacích pracovníků zoologických zahrad (IZE) a další [1].

V zoologické zahradě je umístěno také Záchytné centrum CITES, do kterého jsou v případě potřeby umísťováni, a poté v něm ošetřováni živočichové zabavení zejména při nelegálních mezinárodních obchodech se zvířaty. V zahradě taktéž působí Záchraná stanice pro handicapované živočichy, umožňující ošetření poraněných nebo jinak handicapovaných zvířat z Jihomoravského regionu [1].

Díky své vysoké odborné úrovni a chovatelským úspěchům může zoologická zahrada spolupracovat na realizaci prestižních Záchovných programů celosvětově nejohroženějších

druhů zvířat. Zoo se podílí mimo jiné i na ochraně ohrožených druhů fauny České republiky a spolupracuje s odbornými vědeckými pracovišti a institucemi [1].

Významnou část svých aktivit směřuje zoologická zahrada do ekologického vzdělávání – její pracovníci přijímají výukové programy a exkurze pro školy a další zájemce, zajišťují provoz Dětské zoo, přizpůsobené potřebám a možnostem zejména nejmenších návštěvníků [1].

Zoo připravuje propagační materiály a tiskoviny, provozuje vlastní webové stránky, vydává informační čtvrtletník ZOO report, pořádá různé akce pro veřejnost a účastní se vybraných veletrhů cestovního ruchu [1].

Zoologická zahrada je přístupná celý rok a návštěvnost se v posledních letech pohybuje kolem 230 000 osob za rok [1].

V zahradě je chováno 785 zvířat – z toho 78 druhů savců, 76 druhů ptáků, 48 druhů plazů, 3 druhy obojživelníků a 5 druhů ryb [1].



Obrázek č. 2: Psoun prériový

2. SOUČASNÝ STAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

2.1. Voda v Zoologické zahradě Brno a její využití

2.1.1. Voda a její funkce

Voda je základní podmínkou pro život a v životním prostředí plní mnoho funkcí. Významné jsou tyto funkce: biologická, zdravotní, krajinná, kulturní, estetická, politická, sportovní a rekreační. Využití vody v Zoologické zahradě Brno je mnohostranné. Je zdrojem pitné vody, tzn., že se jedná o vodu zdravotně nezávadnou, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo zdravotní potíže přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým nebo pozdním způsobem zdraví spotřebitele. Dále je v zoo používána voda užitková, což je voda hygienicky nezávadná, která není určena k pití ani k vaření. Na tuto vodu jsou z hygienického hlediska kladeny stejné požadavky jako na vodu pitnou, ale některé požadavky na její chemické a fyzikální vlastnosti mohou být méně přísné. Voda je významným hygienickým činitelem, tvoří přirozený biotop pro vodní organismy, ale životně důležitá je i pro ostatní živočichy. Využívá se také jako čistič, rozpustné a hasící medium. Značné množství vody slouží k závlaze zeleně a k očištění techniky i komunikací [4, 5].

2.1.2. Zdroje pitné vody

Využití pitné vody v zoo je dáno především jejími kvalitativními a kvantitativními užitkovými vlastnostmi, ale také funkčností zařízení, která mají dodávku vody umožňovat. Zoologická zahrada používá k zabezpečení svých potřeb vodu pitnou, dodávanou z vodovodu pro veřejnou potřebu provozovatelem Brněnskými vodárnami a kanalizacemi a.s., ze dvou odběrných míst. Prvním odběrným místem je vodovodní přípojka na ulici Ondrova (první vodovod z počátku padesátých let, tzv. Kníničský vodovod) a druhým odběrným místem je přípojka na ulici U Zoologické zahrady z roku 1984 (tzv. Pisárecký vodovod). Zásobování zoologické zahrady pitnou vodou ze dvou na sobě nezávislých míst, není dosud v plné míře využíváno z důvodu situování rozvodů a situování stávající zesilovací stanice. Názvy Pisárecký a Kníničský vodovod jsou vžity a jsou nadále užívány, i když v současné době nemají opodstatnění. V následujícím textu jsou používány tyto názvy, protože vodovod Kníničský byl původně samostatný obecní vodovod se svým prameništěm a svým vodojemem o objemu 60 m³. V devadesátých letech bylo prameniště vodovodu zrušeno a původní vodojem byl nahrazen vodojemem novým o objemu 400 m³, do kterého je dodávána voda z vodovodu pro veřejnou potřebu. Zdroj vody z ulice U Zoologické zahrady, z něhož je vedena přípojka do zoologické zahrady, obsahoval vodu z úpravy vody v Pisárkách, proto se pro něj užívá název Pisárecký vodovod [4].

2.1.3. Zdroj užitkové vody

Na základě záměru vypracovaného zahradou, byla specializovanou firmou Hydroprojekt vyhotovena studie proveditelnosti stavby nového odběrného objektu užitkové vody s čerpací stanicí [6].

V červnu 2006 Rada města Brna schválila zoologické zahradě technicko-ekonomické zadání projektu pro využití podzemní vody [7].

Hloubení vrtů začalo v září roku 2008 a jejich zkolaudování proběhlo 30. července 2009. Zoologická zahrada začala kvalitní užitkovou vodu z podzemí využívat ještě před kolaudací v květnu roku 2009. Tato užitková voda je čerpána z vrtu s názvem HV1z, hlubokého 75 m, jenž sahá až do neogenní zvodně na pozemku patřícímu zoo. Nedaleko tohoto vrtu v městském areálu se nachází záložní vrt označovaný HV2z o hloubce 14 m, který leží v kvartérních sedimentech řeky Svratky. Ten by měl být využíván pouze při poruše nebo údržbě hlavního vrtu. Tato užitková voda přináší zoologické zahradě finanční úspory a její přínos v budoucnu ještě vzroste [7, 8, 9].

Před tím, než byly vybudovány nové zdroje užitkové vody, byla užitková voda odebírána z Brněnské přehrady a dopravována do zoo vlastním provozním vodovodem. Voda z přehrady však vykazovala dlouhodobě nevyhovující vlastnosti z důvodu výskytu sinic [4].

2.1.4. Využití užitkové vody

Užitková voda z vrtů se v zoo využívá v omezeném rozsahu k plnění některých vodních prvků, k závlahovým účelům, ke klopení komunikací a očištění technického zařízení. Důvodem malého využití užitkové vody je havarijní stav rozvodů vodovodu pro užitkovou vodu. Roční odběr užitkové vody je prozatím okolo 2 000 m³ [4].

2.2. Vodní hospodářství

Vodní hospodářství v zoologické zahradě představují základní vodní díla, vodovody (pro zásobování pitnou a užitkovou vodou) a kanalizace (pro odvádění dešťových a splaškových vod). Jmenovitě jde o Kníničský vodovod (první vodovod z počátku 50. let minulého století), provozní vodovod (1971-1975), Pisárecký vodovod (přípojka z roku 1984), kanalizace dešťová a splašková z první poloviny 70. let minulého století a kanalizace dešťová z let 1994 - 95. K vodním dílům patří také odlučovač tuků pod restaurací U Tygra a vodní díla areálu bývalého VUT na ulici Rekreační č. 1 v Brně-Kníničkách (vnitřní vodovod, podzemní vrt, odpadní kanál z areálu do řeky Svratky, kanalizace s jímkami na vyvážení a přivaděč DN 600 mm z přehrady Brno). Přivaděč DN 600 mm byl na základě kupní smlouvy zakoupen Statutárním městem Brnem a v roce 2003 svěřen s právem hospodaření Zoologické zahradě města Brna. Uvedená vodní díla jsou z poloviny 60. let minulého století [4].

Mapa rozvodů pitné a užitkové vody viz příloha č. 1.

2.2.1. Kníničský vodovod

První vodovod zoologické zahrady byl vybudován na počátku padesátých let s napojením na vodovodní řad v ulici Ondrova. Dokumentace se nedochovala. Existuje pouze zaměření skutečného stavu od Regionu Brno, z roku 2001. Tato dokumentace však neodpovídá skutečnému provedení a je uložena na technickém oddělení zoo. Vodovod je zhotoven z ocelových a litinových trub (DN 80 – 150 mm) o celkové délce asi 3 275 m [4].

Hlavní řad od vodoměrné šachty je veden kolem expozice ledních medvědů východním směrem, naproti spádu až ke křižovatce komunikací od výběhu vlka arktického, kde je rozdělovací šachta. Z této šachty odbočuje větev směrem jižním až na konec pavilonů opic, kde je umístěna tzv. spojná šachta (propojení Kníničského a Pisáreckého vodovodu) ve svahu nad restaurací U Tygra. Nad expozicí Beringia je odbočka a z ní je zásobován stánek, výtokový stojan, veřejné WC a jezírka ve výběhu tygra a levharta. Druhá odbočka je nad dolním jezírkem vlka arktického, z ní je zásobován vodní systém expozice bobra kanadského a pod komunikací bazény lachtanů, lišek polárních a veterinární ambulatorium. Z rozdělovací šachty pokračuje vodovod proti spádnicí až do čerpací zesilovací stanice a dále až k vyhlídce na safari a pokračuje východním směrem ke skleníku. Z řadu odbočuje větev k seníku, k výběhu bizonů, k dětskému hřišti a k expozici kopytníků. Z čerpací stanice je vedena větev k tropickému pavilonu a k občerstvení. Z této větve jsou odbočky pro veřejné WC, pavilon exotického ptactva a k expozici tapírů [4, 9].

Vodovodní větev nad expozicí vlků arktických byla v souvislosti s výstavbou expozice přeložena nad komunikaci v roce 2003 [4].

Hlavní uzávěr vody je ve vodoměrné šachtě, která je umístěna na severozápadním okraji zoologické zahrady, poblíž stávající čerpací stanice užitkové vody [4].

Tímto vodovodem je dodáváno do zoologické zahrady průměrně 32 600 m³ pitné vody ročně, což činí asi 95 % celkové spotřeby pitné vody [4, 9].

2.2.2. Pisárecký vodovod

Pisárecký vodovod je vlastně vodovodní řad od místa připojení na vodovod pro veřejnou potřebu na ulici U Zoologické zahrady, až po tzv. spojnou šachtu, která je umístěna ve svahu nad restaurací U Tygra. Nová přípojka byla vybudována v roce 1984 v délce 87 m (DN 100 mm). Ve spojně šachtě jsou propojeny oba vodovody - Kníničský i Pisárecký. Pisárecký řad je trvale šoupátkem uzavřen z důvodů různých tlakových poměrů vodovodů. Do budoucna se počítá s úpravou a s osazením regulačního ventilu. V případě poruchy na Kníničském vodovodu je možné zásobovat první tlakové pásmo (tzn. objekty umístěné výškově do 275 m n. m.) z tohoto Pisáreckého vodovodu manipulací šoupátkem ve spojovací šachtě [4].

Vodovodní řad je veden v krajnici komunikace – po pravé straně komunikace ve směru příjezdu do zoologické zahrady a v horním úseku komunikace. Na řadu jsou umístěny dva podzemní hydranty (naproti dílen a restaurace U Tygra), vodoměrná šachta s hlavním uzávěrem (naproti vrátnice) a dvě přípojkové šachty. První je umístěna v kraji parkoviště,

druhá pod svahem nad restaurací U Tygra. Na vodovod jsou napojeny pouze garáže, dílny, centrální přípravná krmiv, psinec, správní budova a restaurace U Tygra [4].

Tímto vodovodem je dodáváno do zoologické zahrady průměrně 1 800 m³ pitné vody ročně, což je asi 5 % z celkové spotřeby pitné vody z vodovodů [4, 9].

2.2.3. Provozní vodovod

2.2.3.1. Historie využití

Provozní vodovod byl vybudován v letech 1971 - 1975. Hlavním cílem bylo dosažení úspor ve spotřebě pitné vody, využitím užitkové vody a dosáhnout tak co nejvyšší hospodárnosti při provozu. Tento pozitivní záměr nebyl nikdy v plném rozsahu splněn z důvodu nepříznivého vývoje jakosti vody v přehradě Brno. Provozní vodovod byl budován vlastními pracovníky ve velmi náročných terénních podmínkách. Zdrojem užitkové vody byla povrchová voda z přehrady Brno, která byla odebírána přípojkou z přivaděče DN 600 mm, který je veden na ulici Rekreační č. 1. Připojení je podle projektové dokumentace v armaturní šachtě, jež je umístěna u západního areálu zoologické zahrady. Tato šachta nebyla v terénu dohledána a podle pamětníků nebyla ani vybudována. Připojení bylo pravděpodobně provedeno pomocí T-kusu 600/150. Odbočkou z ocelového potrubí DN 150 mm o délce 287 m byla voda přivedena do čerpací stanice, z ní byla pomocí čerpacích agregátů dopravována výtlačným řadem DN 150 mm délky 530 m, do věžového vodojemu o objemu 200 m³. Vodojem je umístěn na Mniší hoře na kótě 309,11 m n. m. Z vodojemu byla užitková voda vedena rozvodnými řady DN 100-150 mm Z, Z₁, Z₂ a Z₃ a dále byla dopravována k jednotlivým objektům. Řad označený Z, je veden od vodojemu k Tropicému království, řad Z₁ od Tropicého království západním směrem až k restauraci U Tygra, řad Z₂ odbočuje z řady Z nad pavilonem exotického ptactva a pokračuje směrem západním až k expozici Beringia a k bazénu lachtanů. Řad Z₃ je veden z vodojemu do vodárny a odtud k jezírku v safari a druhá větev ke skleníku. Celková délka rozvodů je 1 490 m. Pod vodojemem je vybudována nová čerpací zesilovací stanice s měřením vody, a to množství vody dodávaného do vodojemu, množství vody dodávaného jezírku v safari a k výběhu koně Převalského [4].

V současnosti je v provozu pouze řad Z₃ k jezírku v safari a k výběhu koně Převalského [4].

2.2.3.2. Přivaděč DN 600 mm z přehrady Brno

S provozním vodovodem přímo souvisí přivaděč užitkové vody. Byl vybudován Vysokou školou stavitelství v Brně v letech 1954-1956. Je veden z přehrady Brno do areálu školy, později Vědecko-výzkumného ústavu vodního stavitelství a hospodářství, pro zabezpečení vědecko-výzkumných prací, především modelového hydrotechnického výzkumu. Přivaděč byl napojen před elektrárnou pod hrází přehrady na odběrové potrubí surové vody DN 1 000 mm, které mělo sloužit jako vodárenský odběr pro úpravnu vody města Brna. S ohledem na válečné události nebyl tento záměr realizován. Délka přivaděče DN 600 mm

je 580 m. Jímací objekt je umístěn na kótě 214,50 m n. m., asi 250 m před přehradní zdí. Přivaděč byl ovladatelný dvěma šoupátky, umístěnými v tělese hráze a v šachtě před hydrocentrálou. Hlavní uzávěr je v areálu na ulici Rekreční č. 1 [4].

Pomocí tohoto přivaděče byl realizován odběr užitkové vody. Byly odebírány objemy do 6 000 m³ ročně, což nebylo v souladu s ustanovením vodního zákona zpoplatněno [4].

V současné době je přivaděč DN 600 mm nefunkční, protože zoo již odebírá užitkovou vodu z nových vrtů. Povinností zoo je tedy uvést tento přivaděč do neškodného stavu naplněním jeho potrubí směsí cementu a popílku, aby se do budoucna zabránilo poklesu nadloží [4].

2.2.3.3. *Současné využití*

Oba vrty jsou vybaveny ponornými čerpadly, která přivádějí vodu novými výtlačnými řady do stávající čerpací stanice v Kníničkách. Další čerpadla vodu dopravují do věžového vodojemu, který leží na nejvyšším místě v zoo. Voda z vodojemu v současnosti zásobuje jezírko v safari, skleník zoologické zahrady, expozici koně Převalského a bazén v expozici ledních medvědů. Také se využívá ke kropení komunikací, k závlahovým účelům a očiště techniky. Důvodem malého využití užitkové vody je havarijní stav rozvodů tohoto provozního vodovodu. Roční odběr užitkové vody byl prozatím kolem 2000 m³. Vydatnost hlavního vrtu je 7,2 l·s, což odpovídá předpokládané spotřebě užitkové vody v následujících desetiletích [8, 9].

Do budoucna zoo plánuje vybudovat větší vodojem a na něj navazující nové rozvodné vodovodní potrubí [8, 9].



Obrázek č 3: Vodojem pro užitkovou vodu



Obrázek č. 4: Jezírko v expozici safari

2.2.4. Požární vodovod

Samostatný požární vodovod zoologická zahrada nemá. K zabezpečení potřebného množství požární vody slouží jako odběrná místa podzemní hydranty, umístěné na rozvodech pitné vody [4].

2.2.4.1. Odběrná místa

- Podzemní hydrant před hlavním vstupem do zoologické zahrady před rodinným domem č. p. 44,
- Podzemní požární hydrant před dílnami,
- Podzemní požární hydrant na vodovodním řadu v komunikaci před restaurací U Tygra,
- Podzemní požární hydrant ve svahu nad místní komunikací nad vodopádem a nad výběhem vlků arktických,
- Podzemní hydrant na provozním vodovodu u komunikace pod Tropickým královstvím,
- K hasicím účelům lze také využít vodu z bazénů a jezírek [4]:

Tabulka č. 1: Bazény, jejichž voda by mohla být využita k požárním účelům

Objekt	Objem [m ³]
Bazén lachtanů	125
Jezírka bobrů a vlků	260
Jezírko tapírů	50
Bazén lišek polárních	25

2.2.5. Ostatní zdroje vody

Mezi ostatní zdroje vody patří:

- Šachtová studna z betonových skruží DN 1 000 mm hluboká 22,80 m, umístěná pod zahradnictvím zoologické zahrady. V budoucnosti se uvažuje o jejím využití jako doplňkového zdroje vody pro závlahové účely.
- Studna z betonových skruží DN 1 200 mm o hloubce 25 m, ve svahu nad restaurací U Tygra. Podle výsledků čerpací zkoušky jsou přítoky do studny minimální a jedná se o vodu povrchovou a podpovrchovou. Tato voda je však kontaminována biologickým znečištěním, proto se její další využití nepředpokládá.
- Vrt v bývalém areálu VUT na ulici Rekreační č. 1 (součást majetku předaného Statutárním městem Brnem v roce 2003). Vrt byl vybudován kolem roku 1960 a jeho vydatnost se pohybovala kolem 3 l·s⁻¹. Vrt byl využíván při budování nového prameniště v této oblasti, jako pozorovací vrt [4].

3. JAKOST VODY

3.1. Jakost pitné vody

Jakost pitné vody dodávané z vodovodu pro veřejnou potřebu je celoročně v souladu s ukazateli ve vyhlášce 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontrol [4, 10].

Kvalita vody v rozvodné síti vodovodu zoologické zahrady, je sledována odběrem a rozbořením vzorků vod, které jsou analyzovány akreditovanou laboratoří Zdravotního ústavu v Brně. Občasný výskyt bakteriálního znečištění v druhém tlakovém pásmu (akumulační jímka v čerpací stanici) je řešen dezinfekcí, s následným odběrem a analýzou vzorků vody [4].

3.2. Jakost užitkové vody

Kvalita užitkové vody čerpané z vrtu HV1z, která zatím slouží v omezeném rozsahu k napouštění některých vodních prvků, zavlažování a technickým účelům, odpovídá požadavkům na kvalitu pro vodu pitnou dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Kvalita této vody je taktéž sledována akreditovanou laboratoří Zdravotního ústavu v Brně [4, 8, 10].

Jestliže se její kvalita v následujících letech nezhorší, lze uvažovat o tom, že si zoo zřídí také vlastní zdroj pitné vody a stane se v tomto směru nezávislou na dodávce z městského vodovodu [8].

Jakost užitkové vody ze záložního vrtu HV2z odpovídá rovněž požadavkům na pitnou vodu. Je zde však riziko potenciálního průsaku organického znečištění z řeky Svratky, protože se tento vrt nachází v nízké hloubce a neleží v nepropustném podloží [8].

4. SPOTŘEBA A POTŘEBA VODY

4.1. Spotřeba pitné vody

Oba vodovody, které dodávají pitnou vodu do zoologické zahrady, představují roční spotřebu pitné vody asi 32 600 m³ za rok, tzn. asi 90 m³ za den. Z toho vodovod Pisárecký asi 5 % a vodovod Kníničský asi 95 % z celkové spotřeby pitné vody. Druhé tlakové pásmo vykazuje průměrnou roční spotřebu pitné vody asi 5 500 m³ ročně. Zde se jedná o objekty umístěné nad výškovou kótou 280 m n. m. (Tropické království, pavilon exotického ptactva, dětské hřiště, atd.), kam je pitná voda dodávána pomocí zesilovací čerpací stanice [4].

Tabulka č. 2: Přehled spotřeby pitné vody v letech 2002-2010 v m³ za rok [4, 9]

Odběrné místo	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Kníničský – ul. Ondrova	22 673	22 853	25 466	26 689	22 304	28 309	38 365	39 734	50 754
Pisárecký – ul. U Zoo	2 832	3 296	1 881	2 229	1 900	1 157	898	1 061	1 075
Celkem v areálu Zoo	25 505	26 149	27 347	28 918	24 204	29 466	39 263	40 795	51 829
Vrt na ul. Rekreační č. 1	-	2 704	982	995	1 110	1 044	624	778	763
Zoo celkem	25 505	28 853	28 329	29 913	25 314	30 510	39 887	41 573	52 592

Tabulka č. 3: Přehled spotřeby pitné vody v letech 2002 – 2010 v m³ za den [4, 9]

Odběrné místo	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Kníničský – ul. Ondrova	62,12	62,61	69,76	73,12	61,10	77,56	105,11	108,86	139,05
Pisárecký – ul. U Zoo	7,76	9,03	5,15	6,11	5,20	3,17	2,46	2,91	2,95
Celkem v areálu Zoo	69,88	71,64	74,91	79,23	66,30	80,73	107,57	111,77	142,00
Vrt na ul. Rekreační č. 1	-	7,41	2,69	2,73	3,04	2,86	1,71	2,13	2,09
Zoo celkem	69,88	79,05	77,6	81,96	69,34	83,59	109,28	113,9	144,09

Z uvedeného přehledu je zřejmý kontinuální nárůst spotřeby pitné vody o 5 – 8 % za rok, což odpovídá trvale probíhajícím pracím na modernizaci, zvelebování a budování nových expozič [4].

Celková spotřeba pitné vody, do níž jsou zahrnuty i údaje z vrtu na ulici Rekreační činí 92 m³ za den za posledních 9 let. Tato hodnota je relativně vysoká, což je způsobeno používáním pitné vody pro napouštění bazénů a jezírek (50 – 60 % pitné vody), protože potrubí provozního vodovodu na vodu užitkovou je v havarijním stavu. Tímto jsou neúměrně zvyšovány provozní náklady [4].

4.2. Spotřeba užitkové vody

Spotřeba provozní vody se pohybuje okolo 2 000 m³ za rok. Tento odběr je v souladu se zněním zákona č. 254/2001 Sb., vodní zákon, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „vodní zákon“), zatím nezaplatněn. S ohledem na havarijní stav potrubí provozního vodovodu je voda užitková používána pouze k plnění některých vodních prvků, k závlaze zeleně, ke kropení komunikací a k očištění technického zařízení [4, 11].

Tabulka č. 4: Spotřeba užitkové vody v letech 2006 – 2010 v m³ za rok [9]

Rok	2006	2007	2008	2009	2010
Užitková voda	1 773	1 029	1 320	1 060	2 183

Tabulka č. 5: Spotřeba užitkové vody v letech 2006 – 2010 v m³ za den [9]

Rok	2006	2007	2008	2009	2010
Užitková voda	4,86	2,82	3,62	2,90	5,98

Hodnoty uvedené v tabulkách v letech 2006 – 2008 zahrnují odběry užitkové vody z přehrady Brno. Od ledna do konce dubna 2009 byla ještě odebírána voda z přehrady, ale od května roku 2009 začala zoo odebírat užitkovou vodu z nově zbudovaného vrtu. Hodnoty za rok 2009 jsou tedy uvedeny celkem z obou zdrojů užitkové vody. Za rok 2010 jsou již uvedeny hodnoty užitkové vody čerpané z vrtu [9].

4.3. Potřeba vody pro plnění bazénů

Tabulka č. 6: Potřeba vody pro plnění jezírek a bazénů [4, 9]

Objekt	Objem vody [m ³]	Požadavky na výměnu	Denní potřeba Q _p [m ³]
Jezírka tygrů a levhartů	50	recirkulace	10
Jezírka vlků a bobrů	260	recirkulace	10
Bazén lachtanů	125	2 x týdně	25
Bazén lišek polárních	25	1 x za tři dny	10
Jezírko tapírů	50	1 x měsíčně	10
Jezírko v safari	500	1 x měsíčně	15
Tropické království	30	1 x za tři týdny	10
Močál	150	doplňování	10
Bazén ledních medvědů	50	1 x týdně	10
Okrasná jezírka	50	1 x týdně	10
Jezírka v Beringii	150	recirkulace	15

Tabulka č. 7: Potřeba vody pro pracovní účely [4]

Druh práce	Denní potřeba Q _p [m ³]
Závlahy	50-110
Kropení a mytí komunikací	15-20
Očista techniky	5-10

4.4. Otevřené vodní plochy

V zoologické zahradě existují následující otevřené vodní plochy [4, 9]:

Tabulka č. 8: Otevřené vodní plochy

Název vodních prvků	Vodní plocha [m ²]	Výpar [m ³ ·den ⁻¹]
Jezírka tygrů a levhartů	100	0,26
Jezírka vlků a bobrů	260	0,78
Bazén lachtanů	85	0,22
Bazén lišek polárních	25	0,10
Jezírko tapírů	100	0,26
Jezírko v safari	500	1,30
Bazén medvědů ledních	100	0,26
Jezírka v Beringii	100	0,26

Celková otevřená vodní plocha všech vodních objektů v zoologické zahradě činí 1 270 m².

4.5. Ztráty vody

Podle skutečné spotřeby pitné vody je 95 % zoologické zahrady zásobováno z Kníničského vodovodu a zbývajících 5 % z vodovodu Pisáreckého. Celková délka vodovodních řadů je 3 275 m z padesátých let minulého století a pouze přípojka z ulice U Zoologické zahrady v délce 110 m je z první poloviny 80. let minulého století. Vodovody byly vybudovány z litinových a ocelových trub v náročných podmínkách, které způsobil především svažité terén [4].

I když nejsou doposud zjišťovány vizuální úniky vody, při respektování poznatků a zkušeností, zejména provozovatelů vodovodů pro veřejnou potřebu, lze reálně uvažovat se ztrátami vody v trubní síti ve výši 20 – 25 % [4].

Nezbytným požadavkem je věnování trvalé péče vybudovaným vodohospodářským zařízením s cílem předcházet poruchám a eliminovat v maximální míře amortizaci zařízení, a tím zabezpečovat co nejdélejší optimální funkci zařízení [4].

4.6. Budování nových rozvodů užitkové vody

Do budoucna Zoo Brno plánuje zásobovat celý areál užitkovou vodou z vrtů, která, jak již bylo uvedeno, má vlastnosti vody pitné. Pro realizaci tohoto plánu je nutné vybudovat novou rozvodnou síť užitkové vody. Pro potřeby projekčního řešení byla zoo rozdělena na jednotlivé oblasti, v nichž budou postupně nové rozvody budovány (viz tabulka č. 9). Mapu rozdělení jednotlivých oblastí můžeme vidět v příloze č. 2. Do jednotlivých oblastí zoo jsou zahrnuty i některé expozice, které zoo plánuje vybudovat do budoucna. Např. expozice kapustňáků v Tropickém království, jejíž potřeba vody je odhadována na 100 m³ za den [9].

Již v letošním roce budou nové rozvody vybudovány v oblasti Západ PPK a, b. V tomto úseku zoo se nachází nový soubor expozic Beringia (výběh medvědů kamčatských, rosomáků a voliéra sovic a bahňáků), expozice tygrů a levhartů, expozice vlků a bobrů, lachtanů, orlů, ledních medvědů a některé drobné vodní prvky. Průměrná denní potřeba vody Q_p činí v tomto úseku 80 m³. Pokud se tedy zoo povede tento projekt zrealizovat, dojde ke značné úspoře pitné vody a tím i k úspoře financí. Zoologická zahrada Brno totiž platí za m³ pitné vody 28,--Kč. Jestliže začne zoo místo pitné vody využívat vodu užitkovou, bude platit i při tak velkém odběru za m³ pouze 3,-- Kč. V současnosti zoo odebírá okolo 2 000 m³ užitkové vody ročně a tento objem je dle vodního zákona nezpoplatněn. Zpoplatněn bude odběr užitkové vody až nad 6 000 m³ za rok. Uvedené ceny za m³ vody jsou v souladu s vodním zákonem [9, 11].

Tabulka č. 9: Přehled potřeby užitkové vody pro projekt rozvodné sítě užitkové vody

Oblast	Číslo oblasti	Q_p [m ³]	Poznámky
Západ PPK a, b	1	80	a - expozice ledních medvědů
Západ NPK	2	10	
Mniší Hora - sever	3	35	b - celá Beringia
Mniší Hora - jih	4	125	
Mniší Hora – východ 1	5	15	
Mniší Hora – východ 2	6	10	
Jih	7	10	
Součet potřeby		285 m³	

5. VODNÍ PRVKY ZOO BRNO

Nezastupitelné místo zaujímají v zoologické zahradě vodní prvky, tzn. bazény a okrasná jezírka, která tvoří nezbytný biotop pro život chovaných druhů zvířat, ale představují taktéž významný estetický prvek v prostředí zahrady [4].

V současné době má zoologická zahrada asi 1 270 m² otevřených vodních ploch, k nimž patří především bazény v jednotlivých expozicích a okrasná jezírka. Jmenovitý seznam je uveden v tabulce číslo 6, viz výše [4].

Provoz těchto zařízení, jež tvoří uzavřený systém, je u nových jezírek poloautomatický (jezírka tygrů a levhartů, vlků a bobrů, tapírů, medvědů kamčatských, rosomáků sibiřských, sovic sněžných a bahňáků). Původní bazény (lachtanů, lišek polárních, ledních medvědů a jezírko safari) jsou závislé na obsluze, která zajišťuje čištění, plnění a jejich vypouštění. Také pečuje o jakost vody. Četnost naplňování a vyprazdňování bazénů a jezírek je různá a řídí se chovatelskými předpisy. Všechna provozovaná zařízení, kromě jezírek v expozici safari a ledních medvědů, používají k plnění pitnou vodu, protože jak již bylo uvedeno, další části provozního vodovodu jsou v havarijním stavu [4].

5.1. Poloautomaticky provozované uzavřené vodní systémy

Jedná se o uzavřené vodní systémy zásobované pitnou vodou, uvnitř kterých voda cirkuluje. Především sem patří vodní systém v expozici tygrů sumaterských a levhartů cejlonských. Dalším takovýmto vodním systémem, je cirkulační systém v expozici vlků arktických, propojený se systémem bobrů kanadských. Celá tato expozice má rozlohu téměř 1 ha a otevřena byla v červnu roku 2004. Nejnovějším souborem uzavřených vodních systémů je expozice nazvaná Beringia, která byla otevřena v říjnu roku 2010 [4, 12].

5.1.1. Vodní systém expozice tygrů sumaterských a levhartů cejlonských

Tato uzavřená síť se člení na dva menší okruhy.

Okruh levhartů cejlonských je možno popsat následovně. Z jezírka ve spodní části výběhu levharta teče voda samospádem do čerpací jímky spojovací šachty, v níž je zabudován pískový filtr. Filtr slouží k přečištění vody a tato je dále vháněna čerpadlem zpět do horní části expozice a ústí do malé říčky ve výběhu levhartů, která opět vytéká do již zmíněného jezírka [13].

Okruh tygrů sumaterských začíná vodopádem v horní části výběhu, odkud voda padá do dvou ramen řeky, odkud teče do jezírka ve spodní části výběhu. Z jezírka teče voda samospádem do stejné spojovací šachty s čerpací jímkou a pískovým filtrem jako voda z jezírka ve výběhu levhartů. Dále je už voda, spojená s vodou z výběhu levhartů, vháněna čerpadlem nahoru potrubím a teče opět vodopádem do výběhu tygrů [13].

Schéma tohoto systému viz příloha č. 3.

5.1.1.1. *Problémy s udržením čistoty*

V letních měsících se v těchto jezírcích vyskytují sinice a také dochází k ucpávání odtoku vody větvičkami a listím. Jelikož je zde voda filtrována přes pískový filtr, o její přečištění je postaráno, mělo by se však více dohlížet na hrubé nečistoty plovoucí v jezírcích a dbát na jejich mechanické odstranění [13].



Obrázek č. 5: Jezírko ve výběhu tygrů sumaterských

5.1.2. Vodní systém vlků arktických a bobrů kanadských

Z jezírka bobrů kanadských je voda vedena do spojovací šachty a odtud je čerpadlem vháněna podzemním potrubím do horního jezírka ve výběhu vlků arktických. Z tohoto jezírka voda odtéká podzemním potrubím buď do nádržky, ze které dále teče vodopádem do níže položeného jezírka ve vlčím výběhu, anebo může téci dále podzemním potrubím a ústít opět do níže položeného jezírka ve výběhu vlků. Z tohoto jezírka teče voda samospádem do jezírka bobrů kanadských. Schéma tohoto vodního systému viz příloha č. 4 [13].

5.1.2.1. Problémy s kvalitou vody

Hlavním problémem v této expozici je velká tvorba sinic v jezírcích v letních měsících. Voda je prohřátá a dochází k úbytku kyslíku, který spotřebují sinice. Voda v těchto jezírcích by měla být více promíchávána, aby se alespoň částečně zabránilo výskytu sinic a také by zde mělo být zabudováno účinnější čistící zařízení [13].



Obrázek č. 6: Vodopád a jezírko na dolní vyhlídce v expozici vlků arktických

5.1.3. Vodní systém expozice Beringia

5.1.3.1. Charakteristika Beringie

Stavba tohoto expozičního souboru byla zahájena na jaře roku 2009. Muselo jí ustoupit několik starších expozičních objektů, které byly technicky nevyhovující. Byla mezi nimi řada klecí s názvem Alej šelmiček, jež byla z části neobsazená a nacházela se zde také bývalá expozice medvědů syrských [14].

Nová expozice, která leží na celém západním svahu Mniší hory, byla otevřena 9. října 2010 a náklady na její vznik byly přibližně 75 milionů korun. Stavba byla spolufinancována Regionálním operačním programem Evropské unie. Ideou jejího vzniku je připomínka významu pevninského mostu, jenž se v dobách ledových opakovaně vynořoval z moře a v prostoru dnešní Beringovy úžiny spojoval Ameriku s Asií. Jsou zde chovány živočišné druhy, žijící na obou březích Beringovy úžiny, proto byla expozice pojmenována jedním slovem – Beringia [14 - 16, 20].

Dominantním prvkem je zde výběh páru medvědů kamčatských o rozloze 1 ha. V tomto výběhu byl zachován původní stromový porost, jenž byl pouze doplněn dřevinami rostoucími v tajze. Uprostřed výběhu se nachází jezírko s vodopádem [14, 16].

Další novou expozicí je zde výběh rosomáků sibiřských s malým vodopádem a jezírkem, a také dvojitá částečně přístupná voliéra sovic sněžních a bahňáků, mezi něž patří jespáci bojovní a ostralky štíhlé. V obou částech voliéry se nachází malé vodní nádržky. Do voliéry bahňáků v budoucnu přibudou ještě ústřičníci velcí a kajky mořské [14, 18].

Vstupní část Beringie doplňují tzv. kamčatské chalupy. Tři dřevěné kamčatské chalupy, byly postaveny ve stylu ruské lidové architektury a představují dvůr lovce medvědů, sestávající z obytné budovy, sauny a seníku. Objekty spolu tvoří uzavřený celek a jsou seskupeny kolem vnitřního dvora s roubenou studnou. Uvnitř obytné budovy je menší kuchyně s pecí a nábytkem, ve vedlejší světnici se nachází výstava fotografií medvědů kamčatských v přírodě. Seník je patrový a poskytuje výhled do medvědího výběhu z výšky. Pod kamčatskými chalupami se nachází suterén, který obsahuje technické a sociální zázemí zaměstnanců a ubikace medvědů a rosomáků, z nichž vedou koridory do výběhů. Celkově se tedy jedná o jedinečný chovatelsko-expoziční soubor, jenž výrazně obohacuje celou zoologickou zahradu [19].

Do Beringie spadají i expozice vlků arktických a bobrů kanadských, indiánský srub, expozice ledních medvědů, která bude v budoucnu také zrenovována, expozice rysů kanadských a voliéra orlů kamčatských. Celá expozice se do budoucna rozroste např. o vydry kanadské, pižmoně či soby polární [16].



Obrázek č. 7: Patrový seník s vyhlídkou na výběh medvědů kamčatských

5.1.3.2. Vodní systémy v expozičním souboru Beringia

Expoziční soubor Beringia se skládá z výběhu medvědů kamčatských, rosomáků sibiřských a ze dvou částečně přístupných voliér sovic sněžních a bahňáků. Všechny tyto části obsahují malý uzavřený vodní systém se složitými filtračními zařízeními. Schéma Beringie viz příloha č. 5 a 6 [18].

V expoziční medvědů kamčatských vyvěrá z horní části umělé skály nad jezírkem vodopád, z něhož voda padá do jezírka. V jezírku je vybudována odtoková cesta vedená pod zemí, kterou teče voda do filtračního zařízení v technickém sektoru, jenž je umístěn pod kamčatskými chalupami. Odtud je voda čerpána zpět na vrchol vodopádu a celý proces se opakuje [9].



Obrázek č. 8: Jezírko ve výběhu medvědů kamčatských

Expozice rosomáků sibiřských obsahuje umělou skálu s vodopádem, jímž voda padá do jezírka. Na dně jezírka je odtok, kterým voda protéká přes filtrační soustavu a poté je čerpána opět do vodopádu [9].

Dvojitá voliéra sovic sněžních a bahňáků je rozdělena na dvě části, přičemž v každé je malé jezírko. Z jezírka voda teče potrubím do technické budovy uprostřed voliéry, kde je filtrována a čerpána zpět do jezírek [9].

V části Beringie se nachází ještě uměle vybudovaný potok, který teče podél návštěvní stezky a ve výběhu medvědů se nacházejí ještě gejzíry a mofety. Mofety jsou nálevkovité prohlubně o průměru 10 - 80 cm vzhledem připomínající krátery, v nichž plyn oxid uhličitý probublává vodu smísenou s bahnem. Také tyto vodní prvky tvoří uzavřený systém [9].



Obrázek č. 9: Sovice sněžní

6. PROVOZNÍ PROBLÉMY SE ZÁSOBOVÁNÍM PITNOU VODOU

6.1. Problémy s plynulostí dodávky pitné vody v druhém tlakovém pásmu

K aktuálním problémům v zásobování zoologické zahrady pitnou vodou, patří přerušení dodávky pitné vody v druhém tlakovém pásmu zahrady. Toto je způsobeno zvýšeným odběrem pitné vody v Kníničkách, zejména v letním období, které je doprovázeno poklesem hydrodynamického tlaku v zesilovací čerpací stanici v zahradě, jež slouží pro zásobování objektů, nacházejících se v druhém tlakovém pásmu (nad kótou 280,00 m n.m.), umístěných na kótě 281,00 m n. m. Čerpací stanici zoologické zahrady se nedostává pitné vody, poněvadž tam voda během dne nedoteče. Nový vodojem o obsahu 400 m³ je umístěn na kótě 295,00 m n. m., pokles tlaku tedy nedovoluje, aby pitná voda naplnila čerpací jímku u zesilovací stanice zoologické zahrady [4].

6.2. Problémy se zásobováním pitnou vodou v prvním tlakovém pásmu

V roce 1984 byla vybudována nová přípojka vodovodu z ulice U Zoologické zahrady, se záměrem zlepšení zásobování pitnou vodou. Týká se to objektů, nacházejících se v prvním tlakovém pásmu. Přípojka, včetně nové vodoměrné šachty naproti provozní vrátnice, byla provedena z trub litinových (DN 100 mm) v délce 110 m a napojena na stávající vodovod. Propojení na Kníničský vodovod bylo provedeno ve spojené armaturní šachtě, která je vybudována ve svahu nad restaurací U Tygra. Připojení na řad Kníničského vodovodu bylo provedeno pomocí T-kusu [4].

Vzhledem k různým tlakovým poměrům obou vodovodů, musel být řad Pisáreckého vodovodu šoupátkem v šachtě uzavřen. Zásobuje tedy pitnou vodou pouze jižní část zoologické zahrady po restauraci U Tygra. Jen při poruše na vodovodním řadu z Kníniček lze manipulací s uzávěry ve spojně šachtě otevřít šoupátko na řadu Pisáreckého vodovodu a ve vodoměrné šachtě na ulici Ondrova uzavřít hlavní uzávěr vody. Takto mohou být nouzově zásobovány pitnou vodou objekty zoo, nacházející se v prvním tlakovém pásmu, tzn. objekty výškově umístěny do kóty 270,00 m n. m. [4].

6.3. Měření vody

Hlavním předpokladem hospodaření s vodou je měření spotřeby vody. V současnosti jsou v zoologické zahradě tato měrná místa:

- Hlavní vodoměr pro vodovod Pisárecký leží ve vodoměrné šachtě naproti provozní vrátnice.
- Hlavní vodoměr pro vodovod Kníničský je umístěn ve vodoměrné šachtě poblíž čerpací stanice užitkové vody.
- Hlavní vodoměr pro provozní areál na ulici Rekreační je naproti domu číslo 10.

- Vodoměr pro měření spotřeby druhého tlakového pásma leží v zesilovací čerpací stanici.
- Vodoměry pro měření užitkové vody jsou umístěny v šachtě pod vodojemem.
- Vodoměry v restauraci U Tygra slouží k měření vody pro restauraci a jezírka v expozicích tygrů a levhartů.
- Vodoměr v šachtě u bývalé expozice syrských medvědů slouží k měření vody stánku s občerstvením.
- Vodoměr pro měření vody ve veterinárním ambulatoriu, v bazénu medvědů ledních a lachtanů leží v šachtě pod ambulatoriem.
- Vodoměr pro stánek u pavilonu Tropické království je umístěn za budovou stánku.
- Vodoměr v budově skladu leží v chodbě pod schodištěm.
- Vodoměr pro správní budovu je umístěn v přízemí u kanceláří [4].

6.4. Údržba vodohospodářských zařízení

Údržba vodohospodářských zařízení je vlastně trvalá a smysluplná péče o tato zařízení, s cílem zabezpečit jejich maximální životnost a dokonalou funkci. Udržovací práce se řídí plánem údržby, který bývá zpracováván na příslušný kalendářní rok. Pro rozsáhlejší soubory jsou vypracovány samostatné provozní a manipulační řády [4].

Předpokladem pro správné provádění udržovacích prací je dokonalá evidence, která je doložená dokumentací skutečného provedení a je řádně doplňována a aktualizována. Důležité je přesné vedení situačních plánů, z nichž je patrné situační vedení vodovodu s označením šachet a ovládacích armatur a podzemních hydrantů, sloužících jako požární hydranty [4].

Podle charakteru a rozsahu údržbářských prací a drobných oprav jsou práce náročnějšího a většího rozsahu prováděny externí firmou [4].

V zoologické zahradě zabezpečují údržbářské práce na vodohospodářských objektech určené pracovníci, kteří vykonávají práce podle pokynů vedoucího dílen. Tito vycházejí z:

- provozního řádu vodovodu,
- provozního pokynu pro provoz a manipulaci s uzávěry na přehradě Brno,
- provozního řádu vodního hospodářství expozic vlků a bobrů,
- provozního řádu vodního hospodářství expozic tygrů a levhartů [4].

7. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7.1. Tropické království

7.1.1. Historie vzniku

Tropický pavilon v Zoologické zahradě Brno byl otevřen v září roku 1998. Nápad, jak by měl vypadat, se zrodil na přelomu let 1997 a 1998. Cesta k realizaci myšlenky však nebyla jednoduchá. Realizována byla až šestá verze projektu. Záměrem bylo, aby vytvořený expoziční prostor v návštěvníkovi vyvolal kladný vjem, vyplývající z pěkné expozice a hodnověrnou představu o původním prostředí, v němž vystavované zvíře žije a pocit, že živočich žije v dobrých životních podmínkách. Neoddiskutovatelnou částí projektu bylo zajištění základních životních podmínek zvířat, tzn. teploty, vlhkosti, optimální velikosti terárií a čistoty na nejvyšší možné technické úrovni [21].

Celá expozice byla vybudována pro předem vybrané druhy zvířat, či blízké skupiny druhů zvířat. Tropické království je pojato jako malá ukázka zvířat, především z oblastí tropického a subtropického pásma, především z Jižní Ameriky a Jihovýchodní Asie, ale i sušších částí Afriky. Výběr druhů se řídil třemi pravidly:

- celá expozice musí působit jednotně,
- každý celek musí mít svoji myšlenku využitelnou pro vzdělávací práci zoo, vystavovaná zvířata musejí být pro návštěvníky přitažlivá a známá,
- expozice musí obsahovat i několik druhů vzácných, ohrožených a chovatelsky významných živočichů, kteří zajistí dobrou zoologickou pověst expozice.

Zoologická zahrada Brno zaplatila tři a půl milionu korun na vybudování Tropického království z vlastních zdrojů [22].

7.1.2. Aktuální podoba

Tropické království se skládá ze dvou hal:

První a zároveň nižší hala obsahuje různě velká terária se skleněnými stěnami od podlahy ke stropu. Většina terárií je věnována pouze jednomu druhu živočichů. Nacházejí se zde však i vícedruhové biotopové expozice. Patří zde dvě akvaterária, jež mají navodit v návštěvníkovi atmosféru tropické řeky.

Druhá hala Tropického království je skleníkového typu a obsahuje ve svém středu pět expozic s velkými plazi [3].

7.1.3. Zvířata v Tropickém království

Druhy z Jižní Ameriky, Střední Ameriky a Kuby:

Anakonda velká, anolis rytířský, bazilišek páskovaný, bazilišek zelený, čukvala zavalitá, dracéna guayanská, hroznýš královský, hroznýš duhový, hroznýšovec kubánský, kajmánek trpasličí, korálovka sedlatá, korovec mexický, kosman zakrslý, kožnatka floridská, krunýřovec velkoploutvý, leguán kubánský, leguán nosorohý, leguánek obojkový, leguán zelený, leguánek ostnitý, piraña, rosnička včelí, tamarín žlutoruký, trnorep severoamerický, vousivka žabohlavá, želva žabohlavá, vrubozubec paví, želva uhlířská, želva nádherná, želva amboinská [23].

Druhy žijící v oblastech Afriky a na Madagaskaru:

Krajta královská, leguán madagaskarský, surikata, želva pardálí, želva paprscitá, želva pavoučí [23].

Druhy obývající Asii a Indonésii:

Orlície bornejská, gekončík noční, gurama velká, želva ostnitá, želva čtyřprstá [23].

Druhy z Austrálie:

Krajta kobercová, rosnice siná, tilikva scinkovitá [23].

Druhy žijící v subtropických oblastech Evropy:

Želva zelenavá, želva žlutohnědá [23].

7.2. Živočichové žijící v akvaterarijních expozicích Tropickeho království

V Tropickeho království se vyskytují dvě akvaterária, v nichž žijí některé druhy ryb a dalších vodních živočichů.

7.2.1. Živočichové žijící ve velkém akvateráriu



Obrázek č. 10: Velké akvaterárium

7.2.1.1. Kajmánek trpasličí (*Paleosuchus palpebrosus*)

Řád: Krokodyli (*Crocodylia*)

Čeleď: Aligátorovití (*Alligatoridae*)

Vyskytuje se v povodí řek Amazonky a Orinoka od Peru, Kolumbie a Ekvádoru, přes Brazílii, Venezuelu až do Guayany. Délka těla u samců činí 150 – 170 cm, samice dorůstají maximálně 120 cm. Kajmánek trpasličí je nejmenší z druhů kajmanů. Samice staví z rostlin a zeminy hnízdo, kam naklade 15 – 20 vajec a i přes svou malou velikost hnízdo úporně brání. Mláďata se líhnou při teplotě 30 °C za 90 – 105 dní, jsou 18 – 22 cm dlouhá a váží 35 – 45 g. Potravu mladších jedinců tvoří vodní měkkýši a bezobratlí, v jídelníčku větších zvířat přibývají plazi, ptáci a savci. Hlavním zdrojem obživy jsou však ryby. Ačkoliv se s oblibou zdržuje v proudící vodě, je méně vázán na vodní prostředí. Dny často tráví ukryt v podzemních norách. Nejlépe se mu daří v rozmezí pH vody 6 – 8 a při teplotách 25 – 29 °C [24 - 29].

Zoologická zahrada Brno chová 3 jedince tohoto druhu [30].



Obrázek č. 11: Kajmánek trpasličí

7.2.1.2. *Orlície bornejská (Orlitia borneensis)*

Řád: Želvy (*Testudines*)

Čeleď: Batagurovití (*Bataguridae*)

Tato želva dorůstá délky 50 – 80 cm, byly zaznamenány i rekordní případy délky 1 m. Samice klade podlouhlá vejčička do říčních břehů. Vyskytuje se ve sladkých vodách Bornea, Sumatry a Malajského poloostrova. Živí se ovocem, vodními rostlinami a bezobratlými živočichy. Jsou zapsány na mezinárodním červeném seznamu ohrožených druhů IUCN, jako ohrožený druh. Hlavní příčinou jejich úbytku ve volné přírodě je jejich intenzivní lov pro maso, ztráta prostředí a jeho znečištění [31, 32].

V prosinci 2001 bylo v Hong Kongu zachyceno 10 000 nelegálně pašovaných želv. Želvy byly přepravovány ve strašných podmínkách, v ústech a jícnech měly zapíchané háky, krunýře měly otlučené a plesnivé. Zoologické zahrady na celém světě se podílely na jejich záchraně. Do Zoologické zahrady Brno bylo přiděleno 10 orlícií bornejských a 10 želv ostnitých. Díky neúnavné péči chovatelů a veterinářů se podařilo některé jedince zachránit. Zoo chová 6 orlícií a 3 z nich můžeme obdivovat i v expoziční části Tropicke království [30 - 32].



Obrázek č. 12: Orlície bornejská

7.2.1.3. *Piraña (Colosoma sp.)*

Řád: Trnobříší (*Characiformes*)

Čeleď: Tetrovití (*Characidae*)

Dorůstá velikosti 25 – 75 cm. Samice klade několik set jiker. Vyskytuje se v záplavových oblastech povodí řeky Amazonky i v jejích zatopených lesích. Živí se rybami, plazy, malými savci ale především sběrem ovoce z hladiny. Svými silnými čelistmi umí rozdrtit i tvrdé skořápky ovocných plodů spadlých do vody. Žije v hejnech [33, 34].

V Tropickém království žije 7 těchto jedinců [30].



Obrázek č. 13: Piraña

7.2.1.4. *Gurama velká (Osphronemus goramy)*

Řád: Ostnoploutví (*Perciformes*)

Čeleď: Guramovití (*Osphronemidae*)

Dorůstá 40 – 70 cm. Jejím domovem jsou řeky a jezera Jihovýchodní Asie. Je všežravec, živí se rostlinami a menšími živočichy. Tato ryba je mírumilovná a velmi společenská. Není náročná na kvalitu vody, obvykle se jí dobře daří při pH vody v rozmezí 6,5 – 8 a teplotě 20 – 30 °C. Sameček staví na hladině pěnové hnízdo, pod nímž dochází k výtěru. Jikry spadlé ke dnu sameček posbírání a vyprskává do pěnového hnízda, kam naláká samičku. Počet vytřených jiker se pohybuje okolo 1500 a samec se o ně stará. Potěr se vylíhne za 24 - 36 hodin. Podle tukového hrbolu na čele se poznají starší jedinci [33, 35, 36].

Zoologická zahrada Brno chová pouze jednoho jedince tohoto druhu [30].



Obrázek č. 14: Gurama velká

7.2.2. Živočichové žijící v malém akvateráriu



Obrázek č. 15: Malé akvaterárium

7.2.2.1. *Dracéna guayanská (Dracaena guianensis)*

Řád: Šupinatí (*Squamata*)

Podřád: Ještěři (*Lacertilia*)

Čeleď: Tejovití (*Teiidae*)

Dracéna guayanská neboli teju krokodýlovitý se vyskytuje v povodí Amazonky a Orinoka, kde žije především na březích těchto toků. Dracény lehávají na větvích nízko nad hladinou, a když jsou v nebezpečí, skáčou do vody. Živí se výhradně vodními plži, jejichž ulity rozdrtí zuby a pozrou pouze jejich měkké tělo. Patří mezi vejcorodé druhy živočichů. Dorůstají délky až 120 cm. Samice klade 3 – 10 podlouhlých vajíček o velikosti 7 cm do hnízd stromových termitů. Termiti termitiště opraví, čímž vejce uzavřou v přírodním inkubátoru. Inkubace probíhá při teplotě 30°C a trvá asi 160 dní. Mláďe se pak musí vyklubat z vajíčka a ještě prorazit stěnu termitiště [25, 37 - 39].

Dracény guayanské můžeme v Evropě vidět v Zoo Lipsko, Zoo Praha a od června roku 2005 v Zoo Brno v expozici Tropické království. Zde je chován jeden pár těchto zajímavých plazů [30, 37].



Obrázek č. 16: Dracény guayanské při krmení

7.2.2.2. *Vrubozubec paví (Astronotus ocellatus)*

Řád: Ostnoploutví (*Perciformes*)

Čeleď: Vrbozubcovití (*Cichlidae*)

Vrubozubci paví se vyskytují v Jižní Americe v povodí řeky Amazonky, tedy od Peru a Kolumbie po Brazílii. Je to dravá, velmi čilá ryba živící se malými rybkami, hmyzem, drobnými korýši, žábami a plži a občas též plody rostlin. V zajetí dorůstá délky až 30 cm, ve volné přírodě může dosáhnout až 40 cm. Žije v páru. Pár před vytřením přebuduje a očistí dno akvária, kam samička naklade až 2 000 jiker. O jikry i plůdek se pečlivě starají oba rodiče. Tyto ryby potřebují nádrže s objemem nejméně 250 l vody. Na kořeni ocasu se nachází paví oko, což je černá skvrnka lemovaná žlutou až červenou pigmentací, jež může v případě ohrožení upoutat pozornost predátora na méně zranitelnou část těla této ryby.

Mladé ryby mají výrazné zbarvení těla, zatímco u starších jedinců zbarvení bledne. Obě pohlaví mají stejné zbarvení. Mohou se dožít až 17 let. Nejlépe snáší rozmezí pH vody 6,4 – 8 a rozmezí teplot 22 – 30 °C [40 - 44].

Zoologická zahrada chová 6 jedinců tohoto druhu [30].



Obrázek č. 17: Vrubozubec paví

7.2.2.3. *Krunýřovec velkoploutvý (Pterygoplichthys gibbiceps)*

Řád: Sumci (*Siluriformes*)

Čeleď: Krunýřovcovití (*Loricariidae*)

Žijí ve sladkých vodách Jižní Ameriky, hlavně v Peru, Venezuele, Ekvádoru a Brazílii. Živí se rostlinnou potravou, řasami a drobnými živočichy. Svými přísavnými ústy seškrabávají z rostlin, kamenů a skel akvária zelené porosty řas. Jedná se o mírumilovné a klidné ryby, lze je chovat ve společnosti jiných druhů ryb. Ve volné přírodě dorůstají délky až 40 cm, v akváriích okolo 20 cm. Samice klade 50 – 200 jiker. Po vytření jikry samec hlídá a přihání k nim pohyby prsních ploutví čerstvou vodu bohatou na kyslík. K vykuklení plůdku dochází za 4 – 7 dní. Dožívají se i 15 let. Nejlépe snášejí teplotu v rozmezí 22 – 28 °C a pH vody v rozsahu 6,5 – 7,5 [33, 45, 46].

V Brně je chován jeden pár těchto ryb [30].



Obrázek č. 18: Krunýřovec velkoploutvý [47]

7.2.2.4. Akara modrá (*Aequidens pulcher*)

Řád: Ostnoploutví (*Perciformes*)

Čeleď: Vrubozubcovití (*Cichlidae*)

Tyto poměrně klidné ryby žijí ve stojatých vodách Jižní Ameriky, hlavně ve Venezuele, Trinidadu a Tobago, a také Kolumbii a Panamě. Tělo mají šedé s modrými skvrnami a tmavými příčnými pruhy. Jsou to všežravci živící se drobnými živočichy a rostlinami. Dorůstají až 20 cm. Samečci obsazují revíry a ke tření dochází na očištěných plochých kamenech. Po 60 – 70 hodinách dojde k vylíhnutí potěru, který v prvních dnech po vylíhnutí rodiče umístí do vyhloubených jamek v písečném dně a pečlivě jej chrání. Až do doby příštího tření lze ponechat rodiče ve společnosti potěru. Ke tření dochází až 8krát do roka. Samečci bývají větší a mají do špičky protáhlé hřbetní a řitní ploutve. V období tření mohou být teritoriální. Samičky mají matnější zbarvení a jsou v době tření sytěji vybarvené a příčné pruhy na bocích jim zčernají. Tyto ryby se dožívají až 10 let. Nejlépe snášejí teplotu v rozmezí 19 – 25 °C a pH vody v rozsahu 6,5 – 9,5 [33, 48 - 51].

V malém akvateráriu žije asi 20 akar modrých [30].



Obrázek č. 19: Akara modrá [48]

7.3. Monitorování stavu vody v akvateráriích Tropického království

V dubnu 2011 byl jednou týdně monitorován stav vody ve velkém i malém akvateráriu a v čistící nádrži. Byly stanoveny hodnoty ukazatelů dusičnanů, dusitanů, amonných iontů, alkality a chemické spotřeby kyslíku manganometricky. Dále byla změřena vodivost a pH u všech vzorků vody.

7.3.1. Jednotlivé metody stanovení

Podstaty zkoušek jednotlivých metod stanovení, kterými byly analyzovány vzorky vody:

7.3.1.1. Stanovení pH

Ukazatel pH je záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů a stanovuje se v jednotkách $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$. Aktivita vodíkových iontů je menší než jejich koncentrace, aktivita se blíží hodnotě koncentrace pouze u velmi zředěných roztoků [52].

Měření se provádí prakticky u všech druhů vod a má klíčový význam pro další posuzování analyzované vody. Stanovuje se různými metodami, jednoduchými indikátorovými papírky, barevnými indikátory a složitějšími elektrometrickými metodami. Nejčastěji se dnes hodnota pH stanovuje potenciometricky. Hodnota pH umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodách, hledisko posouzení agresivity vody a ovlivňuje účinnost většiny chemických, fyzikálně-chemických a biologických procesů používaných při úpravě a čištění vod [52].

V tomto případě bylo pH stanoveno potenciometricky pomocí pH-metru (inoLab pH, Level 2).

7.3.1.2. Stanovení vodivosti

Vodivost je míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. U přírodních a užitkových vod s velmi nízkou koncentrací organických látek je mírou obsahu anorganických elektrolytů. Ve zředěných roztocích je lineární funkcí koncentrace iontů [53].

Stanovení konduktivity je běžnou součástí chemického rozboru vody. Umožňuje bezprostřední odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace ve vodách. Velmi často se konduktivita používá k posuzování čistoty destilované vody. Pro srovnání schopnosti vodných roztoků vést elektrický proud byla zavedena měrná vodivost. Označuje se symbolem κ a představuje obrácenou hodnotu odporu roztoku mezi dvěma elektrodami o stejné ploše [1 m^2], ve známé vzdálenosti [1 m] od sebe [53]:

$$\kappa = G \cdot \frac{l}{A}$$

G...konduktance [S], A...vzdálenost elektrod [m], l... plocha elektrody [m^2].

V tomto případě byla vodivost měřena konduktometrem (inoLab Cond, Level 3) v jednotkách $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

7.3.1.3. Stanovení alkality

Alkalita se stanoví titrací vzorku vody roztokem silné kyseliny. Množství titračního roztoku spotřebovaného k dosažení titračního exponentu uhličitanového iontu udává zjevnou alkalitu, množství spotřebované k vytitrování hydrogenuhličitanu s vyloučením tlumivé kapacity vody udává celkovou alkalitu. Indikace je vizuální nebo elektrometrická [54].

Alkalita byla tedy stanovena titrací vzorku vody kyselinou chlorovodíkovou na směsný indikátor z modrého do šedého zbarvení [54].

Výpočet:

$$X = \frac{a \cdot M \cdot 1000}{V}$$

X...alkalita [$\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$], a...spotřeba odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové [ml], V...objem vzorku [ml], M...molarita odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové [54].

7.3.1.4. Stanovení $CHSK_{Mn}$

Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem je vlastně mírou znečištění vody, jejíž vzorek obsahuje organické a oxidovatelné anorganické znečištění. Její hodnota je určena především k posuzování jakosti pitné, surové, podzemní nebo povrchové vody. Pokud se vzorek dostatečně zředí, je možné analyzovat i více znečištěné vody. Tato metoda se též nazývá Kubelova [55].

Podstatou zkoušky je zahřívání vzorku vody ve vroucí vodní lázni po dobu 10 minut se známým objemem odměrného roztoku manganistanu draselného v prostředí kyseliny sírové. Část manganistanu se redukuje oxidovatelnými látkami přítomnými ve vzorku. Spotřeba manganistanu se stanoví po přidavku přebytku roztoku šťavelanu sodného titrací tohoto přebytku odměrným roztokem manganistanu. Navržená nejvyšší hodnota chemické spotřeby kyslíku manganistanem $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ odpovídá spotřebě asi 60 % manganistanu přidaného k neředěnému vzorku. Průměrné hodnoty u pitných a povrchových vod se pohybují v rozmezí $1,8 - 3,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, u pitných vod podzemního původu je to v rozmezí $0,75 - 1,62 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ [55].

Výpočet:

Hodnota chemické spotřeby kyslíku manganistanem, $CHSK_{Mn}$, vyjádřená v miligramech na litr, se vypočítá takto [55]:

$$CHSK_{Mn} = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} \cdot f$$

Kde V_0 je spotřeba roztoku manganistanu k titraci slepého stanovení [ml];

V_1 spotřeba roztoku manganistanu k titraci zkoušeného objemu vzorku [ml];

V_2 spotřeba roztoku manganistanu k titraci při kalibraci [ml];

f přepočítávací faktor k přepočtu na kyslík [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$], se zohledněním použitého objemu vzorku zkoušeného objemu vzorku [ml];

7.3.1.5. Stanovení amonných iontů spektrofotometricky

Reakcí amonných iontů se salicylanem sodným a chlornanovými ionty v přítomnosti nitrosopentakynoželezitanu sodného (nitroprussidu sodného) vzniká zelenomodrá sloučenina, která se měří spektrometricky při vlnové délce 655 nm [56].

Chlornanové ionty se tvoří *in situ* alkalickou hydrolyzou sodné soli N,N-dichlor-1, 3, 5, -triazin-2, 4, 6(1H, 3H, 5H)-trionu (dichlorisokyanuratanu sodného). Při pH 12,6 reaguje vznikající chloramin v přítomnosti nitroprussidu sodného se salicylanem sodným. Vzhledem k tomu jsou do stanovení zahrnuty jakékoliv ve vzorku přítomné chloraminy. Součástí činidla je citronan sodný, který maskuje rušivé vlivy kationů, zvláště kationu vápenatého a hořečnatého [56].

7.3.1.6. Stanovení dusitanů spektrofotometricky

Dusitany ve zkoušeném objemu vzorku reagují v přítomnosti kyseliny fosforečné při hodnotě pH 1,9 s 4-aminobenzen-sulfoamidem za vzniku diazoniové soli. Tato sůl tvoří s dihydrochloridem N-(1-naftyl)-1,2-diaminoethanu (přidávaného spolu s 4-aminobenzensulfonamidem) růžové zbarvení. Absorbance se měří při 540 nm [57].

7.3.1.7. Stanovení dusičnanů spektrofotometricky s kyselinou sulfosalicylovou

Podstatou zkoušky je spektrometrické měření absorbance žluté sloučeniny, která vznikla reakcí kyseliny sulfosalicylové (v prostředí salicylanu sodného a kyseliny sírové) s dusičnany a následující alkalizací. Měření se provádí při vlnové délce 415 nm. Aby se nesrážely vápenaté a hořečnaté soli s hydroxidem, přidává se disodná sůl kyseliny ethylendiaminotetraoctové. K odstranění rušivého vlivu dusitanů se přidává azid sodný [58].

7.3.2. Cirkulace vody v Tropickém království

Voda odtéká z velkého akvaterária, v němž žije sedm piraní, gurama velká, tři kajmánci trpasličí a tři orlicie bornejské do nádrže čistící, která je umístěna přibližně pod touto velkou nádrží v suterénu. Nad čistící nádrží je umístěno síto na odfiltrování hrubých nečistot, především zbytků potravy, kterou jsou krmena zvířata. V čistící nádrži byla zabudována vyměnitelná polyurethanová přepážka sloužící k čištění vody. Z této nádrže je vyčištěná voda hnána čerpadlem zpět do velkého akvaterária, kde vyvěrá v podobě vodopádu [30, 59, 60].

Stejným způsobem proces čištění vody funguje v malém akvateráriu. Z tohoto akvaterária, v němž žije šest vrubozubců pavích, dva krunýřovci velkoploutví, dvacet akar modrých a dvě dracény guayanské, teče voda opět do téže čistící nádrže. Voda z obou akvaterárií se zde vlastně smísí. Vyčištěná voda je hnána druhým čerpadlem opět do malého akvaterária [30, 59, 60].

7.3.2.1. Gravitační filtrace na polyurethanovém filtru

Tento filtr o šířce asi 10 cm a ploše 1,85 m², slouží k filtraci zbytků nespotřebované potravy, která projde hrubým sítem, ale především k odbourání amoniaku a dalších sloučenin dusíku z metabolismu živočichů žijících v akvateráriích. Funguje zde vlastně samočisticí proces nitrifikace. Při nitrifikaci jsou amonné ionty nejprve oxidovány autotrofními bakteriemi rodu *Nitrosomonas* na dusitany. Ty jsou následně v druhé fázi nitrifikace oxidovány bakteriemi rodu *Nitrobacter* na dusičnany. Obě fáze probíhají v aerobním prostředí. Nitrifikace je závislá na pH, přičemž nejlépe probíhá při hodnotě pH vody okolo 9 a zastavuje se při pH vody kolem 5,5. Proto voda prošlá filtrem obsahuje větší koncentraci dusičnanů, ty by však vodní živočichy ve větších koncentracích neměly ohrožovat a tolerance jednotlivých živočichů na koncentraci dusičnanů může být individuální. Postupem času se na filtru ze strany přitékající, nevyčištěné vody začne tvořit kal, který vlivem gravitace opadává na dno nádrže – proto se tato metoda čištění nazývá také gravitační filtrace. Výměna polyurethanových filtrů se provádí jednou za tři až čtyři týdny a těsně před tím, se odstraňuje kal ze dna nádrže speciálním vodním vysavačem [61].

7.3.2.2. Parametry nádrží

Velké akvaterárium:

Průtok: 31,0 dm³·min⁻¹

Plocha vodní hladiny: 12,94 m²

Objem: 9,70 m³

Malé akvaterárium:

Průtok: 11,1 dm³·min⁻¹

Plocha vodní hladiny: 8,36 m²

Objem: 3,34 m³

Čistící nádrž:

Plocha vodní hladiny: 5,55 m²

Objem: 4,44 m³

Celkový průtok u obou nádrží: 42,1 dm³·min⁻¹



Obrázek č. 20: Pohled shora na část čistící nádrže s přítoky vody z akvaterárií

7.3.2.3. Popis průběhu měření

V roce 2009 byly odebírány a analyzovány vzorky vody na výtoku z velkého akvaterária, na výtoku z malého akvaterária a za polyurethanovým filtrem v čistící nádrži, v době kolem osmé hodiny ráno. V tabulkách č. 12 a 13 jsou některé z tehdy naměřených hodnot uvedeny pro srovnání s hodnotami naměřenými v období od 5. 4. – 26. 4. 2011.

V březnu 2011 byl zaměstnanci zoo do čistící nádrže instalován navíc ještě jeden polyuretanový filtr a následně po tom byly do čistící nádrže mezi filtry umístěny dvě vodní želvy. Pro tyto jedince nemá zoo vhodné prostory, a proto byli umístěni dočasně v čistící nádrži. Dne 30. 3. 2011 došlo k výměně jedné třetiny vody v systému a k výměně polyurethanových filtrů. Po celou dobu měření, tzn. v období 5. 4. – 26. 4. 2011, nebyla voda vyměněna.

Pro orientaci byl 29. 3. 2011 odebrán vzorek pitné vody z Kníničského vodovodu a byl porovnán s hodnotou naměřenou roku 2009, protože pitnou vodou jsou plněna akvaterária.

Vzorky byly u všech měření odebrány na výtoku z velkého i malého akvaterária. Dále byly odebírány vzorky za filtrem č. 1 a č. 2 v čistící nádrži, přičemž 5. 4. byl odebrán vzorek pouze za filtrem č. 1 a 12. 4. pouze za filtrem č. 2 čistící nádrže. Vzorky byly také, jako roku 2009, odebírány kolem osmi hodin ráno.

Hodnoty naměřené v období od 5.4 do 19. 4., signalizují nesprávnou funkci nitrifikačního procesu. Z tabulek č. 14 až 16 je patrné, že především koncentrace dusitanů jsou vyšší, než hodnota $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, jež je uváděna jako koncentrace nebezpečná pro vodní organismy.

Prioritou tedy bylo opět zajistit správnou funkci nitrifikačního procesu. V úterý 19. 4. byl do čistící nádrže instalován by-pas oběhového čerpadla Grundfos UPS 25-40. Čerpadlo bylo zapojeno tak, aby voda z prostoru za filtrem č. 2 byla čerpána zpět do prostoru před filtr č. 1. Mezi filtrační přepážky bylo zaměstnanci zoo ještě navíc umístěno okysličovací zařízení. Tyto kroky měly zajistit opětovné obnovení procesu čištění, tzn. nastartování nitrifikace.

7.3.2.4. Charakteristika čerpadla Grundfos UPS 25-40

Oběhové čerpadlo Grundfos UPS 25-40 má rotor zapouzdřený izolační membránou. Tzn., že čerpadlo a motor tvoří kompaktní jednotku bez ucpávky a je opatřeno pouze dvěma těsnicími kroužky. Používá se pro cirkulaci horké nebo studené vody v otopných systémech, v systémech teplé vody nebo v chladících a klimatizačních zařízeních [62].

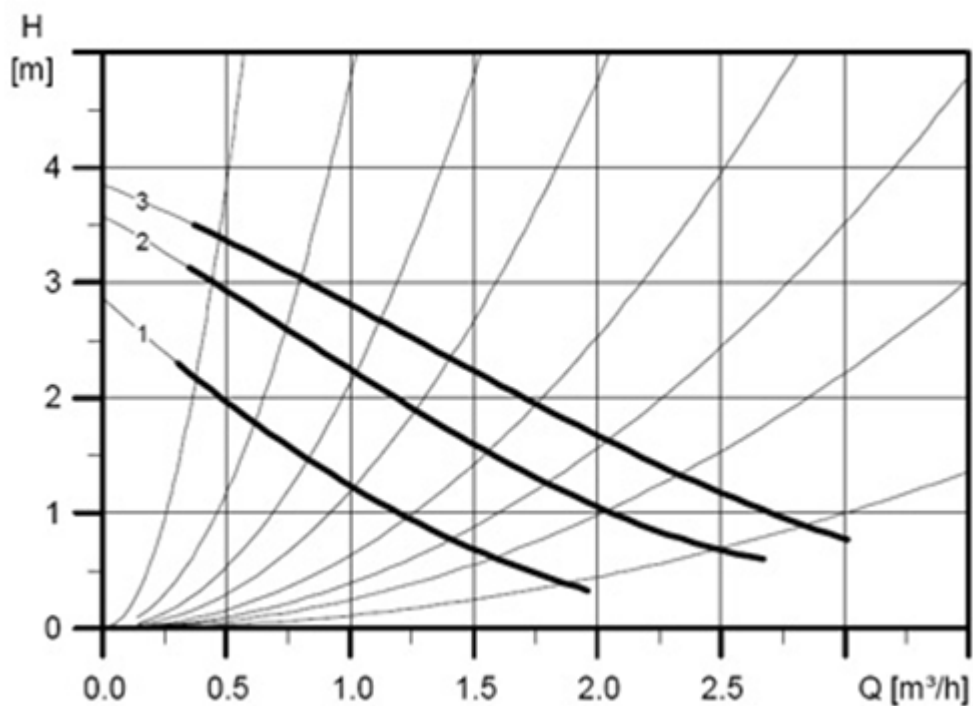
Vlastnostmi a výhodami oběhového čerpadla Grundfos UPS 25-40 jsou bezúdržbový provoz, nízká úroveň hluku, nízká spotřeba energie, široký rozsah využití. Těleso čerpadla je vyrobeno z korozi-vzdorné oceli nebo bronzu. Pracuje s kapalinami v rozmezí teplot 2 – 110 °C [62].

Čerpadlo se skládá z keramického hřídele, radiálního ložiska a axiálního uhlíkového ložiska. Izolační membrána rotoru je vyrobena z nerezové oceli a oběžné kolo je z korozi-vzdorného materiálu Kompozit. Těleso čerpadla je litinové. Motor pracuje jednofázově, přičemž není nutná žádná přídatná motorová ochrana [62].

Tabulka č. 10: Elektrické parametry oběhového čerpadla Grundfos UPS 25-40 [62]

Elektrické parametry	Hodnota
Příkon pro otáčkový stupeň 1:	25 W
Příkon pro otáčkový stupeň 2:	35 W
Příkon pro otáčkový stupeň 3:	45 W
Frekvence elektrické sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Elektrický proud pro otáčky 1:	0.12 A
Elektrický proud pro otáčky 2:	0.16 A
Maximální elektrický proud:	0.2 A
Velikost kondenzátoru - provoz:	1.5 μ F
Krytí (IEC 34-5):	44
Třída izolace (IEC 85):	F

Graf č. 1: Pracovní oblast oběhového čerpadla Grundfos UPS 25-40, tzn. závislost výtlačné výšky čerpadla na průtoku vody [62]



7.3.3. Naměřená data

Tabulka č. 11: Naměřené hodnoty pro pitnou vodu z vodovodu v Tropickém království

ukazatel [jednotky]	den odběru	13. 2. 2009	29. 3. 2011
	místo odběru	Kníničský vodovod	Kníničský vodovod
CHSK _{Mn} [mg·l ⁻¹]		1,28	0,52
pH		7,75	6,67
konduktivita [μS·cm ⁻¹]		526	507
alkalita [mmol·l ⁻¹]		3,55	3,80
NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]		0,024	0,015
NO ₃ ⁻ [mg·l ⁻¹]		36,0	24,02
NO ₂ ⁻ [mg·l ⁻¹]		-	0,005

Tabulka č. 12: Naměřené hodnoty z 5. 3. 2009

ukazatel [jednotky]	den odběru	5. 3. 2009		
	místo odběru	velké*	malé**	za filtrem
CHSK_{Mn} [mg·l⁻¹]		1,64	1,28	1,60
pH		7,98	8,01	7,97
konduktivita [μS·cm⁻¹]		629	629	629
alkalita [mmol·l⁻¹]		2,35	2,40	2,45
NH₄⁺ [mg·l⁻¹]		0,086	0,024	0,027
NO₂⁻ [mg·l⁻¹]		-	-	-
NO₃⁻ [mg·l⁻¹]		119,5	137,6	121,6

Pozn.: * Označení pro název sloupce místo odběru “velké” znamená, že vzorky byly odebrány z velkého akvaterária.

** Označení pro název sloupce místo odběru “malé” znamená, že vzorky byly odebrány z malého akvaterária.

Dále jsou tato označení použita ve všech tabulkách.

Tabulka č. 13: Naměřené hodnoty z 19. 3. 2009

ukazatel [jednotky]	den odběru	19. 3. 2009		
	místo odběru	velké	malé	za filtrem
CHSK_{Mn} [mg·l⁻¹]		1,80	1,72	2,00
pH		7,89	7,92	7,88
konduktivita [μS·cm⁻¹]		673	674	674
alkalita [mmol·l⁻¹]		1,90	1,90	1,85
NH₄⁺ [mg·l⁻¹]		0,069	0,033	0,026
NO₂⁻ [mg·l⁻¹]		-	-	-
NO₃⁻ [mg·l⁻¹]		177,3	176,9	172,6

Tabulka č. 14: Naměřené hodnoty z 5. 4. 2011

ukazatel [jednotky]	den odběru	5. 4. 2011			
	místo odběru	velké	malé	za filtrem č. 1	za filtrem č. 2
CHSK_{Mn} [mg·l⁻¹]		2,16	1,96	2,48	-
pH		7,83	7,83	7,78	-
konduktivita [μS·cm⁻¹]		720	716	719	-
alkalita [mmol·l⁻¹]		3,60	3,45	2,20	-
NH₄⁺ [mg·l⁻¹]		0,211	0,060	0,073	-
NO₂⁻ [mg·l⁻¹]		0,264	0,196	0,286	-
NO₃⁻ [mg·l⁻¹]		177,2	184,0	183,6	-

Tabulka č. 15: Naměřené hodnoty z 12. 4. 2011

ukazatel [jednotky]	den odběru	12. 4. 2011			
	místo odběru	velké	malé	za filtrem č. 1	za filtrem č. 2
CHSK_{Mn} [mg·l⁻¹]		2,84	2,64	-	2,76
pH		7,67	7,67	-	7,72
konduktivita [μS·cm⁻¹]		762	745	-	738
alkalita [mmol·l⁻¹]		2,10	2,10	-	2,00
NH₄⁺ [mg·l⁻¹]		0,222	0,045	-	0,042
NO₂⁻ [mg·l⁻¹]		0,278	0,197	-	0,149
NO₃⁻ [mg·l⁻¹]		193,2	185,6	-	183,6

Tabulka č. 16: Naměřené hodnoty z 19. 4. 2011

ukazatel [jednotky]	den odběru	19. 4. 2011			
	místo odběru	velké	malé	za filtrem č. 1	za filtrem č. 2
CHSK_{Mn} [mg·l⁻¹]		2,80	2,60	3,12	3,12
pH		7,45	7,53	7,47	7,59
konduktivita [μS·cm⁻¹]		766	734	722	777
alkalita [mmol·l⁻¹]		1,65	1,40	1,80	1,60
NH₄⁺ [mg·l⁻¹]		0,298	0,081	0,060	0,040
NO₂⁻ [mg·l⁻¹]		0,304	0,164	0,208	0,135
NO₃⁻ [mg·l⁻¹]		218,9	216,9	204,2	213,2

Tabulka č. 17: Naměřené hodnoty z 26. 4. 2011

ukazatel [jednotky]	den odběru	26. 4. 2011			
	místo odběru	velké	malé	za filtrem č. 1	za filtrem č. 2
CHSK_{Mn} [mg·l⁻¹]		2,56	2,40	2,64	2,40
pH		7,68	7,72	7,68	7,61
konduktivita [μS·cm⁻¹]		793	794	795	795
alkalita [mmol·l⁻¹]		1,45	1,45	1,45	1,45
NH₄⁺ [mg·l⁻¹]		0,074	0,049	0,035	0,033
NO₂⁻ [mg·l⁻¹]		0,111	0,075	0,071	0,041
NO₃⁻ [mg·l⁻¹]		228,9	230,7	210,3	218,2

7.3.4. Rizikovost jednotlivých ukazatelů

CHSK_{Mn} je mírou celkového obsahu organických látek ve vodě. Pro chov vodních organismů by se její hodnota měla pohybovat do $5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [63].

Konduktivita je měřítkem obsahu solí v akváriích. Většina druhů ryb je schopna se přizpůsobit různým hodnotám obsahu solí [63].

Alkalita, neboli kyselinová neutralizační kapacita, má velký význam pro chov vodních živočichů, protože v akváriích je mírou stability pH vody. Čím větší je tento parametr, tím má voda větší schopnost neutralizovat kyselinu, která by byla do vody přidána. Jako kyselina mohou působit odpadní produkty metabolismu vodních živočichů stejně, jako dochází v prostoru akvária k nárůstu dusíkatých látek. Proto by bez pufrací kapacity některých látek docházelo k velkým změnám pH, což by vedlo k nepříznivým vlivům na organismy. Při nízké alkalitě může dojít k většímu poklesu pH, což by mělo nepříznivý vliv na živočichy. Aby se zabránilo těmto výkyvům, měla by být ve vodě udržována hodnota alkality minimálně $1,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ [64].

Pokud je však hodnota alkality příliš vysoká, může mít také negativní vliv na vodní organismy, protože je spojena s vyšším pH vody. Velmi alkalická voda může mít pH, které již nevyhovuje vodním živočichům ani rostlinám [64].

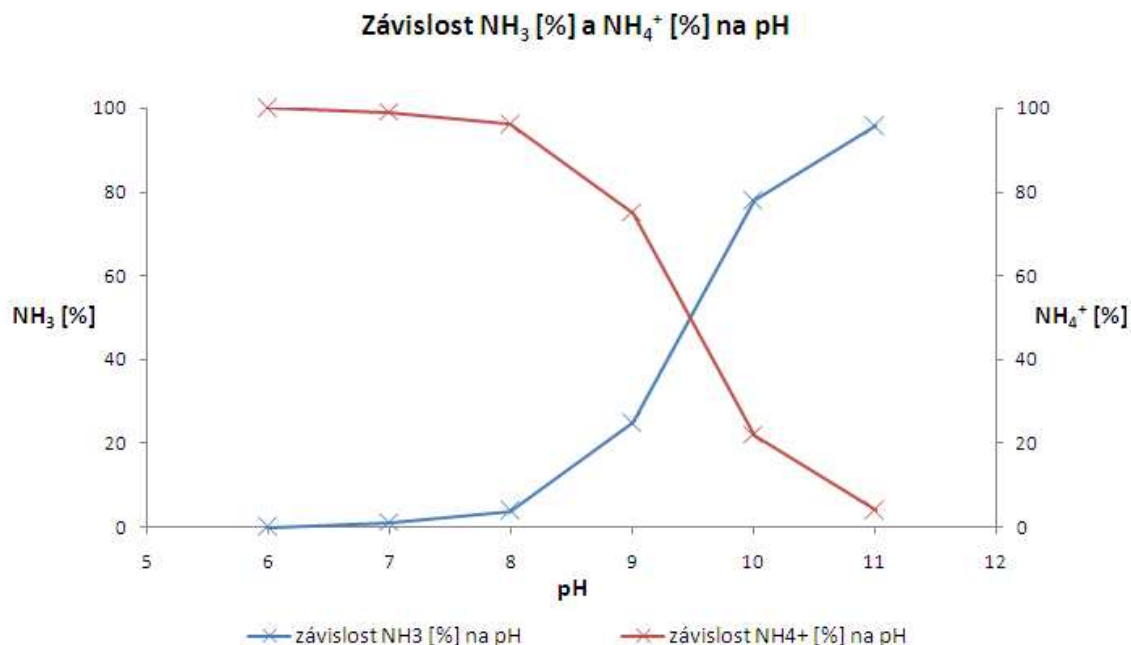
Hodnoty **pH** vody by se pro zvířata chovaná v akvateráriích Zoo Brno měly pohybovat v rozmezí 6 – 8. Pokud by pH vody kleslo na hodnotu 5, bylo by toto kyselé prostředí pro většinu vodních organismů nevhodné. Při ještě nižším pH by došlo k úhynu veškerých organismů [63].

Amonné ionty nejsou samy o sobě vodním organismům nebezpečné, ale jsou úzce spjaty s přítomností amoniaku. **Amoniak** vzniká rozkladem bílkovin a do akvariální vody se dostává znovu a znovu, protože je hlavním dusíkatým produktem látkové výměny ryb. Při vylučování do vody dochází k ionizaci za vzniku amonných iontů. Stupeň ionizace je závislý zejména na pH vody. Tzn. čím zásaditější voda, tím nižší stupeň ionizace, viz tabulka č. 18. Neionizovaný amoniak je pro ryby silně jedovatý. Poškozuje sliznice, žábra, a červené krvinky. Způsobuje vnitřní krvácení, lapání po dechu u hladiny a následně úhyn. Obecně platí, že při koncentraci $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ dochází k nekoordinovanému plavání a poškození žáber. Vyšší koncentrace způsobují úhyn [61, 63, 65].

Tabulka č. 18: Změna poměru volného amoniaku (NH_3) a vázaného amonného iontu (NH_4^+) v závislosti na pH vody (podle Hanela, 1995) [65]

pH	NH_3 [%]	NH_4^+ [%]
6	0	100
7	1	99
8	4	96
9	25	75
10	78	22
11	96	4

Graf č. 2: Závislost volného amoniaku NH_3 [%] a vázaného amoniaku NH_4^+ [%] na pH vody



Dusitany vznikají oxidací amoniaku pomocí autotrofních bakterií rodu *Nitrosomonas*. Jsou rovněž jedovaté pro vodní organismy. Blokují funkci červeného krevního barviva tím, že se na ně vážou rychleji než kyslík. Jsou nebezpečné již v koncentracích $0,1 - 0,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, protože v tomto množství zpomalují růst živočichů. Pokud jejich hodnota stoupne nad $0,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, většina vodních živočichů hyne. Jediné pozitivum při otravě dusitany spočívá v tom, že jejich působení je reverzibilní. Tzn., že přiotrávené organismy jsou po přemístění do čisté vody schopné se znovu bez větších následků regenerovat [61, 63, 65, 66].

Dusičnany vznikají oxidací dusitanů pomocí bakterií rodu *Nitrobacter*. Uvádí se, že pro vodní organismy ve sladké vodě nejsou jedovaté. Samozřejmě záleží na odolnosti organismů, ale ty mohou ve sladkých vodách snášet jejich koncentrace až nad $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [61, 63, 65].

7.3.4.1. Odhad obsahu volného amoniaku v analyzovaných vzorcích vody

Tabulka č. 19: Odhad koncentrace volného amoniaku ze dne 5. 4. 2011 dle vztahu mezi volným amoniakem (NH_3) a vázaným amonným iontem (NH_4^+) v závislosti na pH vody [65]

ukazatel [jednotky]	den odběru	5. 4. 2011			
	místo odběru	velké	malé	za filtrem č. 1	za filtrem č. 2
pH		7,83	7,83	7,78	-
NH_4^+ [%]		93,9	94,0	93,3	-
NH_4^+ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]		0,211	0,060	0,073	-
NH_3 [%]		6,1	6,0	6,7	-
NH_3 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]		0,014	0,004	0,005	-

Tabulka č. 20: Odhad koncentrace volného amoniaku ze dne 12. 4. 2011 dle vztahu mezi volným amoniakem (NH_3) a vázaným amonným iontem (NH_4^+) v závislosti na pH vody [65]

ukazatel [jednotky]	den odběru	12. 4. 2011			
	místo odběru	velké	malé	za filtrem č. 1	za filtrem č. 2
pH		7,67	7,67	-	7,72
NH_4^+ [%]		92,1	92,0	-	92,6
NH_4^+ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]		0,222	0,045	-	0,042
NH_3 [%]		7,9	8,0	-	7,4
NH_3 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]		0,019	0,004	-	0,003

Tabulka č. 21: Odhad koncentrace amoniaku ze dne 19. 4. 2011 dle vztahu mezi volným amoniakem (NH_3) a vázaným amonným iontem (NH_4^+) v závislosti na pH vody [65]

ukazatel [jednotky]	den odběru	19. 4. 2011			
	místo odběru	velké	malé	za filtrem č. 1	za filtrem č. 2
pH		7,45	7,53	7,47	7,59
NH_4^+ [%]		89,4	90,3	89,6	91,0
NH_4^+ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]		0,298	0,081	0,060	0,040
NH_3 [%]		10,6	9,7	10,4	9,0
NH_3 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]		0,035	0,009	0,007	0,004

Tabulka č. 22: Odhad koncentrace amoniaku ze dne 26. 4. 2011 dle vztahu mezi volným amoniakem (NH_3) a vázaným amonným iontem (NH_4^+) v závislosti na pH vody [65]

ukazatel [jednotky]	den odběru	26. 4. 2011			
	místo odběru	velké	malé	za filtrem č. 1	za filtrem č. 2
pH		7,68	7,72	7,68	7,61
NH_4^+ [%]		92,1	92,6	92,1	91,3
NH_4^+ [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]		0,074	0,049	0,035	0,033
NH_3 [%]		7,9	7,4	7,9	8,7
NH_3 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]		0,006	0,004	0,003	0,003

8. DISKUSE

8.1. Návrhy pro řešení problematiky vodního hospodářství

8.1.1. Vybudování nové zesilovací čerpací stanice

Hlavním problémem, jak již bylo popsáno, je narušování dodávky pitné vody z Kníničského vodovodu v letním období, který zásobuje 95 % zoologické zahrady. Vody v této době bývá nedostatek především v druhém tlakovém pásmu. Řešením by tedy mělo být vybudování nové zesilovací čerpací stanice pro druhé tlakové pásmo. Nejvýhodnější by bylo její umístění v oblasti stávající rozdělovací šachty. Šachta leží na kótě 255,00 m n. m. a propojuje vodovod Kníničský s vodovodem Pisáreckým. Ač je tento návrh finančně náročný, využil by přednosti, že zoologická zahrada je zásobována pitnou vodou ze dvou na sobě nezávislých zdrojů. V případě poruchy na jednom z vodovodů by nedošlo k přerušení zásobování zoologické zahrady pitnou vodou [4].

8.1.2. Modernizace vodních prvků v expozicích

U provozování bazénů a jezírek v jednotlivých expozicích, by mělo být instalováno zařízení k čištění vody v těchto systémech. Především by se mělo jednat alespoň o zařízení filtrační. Dále by zde nemělo chybět zařízení pro měření odebrané vody ze systému, a taktéž by měly být nainstalovány česle, aby nedocházelo k ucpávání odtokového potrubí. Mělo by se dbát o pravidelné čištění jednotlivých vodních prvků i jejich čerpacích jímek.

8.1.3. Vybudování nových rozvodů užitkové vody

Zoologická zahrada Brno již zrealizovala výstavbu dvou nových vrtů pro užitkovou vodu. Dále bude nutné vybudovat čistící stanici, v níž by byla voda tokem přes filtry zbavena filtrovatelných částic, a také železa a manganu, protože tyto ukazatele se mohou vyskytovat v podzemních vodách ve větším množství. Vybudování úpravny je nutné, i když kvalitní neogenní zdroj HV1z zasahující do hloubky 75 m, vykazuje parametry vody pitné. Mohlo by se totiž stát, že by do něj mohla přetéct voda z kvartérních sedimentů, která by mohla být znečištěná. Jak již bylo uvedeno, v letošním roce začíná zoologická zahrada s budováním nových rozvodů pro užitkovou vodu v oblasti Západ PPK a, b. Potřeba vody v této oblasti je odhadována na 80 m³ za den. Vezměme v úvahu fakt, že za m³ pitné vody zaplatí zoo 28,-- Kč a za stejný objem vody užitkové 3,-- Kč. Finanční náklady na vodu by se tedy v tomto úseku již příští rok snížily o 89 % proti hodnotám v minulých letech. Postupně budou nové rozvody vybudovány v celé zoo a ušetřené finanční prostředky pak mohou být využity k další modernizaci a rozvoji zoologické zahrady [9].

8.2. Návrhy na řešení problematiky nakládání s vodou v pavilonu plazů

8.2.1. Výsledky stavu vody

8.2.1.1. Stav pitné vody

Pitná voda, odebraná z vodovodu 13. 2. 2009 a 29. 3. 2011, je z hlediska naměřených ukazatelů skutečně pitná, protože hodnoty odpovídají vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontrol. Všechny hodnoty měřených ukazatelů kromě alkality, byly v letošním roce nižší než roku 2009.

8.2.1.2. Stav vody v akvateráriích v roce 2009

Hodnoty jednotlivých ukazatelů, které byly naměřeny v roce 2009, a které jsou v tabulce č. 12 a 13 uvedeny pro srovnání, vypovídají o správně probíhající nitrifikaci, protože koncentrace amonných iontů byly naměřeny ve velmi nízkých hodnotách a koncentrace dusičnanů byly vysoké. Nemůžeme zde srovnávat hodnoty dusitanů, protože nebyly v roce 2009 měřeny. Hodnoty pH, pohybující se od 7,88 do 8,01 dokazují správný průběh nitrifikace, jelikož tento proces probíhá nejlépe při pH vody 9 a zastavuje se při pH 5,5. Také dle tabulky č. 18 můžeme odhadnout obsah jedovatého volného amoniaku ve vzorcích. Při pH vody 8 jsou ve vodě 4 % volného amoniaku a zbylých 96 % je tvořeno amonnými ionty, které pro vodní organismy v tak nízkých koncentracích, které byly naměřeny, nepředstavují zdravotní riziko. Amoniak je pro vodní organismy nebezpečný již v koncentraci $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a při vyšších koncentracích hrozí úhyn živočichů.

8.2.1.3. Stav vody v akvateráriích před instalací čerpadla

Voda, odebíraná z velkého a malého akvaterária i čistící nádrže, byla v období měření od 5. 4. do 19. 4. v nevyhovujícím stavu, z důvodu zastavení čistícího procesu nitrifikace na polyurethanových filtrech. Nitrifikace přestala fungovat ze dvou důvodů, tj. do čistící nádrže mezi polyurethanové filtry byly umístěny dvě vodní želvy a chovatelé začali používat vodní vysavač, jímž důsledně odstraňovali aktivní kal v celém prostoru čistící nádrže. Pro tyto želvy nemá zoo v současnosti vhodné akvaterárium, a proto je dočasně jejich domovem čistící nádrž. Zaměstnanci zoo si neuvědomili, že želvy v prostoru filtrů při současném důsledném odstraňování aktivního kalu naruší čistící proces vody v celém systému. Byly zde naměřeny koncentrace dusitanů, které se přibližovaly hodnotám $0,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, což je již pro tyto vodní organismy nebezpečné, protože dusitany jsou pro ně škodlivé již od $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a smrt způsobují při hodnotách kolem $0,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Naměřené koncentrace dusičnanů se v porovnání s hodnotami z roku 2009 ještě zvýšily. Jejich koncentrace se pohybují okolo $200 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Tak vysoká čísla jsou znepokojující i při porovnání s literaturou, v níž se uvádí, že odolné vodní organismy snášejí koncentrace

dusičnanů i nad $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Živočichové v obou akvateráriích zatím snášejí tyto vysoké koncentrace dusičnanů bez větších problémů.

Hodnoty amonných iontů je vhodné také udržovat kolem $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Naměřena však byla i čísla kolem $0,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ především ve velkém akvateráriu. Za filtry byly hodnoty amonia pod $0,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, což dokazuje, že proces nitrifikace nebyl zcela ochromen a probíhalo alespoň částečné odbourávání amoniaku. Dle tabulky č. 18 byly odvozeny koncentrace volného amoniaku přítomného ve vzorcích vody, viz tabulky č. 19 – 21 pro období od 5. 4. – 19. 4. 2011. Nejvyšší odvozená koncentrace volného amoniaku se pohybovala kolem $0,03 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Z hlediska koncentrace volného amoniaku tedy nevzniklo pro vodní organismy žádné nebezpečí.

Dále byly naměřeny hodnoty pro ukazatel konduktivity, která je měřítkem obsahu solí v akváriích. Většina druhů vodních živočichů je schopna se přizpůsobit různým hodnotám obsahu solí. V tomto případě vodivost poukazuje na zvyšující se koncentrace dusičnanů, protože se úměrně zvyšuje s jejich rostoucím množstvím.

Chemická spotřeba kyslíku manganistanem je mírou celkového obsahu organických látek ve vodě. Pro chov vodních organismů by se její hodnota měla pohybovat do $5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a v tomto rozsahu jsou všechny naměřené hodnoty.

Alkalita má velký význam pro chov vodních živočichů, protože v akváriích je mírou stability pH vody. Aby se zabránilo výkyvům pH, měla by být ve vodě udržována hodnota alkality minimálně $1,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Jelikož naměřené hodnoty alkality v jednotlivých vzorcích neklesly pod hodnotu $1,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, je z hlediska ukazatele alkality analyzovaná voda vhodná pro chov vodních živočichů.

8.2.1.4. Stav vody v akvateráriích po instalaci čerpadla

Poněvadž naměřené hodnoty dusitanů byly pro živočichy žijící v akvateráriích kritické, byl přerušen ověřovací pokus záměny technologie čerpání. Dne 19. 4. 2011 jsme v čistící nádrži instalovali by-pas filtrační přepážky č. 1 a 2 pomocí čerpadla Grundfos UPS 25-40 a zároveň zastavili odstraňování aktivního kalu. Toto nouzové řešení mělo co nejrychleji opět nastartovat proces nitrifikace na polyurethanových filtrech. Čerpadlo bylo nastaveno tak, aby průtok čerpané vody činil $41,5 \text{ dm}^3\cdot\text{min}^{-1}$, tím jsme zvýšili o 100 % zatížení filtrů. Celkový průtok vody čistící nádrží byl vlastně připojením čerpadla zdvojnásoben a pohyboval se kolem $80 \text{ dm}^3\cdot\text{min}^{-1}$.

Při kontrolním měření 26. 4. 2011, byla opět provedena analýza vzorků na výtoku z obou akvaterárií a za oběma filtry. Došlo ke snížení CHSK_{Mn} a alkality, viz tabulka č. 17. Také se snížily koncentrace amonných iontů a dusitanů pod kritickou hodnotu, což znamená, že došlo k opětovnému nastartování nitrifikačního procesu. Odvozené hodnoty pro volný amoniak dle tabulky č. 18, byly při tomto měření již velmi nízké, viz tabulka č. 22, proto ze strany amoniaku nehrozilo vodním živočichům žádné nebezpečí. Koncentrace dusičnanů se opět zvýšily, ale na vodní organismy v tomto systému zatím nemají škodlivé účinky, i když se v literatuře uvádí maximální tolerance okolo $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Tato hodnota se totiž týká především menších druhů ryb žijících v menších akváriích. Vezmeme-li v úvahu

větší velikost a hmotnost živočichů chovaných v akvateráriích Zoo Brno, neměly by ani tak vysoké koncentrace dusičnanů, jako $230 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ohrožovat jejich zdravotní stav. Také došlo ke zvýšení vodivosti, ale v této hodnotě se pouze odráží vysoké koncentrace dusičnanů. Na zdraví chovaných živočichů to nemá nežádoucí vliv, protože většina vodních organismů má schopnost přizpůsobit se různým hodnotám vodivosti. Instalací by-pasu oběhového čerpadla Grundfos UPS 25-40 se tedy skutečně podařilo vyřešit problém s kriticky narůstajícími amonnými ionty a dusitany, tzn. nastartovat správnou funkci nitrifikace za relativně nízkou cenu. Odhad provozních nákladů je u tohoto čerpadla asi 8,-- Kč za den. Čerpadlo bylo zoologické zahradě zapůjčeno, až do definitivního vyřešení problémů s osádkou želv. Čerpadlo má zvyšovat efektivní zatížení filtrů, dokud nebudou z čistící nádrže přemístěny vodní želvy do vhodnějších prostor. Metabolické produkty těchto želv umístěných v prostoru mezi filtračními přepážkami, by totiž po odstranění čerpadla i nadále nepříznivě ovlivňovaly procesy čištění.

8.2.2. Návrh na úsporu energie

Ekonomika provozu v Tropickém království by se ještě podstatně zlepšila záměnou kalových čerpadel, která čerpají vodu z čistící nádrže do jednotlivých akvaterárií, za čerpadla oběhová. Nyní jsou zde připojena dvě kalová čerpadla, každé o výkonu 1 000 W. Před třemi lety došlo k odstranění nitrifikačních kolon, jež byly součástí čistícího procesu. Tím se výrazně snížil odpor systému. Aktuální výtlačná výška je asi 3 m. Kdyby se tedy stávající kalová čerpadla nahradila dvěma oběhovými čerpadly UPS 25-60 s proměnným výkonem 5 - 45 W, došlo by k výrazné roční úspoře energie:

Spotřeba energie stávajících čerpadel:

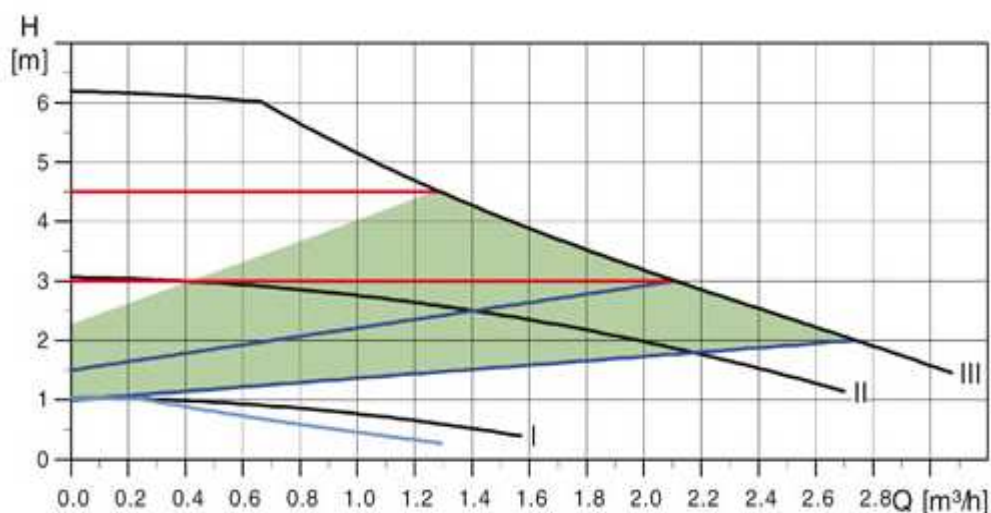
$$2000W \cdot 365dní \cdot 24hodin = 17520kWh$$

Spotřeba energie po výměně čerpadel:

$$70W \cdot 365dní \cdot 24hodin = 613,2kWh$$

Tyto výpočty se vztahují na nepřetržitou činnost čerpadel po celý rok. Ve skutečnosti nejsou čerpadla v činnosti celoročně, ale jsou vypínána při výměně filtrů. Úspora energie by však byla stále ve stejném poměru. Proto by toto řešení snížilo v Tropickém království spotřebu energie a tím i finančních prostředků. Čerpací zkouškou byla ověřena možnost použití tohoto typu čerpadla. Červená linie na grafu č. 3 ukazuje testované body výtlačné výšky. Z naměřených dat je zřejmé, že dosáhneme požadovaného průtoku $36 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Graf č. 3: Pracovní oblast oběhového čerpadla UPS 25-60, tzn. závislost výtlačné výšky čerpadla na průtoku vody [62]



9. ZÁVĚR

V teoretické části této práce bylo zmapováno vodní hospodářství Zoo Brno. Byla navržena konkrétní řešení pro vylepšení vodního hospodářství. Je potřebné vybudovat zesilovací čerpací stanici a nové rozvody pro užitkovou vodu, přičemž část rozvodů bude vybudována již v letošním roce. Také by bylo vhodné zmodernizovat některé vodní prvky v expozicích.

Experimentální část práce byla zaměřena na analýzu vodního hospodářství pavilonu plazů, nazývaného též Tropické království. V tomto pavilonu byl kontrolován technologický proces čištění vody v akvateráriích. Výsledky sledovaných parametrů byly srovnány s hodnotami naměřenými roku 2009. Jakost vody byla v kritickém stavu a nevyhovovala požadavkům na život chovaných živočichů, protože došlo k narušení nitrifikace na polyurethanových filtrech čistící nádrže. Tento stav byl způsoben zásahem do technologie filtrace umístěním vodních želv mezi filtry do čistící nádrže bez adekvátního zvýšení zatížení filtrů. Bohužel v současnosti zoo nemá pro umístění vodních želv vhodnější prostory. Prioritou tedy bylo opět nastartovat čistící proces instalací by-pasu oběhového čerpadla Grundfos UPS 25-40. Voda byla čerpána z prostoru za filtrem č. 2 opět před filtr č. 1, tím bylo přiměřeně zvýšeno zatížení filtrační přepážky č. 1 i 2. Čistící proces byl úspěšně obnoven, což prokázaly naměřené hodnoty v tabulce č. 17 z 26. 4. 2011. Při maximálním výkonu čerpadla 45 W, byl průtok čerpané vody $41,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Odhad provozních nákladů pro čerpadlo je asi 8,-- Kč za den, což znamená, že bylo čištění obnoveno za relativně nízkou cenu. Čerpadlo bylo zoologické zahradě zapůjčeno pro podporu čistícího procesu až do okamžiku dokud nebudou vodní želvy z čistící nádrže přemístěny do vhodnějších prostor. Metabolické produkty těchto želv by totiž po odstranění čerpadla i nadále nepříznivě ovlivňovaly procesy čištění. Také jsme doporučili zachovat po celou dobu zvýšené množství aktivního kalu v prostoru před přepážkou č. 1 i za cenu dočasně zvýšených hodnot CHSK_{Mn} .

Z naměřených hodnot lze tedy usoudit, že živočichové chování ve velkém i malém akvateráriu mají opět vytvořeny optimální podmínky pro svůj život.

Také byla navržena varianta na úsporu energie v Tropickém království, které by se dalo docílit výměnou stávajících kalových čerpadel, čerpajících vodu z čistící nádrže do jednotlivých akvaterárií, za čerpadla oběhová s nižším příkonem. Úsporou energie by se snížily finanční náklady na provoz pavilonu.

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Zoo Brno [online]. c2007 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/o-nas/historie/>>.
- [2] ŠTISS, Emil. *35 zastavení v Zoo Brno : Zoologická zahrada města Brna 1953 - 1988*. Brno : Městské kulturní středisko S. K. Neumanna v Brně, 1989. 59 s.
- [3] FOKT, Michael. *Zoologické zahrady České republiky a okolních zemí*. První vydání. Praha : Nakladatelství Academia, 2008. 398 s. ISBN 978-80-200-1620-1.
- [4] KUNDERA, Josef. *Voda v zoologické zahradě*. Brno, Leden 2006. 20 s.
- [5] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Praha 6 : Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. 592 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [6] KUNDERA, Josef. Zoo chce rozumně hospodařit s vodou. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Zář 2004, roč. 6, 3, s. 6-7.
- [7] KUNDERA, Josef. Vrty v údolí Svratky ušetří pitnou vodu. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Prosinec 2006, roč. 8, 4, s.11.
- [8] KUNDERA, Josef. Zahrada čerpá vodu z vlastního zdroje. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Zář 2009, roč. 11, 3, s. 11.
- [9] *Osobní sdělení vodohospodáře Zoo Brno pana Ing. Josefa Kundery, CSc., Březen 2011*.
- [10] Česká republika. 252/2004 Sb. Hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontrol. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2004, č. 252. Dostupný také zWWW: <http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?number1=252%2F2004&number2=&name=&text=>>.
- [11] Česká republika. 254/2001 Sb. Vodní zákon. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2001, č. 254. Dostupný také z WWW: <http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?number1=254%2F2001&number2=&name=&text=>>.
- [12] GÁBRIŠ, Jiří. Vlci přinesli do Brna kus Kanady. *ZOO report*. 2004, roč. 6, 3, s. 6-7.
- [13] *Osobní sdělení vodohospodáře Zoo Brno pana Ing. Josefa Kundery, CSc., Únor 2009*.
- [14] STUHLÍK, Eduard. Není Beringie jako Beringie. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Prosinec 2009, roč. 11, č. 4, s. 11.
- [15] STUHLÍK, Eduard. Vítejtev Beringii!. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Zář - prosinec 2010, roč. 12, č. 3-4, s. 4.
- [16] STUHLÍK, Eduard. Medvědi kamčatští jsou už v Brně jako doma. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Zář - prosinec 2010, roč. 12, č. 3-4, s. 5.

- [17] WALTER, Miloslav. Místo vhodné pro život. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Září - prosinec 2010, roč. 12, č. 3-4, s. 6.
- [18] WALTER, Miloslav. V menších expozicích se objeví další zvířata. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Září - prosinec 2010, roč. 12, č. 3-4, s. 7.
- [19] STUHLÍK, Eduard. Kamčatské chalupy. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Září - prosinec 2010, roč. 12, č. 3-4, s. 8.
- [20] STUHLÍK, Eduard. Co je Beringie. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Září - prosinec 2010, roč. 12, č. 3-4, s. 9.
- [21] DUCHOŇ, Petr. Město Brno a jeho zoologická zahrada. *ZOO report*. 1999, č. 1, s. 1. Dostupný z WWW: <http://www.zoobrno.cz/files/200000199-d949ddb3dc/ZOO_report_1_99.pdf>.
- [22] KRÁL, Bohumil. Tropické království - počátek nové koncepce. *ZOO report*. 1999, č. 1, s. 2-3. Dostupný z WWW: <http://www.zoobrno.cz/files/200000199-d949ddb3dc/ZOO_report_1_99.pdf>.
- [23] Zoo Brno [online]. c2007 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata/>>.
- [24] CAMPOS, Z; SANAIONTTI, T; MAGNUSSON, WE. Maximum size of dwarf caiman, *Paleosuchus palpebrosus* (Cuvier, 1807), in the Amazon and habitats surrounding the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia*. 2010, 3, s. 439-442. ISSN 0173-5373.
- [25] JUNK, Wolfgang, et al. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences : Research Across Boundaries*. 2005, n. 3, s. 278 - 309. Dostupný také z WWW: <<http://www.springerlink.com/content/p6j80u07747104k3/>>.
- [26] PROCHÁZKA, Miroslav. *Malý obrazový atlas krokodýlů*. první. České Budějovice : Studio Gabreta spol, s.r.o., 2009. 45 s. ISBN 978-80-86610-41-2.
- [27] MORAVEC, Jiří. *Obojživelníci, plazi : Svět zvířat VII.*. 1. vydání. Praha : Albatros nakladatelství a.s., 1999. 183 s.
- [28] *ZOO Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-04-10]. Kajmánek trpasličí: Zoologická zahrada Brno. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata/&wWGoVVF9YX1RdeFYsBA=515&wWGoVV15fRnxVFm8=&wQmoVRBZs=>>>.
- [29] KOŘÍNEK, Milan. *Zoologická zahrada*. První vydání. Olomouc : Rubico, 1999. 328 s. ISBN 80-85839-29-6.
- [30] *Osobní sdělení zaměstnance Tropického království Zoo Brno pana Michala Balcara, Duben 2011.*
- [31] BALCAR, Michal. Orlicie bornejská : *Orlitia borneensis*. *Fauna*. 2005, 16, 24, s. 6-9.

- [32] *ZOO Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-04-10]. Orlicie bornejská: Zoologická zahrada Brno. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata/&wWGoVVF9YX1RdeFYsBA=585&wWGoVVI5fRnxVFm8=&wQmoVRBZs=>>>.
- [33] *1000 ryb*. Praha : Svojtka & Co.,s.r.o., 2008. 384 s. ISBN 978-80-7352-725-9.
- [34] *ZOO Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-04-10]. Piraña: Zoologická zahrada Brno. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata/&wWGoVVF9YX1RdeFYsBA=602&wWGoVVI5fRnxVFm8=&wQmoVRBZs=>>>.
- [35] *Akvarijní ryby : Velký obrazový atlas*. české vydání první. Praha 3 : Svojtka a Co.,s.r.o., 1999. 258 s. ISBN 80-7237-098-7.
- [36] RAGHAVAN, Rajeev, et al. Exotic fish species in a global biodiversity hotspot: Observations from River Chalakudy, part of Western Ghats, Kerala, India. *Biological Invasions*. 2008, n. 1, s. 37 - 40. ISSN 1387-3547. Dostupný také z WWW: <<http://www.springerlink.com/content/p6j80u07747104k3/>>.
- [37] BALCAR, Michal. Dracéna guayanská poprvé v Brně. *ZOO report : magazín pro přátele Zoo Brno*. Zář 2005, roč. 7, č. 3, s. 11.
- [38] MESQUITA, DO, et al. At the water's edge: Ecology of semiaquatic Teiids in Brazilian Amazon. *Journal of herpetology*. June 2006, 2, s. 221 - 229.
- [39] *ZOO Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-04-10]. Dracéna guayanská: Zoologická zahrada Brno. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata/&wWGoVVF9YX1RdeFYsBA=490&wWGoVVI5fRnxVFm8=&wQmoVRBZs=>>>.
- [40] *Akvarijní ryby : Velký obrazový atlas*. české vydání první. Praha 3 : Svojtka a Co.,s.r.o., 1999. 258 s. ISBN 80-7237-098-7.
- [41] VERHOEF, Esther. *Akvarijní ryby : Praktická encyklopedie*. 3. vydání 2010. Praha : Rebo Productions CZ, spol, s.r.o., 2010. 208 s. ISBN 978-80-255-0234-1.
- [42] VESELÝ, Alexandr. Vrubozubec paví : *Astronotus ocellatus*. *FAUNA*. 1. 4. 2005, roč. 16, č. 7, s. 6.
- [43] KOCOUREK, Ivan. Vrubozubec paví v akváriu : *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831). *FAUNA*. 24. 10. 2008, roč. 19, č. 21, s. 5.
- [44] *ZOO Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-04-10]. Vrubozubec paví: Zoologická zahrada Brno. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata/&wWGoVVF9YX1RdeFYsBA=646&wWGoVVI5fRnxVFm8=&wQmoVRBZs=>>>.
- [45] MEDUNA, Petr. Obyčejný krunýřovec : *Ancistrus species*. *FAUNA*. 25. 5. 2007, roč. 18, č. 11, s. 5 - 7.

- [46] *ZOO Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-04-10]. Krunýřovec velkoploutvý: Zoologická zahrada Brno. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata/&wWGoVVF9YX1RdeFYsBA=549&wWGoVV15fRnxVFm8=&wQmoVRBZs=>>>.
- [47] *domácích mazlíčcích* [online]. 2010 [cit. 2011-04-10]. Krunýřovec síťovaný, Krunýřovec velkoploutvý. Dostupné z WWW: <<http://domacimazlicky.blog.cz/1005/krunyrovec-sitovany-krunyrovec-velkoploutvy>>.
- [48] *Aquapage.cz* [online]. 2006, 2010 [cit. 2011-04-11]. Akara modrá - *Aequidens pulcher*. Dostupné z WWW: <<http://www.aquapage.cz/akvarijsni-ryby/1-aequidens-pulcher.html>>.
- [49] *Velká encyklopedie akvarijských rybiček* [online]. 25. 10. 2007, poslední změna 26. 4. 2009 [cit. 2011-04-11]. Akara modrá - *Aequidens pulcher*. Dostupné z WWW: <http://akvapedie.cz/akara-modra_aequidens-pulcher/>.
- [50] KŮS, Evžen. *Ryby*. Druhé aktualizované vydání. Praha 10 - Vršovice : Aventinum s. r. o., 2008. 255 s. ISBN 978-80-86858-74-6.
- [51] *Rybicky.net* [online]. 2009, poslední změna 11. 4. 2011 [cit. 2011-04-11]. Akara modrá - *Adinoacara pulcher*. Dostupné z WWW: <http://rybicky.net/atlasryb/akara_modra>.
- [52] ČSN ISO 10523. *Jakost vod - Stanovení pH*. Praha: Český normalizační institut, 1. 2. 1996. 4 s.
- [53] ČSN EN 27888. *Jakost vod - Stanovení elektrické konduktivity*. Praha: Český normalizační institut, 1. 6. 1996. 4 s.
- [54] ČSN EN ISO 9963-1. *Jakost vod - Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK) : Část 1: Stanovení KNK4.5 a KNK8.3*. Praha: Český normalizační institut, Červen 1996. 4 s.
- [55] ČSN EN ISO 8467. *Jakost vod - Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem (CHSK_{Mn})*. Praha: Český normalizační institut, Únor 1997. 9 s.
- [56] ČSN ISO 7150 - 1. *Jakost vod - Stanovení amonných iontů. : část 1: Manuální spektrometrická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 1. 6. 1994. 12 s.
- [57] ČSN EN 26777. *Jakost vod - Stanovení dusitanů. : Molekulární absorpční spektrofotometrická metoda (ISO 6777:1984)*. Praha: Český normalizační institut, 1. 6. 1994. 12 s.
- [58] ČSN ISO 7890-3. *Jakost vod - Stanovení dusičnanů. Část 3: Spektrometrická metoda s kyselinou sulfosalicylovou*. Praha: Český normalizační institut, 1. 1. 1995. 8 s.
- [59] KOTLÍK, Josef. *Systém osvětlení – Tropické království*. Technická studie, P. R. P. spol. s. r. o. Brno. Brno 1998.
- [60] KOTLÍK, Josef. *Technologie čištění a úpravy vody – Tropické království*. Prováděcí projekt, P. R. P. spol. s. r. o. Brno. Brno 1998.

- [61] SCOTT, Peter W. *Akvárium : Praktická příručka pro zakládání, ošetřování a udržování sladkovodních a mořských akvárií*. Vydání třetí. Praha : Euromedia Group, k. s., 2002. 192 s. ISBN 80-249-0092-0.
- [62] *Osobní sdělení Ing. Josefa Kotlíka, CSc., Duben 2011.*
- [63] FRANK, Stanislav. *100 + 1 záluďných otázek - AKVARISTIKA*. Vydání první. Praha 10 : Aventinum s. r. o., 2007. 200 s. ISBN 80-86858-30-8.
- [64] REJLKOVÁ, Markéta. *Chemie vody* [online]. c2005 [cit. 2011-04-30]. Chemie vody pro akvaristy. Dostupné z WWW: <<http://maniakva.sweb.cz/chemie4.htm>>.
- [65] HOFMANN, Jaroslav ; NOVÁK, Jindřich. *Akvárium sladkovodní a mořské : Praktické návody k založení a ošetřování*. Vydání první. Praha 1 : Nakladatelství Brázda s.r.o., 1999. 204 s. ISBN 80-209-0281-3.
- [66] KROUPOVÁ, Hana. *A study of the effects of nitrite on fish and possible ways to reduce its negative impact*. Vodňany, 2007. 110 s. Ph.D. thesis. University of South Bohemia České Budějovice. ISBN 80-85887-67-3.
- [67] *Interní dokumenty Zoo Brno, Březen 2009.*
- [68] *Interní dokumenty Zoo Brno, Duben 2011.*

11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratky:

UCSZ	Unie českých a slovenských zoologických zahrad
EAZA	Evropská asociace zoologických zahrad a akvárií
EARAZA	Euroasijská asociace zoologických zahrad a akvárií
WAZA	Světová asociace zoologických zahrad a akvárií
IZE	Mezinárodní asociace vzdělávacích pracovníků zoologických zahrad
CITES	Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin
IUCN	Mezinárodní unie pro ochranu přírody a přírodních zdrojů
VUT	Vysoké učení technické
T – kus	Potrubí ve tvaru písmene T
DN	Průměr potrubí [mm]
Q_p	Průměrná denní potřeba vody [m^3]
Q_m	Maximální denní potřeba vody [m^3]
Tzn.	To znamená
Pozn.	Poznámka

12. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Mapa rozvodů pitné a užitkové vody v Zoologické zahradě Brno [67]

Příloha č. 2: Mapa zoo – rozdělení na jednotlivé oblasti, v nichž se bude postupně renovovat potrubní síť užitkové vody [68]

Příloha č. 3: Mapa cirkulace vody v expozici tygrů sumaterských a levhartů cejlonských [67]

Příloha č. 4: Mapa cirkulace vody v expozici vlků arktických a bobrů kanadských [67]

Příloha č. 5: Schéma souboru expozic Beringia č. 1 [68]

Příloha č. 6: Schéma souboru expozic Beringia č. 2 [68]

Příloha č. 7: Schéma čistící nádrže v Tropickém království – varianta s jedním polyurethanovým filtrem [60]

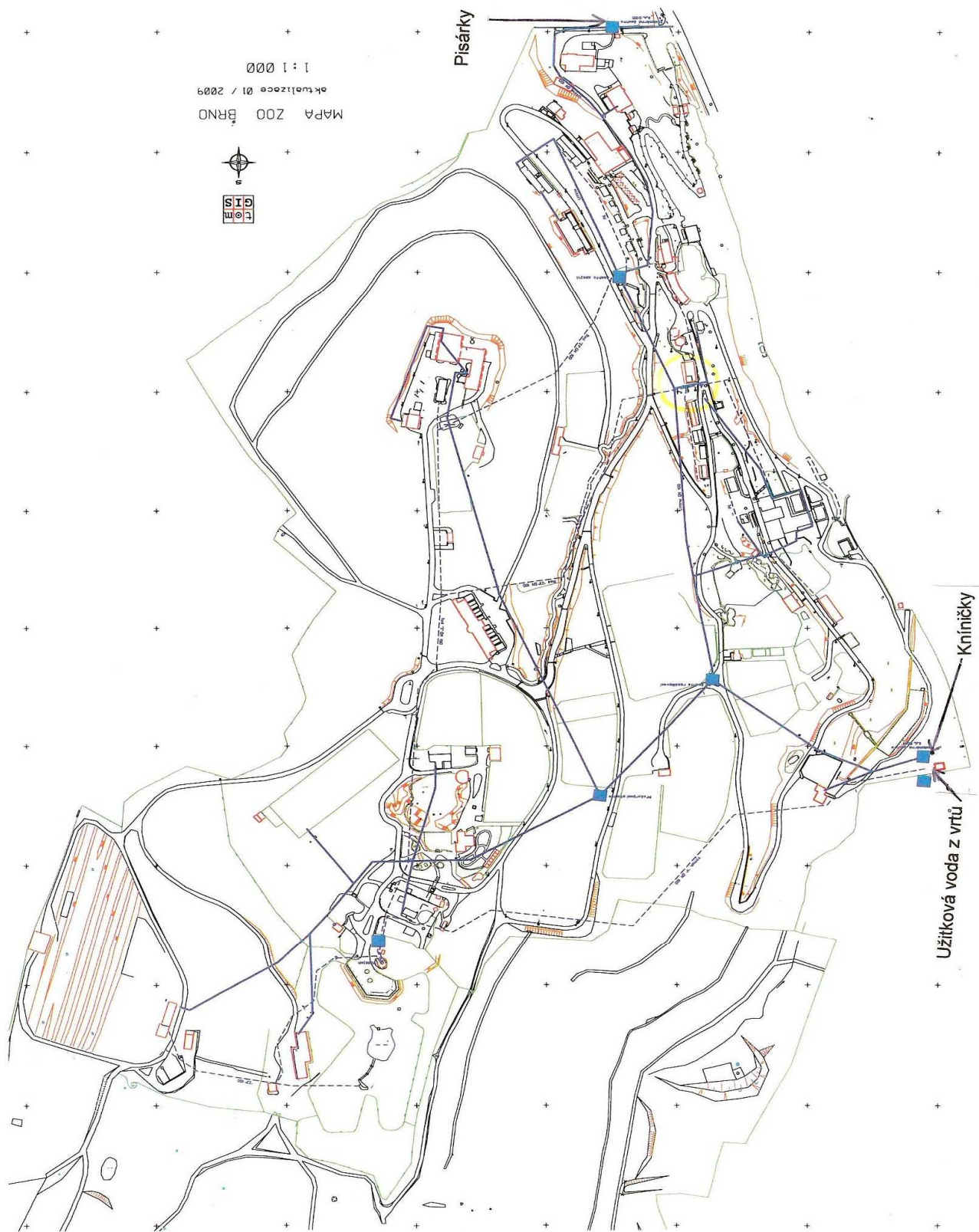
Použité fotografie:

Fotografie - obrázek č. 18 a 19 viz citace.

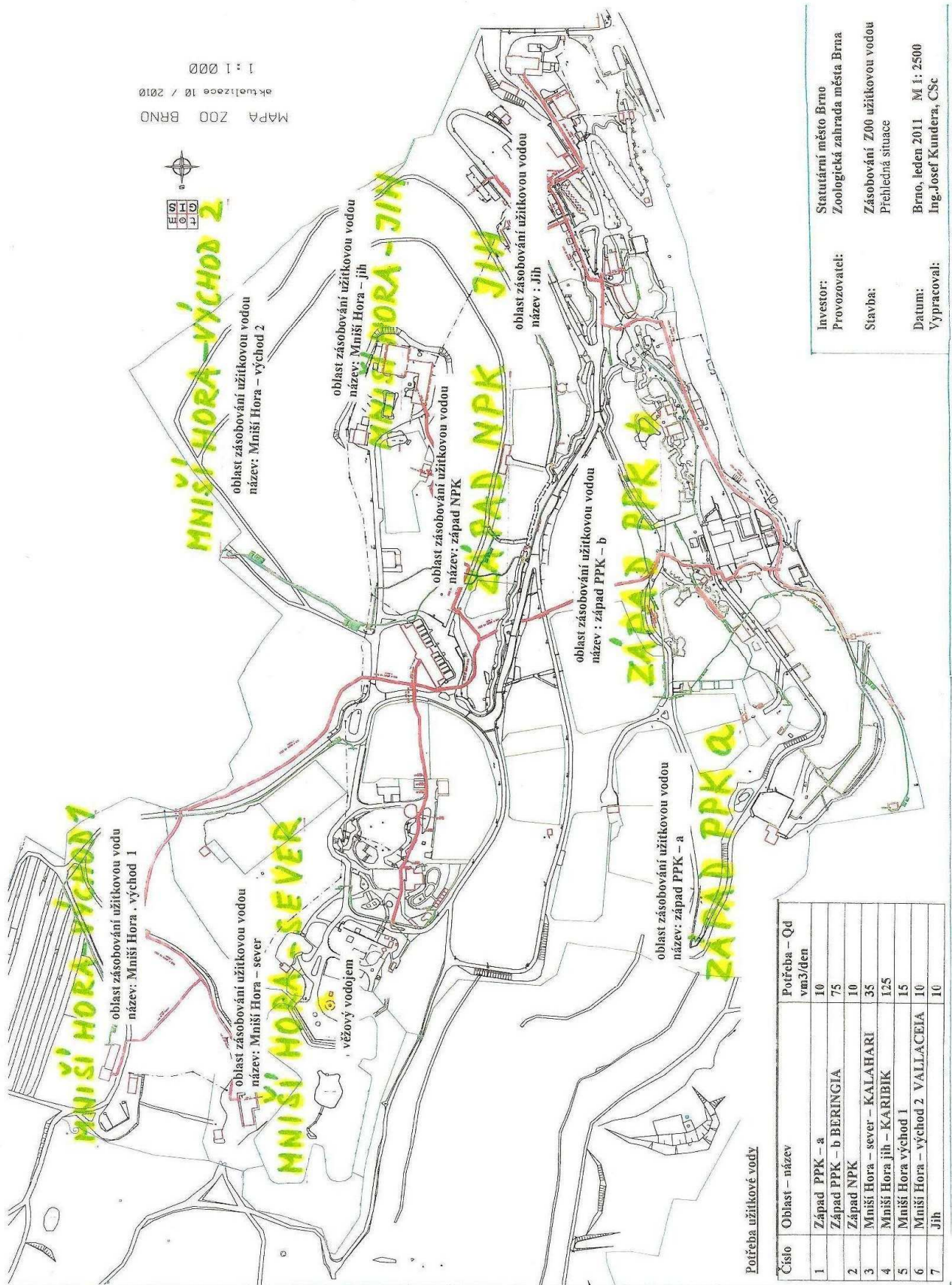
Ostatní fotografie: Bc. Hana Jančurová

13. PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Mapa rozvodů pitné a užitkové vody v Zoologické zahradě Brno



Příloha č. 2: Mapa zoo – rozdělení na jednotlivé oblasti, v nichž se bude postupně renovovat potrubní síť užitkové vody



Příloha č. 4: Mapa cirkulace vody v expozici vlků arktických a bobrů kanadských



Příloha č. 7: Schéma čistící nádrže v Tropickém království – varianta s jedním polyurethanovým filtrem

