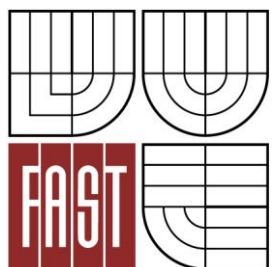




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

PŘÍRODNÍ KOUPALIŠTĚ PRO MALOU OBEC

NATURAL SWIMMING POOL FOR A SMALL MUNICIPALITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL MRKÝVKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL KRIŠKA, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Michal Mrkývka
Název	Přírodní koupaliště pro malou obec
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Michal Kriška, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	16. 3. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016
V Brně dne 16. 3. 2015	

.....
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá přírodními koupacími biotopy. V první části se zaměřuje na princip čištění vod přírodního koupaliště, zařízení sloužící k provozu, vlastnosti vody, vhodnými druhy rostlin a právními předpisy udávanými státem. Ve druhé části představuje tři vybrané přírodní koupaliště na jižní Moravě, porovnává vybrané ukazatele v koupací vodě a zdrojové vodě přírodního biotopu. Nejprve vyobrazuje grafický průběh teploty, průhlednosti a znečištění v konkrétním biotopu a poté srovnává jednotlivé biotopy mezi sebou s ohledem na vyhlášku Ministerstva zdravotnictví.

Klíčová slova

Přírodní koupaliště, koupací biotop, znečištění vody, teplota vody, průhlednost vody, vlastnosti vody, vyhláška 238/2011 Sb., vodní rostliny, koupání bez chemie

Abstract

Bachelor thesis deal with natural swimming biotope. In the first part concentrates on the principle of water purification natural swimming pool, a device used for the operation, properties of water, right sort of plant and regulations dictated by the state. In the second part presents free selected natural swimming pool in southern Moravia, compares selected indicators in bathing water and source water in natural biotope. At first depicts graphic progress of temperature, transparency and pollution in a particular biotope and then compares individual biotope between them with respect to the notice of the Ministry of Health.

Keywords

Natural swimming pool, swimming biotope, pollution of water, temperature of water, transparency of water, properties of water, notice 238/2011 Coll., water plants, swimming without chemistry

...

Bibliografická citace VŠKP

Michal Mrkývka *Přírodní koupaliště pro malou obec*. Brno, 2016. 103 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Michal Kriška, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2016

.....
podpis autora
Michal Mrkývka

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Michalu Kriškovi, Ph.D. za poskytnuté materiály a konzultace při vypracování mé bakalářské práce, Sáře Jerwanové, Milanu Blahákovi a Ing. Vladimíru Šimečkovi za poskytnuté materiály.

Obsah

1	Úvod a cíle	10
2	Hydrobiologie	11
3	Vlastnosti vody	12
3.1	Hustota vody a její anomálie.....	12
3.2	Viskozita vody	13
3.3	Povrchové napětí.....	13
3.4	Tepelné vlastnosti vody.....	14
3.5	Reakce vody (pH)	14
3.6	Hydrostatický tlak	15
4	Koloběh látek ve vodách.....	16
4.1	Koloběh kyslíku	16
4.2	Koloběh fosforu	17
4.3	Koloběh dusíku	19
4.4	Koloběh uhlíku a uhličitanový systém.....	20
5	Zdroje a spotřeba užitkové vody.....	22
6	Umístění, velikost a tvar koupacího biotopu	23
7	Zařízení biotopu.....	24
7.1	Vodní nádrže bez aktivní cirkulace.....	24
7.2	Nádrže s aktivní cirkulací vody.....	24
7.2.1	Čerpadla	24
7.2.2	Trubní rozvody	25
7.2.3	Výtlačné potrubí	25
7.2.4	Prameniště.....	25
8	Princip ekologického koupacího biotopu	27
8.1	Nekton	28
8.2	Bentos.....	28
8.3	Plankton.....	29
8.4	Zdrojová voda a voda pro doplňování	30
8.5	Udržování nízké koncentrace fosforu a dalších živin	31
8.6	Pravidelné omlazování systému	31
8.7	Vodní fauna.....	32
8.8	Dostupné nechemické pojistné mechanismy	33

9	Vodní rostliny v biotopu	34
10	Legislativa.....	62
10.1	Hodnocení jakosti vody.....	62
10.2	Zákonem stanovené ukazatele jakosti koupacích vod	64
10.2.1	Sinice	64
10.2.2	Escherichia coli.....	64
10.2.3	Pseudomonas aeruginosa	65
10.2.4	Intestinální enterokoky	65
10.3	Pravidla pro hodnocení jakosti vod v přírodních koupalištích.....	66
10.3.1	Voda vhodná ke koupání	66
10.3.2	Voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi	66
10.3.3	Zhoršená jakost vody	67
10.3.4	Voda nevhodná ke koupání.....	68
10.3.5	Voda nebezpečná ke koupání	68
11	Praktická část	70
11.1	Koupací biotop Kovalovice.....	70
11.1.1	Grafické znázornění vlastností vody v přírodním koupališti Kovalovice	73
11.2	Koupací biotop Brno-jih	76
11.2.1	Grafické znázornění vlastností vody v přírodním koupališti Brno-jih	80
11.3	Koupací biotop Bohuslavice	83
11.3.1	Grafické znázornění vlastností vody v přírodním koupališti Bohuslavice	86
11.4	Grafické srovnání vlastností vody mezi biotopy v roce 2015.....	90
11.4.1	Srovnání teploty vody v biotopech	90
11.4.2	Srovnání průhlednosti vody v biotopech	91
11.4.3	Srovnání znečištění vody v biotopu bakterií Escherichia coli	92
11.4.4	Srovnání znečištění vody v biotopu intestinálními enterokoky.....	93
11.4.5	Srovnání znečištění vody v biotopu Pseudomonas aeruginosa	93
12	Závěr	94
13	Použité zdroje	95
13.1	Literatura	95
13.2	Elektronické dokumenty	95
13.3	Webové stránky.....	95
13.4	Zdroje obrázků	98
14	Seznam obrázků.....	100

15	Seznam tabulek.....	103
----	---------------------	-----

1 Úvod a cíle

Ve své bakalářské práci se zabývám přírodními koupacími v biotopy. Zaměřuji se na princip samočištění vody, na základní vlastnosti vody a vyberu vhodné druhy vodních rostlin, které se mohou vyskytovat v přírodním koupališti.

Hlavní částí této práce je srovnání kvality koupací vody ve vybraných biotopech. Mezi vybranými biotopy je přírodní koupaliště v Kovalovicích, brněnské městské části Brno-jih a Bohuslavicích u Kyjova. Podle chemických rozborů vody provedených v akreditovaných zkušebních laboratořích jsem zhodnotil kritéria průhlednosti vody a znečištění, které je udáváno státní vyhláškou č. 238/2011 Sb. vydanou Ministerstvem zdravotnictví České republiky. Jako zajímavý faktor jsem zařadil také teplotu vody, která se měří každý den koupací sezóny v místě koupaliště. Cílem práce je nejen vysvětlit danou problematiku a seznámit s ní ostatní, kteří se tomuto tématu tolik nevěnují a třeba taky nevěří, že by něco takového mohlo fungovat, ale zjistit zda vybrané koupací biotopy plní svou funkci a vyhovují státem předepsaným pravidlům a přesvědčit tím možné pochybovače, že něco takového může fungovat i v našich krajinách, tak jako v Rakousku.

Dalo by se říct, že to byl i důvod proč jsem si vybral právě toto téma jako svou závěrečnou práci bakalářského studia. Jistě tím hlavním důvodem bylo dozvědět se něco víc o tomto nepříliš veřejností známém tématu. Mám rád přírodu a myslím, že koupat se v chemicky neupravované vodě je mnohem lepší než ve vodě plné chlóru. Nezbývá než doufat, že třeba i má práce přispěje k vybudování dalších přírodních koupacích biotopů.

2 Hydrobiologie

Jelikož jsou přírodní koupaliště založené na přirozeném čištění, které vylučuje použití jakéhokoli chemického přípravku, předpokládá se u takového systému, že dochází k účinnému samočištění. V důsledku toho je tedy předpokladem intenzivní rozvoj mikroorganismů (nižších i vyšších), které ve spolupráci s mokřadní vegetací zajišťují optimální udržování kvality vody v biotopu. Problematiku nejlépe popisuje vědní obor hydrobiologie, který vzniká spojením slov hydrologie (voda) + biologie (živé organismy).

Hydrobiologie se zabývá studiem veškeré vodní složky biosféry, jejího mořského i sladkovodního celku. Svou plochou i objemem tvoří oba vodní celky podstatnou část celé biosféry. Světové oceány a moře pokrývají 70,8 % zemského povrchu. Povrchové vody sladkovodního celku pokrývají asi jenom 2 % zemského povrchu, ale uvážíme-li rozložení tohoto celku, tak je rozsah podstatně větší než u mořského celku. Velká rozmanitost je závislá na atmosférických srážkách a koloběhu vody v biosféře.

Veškeré pevninské vodstvo rozdělujeme na vody podzemní (průlinové, puklinové) a vody povrchové (tekoucí, stojaté).

Vodní bilance určitého povodí a jeho vodních biotopů včetně lokálního koloběhu vody je výsledkem interakce více činitelů (dešťové srážky, odtok, odpar, transpirace rostlin, zásak). Z vodohospodářského hlediska má pro některé povodí mimořádný význam poměr mezi množstvím vody srážkové a množstvím vody odtékající.

Hydrobiologie je součástí jednoho z hlavních směrů současné biologie prostředí, která se vyznačuje ekologickým hlediskem při studiu procesů probíhajících ve vodních nádržích a tocích. (*Lellák J., 1992*)

Přírodní koupaliště a biotopy lze tedy považovat za biologické nádrže, přičemž správně pochopená hydrobiologie je předpokladem k čisté vodě za jakékoli provozní situace

3 Vlastnosti vody

Přírodní koupaliště jsou složité systémy, lze na ně pohlížet ze spousty vědních oborů. Kromě hydrologie a biologie je na místě i pohled fyzikální, zahrnující hustotu vody (zejména závislost na teplotě), viskozitu vody (v případě dopravy vody v rámci přečerpávání mezi dílčími částmi koupaliště), pH vody (ovlivňující samotnou biologii) apod.

Z fyzikálního a chemického hlediska je voda velmi komplikovanou sloučeninou s řadou jedinečných vlastností, přičemž vykazuje anomálie ve všech svých vlastnostech. Molekula vody má tvar rovnoramenného trojúhelníku odpovídajícího postavení obou atomů vodíku vůči atomu kyslíku. Oba atomy vodíku svírají úhel 105°, jejich vzdálenost od atomu kyslíku je 0,096 nm. (Lellák J., 1992)

3.1 Hustota vody a její anomálie

Na první pohled hustota vody nesouvisí s přírodními koupališti, nicméně opak je pravdou. Člověk pro koupání požaduje příjemnou teplotu vody, čerpání, expozice vůči slunci a další faktory tento požadavek podstatně ovlivňují.

Hustota vody je závislá na množství rozpuštěných látek, na teplotě a na tlaku. Se zvyšujícím se obsahem rozpuštěných látek stoupá téměř lineárně také hustota. Množství rozpuštěných látek obvykle nepřesahuje 1 g/l, v našich podmínkách 0,5 – 1,0 g/l. (Lellák J., 1992)

Hustota sladkých vod je výrazně ovlivňována teplotou, přičemž se ve vztahu mezi teplotou a hustotou vody uplatňuje pozoruhodná anomálie (viz tabulka č. 1). Voda má nejvyšší hustotu při teplotě 3,94 °C. Na jaře a na podzim dochází k promíchávání vody. Tomuto jevu se říká jarní a podzimní cirkulace vody. Biologický význam cirkulace vody je v tom, že živiny dna putují do prosvětlené vrchní vrstvy vodního sloupce, kde umožňují rozvoj fytoplanktonu. (Sukop I., 2006)

V létě dochází ke stagnaci - u dna je nejtěžší vrstva chladné vody. Nad ní je vrstva, ve které dochází k rychlé změně teploty a u hladiny je teplota nejvyšší. V zimě je nejtěžší - tentokrát nejteplejší - voda u dna a chladnější a lehčí u hladiny. (Ekologická koupací jezírka, 2005)

Jednotlivé vrstvy vody v nádrži v době stagnace se vrství v závislosti na hustotě a teplotě vody. Vrstva vody u hladiny se nazývá epilimnion, pod ní se nachází metalimnion a nejhlubší vrstva je hypolimnion. Změny hustoty způsobené změnou teploty výrazně ovlivňují podmínky, za kterých přežívají vodní organismy zimní období. Teplotní vrstevnatost znemožňuje hluboké promrzání vody. Vrstva ledu zamezuje hlubšímu ochlazování spodních vrstev, které si tak zachovávají teplotu přibližně 4 °C. (Sukop I., 2006)

Tabulka č. 1: Relativní hustota sladké vody v závislosti na teplotě

Teplota [°C]	0	2	4	10	20
Hustota [g/cm ³]	0,999874	0,999970	1,000000	0,999731	0,998235

Velká hustota vody má pronikavý vliv na stavbu těla vodních živočichů. Zatímco hranice tělesného růstu suchozemských živočichů je omezována pevností kostry

a schopností končetin udržet hmotnost těla a zajistit dostatečný pohyb. Protože hustota vodních živočichů je blízká hustotě vody, nejčastěji blízko hodnoty $1,05 \text{ g/cm}^3$, tak vodním živočichům stačí k zajištění opory a pohybu méně výkonné pohybové orgány a slaběji vytvořené kostry než živočichům suchozemským. Podobně je tomu u rostlin. (Lellák J., 1992)

3.2 Viskozita vody

Fyzikální veličina viskozita vody neboli vazkost vody, je velmi důležitým faktorem při návrhu nejen přírodního koupaliště, zejména při návrhu čerpadel. Viskozita voda je úzce spojena s teplotou a hustotou vody.

Viskozita neboli vnitřní tření charakterizuje odpor, který klade voda vlastnímu pohybu nebo jiné vzájemné změně částic vodní masy. Rychlost pohybu živočichů ve vodě je menší než rychlost na souši, protože voda klade větší odpor než vzduch. (Sukop I.; 2006)

Odpovídá síle potřebné k posunu 1 kg za 1 s o 1 m . Jednotkou této veličiny je 1 pascalsekunda . Viskozita vody je 100x větší než viskozita, a navíc je výrazně ovlivňována teplotou (viz tabulka č. 2). Tato závislost viskozity vody na teplotě má ve vodních ekosystémech velký biologický význam, protože výrazně ovlivňuje vznášející se a plovoucí organismy. (Lellák J., 1992)

Tabulka č. 2: Závislost dynamické a kinematické viskozity na teplotě

Teplota [°C]	Dynamická viskozita [Pa.s] x 10^{-3}	%	Kinematická viskozita [m^2/s] x 10^{-6}
0	1,787	100,0	1,771
5	1,561	84,8	1,561
10	1,306	78,7	1,304
15	1,138	63,7	1,139
20	1,002	56,0	1,004
25	0,890	49,8	0,892

Kinematická viskozita prostředí (ovlivněná zemskou přitažlivostí) je dána poměrem mezi dynamickou viskozitou a hustotou. V teplé vodě se organismus pohybuje s menším výdajem energie, ale současně také klesá rychleji než ve studené vodě. Podobně se zvyšuje nebo snižuje mechanická unášecí síla pohybující se vody. Biologický význam viskozity vody a její hustoty je komplikován tím, že změny obou faktorů v závislosti na teplotě nejsou lineární. Při dvojnásobné změně viskozity se totiž hustota změní jen o $0,2 \%$. (Lellák J., 1992)

3.3 Povrchové napětí

Povrchové napětí je taková vlastnost vody, která umožňuje udržet se na hladině některým rostlinám nebo živočichů, kteří zde buď žijí nebo jim vodní hladina slouží pro rozmnožování.

Na rozhraní mezi kapalným a plynným prostředím vzniká zvýšenou soudržností molekul vody biologicky velmi důležité povrchové napětí. Jeho hodnota je závislá na teplotě a obsahu látek rozpuštěných ve vodě. Pokud jde o přirozené látky, může být povrchové napětí vody sníženo vysokým obsahem huminových látek a mimobuněčných výměšků planktonních řas a sinic, zejména v době silných vegetačních zákalů a vodních

květů. Povrchové napětí vody poskytuje řadě vodních organismů stabilizační plochu a oporu k trvalému nebo přechodnému pobytu. Některé rostliny jsou vázány na vodní hladinu, někteří živočichové pobíhají po povrchové blance a někteří kladou na vodní hladinu svá vajíčka, která zde plavou až do vylíhnutí. (Lellák J., 1992)

3.4 Tepelné vlastnosti vody

Na ohřev koupací vody v přírodních koupalištích má největší podíl energie ze slunečního záření, které dodává koupací vodě potřebné teplo pro příjemné koupání. I když v horkých letních dnech už teplota koupací vody pro někoho nemusí být tak příjemná a osvěžující. Teplota vody se na koupacích biotopech pravidelně měří a zaznamenává do knihy denních záznamů.

Sluneční záření, zemské teplo nebo lidská činnost mohou být zdrojem tepla vody. Energie ze slunečního záření je hlavním zdrojem tepla na Zemi. (Sukop I., 2006)

Voda v kapalném stavu má velkou měrou tepelnou kapacitu. K ohřátí 1 kg vody o 1 °C při 15 °C je třeba dodat 4,186 kJ. Vyšší hodnoty má jenom helium a vodík. Ostatní kapaliny i pevné látky mají mnohem nižší hodnoty. Měrná tepelná kapacita ledu je 2,04 kJ/kg/K, vzduch při 20 °C a tlaku 0,1 MPa má měrnou tepelnou kapacitu 1,00 kJ/kg/K. Vysoké specifické teplo ovšem znamená, že ohřáté masy vody určité nádrže působí jako akumulátor tepla, který může být opět uvolňováno do okolního prostředí v době ochlazení.

Voda má rovněž vysoká skupenská tepla tuhnutí a varu. Při přeměně 1 kg vody ze skupenství kapalného na pevné se uvolní 333,7 kJ. Totéž množství tepla musí být dodáno při tání 1 kg ledu. Mnohem vyšší je skupenské teplo varu, případně kondenzace vody. Pro přeměnu 1 kg vody v páru je nutno dodat 2255,5 kJ. Totéž množství tepelné energie se uvolní při kondenzaci 1 kg vody.

Všechny uvedené specifické tepelné vlastnosti vody a jejich kombinace dodávají vodním biotopům vysokou tepelnou stabilitu a termickou kapacitu. (Lellák J., 1992)

3.5 Reakce vody (pH)

Tato vlastnost vody je zřejmě nejproměnlivější ze všech sledovaných faktorů v koupací vodě. Je ovlivňována především fotosyntézou vodních rostlin. Vyšší hodnoty pH společně s vyšší teplotou a vyšším obsahem kyslíku ve vodě vytvářejí ideální podmínky pro vznik vodního květu, který je v přírodním koupališti nežádoucí.

Kyselost vodných roztoků je způsobena nadbytkem vodíkových H^+ iontů ($pH < 7$), zásaditost nadbytkem hydroxylových iontů OH^- ($pH > 7$). V přirozených vodách je reakce vody určována rovnovážnými stavy mezi kyselinou uhličitou a jejími solemi, ale velmi často především mezi volným oxidem uhličitým a hydrogenuhličitanem. Jakákoli změna v koncentraci jednoho z těchto iontů má za následek změnu v koncentraci druhého.

Pro vyjádření kyselé či alkalické reakce vody se používá tzv. vodíkového exponentu pH, definovaného jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů podle $pH = -\log[H^+]$, kde H^+ je koncentrace vodíkových iontů v roztoku udaná v jednotkách mol/l. V čisté vodě je disociováno 10^{-7} mol/l a pH vody je označováno jako pH 7. Počet vodíkových a hydroxylových iontů je roven, reakce vody je neutrální. Jestliže obsah H^+ iontů vzroste stonásobně, tj. 10^{-5} mol/l čili pH 5, roztok bude kyselý. Jestliže

obsah H^+ iontů stonásobně poklesne, tj. 10^{-9} mol/l na pH 9, roztok bude zásaditý. Celkový rozsah stupnice je od 1 do 14.

Přirozené vody představují roztoky různých látek proměnlivých koncentrací. Jejich reakce kolísá od pH 3 v kyselých rašelinných vodách s velkým obsahem huminových kyselin po pH 10 ve vodách s vysokým obsahem uhličitanů a bohatými porosty vegetace. Intenzivní fotosyntéza rostlin, spojená s odčerpáváním CO_2 z vody, může způsobit vzestup alkalické reakce vody na hodnotu pH 11.

Reakce vody může výrazně ovlivnit život vodních organismů nádrže nebo toku. Některé druhy živočichů snášejí velké rozpětí pH vody (např. vírník, ploštěnka). Některé druhy zase naopak snášejí jen malé výkyvy pH vody (např. Nálevník). I krátkodobá zvýšení pH v rybnících způsobená intenzivní fotosyntézou mohou mít katastrofální důsledky na rybí osádku. (Lellák J., 1992)

K okyselování vod dochází při jarním tání sněhu nebo při kyselých deštích, které vznikají při spalování fosilních paliv. (Sukop I., 2006)

3.6 Hydrostatický tlak

Na přírodním koupališti se nebude hydrostatický tlak měnit tak výrazně jako třeba v mořích a oceánech, protože koupací plocha nedosahuje tak velkých hloubek. Nicméně i tak je to důležitá vlastnost vody a je třeba se o ní zmínit.

Atmosférický tlak na mořské hladině odpovídá hodnotě blízké 0,1 MPa. S hloubkou roste tlak vody na každých 10 m o 0,1 MPa, což znamená, že v hlubokých jezerech, a zvláště v hloubkách oceánů, jsou organismy vystaveny obrovskému tlaku oproti podmínkám u hladiny. Dříve se nevěřilo, že v hloubkách okolo 10 000 m při tlaku 100 MPa mohou žít nějaké organismy. Dnes už víme, že i největší hlubiny jsou hojně obydleny pestrá faunou ostnokožců, mnohoštětinatců, trubicovců, korýšů a ryb.

Na tento faktor nejsou nijak vodní živočichové specificky adaptováni. Vnější zvýšený tlak se vyrovnává s vnitřním tlakem tělních tekutin. Nebezpečné jsou náhlé změny tlaku. (Lellák J., 1992)

Tlak ovlivňuje hustotu vody, takže ve velkých hloubkách může být dosaženo nejvyšší hustoty při teplotě pod 4 °C. Se zvyšujícím tlakem se i zvyšuje rozpustnost plynů ve vodě. (Sukop I., 2006)

Rozhodujícím faktorem umožňující existenci života i za obrovských tlaků v oceánských hlubinách je jedna z pozoruhodných vlastností vody, její nestlačitelnost. Při tlaku 40 MPa zmenšuje voda svůj objem pouze asi o 2 %. Voda je hlavní objemovou složkou těl všech organismů.

Všeobecně mají větší odolnost vůči vysokému tlaku živočichové, kteří nemají v těle prostory vyplněné vzduchem. U ryb se vzdušným měchýřem, stejně jako u potápějících se ptáků nebo savců, dochází ke zvyšování tlaku k velkým změnám objemu vzduchu v souladu s jeho stlačitelností. V hloubce 10 m je objem vzduchu v plicích stlačen na polovinu a ve 40 m na pětinu vzhledem k objemu u hladiny. Zvyšování tlaku proto způsobuje u živočichů dýchající vzdušný kyslík důležité změny v tenzi plynů rozpuštěných v tělních tekutinách a v buněčné protoplazmě. Při náhlém snížení tlaku dochází za určitých okolností k uvolnění rozpuštěných plynů a vzniklé bublinky způsobují tzv. plynou embolii (kesonová nemoc). (Lellák J., 1992)

4 Koloběh látek ve vodách

4.1 Koloběh kyslíku

Kyslíkový režim je jedním z nejdůležitějších faktorů vodních systémů. Je nezbytný pro řadu důležitých i biochemických procesů a reakcí.

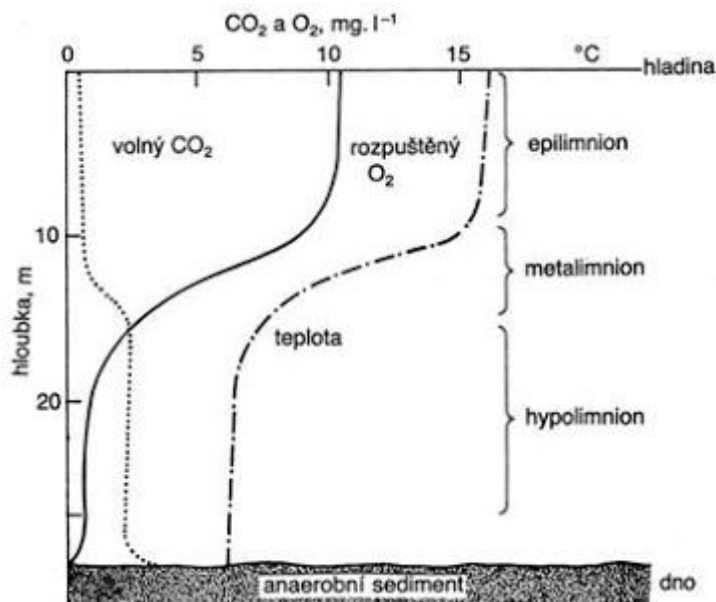
Aktuální obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě určité nádrže nebo toku pochází ze vzduchu a z fotosyntetické činnosti vodních rostlin. Rostlinný podíl produkce kyslíku závisí na druhu a množství rostlin, na délce a intenzitě efektivního osvětlení a na dostatku vhodných živin. Kyslík spotřebovávají při dýchání jak živočichové, tak rostliny. Množství absorbovaného kyslíku z ovzduší přímou difúzí závisí na velikosti styčné plochy vody a vzduchu, na barometrickém tlaku ovzduší, salinitě, na pohybu a turbulenci povrchových vrstev vyvolaných větrem, a zvláště na teplotě (viz tabulka č. 3).

Tabulka č. 3: Obsah rozpuštěného kyslíku při 100% nasycení vody při různých teplotách a při atmosférickém tlaku

Teplota [°C]	0	5	10	15	20	25	30
Obsah O ₂ [mg/l]	14,16	12,37	10,92	9,76	8,84	8,11	7,53

Relativní podíl kyslíku je oproti dusíku ve vodě podstatně větší než v ovzduší. Relativní objemový podíl O:N je tedy ve vodě v poměru 1:2, zatímco v ovzduší je v poměru 1:5. V nezakalené vodě s bohatou vegetací a fotosyntetickou aktivitou může výrazně narůstat množství rozpuštěného O₂ v prosvětlené vrstvě. Maximální koncentrace obvykle dosahuje v pozdním odpolední, kdy může dojít k výraznému přesycení vody rozpuštěným kyslíkem. Během noci dýcháním rostlin a živočichů dochází opět k poklesu obsahu O₂ ve vodě. Ve vodním sloupci se projevuje výraznou kyslíkovou stratifikací fotosyntetická produkce O₂ v horní dobře prosvětlené vrstvě a jeho respirační odčerpávání ve spodní zóně bez přístupu světla (viz obrázek č. 1).

Denní křivky kyslíkového režimu spolu s CO₂ a pH režimem ve vodním sloupci nádrží dávají obraz o fotosyntetické aktivitě vodního ekosystému. Toto kolísání se označuje jako kyslíkové pulsy. Mohou být různě modifikovány rozvrstvením fotosyntetizujících řas ve vodním sloupci, horizontální a vertikální cirkulací vody v nádržích. V přirozených vodách se na odčerpávání rozpuštěného kyslíku podílí řada činitelů. Vedle dýchání živočichů a rostlin je to spotřeba kyslíku při rozkladu organické hmoty bakteriemi, přítok podzemích vod s nízkým obsahem O₂, vzestup teploty. Průchod bublin ostatních plynů vodním sloupcem rovněž účinně snižuje obsah rozpuštěného O₂. Zvláště výrazný úbytek O₂ může být vyvolán současným působením několika uvedených faktorů. Různé druhy vodních živočichů a rostlin vykazují široké spektrum adaptací na získávání O₂ potřebného k dýchání a k přežití kritických období s kyslíkovým deficitem v prostředí.



Obrázek č. 1: Průběh vertikální stratifikace rozpuštěného kyslíku

Kyslíkový režim je důležitým kritériem při hodnocení kvality vody. Vodní nádrže a toky s velkým organickým znečištěním mají nedostatek rozpuštěného O_2 . Proces samočištění ve vodách je však závislý na dostatku rozpuštěného O_2 ve vodě, nehledě na sedimentaci, podílející se rovněž na samočisticích procesech, ale nezávisle na kyslíkovém režimu ve vodě. Je-li při rozkladných procesech ve vodním systému spotřebován veškerý rozpuštěný kyslík, pokračuje rozklad organických látek anaerobní cestou.

Do koloběhu O_2 významně zasahuje v současné době člověk. Při spalování fosilních paliv se ročně spotřebuje $2 \cdot 10^{10}$ t O_2 . To znamená, že roční spotřeba kyslíku člověkem se přibližuje přirozené spotřebě O_2 při dýchání živočichů, rostlin, mikroorganismů a zvětrávání hornin. Úvahy o nebezpečí plynoucím ze snižování množství nebo vyčerpání O_2 z ovzduší vlivem lidské činnosti jsou zatím neopodstatněné. Přímá měření koncentrace O_2 po dobu více než deset let nevykázala žádný pokles O_2 v ovzduší. Odhaduje se, že i kdyby všechna fosilní paliva byla spálena v krátké době, poklesl by obsah kyslíku v ovzduší asi o 1 %. Stabilita obsahu kyslíku v atmosféře je zajišťována fotosyntézou rostlinstva.

Závažnějším faktorem je skutečnost, že stále ubývají plochy rozsáhlých tropických lesů a narůstá znečišťování všech složek biosféry člověkem. (Lellák J., 1992)

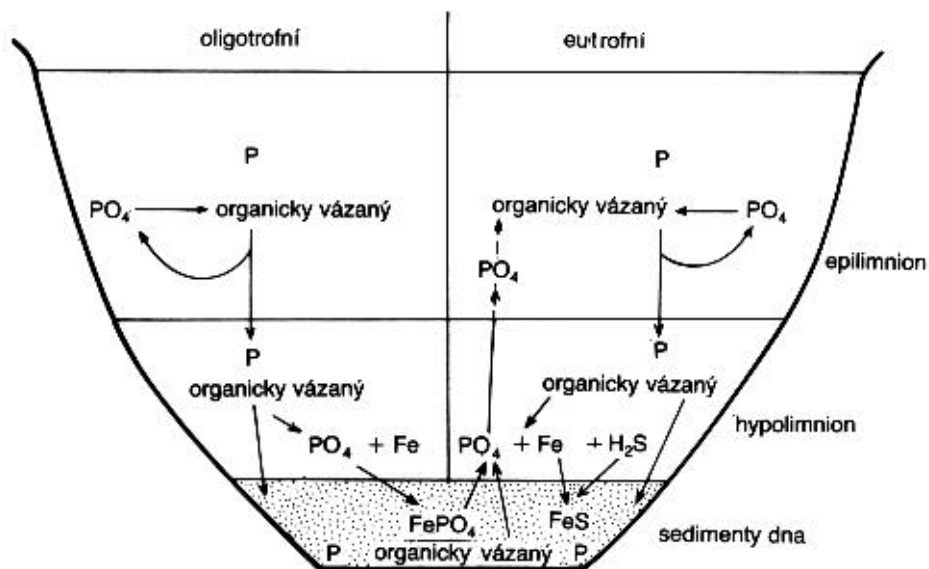
4.2 Koloběh fosforu

Fosfor sice není stavebním prvkem bílkovin, ale bez fosforu není možná syntéza bílkovin, protože fosfor slouží jako palivo biochemických procesů. Hlavním zdrojem fosforu jsou prací prostředky. (Sukop I., 2006)

Ve srovnání s jinými biogenními prvky má fosfor mimořádný význam jako prvek často limitující produkční procesy ve vodních ekosystémech. Je to dáno rozdílem mezi jeho poměrným zastoupením v živých organismech a jeho zdroji v prostředí. V organismech je podíl fosforu vyšší a stálý, v prostředí nižší a proměnlivý, což způsobuje jeho sedimentární cyklus a proměnná intenzita využití rostlinami.

Hlavním zásobníkem fosforu jsou sedimenty a bazické horniny, jejichž součástí bývá často apatit $Ca_3(PO_4)_2$ a které vznikly v dávné geologické historii Země. V zemské kůře je fosfor obsažen ve formě nerozpustných fosforečnanů vápníku, hořčíku, hliníku

a železa. Nahromaděním těchto sloučenin vznikají ložiska fosfátových nerostů. Fosforečnany se z hornin litosféry uvolňují především větráním. Do vodních ekosystémů přicházejí ve formě rozpuštěných ortofosforečnanů nebo jako jejich sraženiny, většinou fosforečnan železitý. Ve formě rozpustných fosforečnanů je fosfor přijímán a využíván fytoplanktonem i bakteriemi a s jejich biomasou přechází do dalších článků produkčního řetězce ekosystému. Po uhynutí bakterií, rostlin i živočichů a mineralizaci protoplazmy jejich těl destruenty se fosfor zčásti vrací do koloběhu ve formě asimilovaného fosfátu, zčásti je vázán v nerozpustné formě v sedimentech nádrží jako nerozpustný FePO_4 (viz obrázek č. 2). V sedimentech probíhá zejména během letních a zemních stagnací (pokud dojde k vyčerpání O_2) redukce trojmocné formy železa a vzniká rozpustná dvojmocná forma. Blokované fosforečnany se zčásti uvolňují do roztoku kontaktních vrstev vody nad sedimenty a v následující jarní, případně podzimní totální cirkulaci se dostanou do celého vodního sloupce. Hlavní podíl na koloběhu fosforu v ekosystémech má ovšem látkový metabolismus organismů, s jejichž exkrekty se fosfor dostává do prostředí v rozpuštěné nebo koloidně rozptýlené formě (v této formě je přijatelný pro rostlinstvo). Intenzivní fotosyntetickou činností rostlin může dojít k vyčerpání reaktivní formy fosforu ve vodních ekosystémech až na mizivé hodnoty.



Obrázek č. 2: Schéma koloběhu fosforu ve vodním ekosystému v interakci se železem a sírou

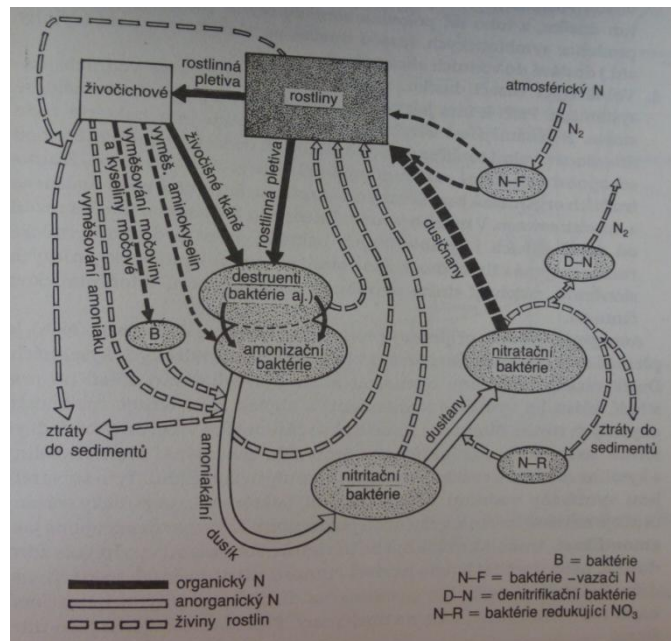
Při výkladu o koloběhu fosforu ve vodních nádržích a tocích je třeba konstatovat, že značná část celkového fosforu ve vodním ekosystému se nalézá ve formě organického fosforu. Jde o fosfor vázaný v protoplazmě všech organismů a jejich zbytků ve volné vodě i v sedimentech.

V globálním měřítku se značná část fosforečnanů uvolněných větráním hornin dostává do kontinentálních nádrží a toků. Odtud je určité množství fosforu vázaného v sedimentech postupně splavováno do moří, kde se usazuje v pásmu šelfů nebo je zaneseno do hlubinných sedimentů. Fosfor deponovaný v hlubinných sedimentech moří představuje však pro sladkovodní i terestrické ekosystémy jeho dlouhodobou ztrátu.

Do přirozeného koloběhu zasahuje stále výrazněji člověk. Stoupá výroba a aplikace fosforečných hnojiv v zemědělství, úprava těžných přirozených fosfátů má negativní důsledky v eutrofizaci vod. (Lellák J., 1992)

4.3 Koloběh dusíku

Dusík patří kvantitativně k hlavním biogenním prvkům spolu s vodíkem, uhlíkem a kyslíkem. Jeho biogeochemický cyklus je značně komplikovaný. Na rozdíl od uhlíku je však dusík hlavní složkou atmosféry (79 %). Naprostá většina biot není schopna atmosférický dusík využívat, přestože suchozemské organismy jsou obklopeny obrovským množstvím dusíku. Organismy jsou schopny přijímat pouze dusík vyskytující se v anorganických nebo organických sloučeninách. Do biologických procesů vstupuje dusík nejčastěji v anorganické formě, zpravidla vázán v dusičnanech, u planktonních řas spíše ve formě amoniaku (viz obrázek č. 3). Sloučeniny dusíku až po dusičnany mohou vznikat z plynného dusíku.



Obrázek č. 3: Koloběh dusíku ve vodním ekosystému

Volný dusík je schopna vázat řada bakterií a sinic. Vazače dusíku lze rozdělit na symbiotické vazače (hlavně bakterie) a na volně žijící vazače (v půdě i ve vodních ekosystémech).

Anorganický dusík, přijímaný producenty ve formě dusičnanů, je přeměňován na organickou formu v bílkovinách a nukleových kyselinách. Dusík vázaný rostlinou biomasou může být vylučován zčásti do prostředí, zčásti ho využívají konzumenti a zbytek se uvolňuje rozkladem uhynulých rostlin. Biomasou živočichů se část dusíku vrací do prostředí ve formě exkrečních produktů jako amoniak, močovina, aminokyseliny a kyselina močová a rozkladem tkání uhynulých živočichů. Amoniak může být bakteriemi nebo řasami využit jako zdroj dusíku, nebo dochází k jeho oxidaci činností nitrifikačních bakterií.

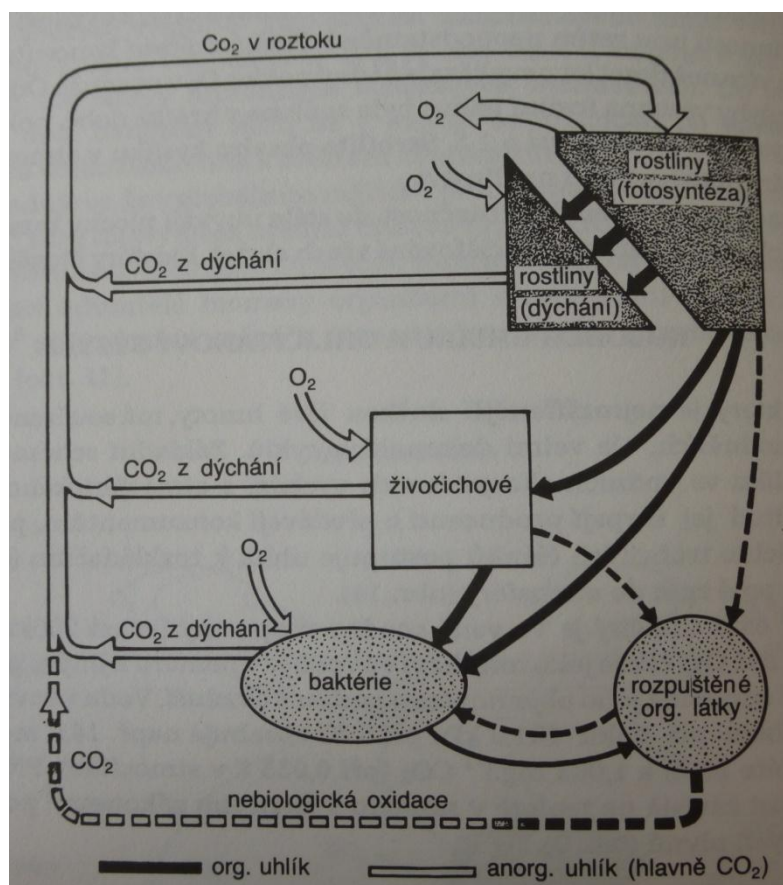
Při nedostatku kyslíku v prostředí mohou některé bakterie (např. *Pseudomonas*) využívat dusičnany jako zdroj kyslíku. Bakterie redukují dusičnany částečně na amoniak

a částečně na plynný dusík. Ten se vrací difúzí přes vodní hladinu do ovzduší, pokud není opětovně využit v tomtéž ekosystému. Tento proces se nazývá denitrifikace.

Procesy nitrifikace a denitrifikace mají těsný vztah k produkčním procesům ve vodních ekosystémech a uskutečňují plnou recyklaci dusíku mezi ovzduším a biotickou složkou ekosystému.

4.4 Koloběh uhlíku a uhličitanový systém

Uhlík, který je nejrozšířenější formou živé hmoty, má současně jeden z nejjednodušších, ale velmi dokonalých cyklů. Základní schéma koloběhu uhlíku ve vodních ekosystémech vychází z atmosférického rezervoáru, odtud jej čerpají producenti a předávají konzumentům, přičemž z obou těchto trofických článků postupuje uhlík k rozkradačům a poté zpět o atmosféry (viz obrázek č. 4).



Obrázek č. 4: Koloběh oxidu uhličitého ve vodních ekosystémech

Plynný oxid uhličitý je ve vodě snadno rozpustný, takže jeho množství ve vodě je v poměru k jiným plynům vyšší než odpovídá jeho objemovému podílu v ovzduší. Rozpustnost uhlíku je závislá na teplotě podobně jako jiné plyny (viz tabulka č. 4).

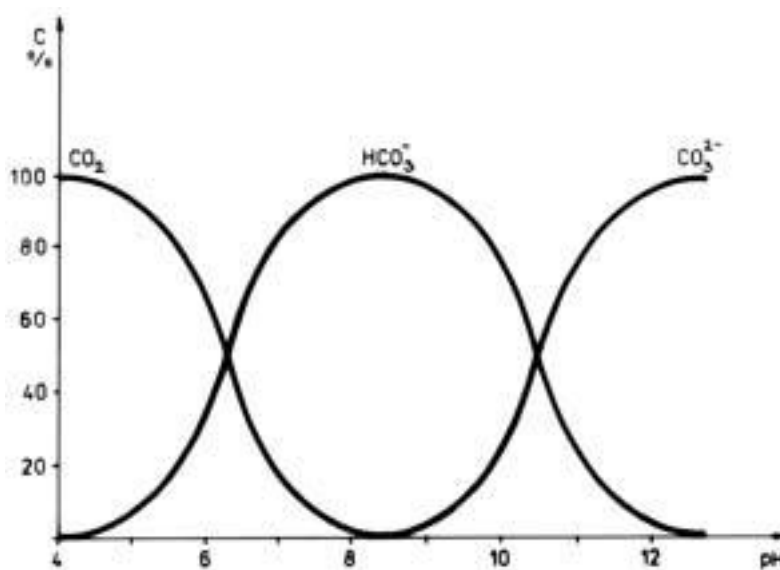
Tabulka č. 4: Množství rozpuštěného CO₂ při 100% nasycení vody v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku 101,0 kPa a při 0,033 % objemového obsahu CO₂ v atmosféře

Teplota [°C]	0	10	20	30
Obsah CO ₂ [mg/l]	1,005	0,70	0,51	0,38

Na dalším zvýšení obsahu volného CO₂ ve vodě se však rovněž podílí bakteriální rozklad organické hmoty a dýchání vodních rostlin a živočichů. Rozpuštěný CO₂ se slučuje s vodou na kyselinu uhličitou ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$). Kyselina uhličitá je částečně disociována na ionty H⁺ a na hydrogenuhličitanové anionty HCO₃⁻. Hydrogenuhličitanové ionty dále disociují na vodíkové a uhličitanové ionty CO₃²⁻, zvyšující tak obsah H⁺ iontů v roztoku. Plynný oxid uhličitý obsažený ve vodě v souladu s teplotou je označován jako volný. Vyskytuje se ve vodách s vysokou uhličitanovou tvrdostí. Mnohem více oxidu uhličitého je přítomno ve formě rozpustných hydrouhličitanů Ca(HCO₃)₂. Tento zdroj oxidu uhličitého je označován jako vázaný CO₂. Hydrouhličitan mohou řasy rovněž využívat jako zdroj uhlíku. Při intenzivní fotosyntéze rostlin a odčerpávání zdroje vázaného zdroje uhlíku spojeného s vysokými hodnotami pH dochází k přeměně rozpustného hydrouhličitanu na uhličitan vápenatý s velmi nízkou rozpustností.

V kyselých vodách je vázaný CO₂ přeměňován ve volnou formu. Při hodnotách pH blízkých neutrálnímu prostředí je většina CO₂ vázána v uhličitanech (viz obrázek č. 5). Se vzrůstem obsahu hydrouhličitanových a uhličitanových aniontů roste alkalita. CO₂, pH a alkalita jsou navzájem v přímé závislosti.

Fotosyntéza vodních rostlin, pohyb vodních mas a povrchová difúze vede ke ztrátě CO₂ z ekosystému. Volný CO₂ je obvykle ve větším množství nashromážděn u dna mělkých vod a v hypolimnionu jako výsledek mikrobiálního rozkladu organické hmoty. Za těchto podmínek může plynný CO₂ unikat ve formě bublinek vystupujících k hladině a do ovzduší.



Obrázek č. 5: Změny v relativním zastoupení oxidu uhličitého, hydrouhličitanů a uhličitanů ve vodních nádržích v závislosti na změnách pH vody

5 Zdroje a spotřeba užitkové vody

Voda patří k nejdůležitějším prvkům potřebným pro život. Bez vody neexistoval život nejen na planetě Zemi, ale kdekoli jinde ve vesmíru.

Nároky na zdroje sladkých vod se zvyšují nejenom růstem populace, ale současně i rychlým nárůstem potřeby a spotřeby vody na osobu a den. Je to důsledek rozvoje techniky a technologie výroby, růstu průmyslové i zemědělské produkce a spotřeby a procesu urbanizace. Veškeré zásoby sladkých vod jsou obnovovány pouze dešťovými srážkami. Do oceánů odtéká řekami asi jedna třetina a zbylé dvě třetiny se odpaří z půdy a povrchu rostlin. Skutečná potřeba pitné vody domácností činí v průměru asi 100 l/os/d. Nedostatek vody v mnoha oblastech je způsoben řadou příčin, zejména však tím, že rozložení dešťových srážek a světových vodních zdrojů je velmi nerovnoměrné. Nebezpečný není absolutní nedostatek vody, ale problém zásobování deficitních oblastí vodou z oblastí s přebytkem vody.

Voda se proto stává nenahraditelnou složkou uspokojování potřeb obyvatelstva a základní podmínkou existence živých organismů.

Získávání pitné a užitkové vody pro lidstvo je výhodné pomocí odsolování mořské vody, protože tyto zdroje jsou prakticky nevyčerpatelné a navíc je odsolování finančně výhodnější než dovážení vody na velké vzdálenosti. Známe několik metod odsolování, ale nejefektivnější je destilace, pomocí které nejlépe odstraňujeme velké spektrum chemických složek mořské vody. Další metoda odsolování mořské vody je založena na principu elektrodialýzy. Záporně nabitě anionty putují k anodě, kde tvoří příslušné kyseliny a kladně nabitě kationty putují ke katodě, kde dávají příslušné hydroxidy. Vnitřní prostor je tedy rozdělen na anodovou kyselou část, katodovou alkalickou část a na střední neutrální prostředí, kde je obsažena voda chudší na soli. (*Lellák J., 1992*)

6 Umístění, velikost a tvar koupacího biotopu

Všechny tři zmíněné faktory záleží jen na uvážení investora, ale své rozhodnutí by měl prokonzultovat s projektantem nebo s osobou zkušenější v oboru než je on sám. Koupací biotop je nejvýhodnější umístit tak, aby nedocházelo ke zbytečným hydraulickým ztrátám a tím pádem i k prodražování výstavby, což určitě velká většina investorů přivítá velmi pozitivně.

Pro umístění biotopu je dobré volit přirozené prohlubně nebo terénní zlomy. Výhodou by měla být slunná poloha v sousedství travnaté plochy či terasy. Pro velikost biotopu je rozhodující velikost zájmového území. Chceme-li mít v biotopu koupací část alespoň pro dvě plavající osoby, měla by mít délku 8 m (4 plavecká tempa) a šířku 4 m (2 osoby vedle sebe). Uvědomíme-li si, že regenerační část musí mít minimálně stejnou plochu jako koupací část, dostáváme minimální plochu 64 m². Doporučená hloubka je 1,5 – 2,3 m.

Čím je větší objem vody, tím lépe se vytváří biologická rovnováha, která je pro fungující biotop nutná.

Celkový tvar záleží na možnostech využití zájmového území a na přání investora, ale většinou bývá nepravidelný. Regenerační část nemusí být nutně spojena s koupací částí. Toto řešení ovšem vyžaduje již složitější technické zařízení pro přečerpávání vody. Nezbytné je vytvořit přístupy k vodě a k technickým prvkům, které jsou s ní spojeny. Velkým nebezpečím pro každý koupací biotop je povrchová voda, která ho může při přívalových deštích znehodnotit. Tomu lze zabránit vhodným umístěním biotopu a modelací terénu. (*Ekologická koupací jezírka, 2005*)

7 Zařízení biotopu

K funkci přírodních koupališť je potřeba nejen samočisticí faktor přírody, ale taky technická zařízení, která udržují cirkulaci vody. Biotop může fungovat i bez technických pomůcek, ale s tímto typem se můžeme setkat opravdu jen výjimečně.

Většina biotopů vytváří uzavřené systémy, tzn., že nemají trvalý přítok vody a voda cirkuluje v uzavřeném okruhu. Je také nutné doplňovat ztráty vody způsobené odparem. Skutečnost, že nádrž nemá trvalý přítok vody, přináší výhody i nevýhody. Biotop se během sezóny až dvou ustálí v rovině, která odpovídá zejména světelným a teplotním poměrům, takže kvalita výchozího zdroje vody není z dlouhodobého hlediska rozhodující. Naopak vytvořená rostlinná společenstva, celkový objem systému, intenzita cirkulace a kvalita doplňované vody vytvářejí proměnlivý a souhrnný vliv na vodní biotop. (*Ekologická koupací jezírka, 2005*)

7.1 Vodní nádrže bez aktivní cirkulace

Biologicky vyvážené nádrže bez jakékoli aktivní cirkulace pomocí čerpadel mají jedno z největších kouzel. Základní podmínkou je však správně určit poměry aktivního povrchu substrátu a kořenů rostlin ve vztahu k volné vodě, hloubce vodního sloupce. Pohyb živin v substrátu je podmíněn osmotickými silami (rozpuštěné látky se pohybují z místa vyšší koncentrace do míst s nižší koncentrací) a cirkulací vody závislou na změnách teploty. Výhodou minimálního pohybu vody a malého objemu rozpuštěného kyslíku v substrátu (anaerobní prostředí) je průběžná mineralizace dusíku pomocí denitrifikačních bakterií až na plynný dusík, který se částečně vrací přes hladinu do atmosféry. Je to jediný biologicky proces redukce dusíku ve vodním prostředí. (*Ekologická koupací jezírka, 2005*)

7.2 Nádrže s aktivní cirkulací vody

Tyto systémy vyžadují příkon energie zajišťující oběh a filtraci vody. V každém případě musí být zřízen přepad vody, aby bylo možné odvádět přebytečné vodní srážky.

7.2.1 Čerpadla

Při projektování koupacího biotopu zvolíme předem místo vhodné pro umístění čerpadla a ventilových rozvodů. Oběhové čerpadlo je nutno osadit vně nádrže, minimálně 10-15 cm pod úroveň hladiny. Pokud je nádrž blízko domu či jiné zahradní stavby, je výhodné umístit čerpadlo v zahloubené šachtě nebo části sklepa co nejbližší biotopu tak, abychom nemuseli budovat dlouhé trubní rozvody.

Mezi klady patří lepší ochrana čerpadla a rozvodů proti povětrnostním vlivům a mrazu v zimním období. Snazší je také obvykle přivedení elektrické energie. Nevýhodou může někdy být budování náročných prostupů přes základy objektu. Prostupy je nutné po protažení potrubí dobře zaizolovat montážní pěnou proti průniku vody z okolí objektu.



Obrázek č. 6: Čerpací stanice na přírodním koupališti Brno-jih

7.2.2 Trubní rozvody

Rozmístění a délka trubních rozvodů vyplynou z pozice jednotlivých prvků cirkulačního systému. Nejčastěji je používána flexi-hadice, která vykazuje dobrou ohebnost a tvarovou stálost.

7.2.3 Výtlačné potrubí

Výtlačné potrubí vedeme z čerpadla k ventilovému rozvodu, kde jej můžeme dále rozdělit na dvě nebo více větví, k prameništi, vodopádu nebo filtru. Osazení jednotlivých větví ventily umožní regulovat množství přiváděné vody do koncových prvků a dosáhnout tak požadovaného funkčního i estetického cíle.

7.2.4 Prameniště

Část vody z biotopu je čerpadlem vytlačena do prameniště, kterým může být například provrtaný větší kámen, potůček nebo vodopád. Zde se voda okysličuje a vrací zpět do biotopu. Velikost prameniště by měla vycházet z celkových proporcí nádrže a zahrady. Budování příliš mohutných pramenišť s velkým průtokem vody má i fyzikální nevýhody. Silné proudění vody zvyšuje odpar a tím i nutnost doplňovat vodu v teplých letních měsících. Důsledkem opětovného doplňování vody je zvyšování koncentrace rozpuštěných minerálních látek ve vodě. Není nutné, aby byly aktivní cirkulační systémy v provozu 24 hodin denně. Každá aktivní cirkulace výrazně zvyšuje přímou ztrátu vody

odparem. Proto je lépe, když je v létě cirkulační zařízení v provozu v ranních a večerních hodinách.

Potůček umožňuje vytváření zajímavých zákoutí. Může volně stékat, ale i vytvářet drobné či větší přejeje a kaskády. Kaskáda může být uspořádána schodovitě nebo s tůňkami mezi jednotlivými stupni. Důležité je dobře stanovit proporce a tím navodit dojem přirozenosti.

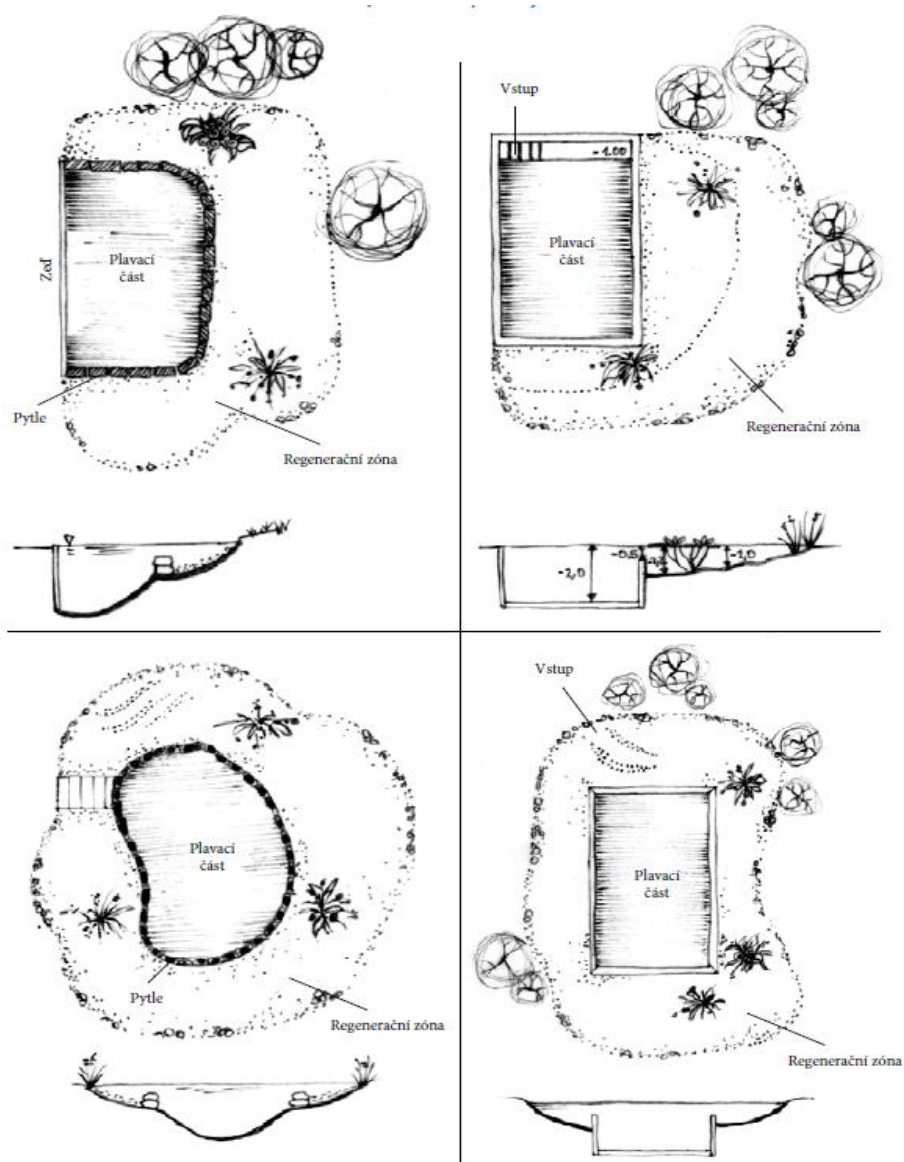
Vodopád je velmi výrazný prvek a je velmi důležité, aby byl proporcionální s vodní hladinou a celkovým prostorem. Hlavním kritériem při volbě materiálu by měla být pevnost, trvanlivost a přijatelný vzhled. Vodopád by měl být natočen směrem k terase, posezení, dřevěnému molu. Nejpřirozeněji působí vodopád, který je zasazen do terénu – do svahu, zídky, či uměle vytvořeného terénního valu. (*Ekologická koupací jezírka, 2005*)

8 Princip ekologického koupacího biotopu

V ekologických koupacích biotopech se voda čistí pouze biologicky součinností rostlin, substrátu a mikroorganismů. Koupeme se tedy v měkké chemicky neupravené vodě. Údržba takového biotopu je méně náročná než péče o dokonalý trávník. Koupací biotop se skládá ze dvou částí (viz obrázek č. 7).

První je takzvaná koupací část, což je nejhlubší zóna s možností vstupu. Je bez substrátu a bez rostlin. Staví se z různých materiálů, ale nejobvyklejší bývá fólie.

Druhou částí je regenerační plocha, což je klidná vodní hladina s hloubkou vody od 0 do 100 cm. Tato část je vyplněná substrátem a osázená speciálními vodními rostlinami. Tyto rostliny vytvářejí s pomocí nejrůznějších mikroorganismů ve vodě biologickou rovnováhu. Z toho důvodu nejsou potřeba žádné chemikálie a další speciální prostředky.



Obrázek č. 7: Příklady řešení koupacích jezírek

Poměr plochy regenerační ke koupací je minimálně 1:1. Dělicí stěny mezi těmito plochami umožňují, aby spolu sousedila místa s různými hloubkami a s různým pohybem

vody. Kromě toho dělicí stěna zabraňuje, aby se substrát dostal do koupací části. (*Ekologická koupací jezírka, 2005*)

Funkci a stabilitu koupacích jezírek lze popsat a pochopit pomocí limnologických, především pak hydrobiologických a hydrochemických principů.

Limnologie je věda o kontinentálních vodních útvarech s pomalou výměnou vody. Součástí limnologie jsou vědy studující celý komplex geologických, fyzikálních, chemických a biologických procesů, které v nich probíhají. Pod limnologii řadíme řadu specializovanějších oborů – např. chemické procesy ve vodě studuje hydrochemie.

Často se také setkáváme s pojmem koupací biotop. Z hlediska hydrobiologického je termín biotop definován jako stanoviště, neboli prostředí, ovlivněné a pozměněné živou složkou přírody - biotou. Můžeme ho chápat jako společné prostředí určitých složek biocenózy (vodních rostlin, zooplanktonu, řas, bakterií v regenerační zóně nebo filtrech), tedy soubor všech vlivů, které vytvářejí životní prostředí koupacího jezírka, především rovnováhu všech zde žijících organismů.

Pro pochopení souvislosti, které mají vliv na kvalitu a stabilitu vody v koupacím jezírku, je nutno znát význam základních pojmů nekton, bentos, plankton a pleuston.

8.1 Nekton

Ke společenstvu nektonu patří živočichové, kteří svou aktivitou jsou schopni překonat sílu proudu. Jsou to např. ryby, obojživelníci, vodní plazi, ptáci, savci a bezobratlí. (*Sukop I, 2006*)

Ryby by v koupacím jezírku neměly být prakticky vůbec nebo jen řádově jednotky kusů. Ondatry, vodní hlodavci apod. jsou v podstatě nevítaní hosté, kteří mohou poškodit nejen vodní rostliny, ale také těsnicí materiály. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

8.2 Bentos

Takto jsou označována společenstva organismů žijících na dně stojatých a tekoucích vod. Dělíme ho na fytobentos a zoobentos. Fytobentos je tvořen nižšími nebo vyššími rostlinami, které jsou zakořeněné ve dně. Zoobentos tvoří živočichové osídlující dna vod. Někteří živočichové žijí na dně po celou dobu života a jiní zde žijí jen v určité fázi života. (*Sukop I, 2006*)

Společenstva organismů dna jsou v případě koupacích jezírek chápána širěji, protože sem započítáváme velmi důležitá společenstva bakterií, která pracují v litorální (mělké) a regenerační zóně. Interakce bentických organismů jsou velmi důležité pro správný růst a zdravotní stav kořenících rostlin. Dobře fungující bakteriobentos by měl udržet živiny, především fosfor, v substrátu tak, že vůbec neprosteoupí do volné vody pro planktonní organismy. Dobře fungující bentická společenstva jsou důležitým hygienizačním faktorem, který produkuje dostatek biologicky aktivních látek (enzymů, antibiotik, alelopatik a kairomonů), které udrží hygienicky důležité skupiny indikačních bakterií pod limity danými platnou legislativou. Bakterioplankton na stěnách z plastů je nebezpečný produkcí slizů (extracelulárních polysacharidů) a může způsobit zranění po uklouznutí. Ve zdravém systému jsou bakterie koncentrovány v substrátech litorálu. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

8.3 Plankton

Planktonní organismy mají velmi slabý pohyb, takže nejsou schopny překonávat silný proud. Ve vodním sloupci se většinou vznášejí a přemísťuje je jen proud vody na různá místa. Můžeme ho rozdělit na fytoplankton a zooplankton. Fytoplankton tvoří především sinice a rozsivky. Zooplankton je tvořen perloočkami a vířníky. Mohou zde být zastoupeny též viry. Viry jsou nebuněčné částice živé hmoty, které se sami nemohou rozmnožovat. (Sukop I., 2006)

Pro funkčnost koupacích biotopů jsou důležité populace a společenstva:

- **virio planktonu** - viry jsou nejpočetnější organismy přírodních vod. Jde o viry pro člověka neškodné a působí jako regulátor rozvoje bakterií.
- **bakterio planktonu** - působí rozptyl světla a zákal vody. Pro kvalitu vody jsou důležitější bakterie bentické – tedy ve dně a na stěnách přisedlé.
- **fyto planktonu** - jednobuněčné, koloniální a vláknité řasy, rozsivky a sinice působí zákal a zbarvení vody, dle množství a dominujících skupin mají vliv na pH a kyslíkový režim nádrže. Dobře fungující systém má dominanci rozsivek a zelených řas v počtech do 2000 buněk/ml).
- **zooplanktonu** - zdravá věková a druhová struktura zooplanktonu je základem čiré vody bez dominance fytoplanktonu. Vířníci (např. Obrněnka) filtrují nálevníky a bakterie, korýši (např. Hrotnatka) filtrují především řasy a sinice. Jde o nejúčinnější filtrační zařízení koupacích biotopů (např. jeden jedinec Hrotnatky velké přefiltruje za den cca 2 litry vody).

Celosvětově byla v limnologii přijata jednotná typizace vod podle jejich úživnosti (trofie), tj. obsahu chemických látek a charakteru jejich fyzikálně chemických parametrů. Původně byly zohledňovány jak makro, tak mikronutrienty (např. siderotrofní jsou vody s přebytkem sloučenin železa), ale s postupem času se terminologie ustálila na popisu jevů, souvisejících s koncentrací a biodostupností forem dusíku a především fosforu. Odtud pochází také většina termínů souvisejících s touto problematikou (oligotrofie, mezotrofie, eutrofie, hypertrofie atd. - stupně trofie a jejich charakteristiky viz tabulka č. 5).

Tabulka č. 5: Stupně trofie a jejich charakteristiky

Úživnost	Celkový P [mg/l]	Chlorofyl a [µg/l]		Průhlednost [m]	
		prům.	max.	prům.	max.
Oligotrofie	< 0,010	< 2,5	< 8	> 6	> 3
Mezotrofie	0,010 – 0,025	2,5 – 8	8 – 25	3 – 6	2 – 3
Eutrofie	0,025 – 0,100	8 – 25	25 – 75	1,5 – 3	0,7 – 1,5
Hypertrofie	> 0,100	> 25	> 75	< 1,5	< 0,7

Koupací jezírka by měla být stále udržována maximálně na úrovni mezotrofie. Je-li zanedbaná údržba, rozkládají se např. rostlinné zbytky a není odsáván kal, projeví se zvýšená trofie velmi rychle (většinou rozvojem zelených řas fytoplanktonu a zhoršením průhlednosti vody). Průvodním jevem tohoto procesu je přesycení vody kyslíkem a především prudký vzrůst hodnot pH nad 8, což má negativní vliv nejen na kvalitu vody, ale může mít také vliv na zdravotní stav koupajících. (Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008)

8.4 Zdrojová voda a voda pro doplňování

Zdrojová voda pro napuštění a voda pro doplňování odparu a evapotranspirace je klíč k dlouhodobě kvalitní vodě koupacího jezírka. Tak, jak je stabilita a životnost domů dána kvalitou stavebních materiálů a způsobem údržby, je životnost koupacích jezírek a stabilita vody v nich dána zdrojovou a doplňující vodou.

- **Pitná voda** - velmi často lze slyšet, že nejlepší zdroj pro počáteční napuštění koupacího jezírka je voda pitná, tedy z veřejných vodovodů. Tato voda je sice mnohdy opravdu dobrá, ale záleží na zdroji vody surové a na technologii úpravy a způsobu hygienizace (dezinfekce nejen na úpravně, ale také ve vodojemech a rozvodných řadech) a především na způsobu provozování rozvodných řadů. Zákazník by si měl zavolat na vodárenskou společnost, které platí faktury, s dotazem na obsah fosforu v pitné vodě, ale po zkušenostech lze poradit pouze realizací aktuální a vlastní analýzy.

- **Dešťová voda** má takovou kvalitu, jaké je prostředí, ve kterém spadla. Zde jsou důležité parametry: vodivost (většinou malé množství rozpuštěných minerálů), pH (dnes na většině území kolem 6, což není problém), obsah prachu a nečistot (pro napuštění je naprosto nutné, aby voda byla pouštěna do jezírka přes filtr, který odstraní nejen prachové částice, ale například zrna pylu, která představují významný vnos fosforu). Metody, kdy je dešťová voda zachycena v nádrži a pak je pouštěna do jezírka, je nutno hodnotit dle procesů, které v těchto nádržích probíhají. Nelze akceptovat nádrž, která slouží jako kultivace řas a ty pak pouštět do jezírka. Odkalování a čištění dešťových nádrží je důležitá součást ošetřování vody. Přesto je voda dešťová vhodná k použití jen někde a je nutno hlídat její složení. Ale i to lze realizovat bez drahých analýz - dobrý pozorovatel si všimne, zda v nádrži (která je na slunci) voda do několika dnů zezelená, je pravděpodobnost jejího použití pro jezírko malá a je vhodná pro hnojivou závlahu. Fakt, že voda nezezelená, ještě neznamená, že neobsahuje přebytek živin. Jednoduchá rada je tedy nasadit do takové usazovací nádrže např. zooplankton z jezírka. Když voda nezezelená a zooplankton žije, je možno ji použít do jezírka.

- **Studny, vrty, prameny** jsou charakteristické vysokým obsahem minerálních solí. Zde lze doporučit analýzy chemického složení. Je potřeba se zaměřit na obsah a formy P, N, Fe, tzv. tvrdost vody, popř. obsah toxických kovů (alespoň Cd, Cu, As, Zn, Pb, Hg). Kromě toho by budoucí jezírko mohly ohrozit přítomné ropné deriváty nebo pesticidy (většinou stačí sumy triazinových herbicidů a organochlorových pesticidů), ale ty má smysl analyzovat pouze v lokalitách, kde je podezření na jejich výskyt. S tvrdostí vody si rostliny často dobře poradí. Na překážku použití těchto vod je obsah fosforu vyšší než 35, max. 40 µg celkového fosforu/litr. Jsou lokality, kde byla zdrojová voda s obsahem fosforu i přes 80 µg/l, předpokládá to ale delší dobu stabilizace a vyšší pozornost ve vegetační sezóně.

- **Povrchové vodní zdroje** obsahují vodu, která je většinou po stránce hydrobiologické stabilizována, ale její použití lze doporučit pouze po realizaci analýz na základní hydrochemické a hydrobiologické parametry. Z hydrochemie lze doporučit zkrácený chemický rozbor povrchových vod s podrobnou analýzou fosforu. Hydrobiologické analýzy doporučí každý odborník dle lokality, ale základem by měl být rozbor fyto-bentosu a fytoplanktonu, kde se dle bioindikací ukáže jednak stupeň trofie (a podpoří tak chemické analýzy) a poukáže také na případnou toxicitu vody. Je třeba pozorně pozorovat uvažovaný

zdroj povrchové vody (potok, řeku, rybník apod.) cca rok předem a jsou-li zde projevy vysoké trofie (např. vodní květy sinic), vůbec neinvestovat do chemických analýz a zvážit jiný zdroj. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

8.5 Udržování nízké koncentrace fosforu a dalších živin

Koupací jezírka je nejen dobré zakládat s vodou s nízkým obsahem živin, ale je nutno je ve stavu oligo-mezotrofie udržovat. Je nutno počítat s přírodními zákonitostmi, jako je například přirozené stárnutí nádrží. To je dané například množstvím sedimentů. Rostliny svým růstem odsály živiny z vody, a kdyby se ve vodě rostlinné zbytky rozkládaly, živiny by se hned uvolnily a využil by je k růstu fytoplankton (voda by zezelenala).

Kromě rozkládajících se rostlin jsou v koupacím jezírku ještě další zdroje fosforu, které je nutno uvažovat v celkové bilanci systému, který musíme udržovat na nízkých koncentracích. Některé zdroje fosforu jsou občas bagatelizovány, ale v roční bilanci fosforu mají své místo. Patří mezi ně například:

- **Spad z okolí** - jde především o prach z polí a pyl z lesů či luk
- **Dešťová voda** v prašných lokalitách, kdy především v květnu a červnu stimulují růst řas také rozkládající se pylová zrna
- **Koupající se**, kteří se neosprchovali (pot, opalovací krémy a tužidla na vlasy s obsahem kyseliny fosforečné)
- **Ptáci** - trus vodních ptáků nebo holubů. Z hlediska plánování lze tyto vnosy omezit např. tím, že neplánujeme na hladině prvky, které mohou sloužit jako přístaviště pro ptáky. Na fontány lze připevnit zábrany proti přistání ptáků (známe je z městských římů proti holubům)
- **Splachy z okolní půdy** - to, že břehy jezírek budujeme nad okolním terénem je dnes již běžné, ale je stále nemálo lokalit, kde potůček regenerační zóny sbírá za deště splachy z okolních dobře hnojených záhonů. Když pak děláme živinový audit jednotlivých částí koupacích biotopů s cílem odhalit zdroje živin, jsou právě tato místa nejčastějším trvalým přísunem živin do systému koupacího biotopu. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

8.6 Pravidelné omlazování systému

Chceme-li udržet koupací jezírko dlouhodobě s kvalitní vodou, musíme omezit, či zpomalit přirozený proces stárnutí nádrže (a tím přirozený posun do vyšších stupňů trofie) s logickým důsledkem zelenější vody. V případě koupací části je to snadné, je dostatek dobře fungujících vodních vysavačů (ručních, samochodné na dálkové ovládání, s recyklací vody i bez). V této souvislosti je vhodné upozornit na nebezpečí odsátí také aktivního zooplanktonu, ke kterému může dojít, když tuto činnost děláme v nevhodnou denní dobu. Ze základů hydrobiologie je známo, že zooplankton se řídí tzv. cirkadiální migrací. To znamená, že ráno a večer migruje k hladině, zatímco přes den migruje ke dnu. Doporučuje se, aby byli servisní pracovníci buď dobrými pozorovateli, nebo byli poučeni, že když vysají zooplankton, může se to negativně projevit na růstu řas ve vodě, a proto je vhodné odsávat kal ze dna buď brzy po ránu nebo v podvečer, kdy většina zooplanktonu migruje k hladině.

Ekosystém koupacího jezírka lze také omlazovat pravidelnou sklizní a ošetřováním vodních rostlin. V systému by měly zůstat jen intenzivně rostoucí rostliny, přičemž odumírající a nekrotické rostliny je potřeba odstraňovat. Proces stárnutí vodního útvaru má své přírodní zákonitosti a spouštěcí mechanismy, které je nutno držet stále na počátku. Mezi typické signální pochody v procesu stárnutí patří rozkladné procesy (zahnívající zbytky rostlin a změna kyslíkového režimu). Proto je nutno odsávat především dno (např. tělo Hrotnatky je na dně rozloženo na živiny ze 70 % během 24 hodin) a zbytky rostlin v regenerační zóně. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

8.7 Vodní fauna

Majitel by se měl hned zpočátku rozhodnout, zda si přeje koupací jezírko nebo rybochovnou nádrž. Rybí obsádka má prokazatelně negativní vliv na kvalitu vody a jednoznačně akceleruje proces stárnutí nádrže. Základní atributy živé hmoty jsou příjem potravy, vylučování a rozmnožování. V případě ryb musíme krmit, granule jsou koncipovány pro výživu, takže exkrementy ryb jsou nezanedbatelným zdrojem fosforu. Představa, že udržíme velikostně konstantní rybí obsádku tak, aby se nemnožila v jezírku, kde je mnoho třecích substrátů, je nezodpovědné teoretizování. Zákonem povolené prostředky jsou minimální a často nezbývá, než nádrž vypustit a začít od začátku. Velmi nebezpečné je, když si vodní nádrž oblíbí ondatry, či další vodní hlodavci. Metody nápravy jsou legislativně omezené a doporučují konzultaci s odborníky.



Obrázek č. 8: Ropucha zelená na přírodním koupališti Brno-jih

Obojživelníci jsou přirozenou součástí vodní fauny. Jsou chráněni také na soukromém pozemku. Nevidím důvod k obavám z přítomnosti žab, čolků, či mloka v koupacím jezírku. Je to indikace nezávadné vody, většinou jsou plaší, takže když se lidé koupou, jsou schovaní v regenerační zóně. Jediné období, kdy by mohly někomu vadit žáby (kromě zpěvu za letních nocí), je konec jara, kdy dorůstají pulci, kteří mají v některých oblastech vysoké počty a žádné přirozené nepřátele. Ani to však není problém, protože než začneme využívat vodu ke koupání, dokončí pulci metamorfózu a odskáčou z vody ven. Z hydrobiologického hlediska lze spatřit dokonce výhody tohoto jevu - pulci se živí planktonem, a když opustí jezírko, odtěží tím také určité množství živin. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

8.8 Dostupné nechemické pojistné mechanismy

I když dodržujeme všechna preventivní opatření, realizujeme pravidelnou údržbu, nastanou situace, kdy je nutno sáhnout ke korekčním mechanismům a zásahům. Chemické prostředky jsou sice komerčně nabízeny, ale kvalitu vody lze udržet i zcela bez chemie.

Nechemických přípravků, prostředků a metod je velké množství. Existují metody a techniky, které lze rozdělit na biologické a mechanické:

Biologické metody jsou založeny např. na využití alelopatických principů (produkce látek, omezujících rozvoj jiných organismů, které si lze koupit jako extrakty, nebo je lze nastolit přímo v jezírku) nebo použití probiotických kultur mikroorganismů nebo tzv. bioaugmentací.

Bioaugmentace je proces inokulace specifických mikrobiálních kultur s cílem dosažení výsledků, realizovaných těmito mikroorganismy. Obecně jde o veškeré biotechnologie, které používají kultury mikroorganismů s cílem dosáhnout konkrétních technologických výsledků (od sýrů, přes víno, pivo, ale také akcelerované biodegradace při likvidaci toxických látek v podzemní vodě, či na skládkách). Tyto termíny jsou používány v pokročilých technikách aplikované hydrobiologie pro akcelerované mineralizace sedimentů v trofizovaných nádržích, při biotechnologickém ošetření nádrží s cílem omladit nádrž nebo pro ošetření a dočištění doplňovací vody do koupacích jezírek. Další možnost využití biopreparátů s kulturami mikroorganismů je pro speciální případy - např. rozklad olejových filmů po opalovacích krémech - kde mohou být kombinovány bakteriální kultury s enzymy (celulolytickými, lipolytickými).

Mechanických metod a technik pro udržení kvality vody je velké množství, jsou to např.: skimery (důležitá součást odstraňování nečistot a živin z vody, zejména, je-li oddělení pevné a tekuté frakce řešeno pokročilými separačními technikami), vysavače sedimentů (ruční nebo automatické s dálkovým ovládním, mechanické filtry (nutno pravidelně čistit, jinak je materiál bakteriálně degradován a živiny jsou uvolněny zpět do vody řádově v hodinách), biologické filtry (užitečné v lokalitách zatěžovaných opalovacími krémy a tužidly na vlasy), sorbenty (živiny lze sorbovat na celou řadu dostupných materiálů), aerační technologie (bodové a lineární). (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

9 Vodní rostliny v biotopu

Jestliže bychom chtěli přirovnat koupací biotop k lidskému tělu a čerpadla nazvala srdcem, tak rostliny bude nejlépe charakterizovat lidský orgán játra. Rostliny v regenerační zóně plní nejen čistící funkci, ale i funkci estetickou.

Rostliny jsou pro biotop nezbytné, protože na sebe vážou ve vodě se vyskytující živiny, čímž omezují růst řas. Využívají se k dočišťování vod a snižování trofie vody. (Sukop I., 2006)

Fotosyntéza rostlin dodává po celý den vodě kyslík, který bakterie využívají k mineralizaci živin. Kořeny rostlin kypří půdu, vytvářejí drenážní kanály do hlubších vrstev substrátu a poskytují břehům ochranu proti erozi. Velkým počtem druhů se zvětšuje šance, že potřebné druhy se v biotopu usadí a nežádoucí druhy zaniknou přirozeným způsobem. (Ekologická koupací jezírka, 2005)

Uplatnění vodních rostlin ve veřejných koupalištích přináší celou řadu výhod. Výrazně ovlivňují kvalitu vody a neméně důležité je i estetické hledisko. Podstatná část návštěvníků veřejných koupališť přírodního typu oceňuje nejenom možnost koupat se ve vodě bez chemie, která díky rostlinám vytváří dojem přirozené vodní plochy. Použití rostlin sice zvyšuje nároky na odbornou údržbu, ale nejedná se o složité postupy, které by měly bránit realizaci.

Vodní rostliny je možno využít buď přímo k osázení části souvisejících s koupacími zónami nebo k osázení čistících lagun. (Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008)

Při výběru druhů rostlin je třeba brát v úvahu řadu okolností. Většina z nich je velmi přizpůsobivá různým podmínkám. Je třeba zohlednit požadavky na obsah živin, vzrůstnost konkrétního druhu, hloubku vody, vhodný substrát. Upřednostňujeme domácí nebo zdomácnělé druhy s důrazem na původní formy.

Je vhodnější použít širší spektrum druhů s odlišným charakterem růstu, odlišným vzhledem, různou výškou. Velikost jednotlivých ploch by měla být úměrná plochám určených k osázení.

Obecně platí, že optimální hloubka výsadby je 20 cm, navíc řada druhů je v tomto ohledu značně přizpůsobivá. Kromě nároků rostlin na výšku vodního sloupce je třeba zohlednit pohyb osob při údržbě porostů. Voda a dno v koupalištích jsou chudé na minerální látky. Proto je vhodné vynechat druhy s vyššími nároky na živiny.

Při výsadbě je třeba dbát na druhovou skladbu tak, aby byl dodržen osazovací plán, protože pro běžného pracovníka je problém rozlišit některé druhy od sebe navzájem. Je praktické označit jednotlivé druhy, aby nedošlo k jejich záměně. Při výsadbě je vhodné odstranit původní pěstební substrát. V případě výsadby v době vegetace se osvědčilo odstraňování části biomasy. Tím se omezí riziko vyvrácení rostlin větrem. Až na drobné výjimky je možno rostliny sázet kdykoliv během roku. Zkušenosti hovoří pro podzimní výsadbu, protože rostliny v předjaří začnou kořenit a v porovnání s jarním termínem výsadby se urychlí jejich vývoj.

Minimální vrstva substrátu by měla být alespoň 10 cm. Z porovnání různých použitých materiálů jsou vhodnější oblé kameny na rozdíl od kameniva s ostrými hranami (štěrk). V případě použití hranatých materiálů dochází k poškozování kořenů drobnými

posuny kamenů při zamrzání. Zásadně nepřidáváme pěstitelské substráty s výjimkou některých ponořených druhů.

Je třeba uvést, že využití vodních a bahenních rostlin se všemi pozitivními vlivy v porovnání s vodními plochami bez rostlin přináší zvýšené nároky na údržbu. Hlavní rozdíl spočívá v nutnosti odstraňování biomasy. Optimálním termínem je ve většině případů počátek ukončení vegetace, dříve než dojde k pokročilému odumírání části rostlin a následnému uvolňování anorganických látek do vody. Termín odpovídá přibližně polovině října. Je třeba si uvědomit, že likvidaci biomasy odstraňujeme anorganické látky, které byly z vody rostlinami vytěženy. Tímto postupem se zúročí funkce rostlin z hlediska pozitivního ovlivnění kvality vody. Bez přítomnosti rostlin by anorganické látky musely být z vody eliminovány jinými způsoby. Na jaře je vhodné tento krok zopakovat, byť s menším efektem. Rostliny, které nemají sklony k hnití např. rákos, sítina a jiné, je vhodné v zimním období ponechat. Prostřednictvím stébel a listů zajišťují výměnu plynů mezi vodou a ovzduším bez ohledu na zamrzlou hladinu.

Výskyt organismů nejvýrazněji poškozující porosty se vzhledem k charakteru vodní plochy nepředpokládá. Občasné požerky, způsobené především larvami a plži, by měly být tolerovány. Zásah může vyžadovat případný silný výskyt mšic. U druhů rostlin náročnějších na živiny se mohou projevit fyziologické poruchy. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

Vhodné druhy vodních a mokřadních rostlin pro přírodní koupaliště (rozdělení dle Ing. Miroslava Řeháka)

Rostliny vnořené

Acorus calamus (puškvorec obecný)

Popis

Vytrvalá, oddenkatá bylina, vysoká 45–120 cm. Z oddenku vyrůstají mečovité dlouhé listy. Pletivo oddenku je houbovité, buňky jsou řetízkovitě spojené kolem zvláštních siličných buněk. Listy jsou řemenovité, asi 2 cm široké a 0,6–1,5 m dlouhé, znenáhla špičaté, často ze strany varhánkovitě zkadeřené, se středovým žebrem, měkké, světle zelené, někdy s nádechem do bronzova. Květenství je nápadné s drobnými květy, které u nás nedozrávají v plody. Květy jsou oboupohlavní, přisedlé, drobné, se šesti okvětními lístky. Rostlina je žlutozelená, výrazně aromatická. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010; Hejný S. a kol., 2000*)

Ekologie

Vyžaduje hlavně slunné, prohřáté a bahnitě vody. Lze ho najít především na březích stojatých a mírně tekoucích vod, upřednostňuje trvalé zaplavení vodou. Může se uplatňovat ve vegetaci plovoucích ostrovů, které i sám vytváří. Za příznivých okolností může vytvářet rozsáhlejší porosty. Indikuje eutrofní nádrže, vyžaduje mírné kolísání vodní hladiny, nesnáší nadměrné zaplavování ani příliš proudnou vodu. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 9: Puškvorec obecný

Alisma plantago (žabník jitrocelový)

Popis

Vytrvalá lysá bylina, až 100 cm vysoká. Listy jsou vejčité kopinaté až vejčité, jsou většinou vnořené a tvoří hutnou růžici. Květy větší, dlouhé, bílé nebo narůžovělé a otevírají se převážně až kolem poledne. Korunní lístky okrouhlé, většinou po okraji nepravidelně zubaté na vrcholu zaokrouhlené bez nápadné špičky. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010; Hejný S. a kol., 2000*)

Ekologie

Typicky obojživelná rostlina roste ve stojatých vodách, také na vlhkých březích vodních toků a v příkopech na obnažených dnech humózních nebo hlinitojílovitých půdách obvykle do hloubky 30 cm, v zaplavovaných vrbových a vrbotopolových lužních lesích, bez výrazného vztahu k trofii vody nebo chemizmu podkladu. Indikuje dusíkem bohaté slatinné půdy dostatečně prosycené vodou. Kvete od června do září. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 10: Žabník jitrocelový

Butomus umbellatus (šmel okolíčnatý)

Popis

Statná, až 150 cm vysoká, bahenní bylina s vodorovným a plazivým oddenkem. Listy pochvatě rozšířené, vyčnívající z vody, šikmo vzhůru odstávající až přímé, podélně nevýrazně zkroucené, čárkovité, až 130 cm dlouhé a 1 cm široké, k vrcholu se zužující do špičky. Květy nápadně velké s bledě růžovými korunními lístky. Vykvétá od června nápadnými nepravými okolíky postupně rozkvétajících květů. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010; Hejný S. a kol., 2000*)

Ekologie

Vyhledává mělké stojaté nebo slabě průtočné vody v teplejších oblastech, roste i na obnažených březích. Dává přednost světlým stanovištím, která jsou bohatá na živiny. Indikátor kolísání vodní hladiny a slabě zásaditých půd. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 11: Šmel okolíčnatý

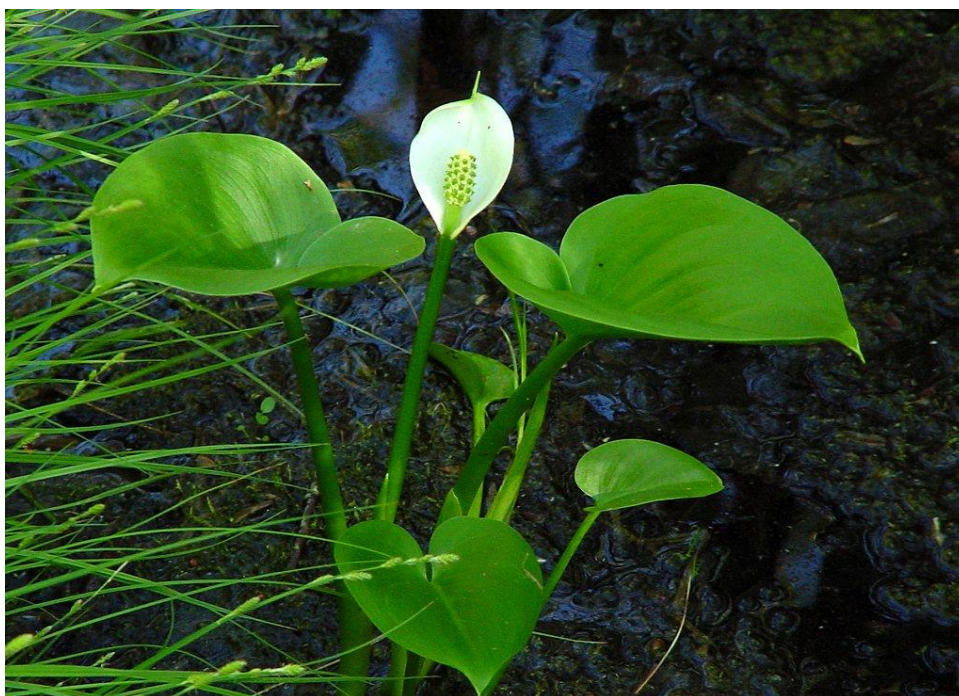
Calla palustris (ďáblík bahenní)

Popis

Vytrvalá bylina vysoká 15-40 cm, jen řídce trsnatá se silným zeleným, článkovitým, dutým, válcovitým oddenkem obaleným pochvovitými bázemi listů. Listy jsou přízemní, dlouze řapíkaté s okrouhle vejčitou čepelí. Květy drobné, žlutavé, bez květních obalů, které za plodu tvoří červené bobule. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010; Hejný S. a kol., 2000*)

Ekologie

Je to rostlina bahnitých břehů a mělkých vod, roste na rašeliništích, kolem rybníků a mrtvých říčních ramen, upřednostňuje stanoviště zastíněná. Roste ve stínu v hloubce 15-25 cm na kyselých až slabě zásaditých půdách. Ve všech svých částech jedovatá. Je ukazatelem mezotrofních zazemňovaných vod na organogenních uloženinách. Kvete od května do července. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 12: Ďáblík bahenní

Eleocharis acicularis (bahnička jehlovitá)

Popis

Drobná vytrvalá bylina význačná krátkými podzemními výběžky, které tvoří hustou síť pro kompaktní nadzemní kolonie. Vysoká stébla 2–10 cm, téměř nitkovitá. (Hejny *S. a kol.*, 2000)

Ekologie

Roste na vlhkých půdách, na obnažených dnech jezer a vodních nádrží, na prameništích, mokřích loukách, někdy i vzplývá na hladině mělkých vod. Nesnese však delší vysychání. Vyskytuje se tam, kde dochází k častému kolísání vodního sloupce. Ve střední Evropě kvete od června do října. (*www.botany.cz*; 2007-2016; Hejny *S. a kol.*, 2000)



Obrázek č. 13: Bahnička jehlovitá

Hippuris vulgaris (prustka obecná)

Popis

Vytrvalá vodní nebo bahenní bylina s plazivými nebo větvenými oddenky. Nadzemní části nevětvené a 20-80 cm dlouhé. Listy jsou jednoduché čárkovitě kopinaté 1-4 cm dlouhé. Květy se objevují na vynořených lodyhách, jsou drobné a zelené. Druh je poměrně variabilní, rozdíly jsou hodnoceny na úrovni forem a většinou jsou ovlivněny vodním režimem na stanovišti. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)

Ekologie

Roste převážně v mělkých vodách s kolísavým režimem na okrajích a březích rybníků, tůní, odvodňovacích kanálů, většinou ve stojaté, méně často i v tekoucí vodě. Kvete od května do července. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 14: Prustka obecná

Iris pseudacorus (kosatec žlutý)

Popis

Vytrvalá bažinná bylina se silným rozvětveným. Výška tohoto kosatce se pohybuje od 50 do 150 cm. Listy jsou přízemní i lodyžní, přímé až mírně šikmo vyrůstající, čárkovité, dlouhé od 50 do 90 cm, široké 1-3 cm, zašpičatělé. Kvete žlutými květy (vzácně bledě žlutými, až bílými) ve vějířku, vnější okvětní lístky jsou bez kartáčku, mají fialově hnědou kresbu. Vnitřní tři cípy okvětní jsou vzpřímené. Plodem je trojhranná tobolka. (www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010)

Ekologie

Kosatec žlutý vyhledává mokrá a bahnitá místa, břehy stojatých i mírně tekoucích vod, příkopy a rákosiny. Vyhledává mírné kolísání vodní hladiny a dobře snáší i trvalejší vysoušení. Reaguje negativně na organické znečištění. Kvete od května do června. (www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000)



Obrázek č. 15: Kosatec žlutý

Juncus effusus (sítina rozkladitá)

Popis

Vytrvalá, hustě trsnatá, jasně zelená bylina, vysoká 30–150 cm, s krátkým oddenkem. Lodyha je přímá, bezlistá, s bezčepelnými pochvami na bázi, hladká, jemně rýhovaná, nepřehrádkovaná. Přízemní listy jsou podobné lodyhám. Květenstvím jsou mnohokvěté kružele, většinou volně rozložené, vzácně klubkovitě stažené. Listen je úzce pochvatý, pokračuje ve směru lodyhy, a je mnohem delší než zdánlivě postranní květenství. Okvěť je hnědá, plátků je šest, jsou stejnotvaré, vejčité špičaté, delší než vejcovité tobolky. Semena jsou drobná, vejčitá. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste na vlhkých loukách a pastvinách, v lučních bažinách a mokřinách, ale také při březích stojatých a tekoucích vod. Kvete od června do září. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 16: Sítina rozkladitá

Juncus inflexus (sítina sivá)

Popis

Vytrvalé, hustě trsnaté, nápadně šedozelené byliny s plazivým oddenkem. Lodyhy přímé, oblé, rýhované, bezlisté, s bílou příhrádkovanou dřeví, řidčeji duté. Listy podobné lodyhám, na kvetoucích lodyhách zakrnělé pochvy. Květy tvoří chudý, zdánlivě postranní kružel, který vyrůstá v paždí dlouhého listenu, pokračujícího ve směru lodyhy. Okvětních lístků je 6, úzce kopinatých a špičatých, asi 3 mm dlouhých, nazelenalých až světle hnědých, na okraji s blanitým lemem. Tyčinek 6. Plodem je oválná nebo vejčitá, na vrcholu hrotitá tobolka. (www.botany.cz; 2007-2016)

Ekologie

Roste na minerálně bohatých stanovištích na březích vod, v bažinách, na prameništích, vlhkých loukách, ale i při okrajích cest nebo v příkopech. Kvete od června do srpna. (www.botany.cz; 2007-2016)



Obrázek č. 17: Sítina sivá

Lysimachia nummularia (vrbina penízková)

Popis

Vytrvalá lysá bylina s plazivou, až půlmetru dlouhou, v uzlinách kořenující lodyhou. Listy vstřícné, krátce řapíkaté. Čepel listů je okrouhlá až eliptická, 10–25 mm dlouhá, na vrcholu tupá, u báze náhle zúžená a oranžově červeně tečkovaná. Květy vyrůstají jednotlivě z paždí listů ve střední části lodyhy. Květní stopky až 3 cm dlouhé. Kališní cípy srdčité, u báze srostlé. Koruna je nálevkovitá až kolovitá, asi 1,5 cm široká. Korunní cípy eliptické až obvejčité, sytě žluté. Plodem je tobolka. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Vrbina roste zejména v parcích, zahradách, na vlhkých loukách a polích, lužních lesích a březích vodních toků a rybníků. V nižších polohách se vyskytuje hojně, ve vyšších chybí. Kvete od května do července. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 18: Vrbina penízková

Lythrum salicaria (kyprej vrbice)

Popis

Vytrvalá, 30–180 cm vysoká bylina. Stonek přímý, čtyřhranný, jednoduchý nebo na větvený, alespoň na hranách krátce chlupatý. Listy vstřícné, horní někdy střídavé, přisedlé, poloobjímavé, kopinaté, 5–10 cm dlouhé a 2–2,5 cm široké, celokrajné až jemně pilovité, téměř lysé až srstnaté. Květenstvím jsou klasy skládající se z dvou až šestikvětých vidlanů vyrůstajících z úžlabí listenů. Květy pravidelné, šestičetné, kališní lístky přibližně 1 mm dlouhé, široce trojúhelníkovité, lysé, korunní lístky červenofialové, úzce kopist'ovité, 8–12 mm dlouhé. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Vyskytuje se nejčastěji na otevřených mokřích až vlhkých stanovištích. Roste v pobřežních křovinách, rákosinách, mokřích loukách, strouhách nebo vlhkých příkopech. Daří se jí na slunných až polostinných stanovištích a spíše na kyselých půdách. Špatně snáší trvalé zaplavení. Zvýšený výskyt indikuje mezotrofní až eutrofní stanoviště. Kvete od června do září. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 19: Kyprej vrbice

Mentha aquatica (máta vodní)

Popis

Vytrvalá bylina s dlouhým přizemím plazivým oddenkem s výběžky. Lodyha vystoupává až přímá, zpravidla bohatě větvená, obvykle 45–130 cm dlouhá. Střední a horní listy řapíkaté, řapík 15–25 mm dlouhý, čepel vejčitá až široce vejčitá, na okraji pilovitá, řídce na líci i rubu chlupatá, žilnatina na rubu mírně vyniklá. Květní stopky chlupaté, kalich 3-4 mm, trubkovitý, zřetelně žilnatý. Koruna fialová, vzácně bílá. Plodem je tvrdka. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)

Ekologie

Břehy stojatých a mírně tekoucích vod, rákosiny, slatiny a vlhké až mokré louky a křoviny, odvodňovací příkopy na vlhkých až mokřích půdách, přeplavovaných stagnující vodou, bohatých živinami, někdy i mírně zasolených, často slatinného charakteru. Kvete v červenci a srpnu. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 20: Máta vodní

Phragmites australis (rákos obecný)

Popis

Vytrvalá rostlina s tuhým, v dolní části chlupatým, v horní části holým stéblem vysokým až 4,4 m a článkovaným oddenkem. Listové pochvy objímavé, dlouhé až 25 cm. Listy do 50 cm dlouhé a až 4 cm široké. Jazyček chybí, nahrazen je bílými chlupy. Květenstvím je hustá lata, klásky jsou 3-7kveté. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)

Ekologie

Bažiny a podmáčené plochy, tvoří pásmo pobřežních porostů stojatých nebo pomalu tekoucích vod. Vzácněji i jako plevel na podmáčených polích. Snese mírnou slanost stanoviště a dobře prospívá stanovištím s tvrdou vodou. Kvete od srpna do září. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 21: Rákos obecný

Ranunculus lingua (pryskyřník velký)

Popis

Vytrvalá bylina s dlouhým kořenem a bohatými podzemními výběžky, které v nezpevněných půdách slouží jako kotvící systém. Rostliny 30-70 cm vysoké. Přímá rýhovaná lodyha je dutá, lysá nebo řídce chlupatá, jen v horní části chudě větvená. Tuhé přízemní listy s krátkými řapíky jsou podlouhle vejčité až široce kopinaté, 15-20 cm dlouhé a 2-4 cm široké, celistvé. Lodyžní listy čárkovitě kopinaté, dlouhé až 20 cm a široké 2 cm. Velké, leskle zlatožluté květy mají v průměru 2-4 cm, pět korunních lístků. Plody jsou křídlaté, vejcovité nažky dlouhé 2–3 mm. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)

Ekologie

Pryskyřník velký roste na okrajích stojatých a pomalu tekoucích vod, v mělkých tůních, slepých ramenech a bažinách, ve společenstvech rákosin, vysokých ostřic a bažinných olšin od nížin do pahorkatin. Roste na mírně kyselých půdách. Je vázán na organicky rozkládající se sedimenty. Kvete od června do září. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 22: Pryskyřník velký

Scirpus lacustris (skřípinec jezerní)

Popis

Vytrvalá rostlina s výraznou až 3 m vysokou silnou lodyhou vyrůstající z plazivého oddenku. Silná lodyha je v průřezu kulatá a ve spodní části ji objímají listové pochvy. Listy jsou omezeny na pochvy, jen nejvyšší pochva je zakončena krátkou čepelí. Květenství je bohatě větvené, složené ze svazčitých i jednotlivých klásků velikých od 5 do 10 cm, pod květenstvím je dlouhý, úzký a špičatý listen. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Vyskytuje se zejména na vodním okraji pobřežních porostů do hloubky 2,5 m v mírně tekoucích a stojatých vodách s písčitém dnem. Snese krátkodobý pokles hladiny pod úroveň dna. Odolává vlnám díky hlubokým kořenům. Kvete od června do září. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 23: Skřípinec jezerní

Scutellaria galericulata (šišák vroubkovaný)

Popis

Vytrvalá bylina vysoká 20–60 cm, lodyha je vystoupavá, čtyřhranná, většinou větvená, listy jsou krátce řapíkaté, kopinaté, na bázi srdčité, vroubkované až pilovité, s vyniklou žilnatinou. Květy vyrůstají po dvou v úžlabí listenů, které jsou delší květů. Modrá koruna je zvnějšku krátce hustě pýřitá a uvnitř má tmavou kresbu. Plodem je tvrdka. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste na březích tekoucích i stojatých vod, v lemech rybníků, v mokřadních biotopech silně i méně zaplavovaných, v rákosinách, na vlhkých loukách, v podmáčených olšinách. Kvete od června do září. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 24: Šišák vroubkovaný

Rostliny vzplývavé

Elodea canadensis (vodní mor kanadský)

Popis

Vodní mor je vytrvalá vodní (sladkovodní) rostlina, ponořená, ve vodě se vznášející, až 50-150 cm dlouhá, rozvětvená, hustě listnatá. Listová čepel je průsvitná, celistvá, podlouhle vejčitá až čárkovitě kopinatá. Je to dvoudomá rostlina s jednopohlavními květy. Samičí květy vyrůstají z dlouhého úzkého toulce sedícího v paždí listu, jsou dlouhostopkaté, rozvíjející se nad hladinou. Samčí květy jsou jednotlivé bez trubicovitého okvětí, ale u nás se nevyskytují. Plod je tobolka. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste ve vodách stojatých i tekoucích od mělkých tůní až po hluboká slepá ramena. Roste ve všech typech oligotrofních až eutrofních stanovištích s větší hloubkou, často až do 3 m, s písčitým, humózním nebo bahnitým dnem. Vyhýbá se zasoleným a kyselým vodám. Vody jsou výživné se zásaditým pH. Indikuje v nádrži deficit O₂. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 25: Vodní mor kanadský

Myriophyllum aquaticum (stolístek vodní)

Popis

Vytrvalé vodní nebo bahenní byliny. Lodyhy až 200 cm dlouhé, na obnaženém substrátu plazivé a kořenující v uzlinách, velmi bohatě větvené, často zejména v dolních částech výrazně červeně zbarvené. Listy v přeslenech po 5–6, v obrysu obkopinaté, na vrcholu zaokrouhlené, 3,5–4 cm dlouhé, 0,8–1,2 cm široké, často výrazně načervenalé. Květenství klasovité s listeny zcela podobnými listům, květy vždy. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Druh má ekologické optimum v mělkých stojatých nebo pomalu tekoucích vodách s bahnitým dnem a vysokým obsahem živin. Řidčeji se může vyskytnout i v hlubších vodách do hloubky až 1,5 m. Preferuje oblasti s mírným až teplejším klimatem. V oblastech, kam byl zavlečen, jsou známy pouze samičí rostliny, které tudíž nepřinášejí žádná semena. Na lokalitách díky agresivnímu vegetativnímu šíření rychle tvoří rozsáhlé, velmi husté a vitální porosty, které vytlačují ostatní rostliny a výrazně mění vlastnosti. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 26: Stolístek vodní

Nymphoides peltata (plavín štítnatý)

Popis

Vytrvalá vodní bylina s plazivým oddenkem, lodyhy ponořené ve vodě, 80–150 cm dlouhé. Listy plovoucí na hladině, střídavé, řapíkaté, čepel okrouhlá. Květy po 2–5 ve svazečcích, rozkvétají nad hladinou, kališní cípy dlouze kopinaté, pětičetné, korunní lístky obvejčité, na okraji dřípeně brvité, s širokým vystouplým pruhem, zlatožluté. Plodem jsou tobolky. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste ve stojatých a pomalu tekoucích vodách tůní, rybníků a slepých říčních ramen, od nížin po pahorkatiny. Vyhovují jí hlubší i mělké vody a dobře snáší vyletnění. Snáší hlinitojílovité půdy i mírné zabahnění dna. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 27: Plavín štítnatý

Doprovodné rostliny vhodné mimo těleso vodní plochy

Symphytum officinale (kostival lékařský)

Popis

Vytrvalá bylina s řepovitým oddenkem, 60–100 cm vysoká, lodyha přímá, dole křídlatě hranatá, nahoře větvená, listy střídavé, vejčité kopinaté až kopinaté, celokrajné, chlupaté, přízemní řapíkaté, lodyžní přisedlé, květy v hustých dvojvijanech, krátce stopkaté, 5četné, kalich hluboce rozeklaný, koruna trubkovitě baňkovitá červenofialová nebo načervenalá. Plodem je tvrdka. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste na březích potoků a řek, v příkopech, na vlhkých loukách a na vlhkých ruderalních stanovištích, na půdách bohatých živinami, v pásmu od nížin až do hor. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 28: Kostival lékařský

Euphorbia palustris (prýšec bahenní)

Popis

Vytrvalá bylina, 50–120 cm vysoká, lodyha přímá, silná, dutá, rýhovaná, v horní polovině větvená (sterilní větve), listy kopinaté až obkopinaté, lysé, vrcholový lichookolík většinou s 5 větvemi, podpůrné listeny tupé, kvete od května do června. Plodem je kulovitá tobolka. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste na vlhkých a zaplavovaných loukách, v říčních nivách, lužních lesích, kolem vodních toků, v pásmu nížin. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 29: Prýšec bahenní

Geranium palustre (kakost bahenní)

Popis

Vytrvalá bylina s tlustým šikmým oddenkem, 30–90 cm vysoká. Lodyhy v počtu 1–4, přímé až vystoupavé, vidličnatě větvené. Listy světle zelené, vstřícné, přízemní a dolní lodyžní listy dlouze řapíkaté, řapíky 20–30 cm dlouhé, řídce štětinaté. Dvoukvěte vidlany na postranních, až 15 cm dlouhých stopkách, se 4 úzce trojúhelníkovitými listenci, květy pravidelné, pětičetné, stopkaté, na 2–6 cm dlouhých tenkých stopkách. Korunní lístky obvejčité, se zaokrouhleným vrcholem, 18–20 mm dlouhé a 10–11 mm široké, purpurově fialové, směrem k bázi přecházející do velmi světle růžové až bělavé, s 5–7 purpurově fialovými žilkami. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste na podmáčených loukách, na bahnitých březích menších vodních toků a rybníků, ve vlhkých příkopech, křovinách a v lužních lesích, na světlých až polostinných stanovištích. Vyhledává hlinité i písčité půdy s vysokou hladinou spodní vody, minerálně bohaté, humózní, slabě kyselé až slabě zásadité. Kvete od června do září. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 30: Kakost bahenní

Glyceria maxima (zblochan vodní)

Popis

Zblochan vodní je 80–200 cm vysoká, dlouze plazivá tráva. Široké (8–20 mm) listy mají rodově typickou dvojrýžku a na vrcholu se náhle zužují v kápoitou špičku. Čepel je na lici hladká, na rubu naopak. Stébla jsou až 10 mm silná, pochvy oblé nebo jen slabě smáčklé. Laty bývají 20–40 cm dlouhé. Žlutavé či fialové vejčité klásky dosahují délky nanejvýš 12 mm. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste na živiny bohatých substrátech na okrajích rybníků a vlhkých loukách. Vyskytuje se zejména v pobřežních rákosinách, zazemňujících se mělkých vodních nádržích, příkopech a kanálech, říčních mělčinách a ramenech a v lužních lesích. Kvete od července do srpna. (*www.botany.cz; 2007-2016; Hejný S. a kol., 2000*)



Obrázek č. 31: Zblochan vodní

Iris sibirica (kosatec sibiřský)

Popis

Vytrvalá trsnatá bylina, 50–120 cm vysoká. Lodyha je přímá, nahoře chudě větvená, oblá nebo mírně zploštělá, dutá, stejně dlouhá nebo delší než listy. Listy přízemní, přímé až mírně šikmo vyrůstající, mečovité, úzce čárkovité, 25-80 cm dlouhé, 2–10 mm široké, na vrcholu špičaté. Listy lodyžní obvykle menší (dlouhé 2-8 cm), čárkovitě kopinaté. Květy přisedlé nebo krátce stopkaté, nevonné, vnější okvětní cípy modré až modrofialové. Plodem je tobolka. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010*)

Ekologie

Roste na vlhkých slatinných a rašelinných loukách, v mokřinách, v pásmu od nížiny až do podhůří, na řídkěji i střídavě vlhkých nebo vlhkých lesních porostech. Nejčastěji na slunných, nanejvýš polostinných místech. Kveté od května do června. (*www.botany.cz; 2007-2016; Štěpánková J., 2010*)



Obrázek č. 32: Kosatec sibiřský

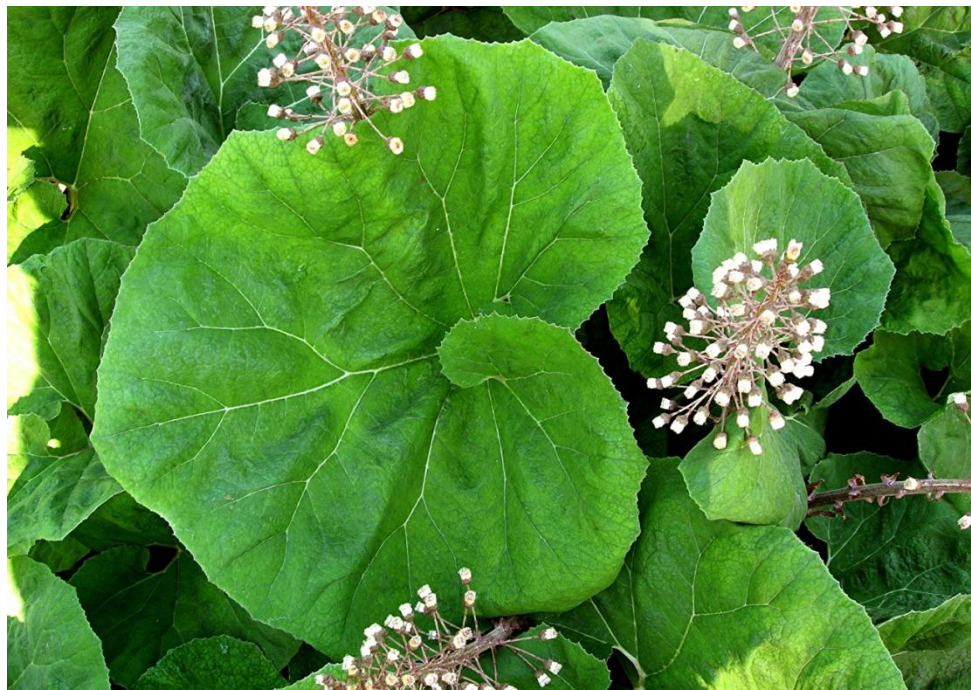
Petasites hybridus (devětsil lékařský)

Popis

Vytrvalá, výrazně aromatická rostlina s přímou lodyhou vysokou za květu 10–40 cm, za plodu 70–100 cm, červeně naběhlou. Přízemní listy jsou řapíkaté, srdčité okrouhlé, až 80 cm velké, na okraji zubaté až laločnaté, na líci štětinaté, na rubu plstnaté, lodyžní listy jsou šupinovité. Červenavé květy vytvářejí složené květenství – hrozen úborů, zákrovy jsou válcovité až soudkovité. Plody jsou nažky s chmýrem. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste na březích potoků a řek, v pásmu od podhůří do hor. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 33: Devětsil lékařský

Valeriana officinalis (kozlík lékařský)

Popis

Rostlina dorůstající až 2 m výšky, lodyha je lysá, podélně rýhovaná, řapíkaté listy mají 6–9 párů lístků, které jsou po okraji zubaté. Bílé, častěji růžové květy jsou uspořádány ve vidlanovitých latách, koruna do 5 mm délky. (*www.botany.cz; 2007-2016*)

Ekologie

Roste v eutrofních vlhkomilných loukách a vysokobylinných lemových společenstvech, často podél toků, nalezneme ji také na synantropních stanovištích (železniční a silniční náspy). Kvete od června do srpna. (*www.botany.cz; 2007-2016*)



Obrázek č. 34: Kozlík lékařský

10 Legislativa

V legislativě ČR nebylo jednoznačně ošetřeno koupaliště umělé a koupaliště ve volné přírodě, příp. koupací oblast, ale legislativa ČR neznala pojem „umělý biotop určený ke koupání veřejnosti“.

V §6 odst. 1 zák. 258/2000 Sb. jsou definovány následujícím způsobem koupaliště ve volné přírodě a umělé koupaliště:

- **Koupalištěm ve volné přírodě** se rozumí přírodní nebo umělá vodní plocha, která je označena jako vhodná ke koupání pro veřejnost, a související provozní plochy s vybavením, nejde-li o umělé koupaliště.
- **Umělým koupalištěm** je krytá nebo nekrytá stavba nebo zařízení určené ke koupání a přístupné veřejnosti a související provozní plochy s vybavením.

Znamenalo to nastavit parametry provozu a sledování kvality vody optimálním způsobem, což samozřejmě nelze bez spolupráce s odborníky, kteří se výstavbou a provozem těchto biotopů zabývají.

Umělý biotop určený ke koupání veřejnosti nešlo zařadit pod pojem koupací oblast, neboť ta je jednoznačně definována v §34 zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů.

Ministerstvo zdravotnictví vydalo vyhlášku č. 238/2011 Sb., která už udává požadavky na vybavení, čištění a provoz nádrží ke koupání a staveb povolených k účelu koupání vybavených systémem přírodního způsobu čištění vody ke koupání. (*Vyhláška č. 238/2011 Sb.*)

10.1 Hodnocení jakosti vody

Jakost vody ke koupání musí být kontrolována v rozsahu a četnosti uvedených v tabulce č. 6: Požadavky na jakost zdroje vody a v tabulce č. 7: Požadavky na jakost vody v nádržích ke koupání a ve stavbách ke koupání vybavených systémem přírodního způsobu čištění vody

Tabulka č. 6: Požadavky na jakost zdroje vody

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota	Četnost	Metody
Escherichia coli	KTJ/100 ml	30	1x měsíčně	ČSN EN ISO 9308-3 nebo ČSN EN ISO 9308-1
Intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	15	1x měsíčně	ČSN EN ISO 7899-1 nebo ČSN EN ISO 7899-2

Tabulka č. 7: Požadavky na jakost vody v nádržích ke koupání a ve stavbách ke koupání vybavených systémem přírodního způsobu čištění vody

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota	Četnost	Metody
Escherichia coli	KTJ/100 ml	100	1x za 14 dní	ČSN EN ISO 9308-3 nebo ČSN EN ISO 9308-1
Intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	50	1x za 14 dní	ČSN EN ISO 7899-1 nebo ČSN EN ISO 7899-2
Pseudomonas aeruginosa	KTJ/100 ml	10	1x za 14 dní	ČSN EN ISO 16266

Při odběru vzorků vody pro stanovení mikrobiologických ukazatelů a při přepravě vzorků do laboratoře se postupuje podle následujících bodů:

- **Místo vzorkování** - vzorky se odebírají z hloubky 30 cm pod hladinou ve vodě, která má hloubku nejméně 1 metr.
- **Sterilizace nádob na vzorky** - nádoby na vzorky musí:
 - být sterilizovány v autoklávu při 121 °C po dobu nejméně 15 minut nebo
 - projít suchou sterilizací při 170 °C ± 10 °C po dobu nejméně 1 hodiny nebo
 - být ozářené nádoby na vzorky odebrané přímo od výrobce.
- **Vzorkování** - objem nádoby na vzorky závisí na množství vody potřebné pro každý kontrovaný ukazatel. Minimální obsah činí zpravidla 250 ml. Nádoby na vzorky musí být z průhledného a nezabarveného materiálu (sklo, polyetylen nebo polypropylen). Aby se předešlo neúmyslné kontaminaci vzorku, musí osoba odebírající vzorek použít aseptický postup, aby se zachovala sterilita nádob na vzorky. Postupuje-li se řádně, není zapotřebí dalšího sterilního vybavení (například sterilní chirurgické rukavice, použití kleští nebo tyčí), je však nutno též zamezit kontaminaci odebírané vody z recipientu. Vzorek je nutno zřetelně označit nesmazatelnou barvou na nádobě na vzorek a na formuláři pro vzorkování.
- **Uskladnění a doprava vzorků před rozbořem** - vzorky vody je nutno chránit během celé přepravy před vystavením světlu, zejména přímému slunečnímu záření. Vzorek je třeba až do příjezdu do laboratoře uchovávat v chladicím boxu nebo chladničce (podle klimatických podmínek) při teplotě okolo 4 °C. Potrvá-li přeprava do laboratoře pravděpodobně déle než 4 hodiny, je nutná přeprava v chladničce. Doba mezi odběrem vzorku a provedením rozboru musí být co nejkratší. Doporučuje se provést rozbor vzorku tentýž pracovní den. Není-li to z praktických důvodů možné, vzorky se zpracují nejpozději do 24 hodin. Mezitím se uchovávají v temnu při teplotě 4 °C ± 3 °C.

Odběry se provádějí vždy za provozu koupaliště, nejdříve však 3 hodiny po zahájení provozu, jedná-li se o kontrolu prováděnou provozovatelem, nebo kdykoli během provozu, jedná-li se o odběr v rámci státního zdravotního dozoru. Pokud je provoz koupaliště kratší než 3 hodiny, doba mezi začátkem provozu a odběrem se úměrně zkrátí.

Protokol v elektronické podobě musí být předán do 3 pracovních dnů ode dne odběru vzorku příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví. (*Vyhláška č. 238/2011 Sb.*)

10.2 Zákonem stanovené ukazatele jakosti koupacích vod

10.2.1 Sinice

Jsou to prokaryotní, autotrofní organismy, které obsahují kromě chlorofylu také další asimilační barviva, beta-karoten, a proteinová barviva, z nichž jsou nejvýznamnější modrý fykocyan a červený fykoerytrin. Množství barviv se u jednotlivých druhů liší a tak může vzniknout jejich kombinací zbarvení žlutozelené, zelené, modré, hnědočervené až červené. Buňky sinic jsou uloženy ve slizové pochvě a svou stavbou se podobají bakteriím. Slizová pochva je náchylná na penicilin (podobně jako stěna bakterií), má vláknitou strukturu, bývá bezbarvá, žlutohnědá, červená nebo fialová.

Jednobuněčné sinice, které jsou vývojově starší, při dělení zůstávají často pohromadě spojeny slizovými obaly. Jejich rozmnožování probíhá pomocí dělení.

U vývojově mladších vláknitých sinic je vyvinuta pochva, ve které jsou buňky uspořádány za sebou. Jejich rozmnožování probíhá pomocí hormogonií, tj. dlouhá několikabuněčná vlákna, která se oddělují od mateřského a dorůstají nová. (*Jelínek J., Zicháček V., 1996*)

Sinice vylučují do okolí velké množství organických látek, některé mohou omezovat růst jiných látek a jiné zase ohrožovat svou toxicitou drobné živočichy nebo zdraví člověka. U člověka mohou vyvolat tyto látky záněty pokožky nebo alergie.

Adaptovat se v nejrůznějších prostředích umožňují sinicím nejrůznější vlastnosti. Vykazují rozsáhlou tepelnou adaptaci a byly dokonce nalezeny v horkých pramenech při teplotě 56 °C. Snášejí dokonce i zmrazení na -30 °C. Odolné jsou také proti vysychání. Rostou na světle ve spíše neutrálním nebo slabě zásaditém prostředí. (*Urban Z., Kalina T., 1976*)

Sinice rostou ve vodě, na vlhké půdě, na skalách a na kůře stromů. V rybnících a jezerech se mohou v letních dnech tak rozmnožit, že zbarví hladinu vody a vytvoří tzv. vodní květ. Ten se v podmínkách mírného pásu objevuje v létě a na podzim a může vytvářet masivní produkci biomasy. V době rozvoje vodního květu mizí z planktonu jiné řasy. Nadprodukce vodního květu je v průmyslově vyspělých zemích velkým vodohospodářským problémem. Hlavní příčinou přemnožení sinic ve vodních systémech je eutrofizace vody (zvýšený obsah fosforu). Hlavním zdrojem fosforu jsou v dnešní době prací prostředky se změkčovadly. (*Jelínek J., Zicháček V., 1996; Urban Z., Kalina T., 1976*)

Eutrofizace vod je proces zhoršování kvality povrchové vody. Nejdůležitějšími prvky jsou v pochodu eutrofizace dusík a fosfor. Projevuje se až druhotně při nadměrném rozvoji rostlinstva. K omezení nadměrné eutrofizace je třeba zabránit přísunu živin, zpomalit koloběh živin a odstranit živiny z nádrže. (*Sukop I., 2006*)

10.2.2 Escherichia coli

Theodor Escherich ve věku 28 let publikoval dvě zprávy o koloniích bakterií žijících ve střevech novorozenců. Ačkoli E-coli byly původně nazvány bakterie Coli, jméno bylo později změněno na Escherichia coli, aby dostala jméno po svém objeviteli. (*Blum-Oehler G., 2008; www.about-ecoli.com, 2005-2016*)

Escherichia coli je součástí normální střevní flóry člověka a zvířat, proto se užívá jako přirozený indikátor fekálního znečištění. Mimo zažívací trakt může způsobit závažné

hnisavé a zánětlivé procesy. Některé sérotypy vyvolávají mimostřevní a průjmová onemocnění. Mimostřevní onemocnění vznikají buď vnitřní infekcí ze střeva, nebo jde o nemocniční nákazu u oslabených nemocných. Jde o infekce močových cest, hnisavé záněty různých orgánů či meningitidy novorozenců.

Kolonie rostoucí při 36 °C jsou obecným indikátorem možného výskytu lidských bakteriálních patogenů. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)

Přítomnost bakterie Escherichia Coli se sleduje jednou za měsíc ve zdroji vody pro bazén a její limitní hodnota je 30 kolonií tvořících jednotky na 100 ml. Limitní hodnota pro vodu z bazénu je 100 kolonií tvořící jednotky na 100 ml a vzorky se odebírají jednou za 14 dní.

10.2.3 Pseudomonas aeruginosa

Je homogenní druh s jasnou morfologickou, biochemickou a antigení charakteristikou. Vyskytuje se v odpadních vodách, v půdě, ve stolici domácích zvířat i lidí. V čisté vodě se nemnoží. Ve velkých kvantech se může vyskytnout v nemocničním prostředí, zvláště na jednotkách intenzivní péče, resuscitačních odděleních, novorozeneckých odděleních. Je často příčinou nemocničních nákaz. (*www.biotox.cz, 2001-2007*)

Pseudomonas aeruginosa je oportunistický patogen, což znamená, že využívá nějakou slabinu v hostitelské imunitě, aby zahájila infekci. Způsobuje infekci močových cest, infekce dýchacích cest, dermatitidu, infekci měkkých tkání, infekci kostí a kloubů, žaludeční a střevní infekci a celou řadu systémových infekcí, zejména u pacientů s těžkými popáleninami nebo pacientů s rakovinou nebo pacientů s AIDS, kteří mají oslabenou imunitou. Míra úmrtnosti u těchto pacientů je cca 50 %. (*http://textbookofbacteriology.net, 2008-2012*)

Pseudomonas infekce jsou obvykle léčeny antibiotiky. Volba správného antibiotika obvykle vyžaduje, aby byl vzorek od pacienta odeslán do laboratoře ke zjištění, které antibiotika budou nejúčinnější při léčbě infekce. (*www.cdc.gov, 2014-2016*)

Přítomnost bakterie Pseudomonas aeruginosa se sleduje pouze v bazénu její limitní hodnota je 10 kolonií tvořící jednotky na 100 ml a vzorky se odebírají jednou za 14 dní.

10.2.4 Intestinální enterokoky

Za intestinální enterokoky (dříve fekální streptokoky) jsou považovány grampozitivní koky, většinou uspořádané do řetízků s antigenovou skupinou D a negativní katalázou. Mají schopnost množit se v rozmezí teploty 10-45 °C, rostou i při poměrně vysokých koncentracích solí. Podle současného taxonomického systému patří do rodů Enterococcus a Streptococcus. Kromě toho, že intestinální enterokoky indikují fekální znečištění, některé druhy patří mezi tzv. potenciální patogeny a jsou známy svojí odolností na antibiotika.

Přítomnost intestinálních enterokoků se sleduje jednou za měsíc ve zdroji vody pro bazén a její limitní hodnota je 15 kolonií tvořících jednotky na 100 ml. Limitní hodnota pro vodu z bazénu je 50 kolonií tvořící jednotky na 100 ml a vzorky se odebírají jednou za 14 dní. (*Baudišová D., 2009*)

10.3 Pravidla pro hodnocení jakosti vod v přírodních koupalištích

Tabulka č. 8: Ukazatele a jejich limitní hodnoty pro přírodní koupaliště provozované na povrchových vodách

	Ukazatel	Jednotka	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň
1a	sinice	buňky/ml	20000	100000	250000
1b	sinice	mm ³ /l	2	10	20
2	chlorofyl-a	µg/l	10	50	100
3	vodní květ	stupeň			2
4	mikroskopický obraz				
5	průhlednost	m			

10.3.1 Voda vhodná ke koupání

Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci s vyhovujícími smyslově postižitelnými vlastnostmi.

Tohoto stupně se použije, pokud nastaly všechny následující skutečnosti:

- Sinice nedosahovaly při posledním odběru hodnot I. stupně uvedených v tabulce č. 8 nebo se jedná o koupaliště, u něhož není třeba provádět sledování sinic.
- Po vyhodnocení mikrobiologických ukazatelů *Escherichia coli* a intestinální enterokoky na konci uplynulé koupací sezóny byla jakost vody v koupališti klasifikována jako výborná.
- Při posledním odběru nebyly zhoršeny smyslově postižitelné vlastnosti vody a průhlednost byla větší než 1 m.



Obrázek č. 35: Značka pro vodu vhodnou ke koupání

10.3.2 Voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi

Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci především se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi, v případě možnosti je vhodné se osprchovat.

Tohoto stupně se použije, nastala-li alespoň jedna z následujících skutečností, a přitom žádná z kategorií „zhoršená jakost vody“, „voda nevhodná ke koupání“ a „zákaz koupání“:

- Průhlednost při posledním odběru byla menší než 1 m. Snížená průhlednost se nehodnotí, pokud je způsobena pro lokalitu typickým přirozeným zákalem, který však nemá původ v přítomných organismech. Při snížené průhlednosti je však ztížena záchrana tonoucích.
- Voda ke koupání byla při posledním odběru znečištěna odpady (ojedinělý výskyt odpadků, které nemá významný vliv na rekreační využití koupaliště) nebo je přítomno znečištění přírodního původu (na některých místech je nahromaděno znečištění takového rozsahu nebo charakteru, že to značně omezuje nebo znemožňuje rekreační využití postižených částí koupaliště).
- Po vyhodnocení mikrobiologických ukazatelů *Escherichia coli* a intestinální enterokoky na konci uplynulé koupací sezóny byla jakost vody v koupališti klasifikována jako dobrá.



Obrázek č. 36: Značka pro vodu vhodnou ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi

10.3.3 Zhoršená jakost vody

Mírně zvýšená pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci, u některých vnímavých jedinců by se již mohly vyskytnout zdravotní obtíže, po koupání se doporučuje osprchovat.

Tohoto stupně se použije, nastala-li alespoň jedna z následujících skutečností, a přitom žádná z kategorií „voda nevhodná ke koupání“ a „zákaz koupání“:

- Nálezy sinic a chlororylu-a z posledního rozboru překročily limity I. stupně v tabulce č. 8.
- Po vyhodnocení mikrobiologických ukazatelů *Escherichia coli* a intestinální enterokoky na konci uplynulé koupací sezóny byla jakost vody v koupališti klasifikována jako přijatelná.
- Alergické reakce u citlivých jedinců jsou prokazatelně spojeny s vodní rekreací, ale zjištěné hodnoty ukazatelů jakosti vody odpovídají kategoriím „Voda vhodná pro koupání“ nebo „Voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi“.



Obrázek č. 37: Značka pro zhoršenou jakost vody

10.3.4 Voda nevhodná ke koupání

Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a pro uživatele představuje zdravotní riziko, koupání a provozování vodních sportů nelze doporučit zejména pro děti, těhotné ženy, osoby trpící alergií a osoby s oslabeným imunitním systémem.

Tohoto stupně se použije, nastala-li alespoň jedna z následujících skutečností, a přitom žádná z kategorie „zákaz koupání“:

- Nálezy sinic a chlorofylu-a z posledního rozboru překročily limity II. stupně v tabulce č. 8.
- Po vyhodnocení mikrobiologických ukazatelů *Escherichia coli* a intestinální enterokoky na konci uplynulé koupací sezóny byla jakost vody v koupališti klasifikována jako nevyhovující.
- Voda ke koupání byla při posledním odběru znečištěna odpady (na některých místech je nahromaděno znečištění takového rozsahu nebo charakteru, že to značně omezuje nebo znemožňuje rekreační využití postižených částí koupaliště) nebo je přítomno znečištění přírodního původu (podél celého břehu je nahromaděno znečištění takového rozsahu, že to značně omezuje nebo znemožňuje rekreační využití koupaliště).
- Některé další smyslově postižitelné vlastnosti jako zápach, olejový film, pěna na hladině jsou takového rozsahu, že je prakticky vyloučeno rekreační využití lokality.



Obrázek č. 38: Značka pro vodu nevhodnou ke koupání

10.3.5 Voda nebezpečná ke koupání

Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a hrozí akutní poškození zdraví, vyhláší se zákaz koupání.

Tohoto stupně se použije, nastala-li alespoň jedna z následujících skutečností:

- Při posledním odběru došlo k překročení limitních hodnot III. stupně pro ukazatele vodní květ nebo sinice a chlorofyl-a (ukazatel uvedený v tabulce č. 8). Voda ke koupání je řazena k tomuto stupni i v případě výskytu vodního květu překračujícího limitní hodnoty III. stupně mimo standardní odběrové místo, pokud existuje reálná možnost jeho rychlého přemístění na standardní odběrové místo v případě změny směru větru nebo v případě výskytu sinic netvořících vodní květy došlo k překročení limitních hodnot III. stupně pro ukazatele sinice a chlorofyl-a (ukazatele uvedené v tabulce č. 8).
- Existuje odůvodněné podezření, že může být vážně ohroženo zdraví koupajících se, zejména při nevysvětlitelném masivním úhynu ryb, i když ukazatele jakosti vody

ke koupání jsou v pořádku, nebo při zvýšeném výskytu akutního onemocnění, jehož epidemiologické znaky poukazují na vodu ke koupání jako zdroj nákazy, a to i v případech, kdy specifický původce není ve vodě prokázán. (*Vyhláška č. 238/2011 Sb.*)



**Obrázek č. 39: Značka pro vodu
nebezpečnou ke koupání**

11 Praktická část

11.1 Koupací biotop Kovalovice

Obec Kovalovice se nachází východně od Brna. Leží v okrese Brno-venkov v Jihomoravském kraji a žije zde 598 obyvatel.



Obrázek č. 40: Mapa s vyznačeným koupacím biotopem Kovalovice (zdroj: mapy.cz)

Koupací biotop projektovala firma BAPO s.r.o. Rousínov, realizaci provedla firma Ing. Vojtěcha Doležala Zahrada Komořany. Sadové úpravy provedla firma FAA-Florist ART AGENCY, Ing. Karel Zelený z Vyškova. Technologie je založena na uzavřené cirkulaci vody ve dvou nezávislých okruzích. První okruh tvoří čerpadlo, které přivádí vodu přes dvojici filtrů a přes kaskádu lagun zpět do nádrže. Druhý cirkulační okruh je napojen na filtrační zóny, odkud je voda čerpána a vracena do bazénu přes vodní clonu. Biotop je tvořen hlavní koupací částí o hloubce 3-4 m pro plavce, okrajovou lemovou částí nepravidelné šířky a hloubkou od 0 až do 1 m pro neplavce. Tyto mělké části jsou vyloženy oblázky. Hlavní bazén je spojen potokem s 4 čistícími lagunami, které jsou situovány kaskádovitě tak, aby voda protékala gravitačně z horní laguny přes další zpět do koupací části. Laguny jsou vyloženy folií s filtračními substráty a jsou osazeny vodními rostlinami.

Studie přírodního koupaliště stála 128 222 Kč, projekt 250 000 Kč, dílo včetně sadových úprav cca 5 500 000 Kč. Dotace z JMK činila 1 558 000 Kč, příspěvek 980 000 Kč darovala firma Českomoravský cement Heidelberg cement Group, z vlastních zdrojů investovali 2 962 000 Kč. (*Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost, 2008*)



Obrázek č. 42: Přírodní koupaliště Kovalovice během sezóny



Obrázek č. 41: Letecký snímek přírodního koupaliště Kovalovice



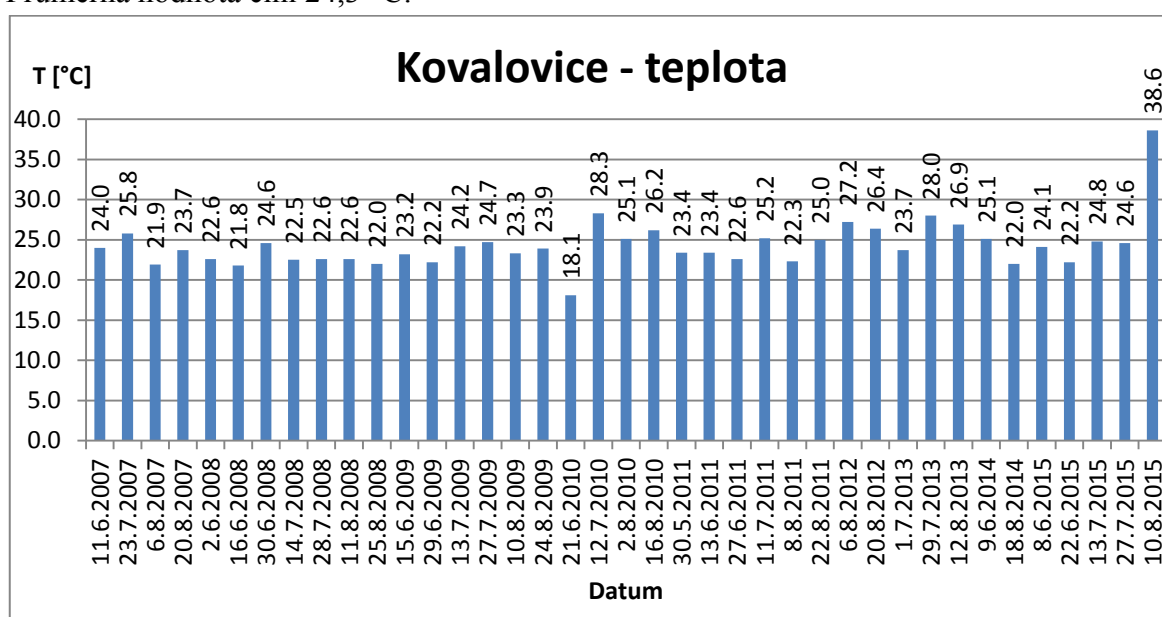
Obrázek č. 44: Regenerační zóna přírodního koupaliště Kovalovice



Obrázek č. 43: Přírodní koupaliště Kovalovice po skončení koupací sezóny

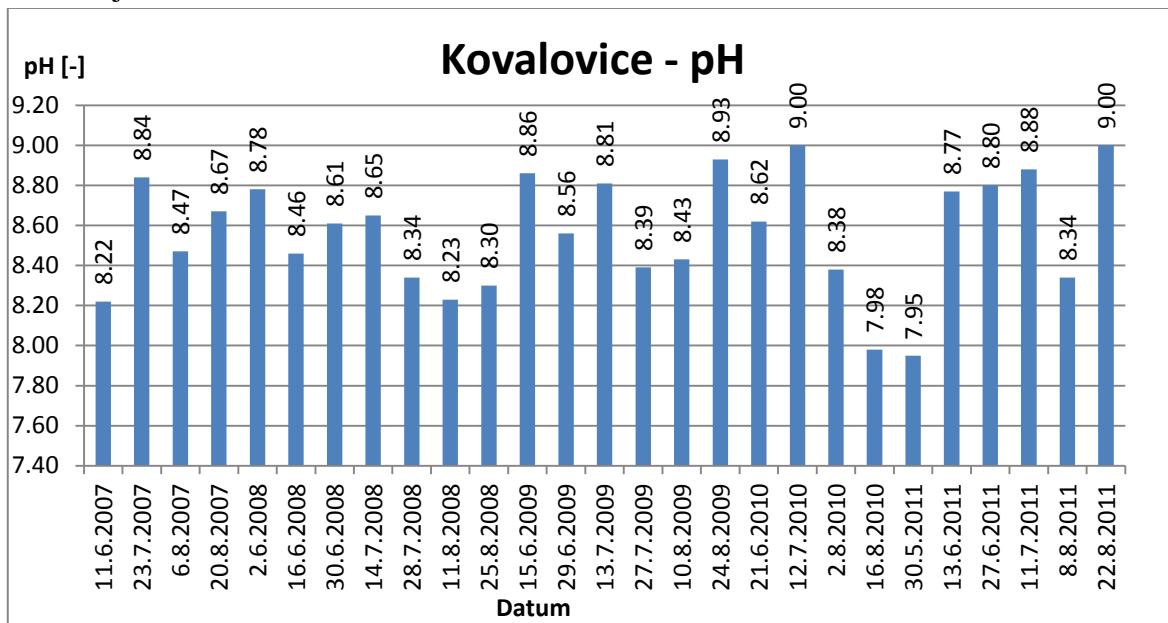
11.1.1 Grafické znázornění vlastností vody v přírodním koupališti Kovalovice

Teplota vody se zaznamenává společně s teplotou vzduchu do knihy denních záznamů. Měří se v hloubce 1,0 m pod vodní hladinou. Na obrázku č. 45 jsou vyobrazeny teploty vody v koupacím biotopu ve dnech odběru vzorků specializovanou osobou. Chtěl bych zde upozornit na datum 12. 7. 2010, kdy se údajně ve vodě vyskytly sinice. Vzhledem k vyšší teplotě, vyšší hodnotě pH a většímu množství kyslíku ve vodě k tomuto datu to byly ideální podmínky pro rozvoj vodního květu. Také průhlednost byla na hranici limitní hodnoty. Následný odběr ovšem výskyt sinic vyvrátil. Dle mého názoru se spíše jednalo o špatné zacházení s odebraným vzorkem, který mohl být delší dobu vystaven slunečnímu záření nebo nebyl umístěn do chladicího boxu. Teplota se pohybuje ve zkoumaném období od 11. 6. 2007 do 10. 8. 2015 v rozmezí od 18,1 °C do 38,6 °C. Průměrná hodnota činí 24,3 °C.



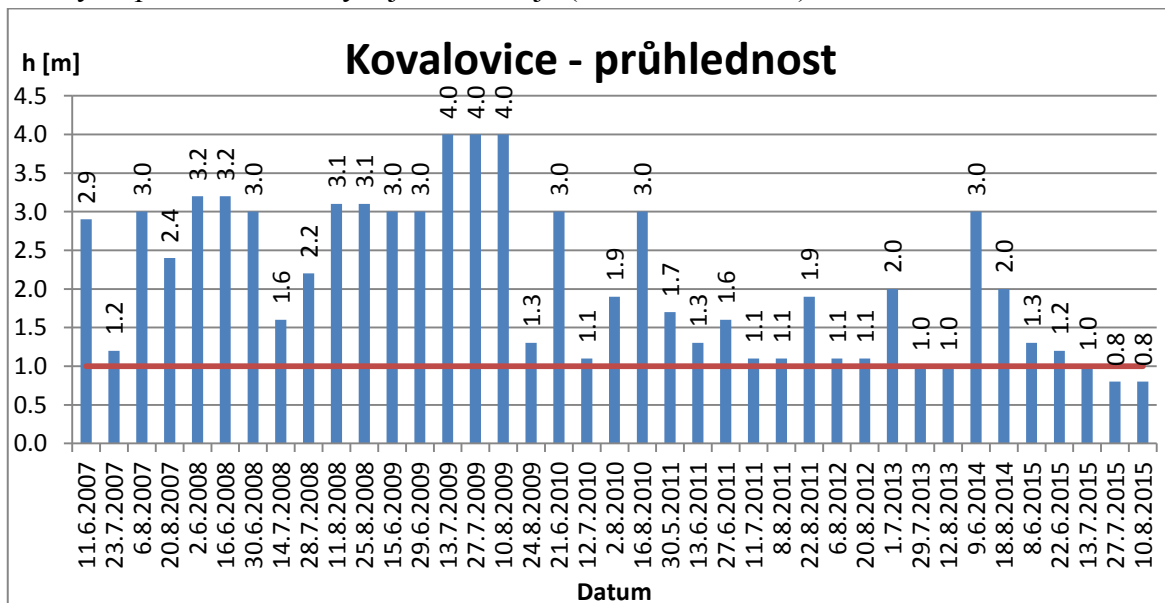
Obrázek č. 45: Teplota koupací vody na přírodním koupališti Kovalovice

Měření hodnoty pH není povinné od uvedení v platnosti vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 238/2011 Sb., tj. 25. 8. 2011. Na obrázku č. 46 jsou vyobrazeny hodnoty pH, které byly stanoveny při odběrech. Za zmínění stojí hodnota pH u zmiňovaného data 12. 7. 2010, která je vyšší než ostatní hodnoty. Ve zkoumaném období od 11. 6. 2007 do 22. 8. 2011 byly hodnoty pH vody v přírodním koupališti od 7,95 do 9,00 a průměrná hodnota je 8,57.



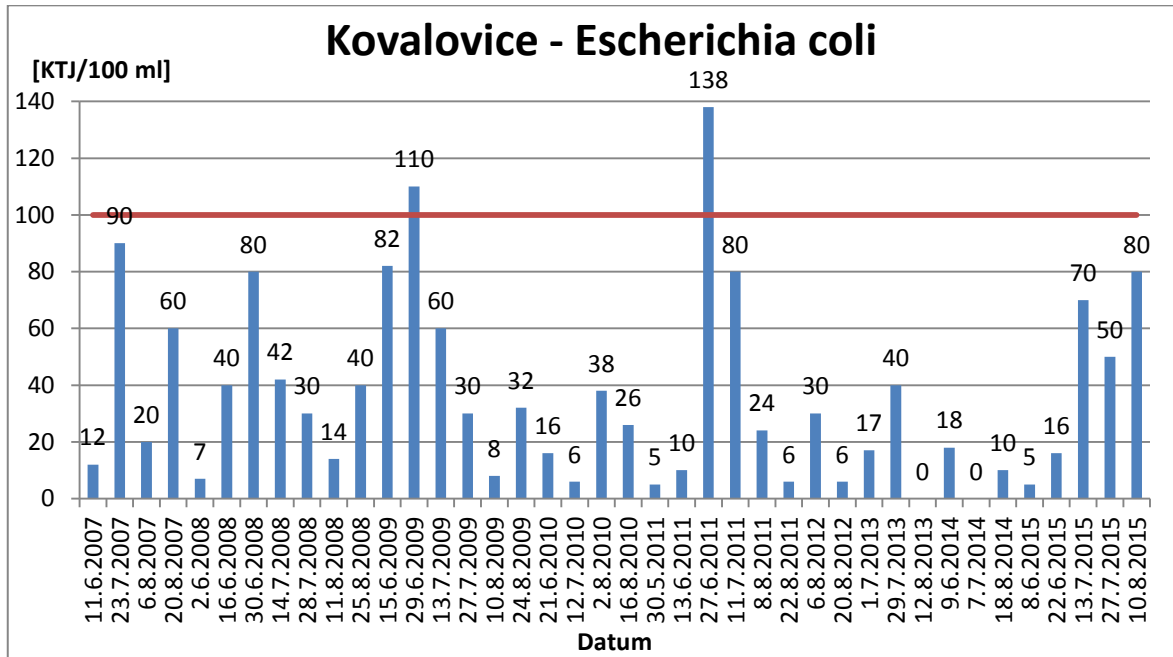
Obrázek č. 46: Hodnoty pH koupací vody na přírodním koupališti Kovalovice

Průhlednost koupací vody je dána vyhláškou č. 238/2011 Sb. a její limitní hodnota je 1,0 m, která je na obrázku č. 47 znázorněna červenou barvou. Hodnoty se pod tuto hodnotu dostaly pouze na konci loňské koupací sezóny, kdy byla voda vyhodnocena jako voda vhodná pro koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi. Nízká průhlednost může způsobit problémy při záchraně tonoucího. Překvapením může být, že v průběhu koupací sezóny se průhlednost vody nijak nesnižuje (kromě roku 2015).



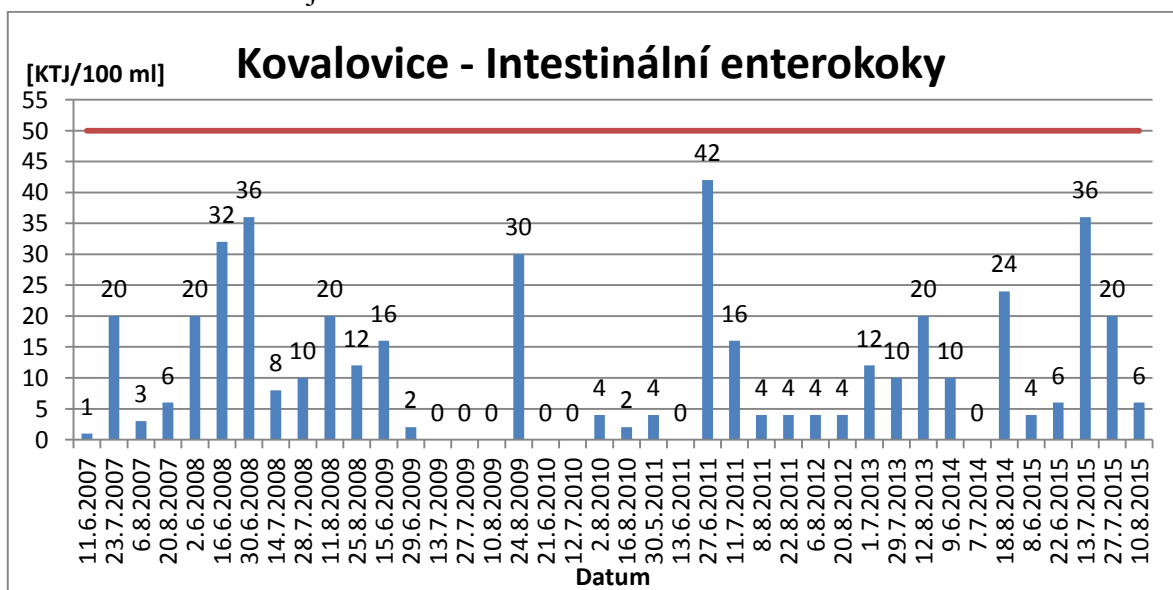
Obrázek č. 47: Průhlednost koupací vody na přírodním koupališti Kovalovice

Limitní hodnota pro mikrobiální znečištění bakterií *Escherichia coli* v biotopu je dána vyhláškou č. 238/2011 Sb. V obrázku č. 48 je vyznačena červenou barvou a její hodnota je 100 KTJ/100 ml. K jejímu překročení došlo ve dnech 29. 6. 2009 a téměř za dva roky 27. 6. 2011, kdy byla kvalita vody vyhodnocena jako voda vhodná pro koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi. Ani zde nemůžeme sledovat žádné zhoršování v průběhu koupací sezóny.



Obrázek č. 48: Znečištění koupací vody bakterií *Escherichia coli* na přírodním koupališti Kovalovice

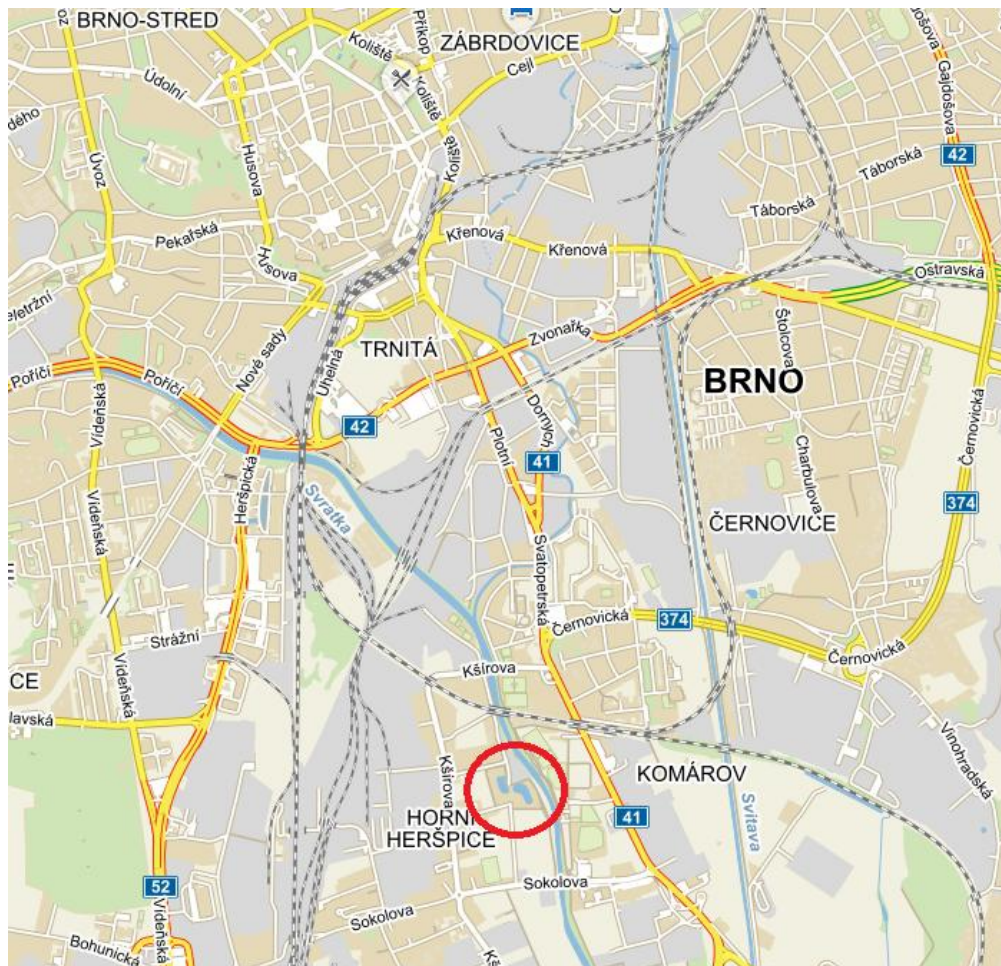
I u výskytu intestinálních enterokoků nemůžeme pozorovat žádné zhoršování během koupací sezóny. K překročení limitní hodnoty 50 KTJ/100 ml nedošlo ve sledovaném období ani jednou.



Obrázek č. 49: Znečištění koupací vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Kovalovice

11.2 Koupací biotop Brno-jih

Bývalá obec Horní Heršpice tvoří od roku 1990 brněnskou městskou část Brno-jih (okres Brno-město, kraj Jihomoravský). K roku 2011 žilo v Horních Hešpicích 2046 obyvatel.



Obrázek č. 50: Mapa s vyznačeným koupacím biotopem Brno-jih (zdroj: mapy.cz)

Koupací biotop projektovala firma BAPO s.r.o. Rousínov.

Areál stavby povolené k účelu koupání vybavené systémem přírodního způsobu čištění vody ke koupání se nachází ve městě Brně, v městské části Brno-jih mezi ulicemi Kšírova, Hněvkovského a Sokolova. Zájmová oblast se nachází v blízkosti řeky Svatky, na jejím pravém břehu, ve vzdálenosti cca 100 m.

Zdrojem vody pro areál přírodního koupaliště jsou dvě stávající studny. Napouštění přírodního koupaliště je prováděno z obou studní a po naplnění bazénu je spuštěna cirkulace vody. Od tohoto okamžiku tvoří přírodní koupaliště uzavřený okruh, ve kterém voda cirkuluje pomocí čerpadel umístěných v technologické šachtě. Bude se pouze dopouštět chybějící objem vody (odpar) tak, aby hladina vody byla v požadované výšce hladinových sběračů - skimmerů. Pro cirkulaci vody je voda z bazénu odebírána jak pomocí bočních skimmerů, tak i z filtračních zón umístěných pod pláží. Veškerá voda protéká přes čisticí zónu, kde dochází k biologickému čištění vody. Čisticí zóna je navržena tak, aby voda protékala gravitačně zpět do bazénu, přes potok spojující čisticí

zónu a bazén. Bazén není každoročně vypouštěn. Údržba čistících zón se provádí dle potřeby v souvislosti s provedenými rozbory vody. V podzimních měsících v případě spadu listů se sítíkou listy vyloví a čistící zóna se odkalí. Vždy v zimních měsících se odpojí cirkulace vody a provede zástřih vodních rostlin. Vypouštění koupací části se provádí dle stavu vody a potřeby čištění v cyklu 6 - 8 let. (*Provozní řád přírodního*



Obrázek č. 51: Letecký snímek koupacího biotopu Brno-jih (zdroj: mapy.cz)

koupacího biotopu Brno-jih, 2014)

Vždy po skončení sezony se může provést dle potřeby odsátí nečistot ze dna vodním vysavačem. Litorální makrofyta budou, kromě stálezelených druhů, ostřihána během podzimu, nejpozději brzy na jaře. Před koupací sezonou je nutná důsledná údržba bazénu i čistících zón odkalením a odsátím organických usazenin.



Obrázek č. 53: Regenerační zóna koupacího biotopu Brno-jih



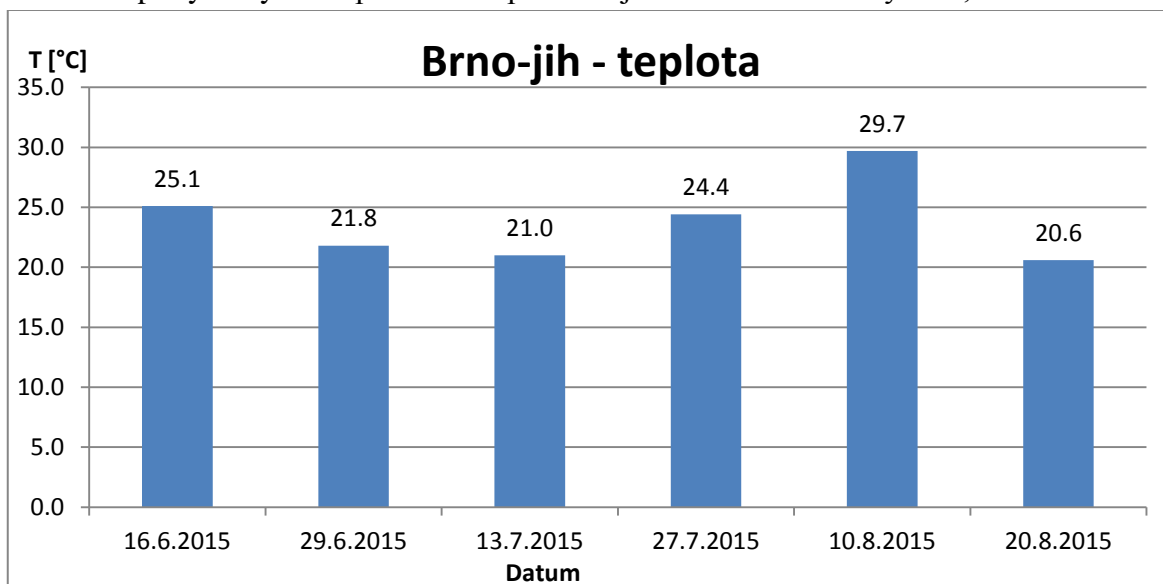
Obrázek č. 52: Přírodní koupaliště Brno-jih před zahájením koupací sezóny



Obrázek č. 54: Prameniště koupacího biotopu Brno-jih

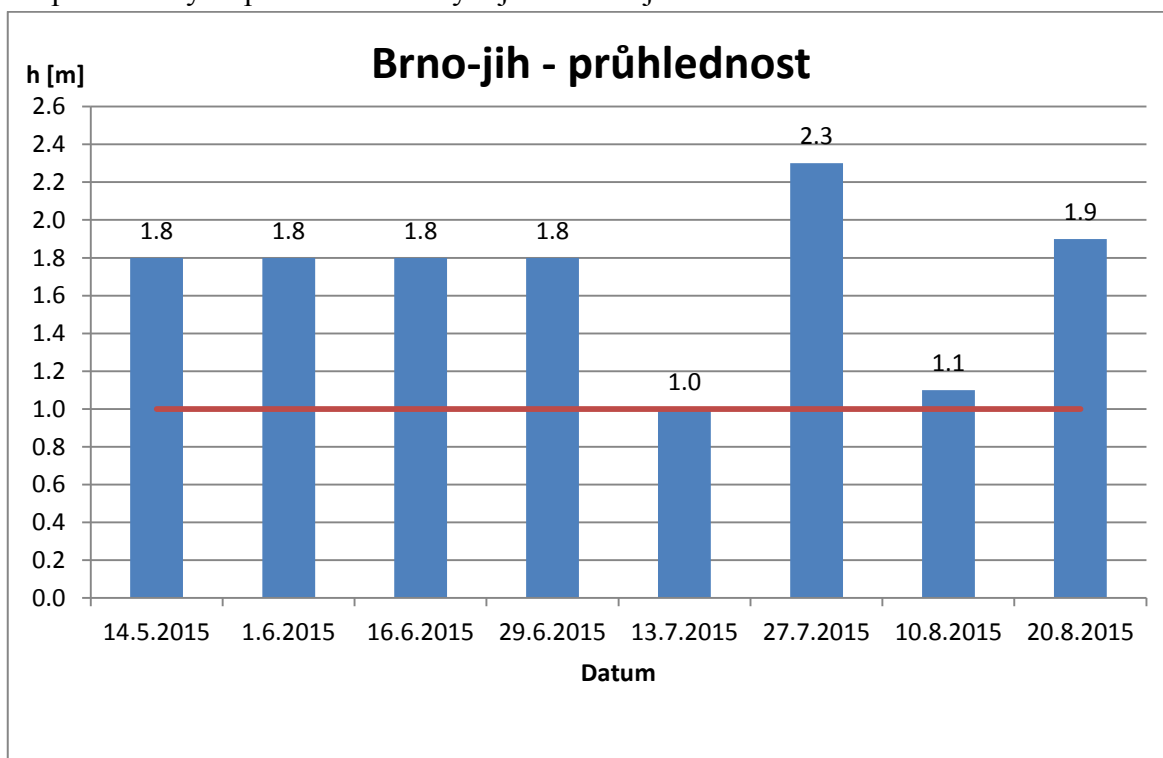
11.2.1 Grafické znázornění vlastností vody v přírodním koupališti Brno-jih

Na obrázku č. 55 můžete vidět vývoj teploty v koupací sezóně 2015. Teplota se ve druhé půlce prázdnin díky obrovským vedrům vyšplhala až na téměř 30 °C. Průměrná hodnota teploty vody v koupacím biotopu Brno-jih v loňském roce byla 23,8 °C.



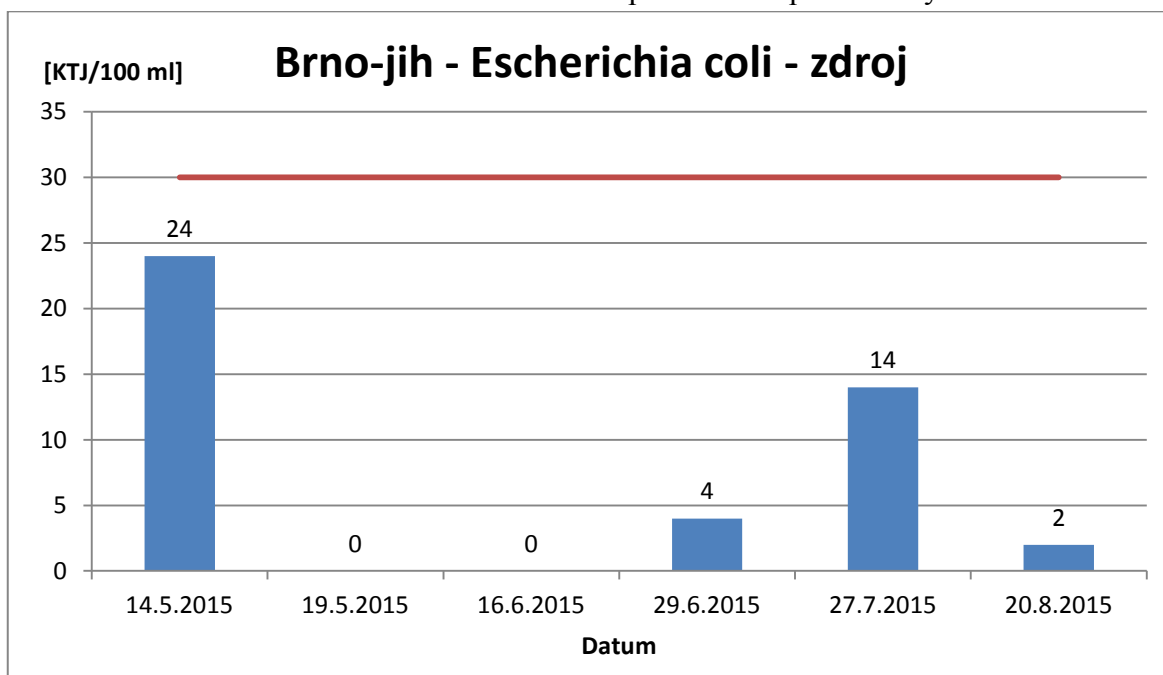
Obrázek č. 55: Teplota koupací vody na přírodním koupališti Brno-jih

Průhlednost koupací vody je dána vyhláškou č. 238/2011 Sb. a její limitní hodnota je 1,0 m, která je v obrázku č. 56 znázorněna červenou barvou. Hodnoty se pod tuto hodnotu nedostaly ani jednou, pouze 13. 7. 2015 byla dosažena limitní hodnota. V průběhu koupací sezóny se průhlednost vody nijak nesnižuje.



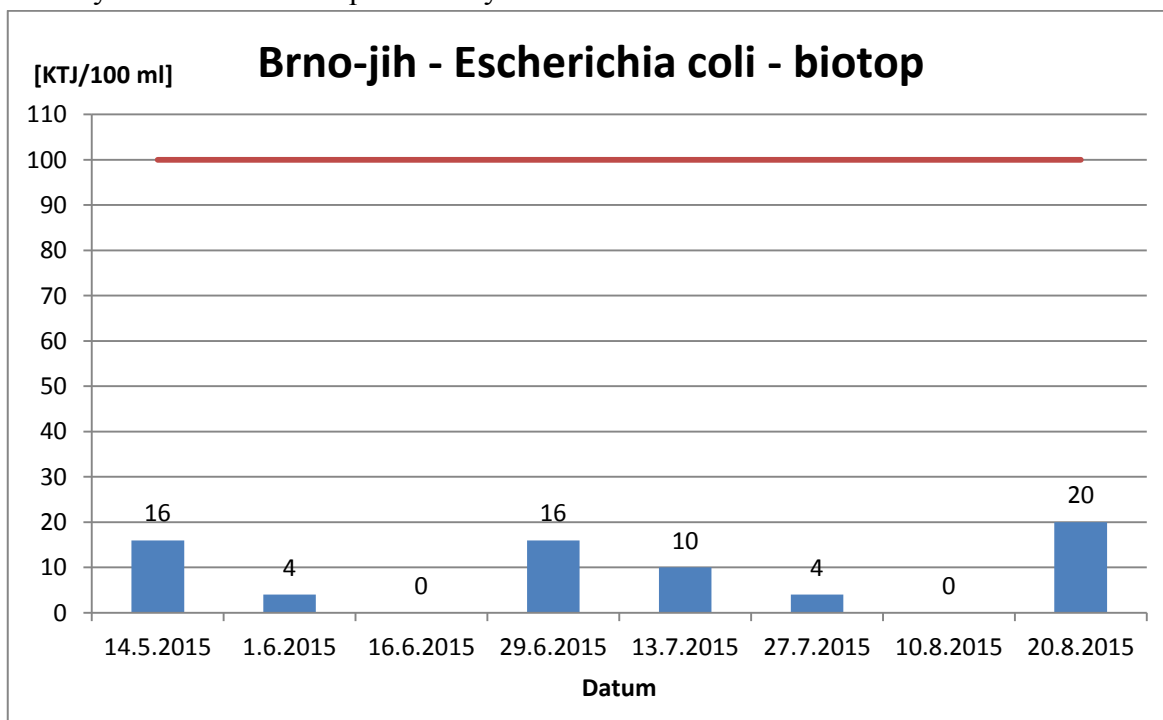
Obrázek č. 56: Průhlednost koupací vody na přírodním koupališti Brno-jih

Limitní hodnota pro mikrobiální znečištění bakterií *Escherichia coli* ve zdroji je dána vyhláškou č. 238/2011 Sb. V obrázku č. 57 je vyznačena červenou barvou a její hodnota je 30 KTJ/100 ml. K jejímu překročení nedošlo v koupací sezóně 2015 ani jednou. Ani zde nemůžeme sledovat žádné zhoršování v průběhu koupací sezóny.



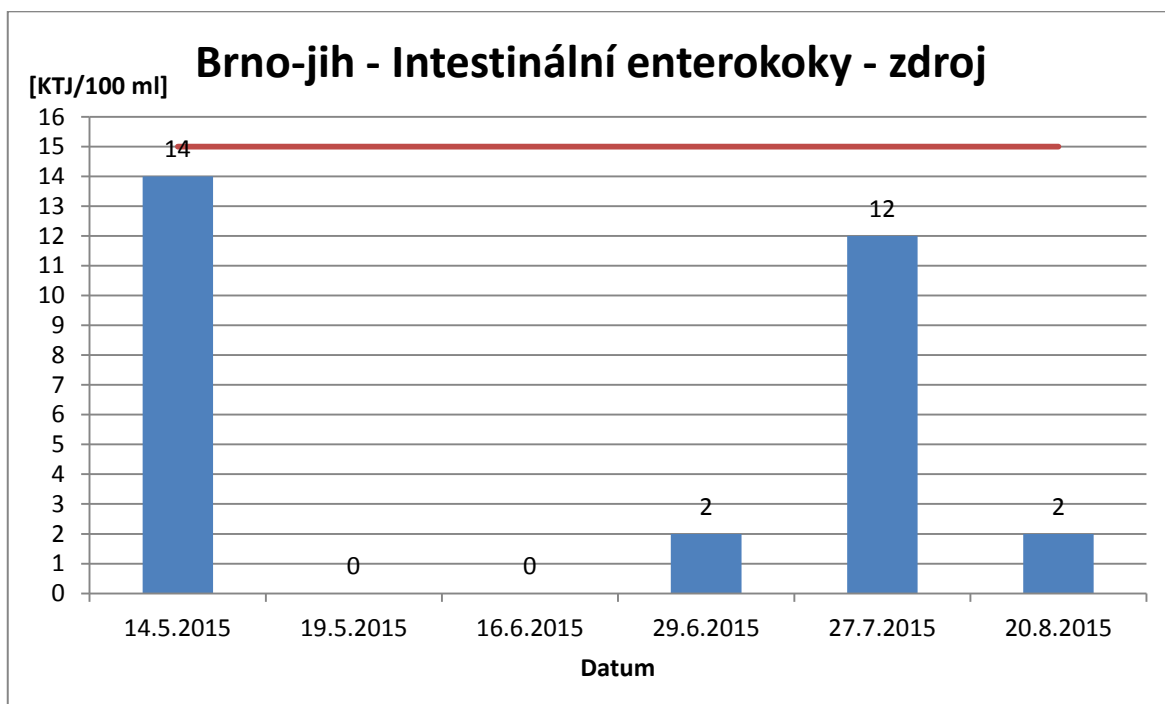
Obrázek č. 57: Znečištění zdrojové vody bakterií *Escherichia coli* na přírodním koupališti Brno-jih

Limitní hodnota pro mikrobiální znečištění bakterií *Escherichia coli* v biotopu je 100 KTJ/100 ml (v obrázku č. 58 je znázorněna červenou barvou). K překročení této hodnoty během loňské koupací sezóny nedošlo.



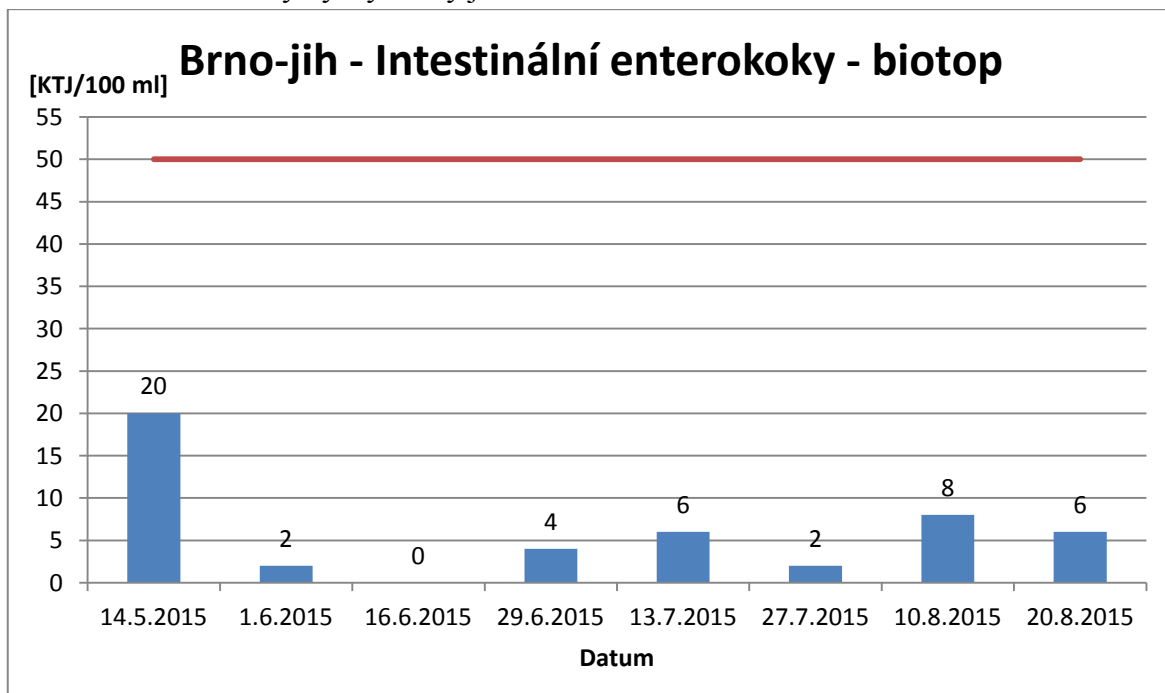
Obrázek č. 58: Znečištění koupací vody bakterií *Escherichia coli* na přírodním koupališti Brno-jih

Mikrobiální znečištění intestinálními enterokoky dosáhlo na začátku koupací sezóny 2015 téměř limitní hodnoty, která je stanovena pro zdroj na hodnotu 15 KTJ/100 ml. Následný odběr již ukázal nulovou hodnotu výskytu intestinálních enterokoků.



Obrázek č. 59: Znečištění zdrojové vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Brno-jih

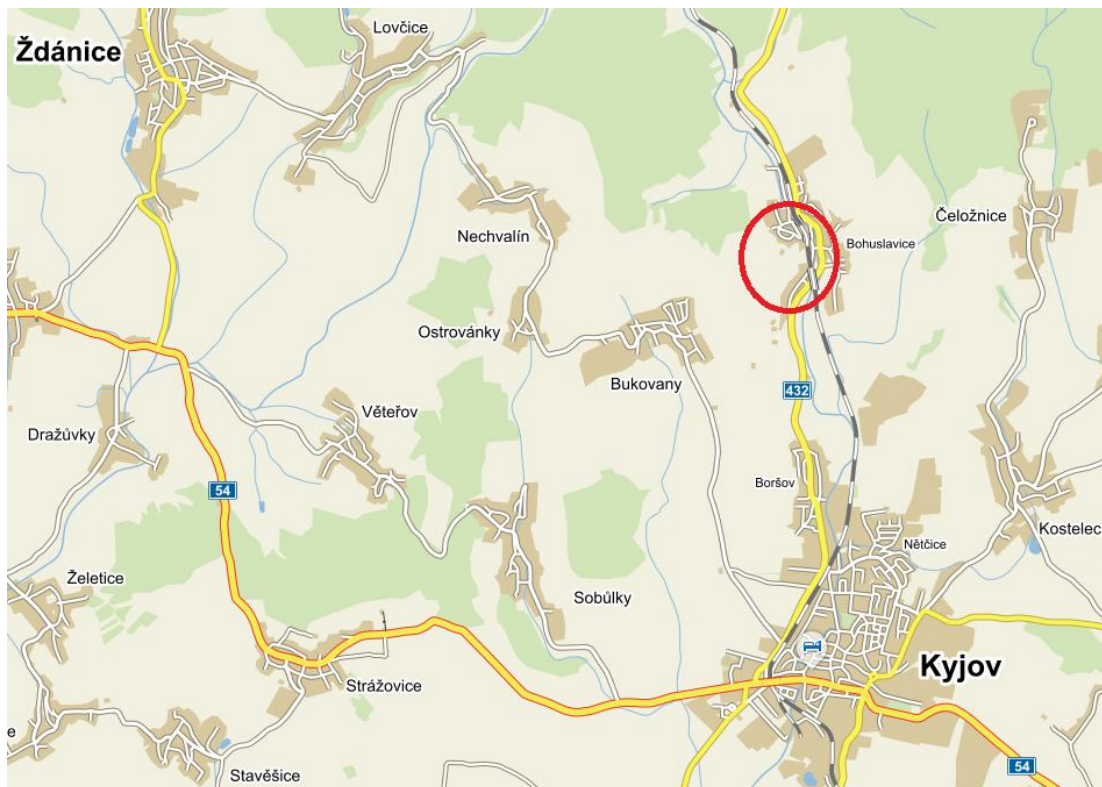
Výskyt mikrobiálního znečištění intestinálními enterokoky v koupacím biotopu nepřekročilo limitní hodnotu 50 KTJ/100 ml v průběhu koupací sezóny ani jednou. Nejhorší výsledek odběru vody se vyskytl hned na začátku koupací sezóny. Poté se intestinální enterokoky vyskytovaly jen v minimálních hodnotách.



Obrázek č. 60: Znečištění koupací vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Brno-jih

11.3 Koupací biotop Bohuslavice

Původně samostatná obec Bohuslavice je již dnes součástí města Kyjov. Kyjov patří do okresu Hodonín a do Jihomoravského kraje.



Obrázek č. 61: Mapa s vyznačeným koupacím biotopem Bohuslavice (zdroj: mapy.cz)

Koupací areál biotopu se nachází v Bohuslavicích u Kyjova a byl poprvé otevřen v roce 2010. V areálu biotopu se nachází vodní koupací plocha o rozměru 25,0 m x 20,0 m, dětské brouzdaliště a osmdesátimetrová laguna ve tvaru potoka.

Koupací areál je zasazený v příjemném prostředí zeleně a stal se místem letních radovánek nejen zdejších obyvatel, ale i návštěvníků z okolí. Lokalita je umístěna v jihozápadní části obce, mimo zastavěnou část, ale přesto jen 500 metrů od centra obce.

Koupací areál byl vybudován z předešlého již nefunkčního koupaliště díky dotaci z ROP Jihovýchod. Jedná se o koupací biotop s přírodním systémem filtrace vody bez chemikálií. Spojuje v sobě funkci okrasných jezírek s možností koupání.

Největším přínosem přírodního koupání je snížení alergenního tlaku na organismus a citlivější zapojení do krajiny. (<http://www.tskyjov.cz>, 2013)



Obrázek č. 62: Přírodní koupaliště Bohuslavice



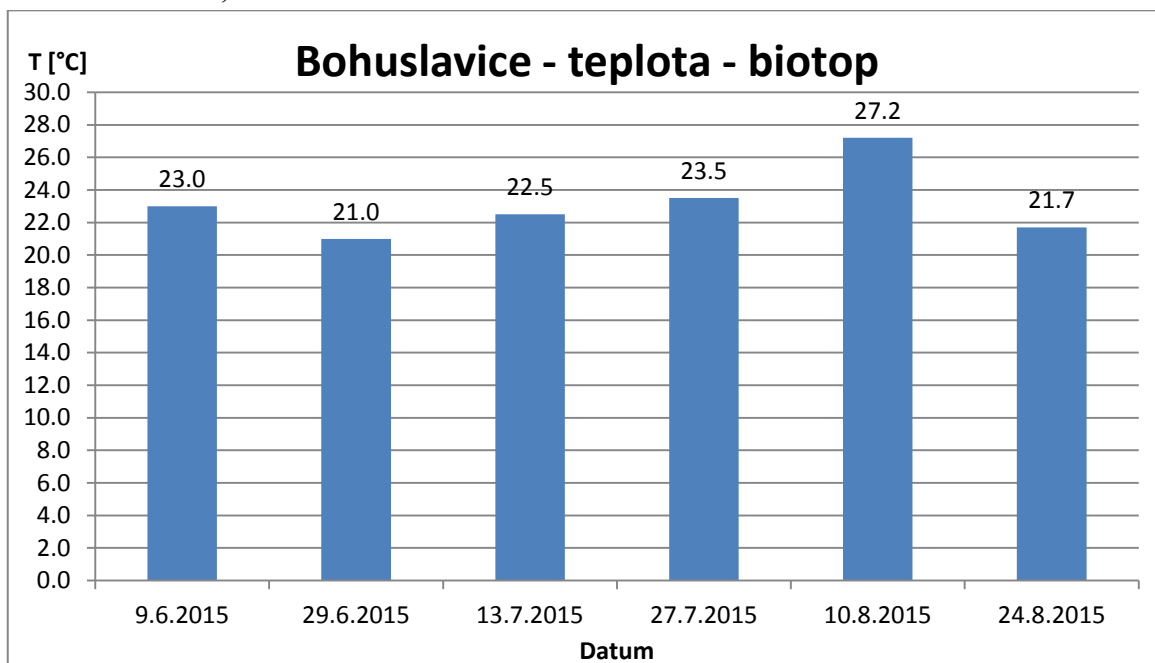
Obrázek č. 63: Letecký snímek koupacího biotopu Bohuslavice (zdroj: mapy.cz)



Obrázek č. 64: Pohled na prameniště a regenerační zónu

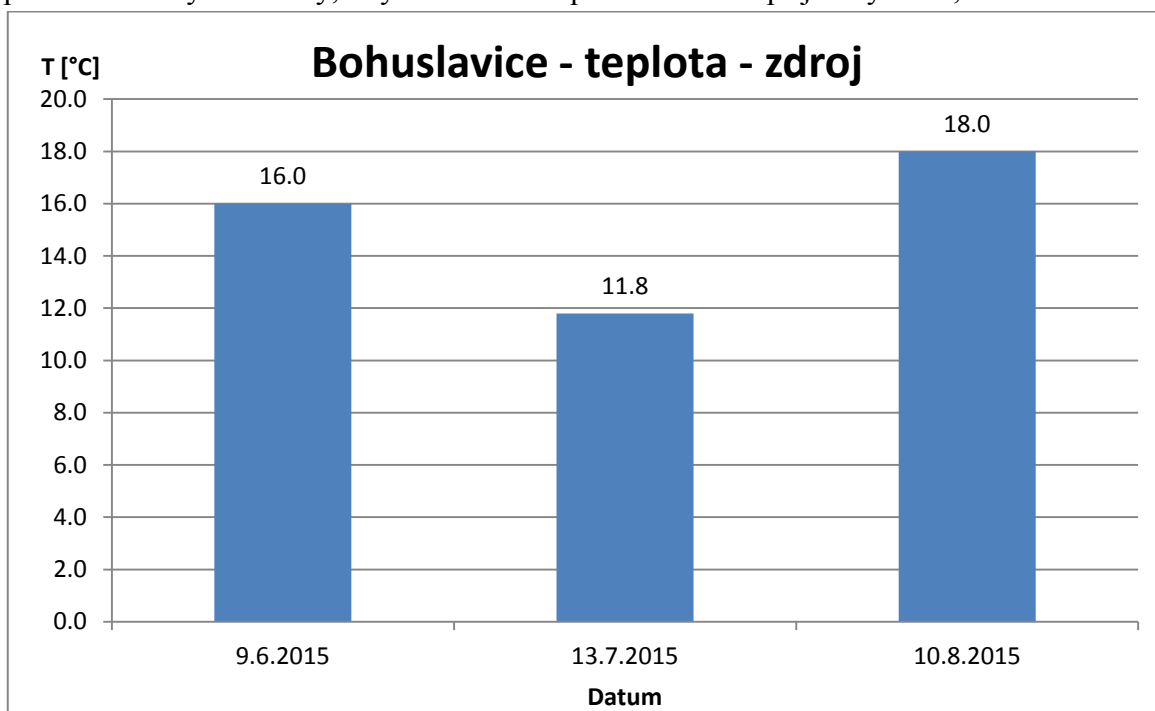
11.3.1 Grafické znázornění vlastností vody v přírodním koupališti Bohuslavice

Teplota vody v biotopu v koupací sezóně 2015 se pohybovala v rozmezí od 21,0 °C do 27,2 °C. Průměrná hodnota byla 23,2 °C. I zde je patrné podobně jako u biotopu v Kovalovicích a městské části Brno-jih větší zvýšení teploty na začátku měsíce srpna vlivem vln veder, která zasáhla v loňském roce.



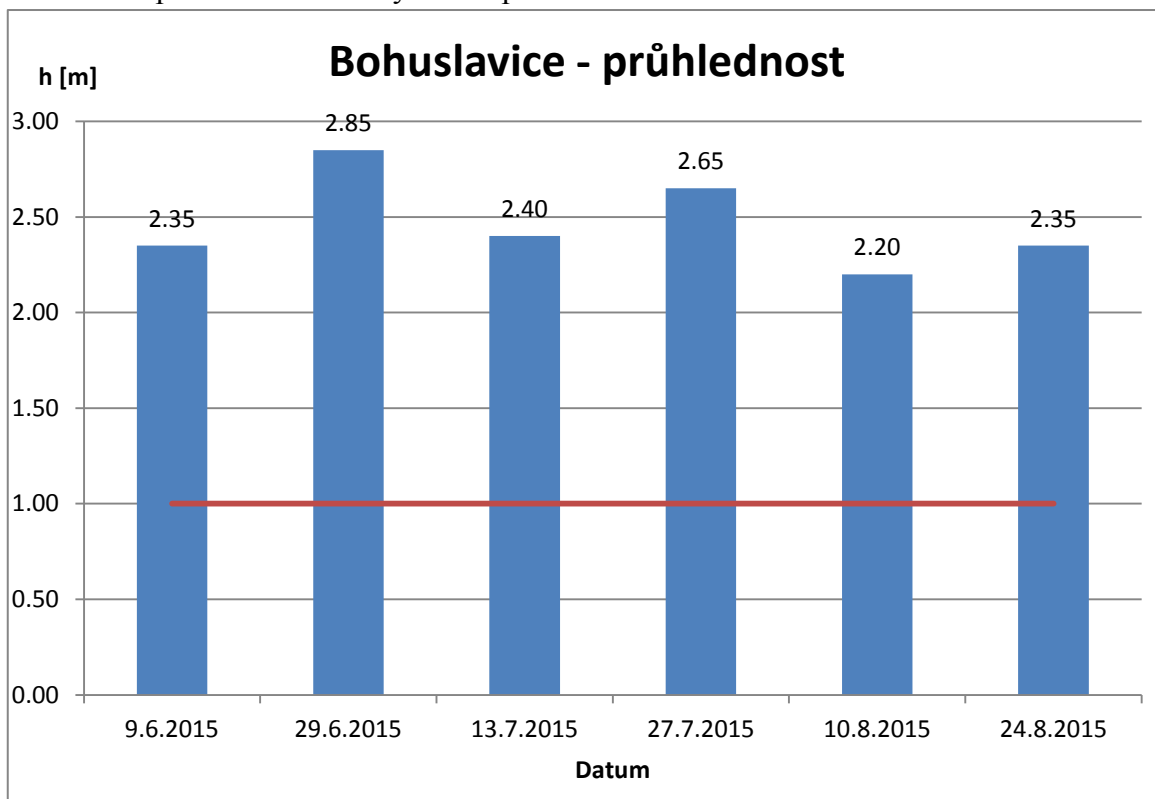
Obrázek č. 65: Teplota koupací vody na přírodním koupališti Bohuslavice

Jak je z obrázku č. 66 patrné, tak velká horka se projevila také na teplotě zdroji podzemní vody ze studny, kdy na začátku srpna 2015 měla příjemných 18,0 °C.



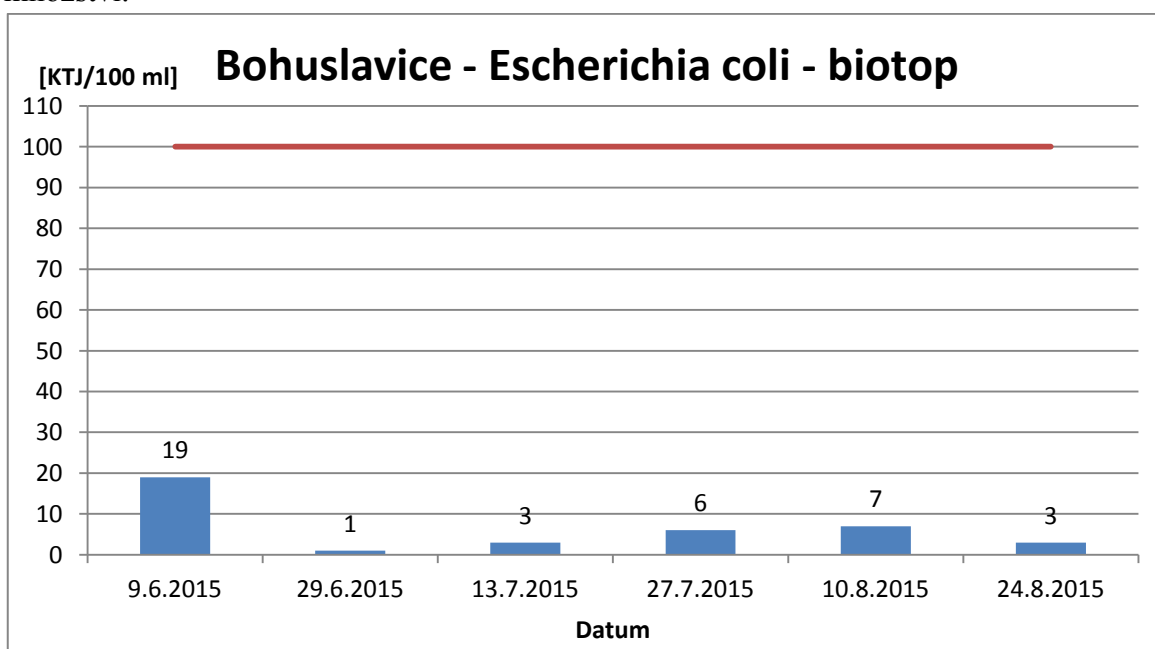
Obrázek č. 66: Teplota zdrojové vody na přírodním koupališti Bohuslavice

Průhlednost koupací vody v Bohuslavicích se pohybuje v rozmezí 2,20 – 2,85 m, limitní hodnotě 1,00 m se v koupací sezóně 2015 ani zdaleka nepřiblížila a nebylo třeba snižovat stupeň vhodnosti vody ke koupání.



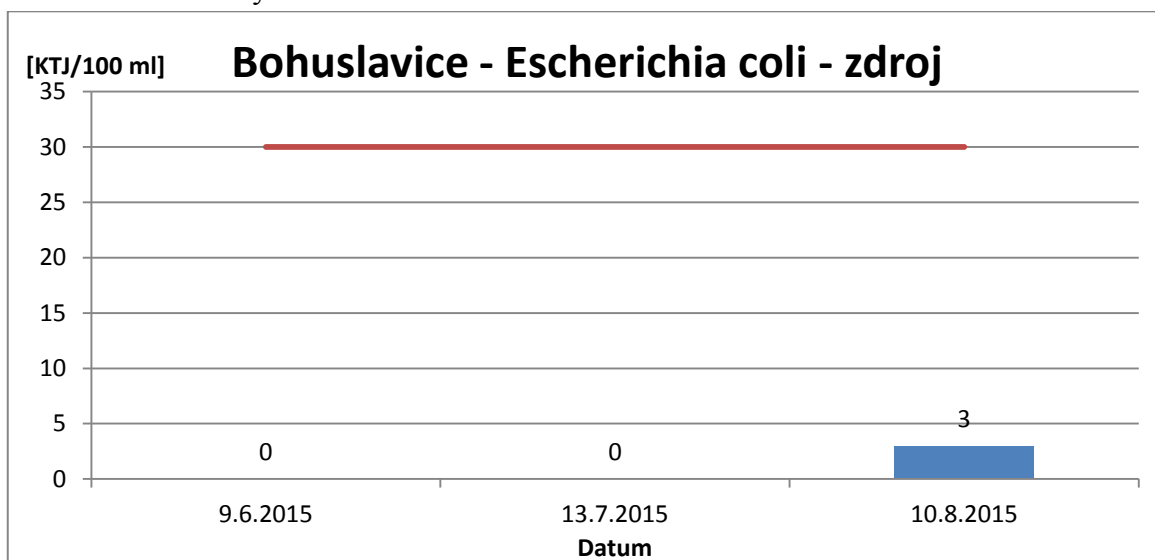
Obrázek č. 67: Průhlednost koupací vody na přírodním koupališti Bohuslavice

Limitní ukazatel mikrobiologického znečištění bakterií *Escherichia coli* v biotopu nebyl překročen ani dosažen v průběhu koupací sezóny 2015 ani jednou. Nejvyšší hodnota byla zjištěna na začátku koupací sezóny a poté se bakterie vyskytovala jen v malém množství.



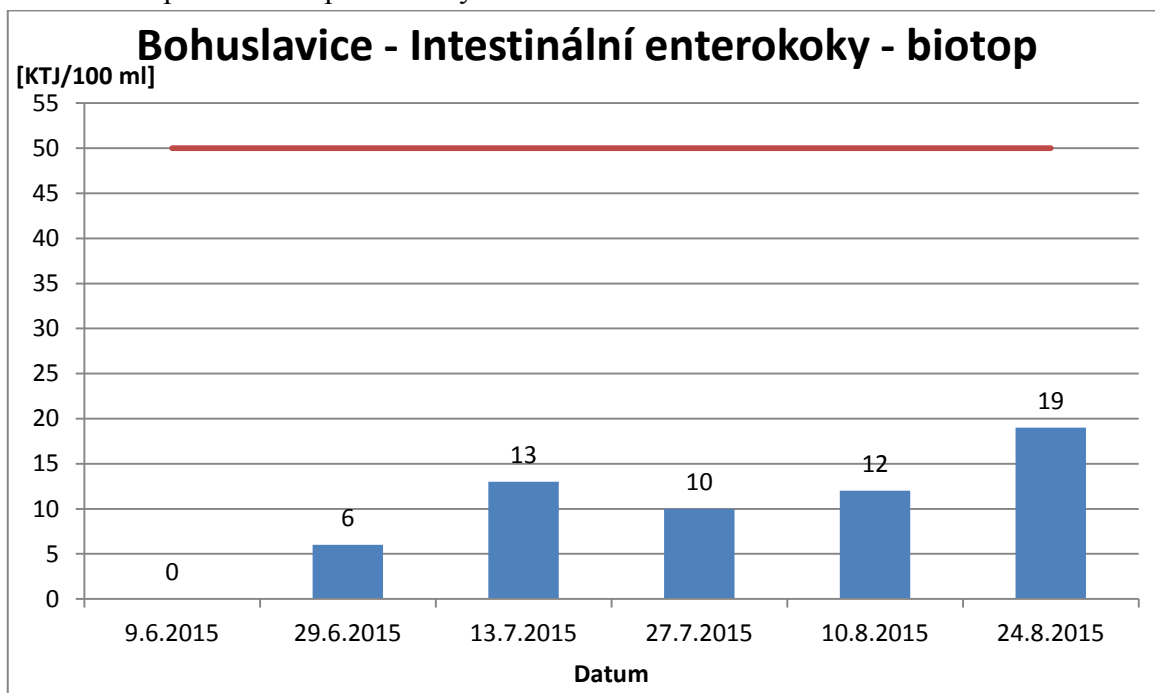
Obrázek č. 68: Znečištění koupací vody bakterií *Escherichia coli* na přírodním koupališti Bohuslavice

Výskyt bakterie *Escherichia coli* ve zdrojové vodě je zcela opačný v průběhu loňské koupací sezóny než tomu tak bylo v koupací vodě. Bakterie se zde objevila až ke konci koupací sezóny, ale jen v malém množství 3 KTJ/100 ml a limitní hodnota 30 KTJ/100 ml nebyla dosažena.



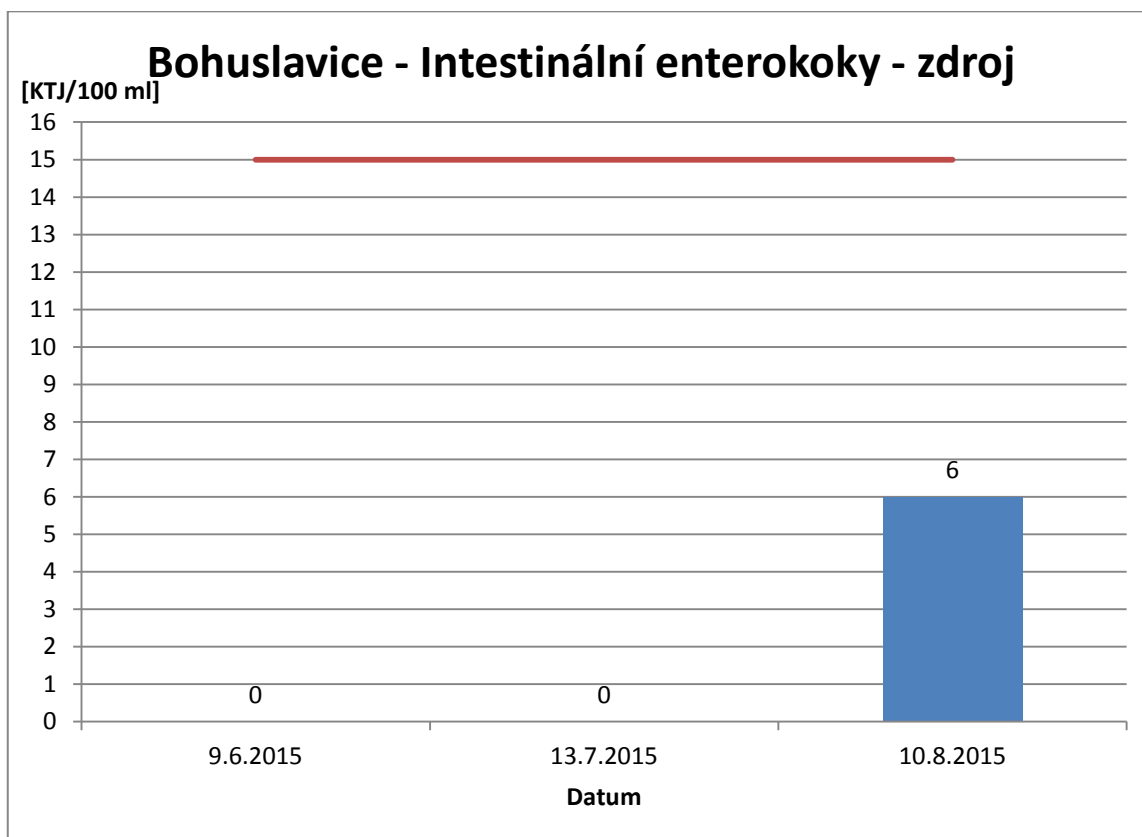
Obrázek č. 69: Znečištění zdrojové vody bakterií *Escherichia coli* na přírodním koupališti Bohuslavice

Výskyt intestinálních enterokoků je zcela opačný než výskyt bakterie *Escherichia coli* v koupacím biotopu. Na začátku koupací sezóny je hodnota nulová a dalo by se říct, že poté roste a dosáhne svého maxima na konci koupací sezóny, ale limitní hodnotu nepřesáhne. Pro tento jev vysvětlení nemám, ale myslím, že je mnohem logičtější, že znečištění v průběhu koupací sezóny roste než klesá.



Obrázek č. 70: Znečištění koupací vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Bohuslavice

Ve zdroji vody pro koupací biotop se intestinální enterokoky objeví až na konci koupací sezóny, ale limitní hodnota dosažena není. Přítomnost intestinálních enterokoků ve zdroji má pochopitelně vliv i na výskyt intestinálních enterokoků v samotném koupacím bazéně.

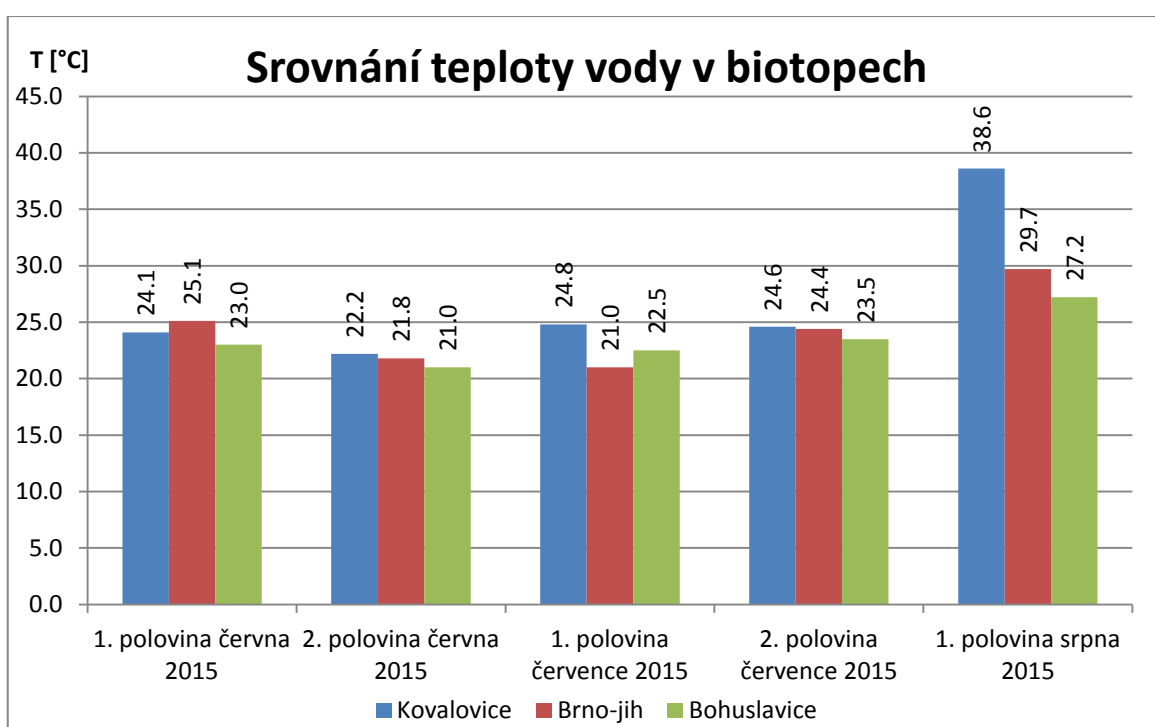


Obrázek č. 71: Znečištění zdrojové vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Bohuslavice

11.4 Grafické srovnání vlastností vody mezi biotopy v roce 2015

11.4.1 Srovnání teploty vody v biotopech

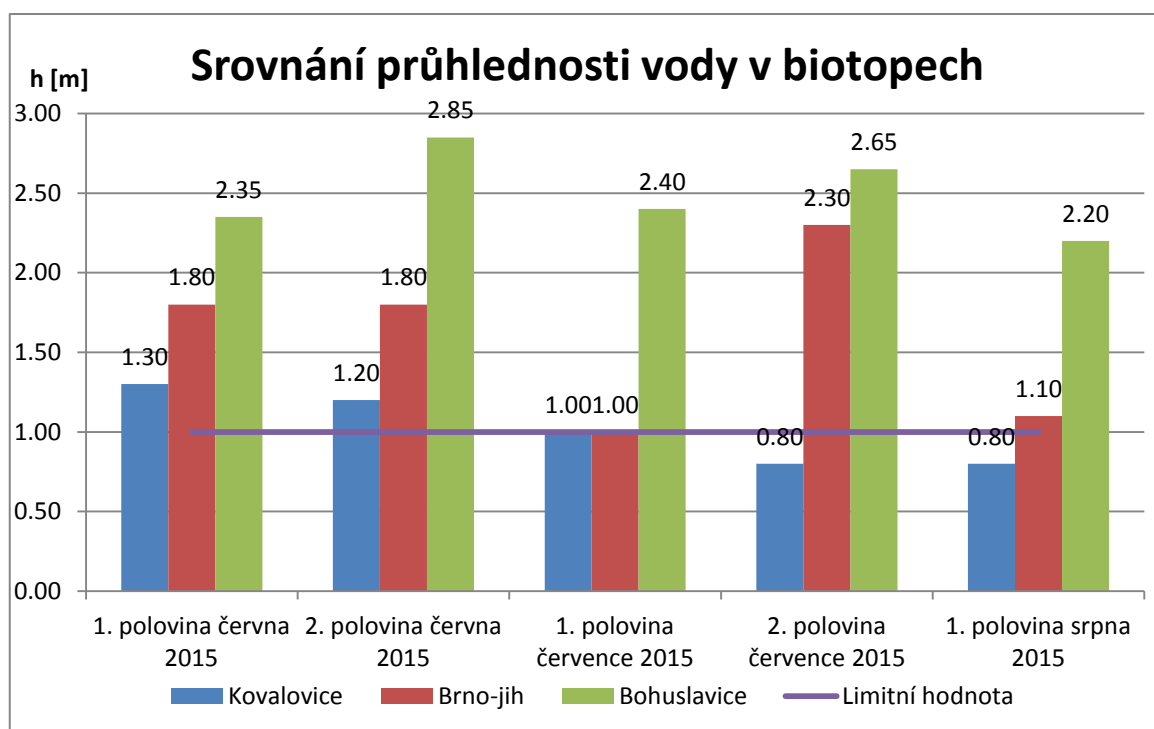
Všechny tři zkoumané biotopy se nacházejí v Jihomoravském kraji a z porovnání teploty jednotlivých biotopů je zřejmé, že hodnoty se příliš neliší. Snad jedinou výjimkou jsou hodnoty měření teploty z první poloviny srpna roku 2015, ale tak obrovská teplota koupací vody v Kovalovicích snad ani nemohla být příjemná návštěvníkům a dle mého názoru se jedná o přepis pověřené osoby, která prováděla rozbor vzorku. Místo hodnoty 38,6 °C by nejspíš měla být hodnota 28,6 °C, která by přibližně odpovídala i údajům z ostatních biotopů. Nicméně i tak můžeme říct, že v průměru měli v Kovalovicích v loňském roce vodu v koupacím biotopu nejteplejší.



Obrázek č. 72: Srovnání teploty koupací vody na jednotlivých biotopech

11.4.2 Srovnání průhlednosti vody v biotopech

Biotop v Kovalovicích je ze tří zkoumaných biotopů nejstarší. Možná právě to ovlivňuje průhlednost koupací vody v místním biotopu. Tuto teorii, ale vyvrací koupací biotop Brno-jih, který je ze všech nejmladší a průhlednost vody zde dosáhla dokonce limitních hodnot. Toto může být způsobeno však ještě nezaběhlým ekosystémem. V průběhu letošní a příští sezóny je možno ještě vycíhat nějaké mouchy, které se jistě při provozu objevily nebo teprve objeví. Průhlednost koupací vody v Bohuslavicích během loňské koupací sezóny neklesla pod hodnotu 2,20 m. Pokud teda máte rádi čistou vodu, je nejvhodnější zavítat právě tam.



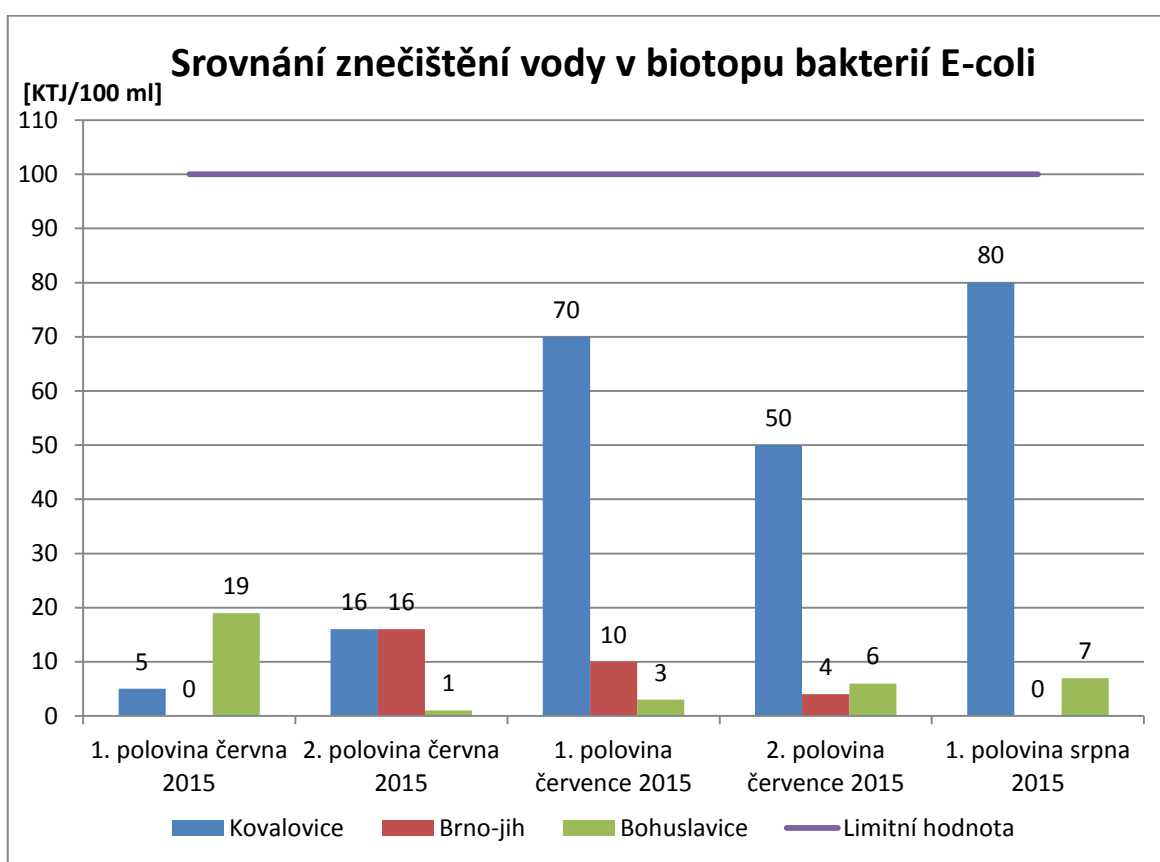
Obrázek č. 73: Srovnání průhlednost koupací vody na jednotlivých biotopech

11.4.3 Srovnání znečištění vody v biotopu bakterií Escherichia coli

Pro mě osobně nejzajímavější porovnávání. Byl jsem zvědavý, jak dopadne hodnocení znečištění bakterií Escherichia coli nejen v průběhu jedné koupací sezóny, ale i hodnocení mezi jednotlivými biotopy.

Přírodní biotop Kovalovice je nejstarší, návštěvníci o něm ví nejdéle a právě proto si myslím, že je nejnavštěvovanější ze všech tří. To přímo souvisí s ukazatelem znečištění, který je zde největší. Je to však pouze domněnka, ale potvrzuje ji i to, že nejmladší koupací biotop Brno-jih je bakterií Escherichia coli znečištěn nejméně.

K překročení limitní hodnoty 100 KTJ/100 ml nebylo dosaženo v žádném ze tří biotopů v průběhu loňské koupací sezóny a nemusela, tak být snižován stupeň vhodnosti vody ke koupání.

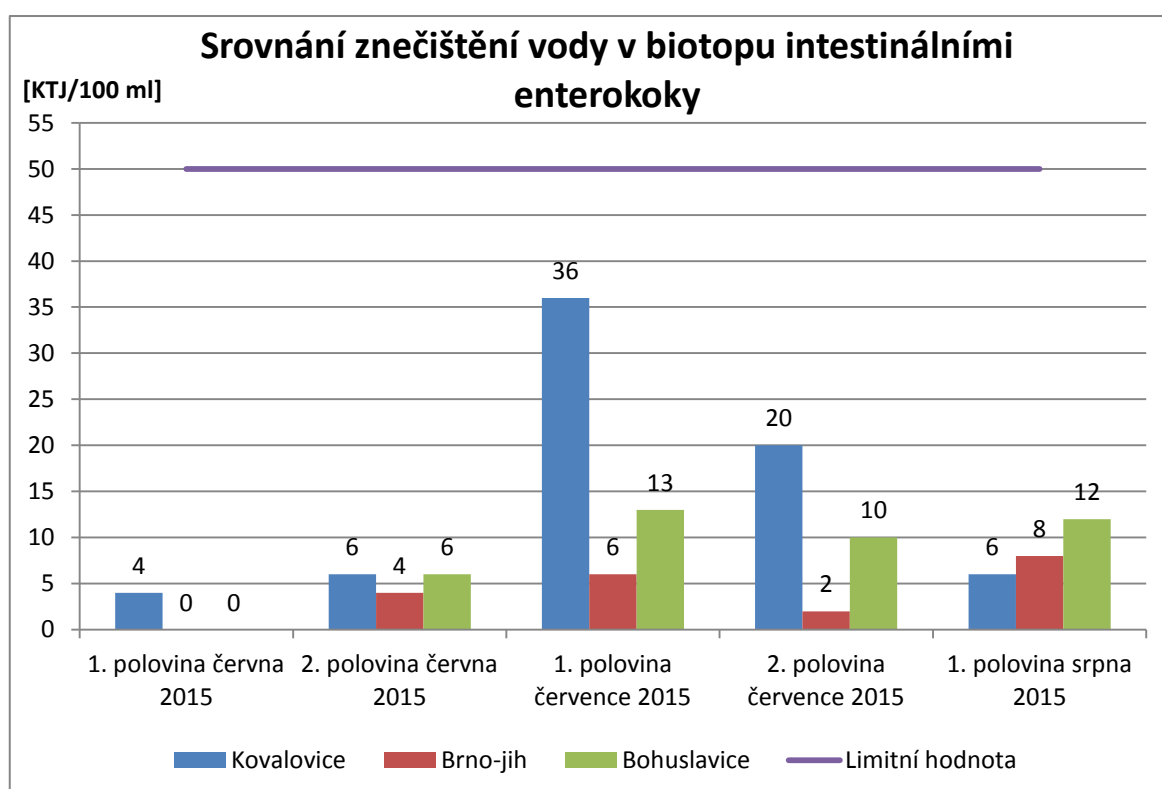


Obrázek č. 74: Srovnání znečištění koupací vody bakterií Escherichia coli na jednotlivých biotopech

11.4.4 Srovnání znečištění vody v biotopu intestinálními enterokoky

Podobná teorie jako u znečištění bakterií *Escherichia coli* by se dala aplikovat také na znečištění koupací vody intestinálními enterokoky.

Nejčistší koupací voda byla v loňské koupací sezóně na přírodním biotopu Brno-jih, kde se hodnota znečištění pohybovala do 10 KTJ/100 ml. Výrazné znečištění nenalezneme ani v Bohuslavicích, kde maximální hodnotu je 13 KTJ/100 ml. Znečištění v Kovalovicích bylo přibližně na stejných hodnotách jako znečištění u ostatních dvou biotopů. Jen hodnoty v červenci roku 2015 byly oproti konkurentům vyšší, ale ani tak nedosáhly limitní hodnoty 50 KTJ/100 ml.



Obrázek č. 75: Srovnání znečištění koupací vody intestinálními enterokoky na jednotlivých biotopech

11.4.5 Srovnání znečištění vody v biotopu *Pseudomonas aeruginosa*

Přítomnost bakterie *Pseudomonas aeruginosa* se sleduje pouze v bazénu její limitní hodnota je 10 kolonií tvořící jednotky na 100 ml a vzorky se odebírají jednou za 14 dní.

Přítomnost bakterie *Pseudomonas aeruginosa* byla zjištěna v koupacím biotopu v Kovalovicích pouze v jednom případě a to v hodnotě 3 KTJ/100 ml. V přírodním koupališti Brno-jih nebyla za loňskou koupací sezónu zjištěna vůbec. *Pseudomonas aeruginosa* se vyskytla ve vzorku odebraném v jednom z rohů velkého bazénu přírodního koupaliště v Bohuslavicích a to v limitní hodnotě 10 KTJ/100 ml.

Přes limitní hodnotu se však nedostal žádný ze zkoumaných koupacích biotopů, a proto nebylo nutné z tohoto hlediska snižovat stupeň vhodnosti vody ke koupání.

12 Závěr

Bakalářská práce zaměřená na přírodní koupaliště měla za úkol vysvětlit princip samočištění vod pomocí vodních organismů bez chemických přísad. Ve druhé části je k nalezení vyhodnocení vybraných faktorů vlastností vody a porovnání jednotlivých přírodních koupališť mezi sebou za loňskou koupací sezónu.

Před vypracováním své práce jsem zjistil, že k tomuto tématu neexistuje na trhu příliš informací. A v knižní podobě už vůbec ne. Jsou k nalezení reklamní a propagační letáky, které se mohou tvářit jako koupání bez chemie, ale pokud vám něco přestane fungovat tak, jak má, řeší tyto problémy chemickými přípravky. Nezbylo mi nic jiného než komunikovat s provozovateli přírodních biotopů a také tato zařízení navštívit osobně.

Má očekávání před srovnáváním vybraných faktorů vzorků odebraných během loňské koupací sezóny ve třech koupacích biotopech nebyla příliš velká, co se týče pozitivních výsledků. Ještě než jsem začal tuto práci psát, tak jsem se informoval o jednom ze zkoumaných biotopů a bylo mi řečeno, že je to špatné a že jim to moc nefunguje. Nyní mohu říct, že bylo velmi pozitivní, kdyby víc věcí takto nefungovalo.

Při vyhodnocování výsledků teploty vody jsem očekával, že se nebudou příliš lišit mezi sebou navzájem, protože všechny koupací biotopy se nachází v Jihomoravském kraji a není tím pádem takový rozdíl v klimatických podmínkách a tento předpoklad se také potvrdil. V průhlednosti vody už značné rozdíly byly. Nejprůzračnější vodu mají na přírodním koupališti v Bohuslavicích. Naopak ke snížení stupně vhodnosti vody ke koupání muselo dojít na přírodním koupališti v Kovalovicích. Průhledná voda je sice lákavá pro návštěvníky, ale její zakalení rozhodně není nějaký obrovský problém pro kvalitu koupání. Horší je to pokud koupací voda obsahuje značné fekální znečištění. Toto znečištění je sledováno bakterií *Escherichia coli*. Ve všech koupacích biotopech byla zjištěna přítomnost této bakterie, někde v menším, jinde zase ve větším množství, ale důležité je, že zjištěné hodnoty ani v jednom případě nepřekročily povolené limity příslušnou vyhláškou Ministerstva zdravotnictví. Posledním kritériem hodnocení, kterým jsem se zabýval, byla přítomnost intestinálních enterokoků v koupací vodě. Podobně jako u znečištění bakterií *Escherichia coli* byla zjištěna přítomnost intestinálních enterokoků, ale na žádném koupacím biotopu nepřekročila tato hodnota stanovenou hranici, pro vhodnost ke koupání. Každý ze tří zainteresovaných biotopů vyšel nejlépe vyhodnocen v nějakém pozorovaném faktoru. Přírodní koupaliště v Kovalovicích se vyznačuje nejteplejší vodou, přírodní biotop Brno-jih se může pyšnit nejméně znečištěnou vodou a koupací voda v Bohuslavicích je ze všech nejprůhlednější.

Vnímám přírodní koupaliště tak, že je to návrat zpět k přírodě, protože si pamatuju časy, kdy u přehrad a rybníků bylo plno lidí a nebylo možné najít místo k ležení a ve vodě byla hlava na hlavě, ale zároveň je budování koupališť s chemicky neupravovanou vodou velký krok veden, vzhledem k tomu kolik chemie se kolem nás nachází, tím správným směrem. Z průzkumu je zřejmé, že něco takového může spolehlivě plnit funkci i u nás. Teď už je důležité snad jen to, aby se budovalo víc přírodních koupališť.

13 Použité zdroje

13.1 Literatura

1. *Stavba přírodních koupališť - šance pro budoucnost*. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, 2008. ISBN 978-80-254-4251-7.
2. BLUM-OEHLER, Gabriele (ed.). *Escherichia coli - facets of a versatile pathogen: Leopoldina symposium: Bad Staffelstein, October 9 to 12, 2007*. Halle (Saale): Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, 2008. ISBN 978-3-8047-2519-5.
3. SUKOP, Ivo. *Ekologie vodního prostředí*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-7157-923-8.
4. URBAN, Zdeněk. *Sinice, řasy, houby*. Praha, 1976.
5. JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro střední školy gymnazijního typu*. Olomouc: Fin Publishing, 1996. ISBN 80-86002-01-2.
6. HEJNÝ, Slavomil. *Rostliny vod a pobřeží*. Praha: East West Publishing Company, 2000. ISBN 80-7219-000-8.
7. LELLÁK, Jan. *Hydrobiologie*. Praha: Karolinum, 1991. ISBN 80-7066-530-0.

13.2 Elektronické dokumenty

1. BAUDIŠOVÁ, Dana. Obecná přednáška o mikrobiálním znečištění koupacích vod. *Seminář Koupací vody v ČR 2009* [pdf]. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. v.v.i., Praha, 2009. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://www.heisvuv.cz/data/spusteni/projekty/KOUPACIVODYPROF/dokumenty/prilohy/Koupaci_vody_seminar_Baudisova.pdf
2. *Ekologická koupací jezírka* [pdf]. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, 2005. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.jezirka-biobazeny.cz/UserFiles/File/ekologicka.pdf>
3. *Provozní řád pro zkušební provoz koupaliště Brno-jih* [pdf]. Radim Kolář, Brno, 2014. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.brno-jih.cz/koupaliste-biotop/>
4. Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. 10. 8. 2011 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>

13.3 Webové stránky

1. Petr Krása. BOTANY.cz. *VALERIANA OFFICINALIS L. – kozlík lékařský / valeriána lékařská*. [online]. 19. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/valeriana-officinalis/>
2. Jindřich Houska. BOTANY.cz. *PETASITES HYBRIDUS (L.) Gaertn., Meyer et Scherb. – devětsil lékařský / devěťsil lékařský*. [online]. 7. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/petasites-hybridus/>

3. Petr Krása. BOTANY.cz. *IRIS SIBIRICA L.* – *kosatec sibiřský / kosatec sibiřsky*. [online]. 3. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/iris-sibirica/>
4. Alena Jírová. BOTANY.cz. *GLYCERIA MAXIMA (Hartman.) Holmberg.* – *zblochan vodní / steblovka vodná*. [online]. 25. 10. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/glyceria-maxima/>
5. Zdeněk Podešva. BOTANY.cz. *GERANIUM PALUSTRE L.* – *kakost bahenní / pakost močiarny*. [online]. 29. 8. 2009 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/geranium-palustre/>
6. Ladislav Hoskovec. BOTANY.cz. *EUPHORBIA PALUSTRIS L.* – *pryšec bahenní / mliečnik močiarny*. [online]. 9. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/euphorbia-palustris/>
7. Ladislav Kovář. BOTANY.cz. *SYMPHYTUM OFFICINALE L.* – *kostival lékařský / kostihoj lékařsky*. [online]. 2. 8. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/symphytum-officinale/>
8. Ladislav Kovář. BOTANY.cz. *NYMPHOIDES PELTATA (S. G. Gmelin) O. Kuntze* – *plavín štítnatý / leknovec štítnatý*. [online]. 7. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/nymphoides-peltata/>
9. Jan Prančl. BOTANY.cz. *MYRIOPHYLLUM AQUATICUM (Vell.) Verdc.* – *stolístek / stolístok*. [online]. 12. 4. 2014 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/myriophyllum-aquaticum/>
10. Vladimír Kíč. BOTANY.cz. *ELODEA CANADENSIS Michx.* – *vodní mor kanadský / vodomor kanadský*. [online]. 14. 1. 2010 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/elodea-canadensis/>
11. Radim Cibulka. BOTANY.cz. *SCUTELLARIA GALERICULATA L.* – *šišák vroubkovaný / šišák vrúbkovaný*. [online]. 24. 1. 2008 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/scutellaria-galericulata/>
12. Petr Krása. BOTANY.cz. *SCHOENOPLECTUS LACUSTRIS (L.) Palla* – *škřípinec jezerní / škřípinec jazerný*. [online]. 5. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/schoenoplectus-lacustris/>
13. Zdeněk Podešva. BOTANY.cz. *RANUNCULUS LINGUA L.* – *pryskyřník velký / iskerník velký*. [online]. 7. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/ranunculus-lingua/>
14. Peter Mižik. BOTANY.cz. *PHRAGMITES AUSTRALIS (Cav.) Steud.* – *rákos obecný / trst' obyčajná*. [online]. 2. 12. 2008 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/phragmites-australis/>
15. Tomáš Mrázek. BOTANY.cz. *MENTHA AQUATICA L.* – *máta vodní / mäta vodná*. [online]. 30. 12. 2011 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/mentha-aquatica/>
16. Jindřich Houska. BOTANY.cz. *LYTHRUM SALICARIA L.* – *kyprej vrbice / vrbica vrbolistá*. [online]. 10. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/lythrum-salicaria/>

17. Jindřich Houska. BOTANY.cz. *LYSIMACHIA NUMMULARIA L.* – vrbina penížková / čerkáč peniažtekový. [online]. 14. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/lysimachia-nummularia/>
18. Tomáš Mrázek. BOTANY.cz. *JUNCUS INFLEXUS L.* – sítina sivá / sitina sivá. [online]. 21. 7. 2011 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/juncus-inflexus/>
19. Radim Cibulka. BOTANY.cz. *JUNCUS EFFUSUS L.* – sítina rozkladitá / sitina rozložitá. [online]. 25. 9. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/juncus-effusus/>
20. Lubomír Rak. BOTANY.cz. *IRIS PSEUDACORUS L.* – kosatec žlutý / kosatec žltý. [online]. 7. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/iris-pseudacorus/>
21. Ladislav Hoskovec. BOTANY.cz. *HIPPURIS VULGARIS L.* – prustka obecná / truskavec obyčejný. [online]. 15. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/hippuris-vulgaris/>
22. Tomáš Mrázek. BOTANY.cz. *ELEOCHARIS ACICULARIS (L.) Roem. et Schult.* – bahnička jehlovitá / bahnička ihlovitá. [online]. 21. 8. 2013 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/eleocharis-acicularis/>
23. Ladislav Hoskovec. BOTANY.cz. *CALLA PALUSTRIS L.* – d'áblik bahenní / diablik močiarný. [online]. 3. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://botany.cz/cs/calla-palustris
24. Ladislav Hoskovec. BOTANY.cz. *BUTOMUS UMBELLATUS L.* – šmel okolíčnatý / okrasa okolíkatá. [online]. 3. 7. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/butomus-umbellatus>
25. Ladislav Hoskovec. BOTANY.cz. *ALISMA PLANTAGO-AQUATICA L.* – žabník jitrocelový / žabník skorocelový. [online]. 13. 8. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/alisma-plantago-aquatica/>
26. Radim Cibulka. BOTANY.cz. *ACORUS CALAMUS L.* – puškvorec obecný / puškvorec obyčejný. [online]. 30. 8. 2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/acorus-calamus/>
27. About E. coli Food Poisoning. *E. coli Food Poisoning*. [online]. © 2005-2016 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.about-ecoli.com/>
28. Pavel Krmenčík. Toxikon. *Pseudomonas aeruginosa*. [online]. 2001-2007 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://www.biotox.cz/toxikon/bakterie/bakterie/pseudomonas_aeruginosa.php
A. *Pseudomonas aeruginosa in Healthcare Settings: HAI*. [online]. 7. 5. 2014 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.cdc.gov/hai/organisms/pseudomonas.html>
29. Kenneth Todar. Todar's Online Textbook of Bacteriology. *Pseudomonas*. [online]. © 2008-2012 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://textbookofbacteriology.net/pseudomonas.html>
30. Technické služby Kyjov. *příspěvková organizace města Kyjova*. [online]. 2013 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.tskyjov.cz/cs/nase-cinnost/provoz-a-sprava-koupaliste-a-biotopu#LK>

13.4 Zdroje obrázků

1. AUTOR NEUVEDEN. *godasagardener.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <https://godasagardener.com/tag/acorus-calamus/>
2. AUTOR NEUVEDEN. *aphotoflora.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW:
http://www.aphotoflora.com/mon_alisma_plantago_aquatica_water_plantain.html
3. DĚKANOVSKÝ, Petr. *zelen.cz* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW:
http://www.zelen.cz/detail_galerie_rostlin/Butomus_umbellatus_smel_okolicnaty
4. PEIRCE, Charles. *michwildflowers.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.michwildflowers.com/araceae/waterarum.html>
5. AUTOR NEUVEDEN. *capricornaquarium.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <http://capricornaquarium.com/product/eleocharis-acicularis-mini-hair-grass/>
6. AUTOR NEUVEDEN. *botaniliberec.cz* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.botaniliberec.cz/foto/detail/?f=216>
7. AUTOR NEUVEDEN. *ebay.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.ebay.com.au/itm/10-seeds-Yellow-Iris-pseudacorus-Water-Iris-flag-bastard-acorus-DIY054-/251360560500>
8. AUTOR NEUVEDEN. *perennialmarket.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: http://www.perennialmarket.com/products/Juncus_effusus-31102-22.html
9. CALOW, Graham. *naturespot.org.uk* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.naturespot.org.uk/species/hard-rush>
10. AUTOR NEUVEDEN. *ebay.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.ebay.com/itm/20-Golden-Lloydia-3-BUNCHED-Lysimachia-nummularia-Aurea-Live-Aquarium-Plants-/151609736525>
11. NICHOLLS, David. *naturespot.org.uk* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.naturespot.org.uk/species/purple-loosestrife>
12. CALOW, Graham. *naturespot.org.uk* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <http://www.naturespot.org.uk/species/water-mint>
13. GRIFFITHS, Charlie. *biodiversityexplorer.org* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW:
http://www.biodiversityexplorer.org/plants/poaceae/phragmites_australis.htm
14. AUTOR NEUVEDEN. *davisla.wordpress.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <https://davisla.wordpress.com/2012/07/29/plant-of-the-week-ranunculus-lingua/>
15. AUTOR NEUVEDEN. *seerosensorten.de* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW: <https://www.seerosensorten.de/wasserpflanzen-shop/wasserpflanzen/scirpus-lacustris>
16. HAINES, Arthur. *gobotany.newenglandwild.org* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW:
<https://gobotany.newenglandwild.org/species/scutellaria/galericulata/>

17. CAMERON, Donald. *gobotany.newenglandwild.org* [online]. [cit. 22. 5. 2016].
Dostupný na WWW:
<https://gobotany.newenglandwild.org/species/elodea/canadensis/>
18. AUTOR NEUVEDEN. *plantrescue.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na
WWW: <http://www.plantsrescue.com/myriophyllum-aquaticum/>
19. AUTOR NEUVEDEN. *honeysomeaquaticnursery.co.uk* [online]. [cit. 22. 5. 2016].
Dostupný na WWW:
http://www.honeysomeaquaticnursery.co.uk/shop/index.php?main_page=product_info&products_id=348
20. AUTOR NEUVEDEN. *worldoffloweringplants.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016].
Dostupný na WWW: <http://worldoffloweringplants.com/symphytum-officinale-common-comfrey/>
21. AUTOR NEUVEDEN. *shop.sarastro-stauden.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016].
Dostupný na WWW: <https://shop.sarastro-stauden.com/products/getProduct/95/palustris>
22. PODEŠVA, Zdeněk. *BOTANY.cz* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW:
<http://botany.cz/cs/geranium-palustre/>
23. JAMES, Trevor. *nzflora.info* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na WWW:
http://www.nzflora.info/factsheet/Weed/Glyceria_maxima.html
24. AUTOR NEUVEDEN. *99roots.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na
WWW: <https://www.99roots.com/en/plants/siberian-iris-shirley-pope-p38248>
25. AUTOR NEUVEDEN. *summitpost.org* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na
WWW: <http://www.summitpost.org/common-butterbur-b-i-petasites-hybridus-i-b/287069>
26. AUTOR NEUVEDEN. *robsplants.com* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na
WWW: <http://www.robsplants.com/plants/ValerOffic>
27. KOŘÍNKOVÁ, Pavla. *jezirka-biobazeny.cz* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný
na WWW: <http://www.jezirka-biobazeny.cz/UserFiles/File/ekologicka.pdf>
28. AUTOR NEUVEDEN. *web2.mendelu.cz* [online]. [cit. 22. 5. 2016]. Dostupný na
WWW:
http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3181&typ=html
29. AUTOR NEUVEDEN. *ekologie-v-kostce.blogspot.cz* [online]. [cit. 22. 5. 2016].
Dostupný na WWW: http://ekologie-v-kostce.blogspot.cz/2011/07/sladkovodni-ekosystemy_17.html

14 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Průběh vertikální stratifikace rozpuštěného kyslíku	17
Obrázek č. 2: Schéma koloběhu fosforu ve vodním ekosystému v interakci se železem a sírou	18
Obrázek č. 3: Koloběh dusíku ve vodním ekosystému.....	19
Obrázek č. 4: Koloběh oxidu uhličitého ve vodních ekosystémech	20
Obrázek č. 5: Změny v relativním zastoupení oxidu uhličitého, hydrouhličitanů a uhličitanů ve vodních nádržích v závislosti na změnách pH vody	21
Obrázek č. 6: Čerpací stanice na přírodním koupališti Brno-jih	25
Obrázek č. 7: Příklady řešení koupacích jezírek.....	27
Obrázek č. 8: Ropucha zelená na přírodním koupališti Brno-jih	32
Obrázek č. 9: Puškvorec obecný.....	36
Obrázek č. 10: Žabník jitrocelový	37
Obrázek č. 11: Šmel okolíčnatý	38
Obrázek č. 12: Ďáblík bahenní	39
Obrázek č. 13: Bahnička jehlovitá.....	40
Obrázek č. 14: Prustka obecná.....	41
Obrázek č. 15: Kosatec žlutý	42
Obrázek č. 16: Sítina rozkladitá.....	43
Obrázek č. 17: Sítina sivá	44
Obrázek č. 18: Vrbina penížková	45
Obrázek č. 19: Kyprej vrbice.....	46
Obrázek č. 20: Máta vodní.....	47
Obrázek č. 21: Rákos obecný	48
Obrázek č. 22: Pryskeřník velký.....	49
Obrázek č. 23: Skřípinec jezerní.....	50
Obrázek č. 24: Šišák vroubkovaný	51
Obrázek č. 25: Vodní mor kanadský	52
Obrázek č. 26: Stolístek vodní.....	53
Obrázek č. 27: Plavín štítnatý	54
Obrázek č. 28: Kostival lékařský	55
Obrázek č. 29: Pryšec bahenní.....	56
Obrázek č. 30: Kakost bahenní	57
Obrázek č. 31: Zblochan vodní.....	58
Obrázek č. 32: Kosatec sibiřský	59
Obrázek č. 33: Devětsil lékařský	60
Obrázek č. 34: Kozlík lékařský.....	61
Obrázek č. 35: Značka pro vodu vhodnou ke koupání	66
Obrázek č. 36: Značka pro vodu vhodnou ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi	67
Obrázek č. 37: Značka pro zhoršenou jakost vody	67
Obrázek č. 38: Značka pro vodu nevhodnou ke koupání	68
Obrázek č. 39: Značka pro vodu nebezpečnou ke koupání	69
Obrázek č. 40: Mapa s vyznačeným koupacím biotopem Kovalovice (zdroj: mapy.cz)	70
Obrázek č. 41: Letecký snímek přírodního koupaliště Kovalovice.....	71

Obrázek č. 42: Přírodní koupaliště Kovalovice během sezóny	71
Obrázek č. 43: Přírodní koupaliště Kovalovice po skončení koupací sezóny	72
Obrázek č. 44: Regenerační zóna přírodního koupaliště Kovalovice.....	72
Obrázek č. 45: Teplota koupací vody na přírodním koupališti Kovalovice	73
Obrázek č. 46: Hodnoty pH koupací vody na přírodním koupališti Kovalovice	74
Obrázek č. 47: Průhlednost koupací vody na přírodním koupališti Kovalovice	74
Obrázek č. 48: Znečištění koupací vody bakterií Escherichia coli na přírodním koupališti Kovalovice	75
Obrázek č. 49: Znečištění koupací vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Kovalovice	75
Obrázek č. 50: Mapa s vyznačeným koupacím biotopem Brno-jih (zdroj: mapy.cz)	76
Obrázek č. 51: Letecký snímek koupacího biotopu Brno-jih (zdroj: mapy.cz).....	77
Obrázek č. 52: Přírodní koupaliště Brno-jih před zahájením koupací sezóny.....	78
Obrázek č. 53: Regenerační zóna koupacího biotopu Brno-jih	78
Obrázek č. 54: Prameniště koupacího biotopu Brno-jih.....	79
Obrázek č. 55: Teplota koupací vody na přírodním koupališti Brno-jih	80
Obrázek č. 56: Průhlednost koupací vody na přírodním koupališti Brno-jih	80
Obrázek č. 57: Znečištění zdrojové vody bakterií Escherichia coli na přírodním koupališti Brno-jih	81
Obrázek č. 58: Znečištění koupací vody bakterií Escherichia coli na přírodním koupališti Brno-jih.....	81
Obrázek č. 59: Znečištění zdrojové vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Brno-jih.....	82
Obrázek č. 60: Znečištění koupací vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Brno-jih	82
Obrázek č. 61: Mapa s vyznačeným koupacím biotopem Bohuslavice (zdroj: mapy.cz) ...	83
Obrázek č. 62: Přírodní koupaliště Bohuslavice.....	84
Obrázek č. 63: Letecký snímek koupacího biotopu Bohuslavice (zdroj: mapy.cz)	84
Obrázek č. 64: Pohled na prameniště a regenerační zónu	85
Obrázek č. 65: Teplota koupací vody na přírodním koupališti Bohuslavice.....	86
Obrázek č. 66: Teplota zdrojové vody na přírodním koupališti Bohuslavice	86
Obrázek č. 67: Průhlednost koupací vody na přírodním koupališti Bohuslavice.....	87
Obrázek č. 68: Znečištění koupací vody bakterií Escherichia coli na přírodním koupališti Bohuslavice.....	87
Obrázek č. 69: Znečištění zdrojové vody bakterií Escherichia coli na přírodním koupališti Bohuslavice.....	88
Obrázek č. 70: Znečištění koupací vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Bohuslavice.....	88
Obrázek č. 71: Znečištění zdrojové vody intestinálními enterokoky na přírodním koupališti Bohuslavice.....	89
Obrázek č. 72: Srovnání teploty koupací vody na jednotlivých biotopech	90
Obrázek č. 73: Srovnání průhlednost koupací vody na jednotlivých biotopech	91
Obrázek č. 74: Srovnání znečištění koupací vody bakterií Escherichia coli na jednotlivých biotopech.....	92

Obrázek č. 75: Srovnání znečištění koupací vody intestinálními enterokoky na jednotlivých biotopech.....93

15 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Relativní hustota sladké vody v závislosti na teplotě	12
Tabulka č. 2: Závislost dynamické a kinematické viskozity na teplotě.....	13
Tabulka č. 3: Obsah rozpuštěného kyslíku při 100% nasycení vody při různých teplotách a při atmosférickém tlaku	16
Tabulka č. 4: Množství rozpuštěného CO ₂ při 100% nasycení vody v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku 101,0 kPa a při 0,033 % objemového obsahu CO ₂ v atmosféře...	21
Tabulka č. 5: Stupně trofie a jejich charakteristiky	29
Tabulka č. 6: Požadavky na jakost zdroje vody.....	62
Tabulka č. 7: Požadavky na jakost vody v nádržích ke koupání a ve stavbách ke koupání vybavených systémem přírodního způsobu čištění vody	63
Tabulka č. 8: Ukazatele a jejich limitní hodnoty pro přírodní koupaliště provozované na povrchových.....	66