



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**DEZINFEKCE BAZÉNOVÝCH VOD VYBRANÝCH
PROVOZŮ**

DISINFECTION OF POOL WATER OF SELECTED OPERATIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Hana Novotný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RENATA BIELA, Ph.D.

BRNO 2021/2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIV Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Hana Radetzká
Název	Dezinfekce bazénových vod vybraných provozů
Vedoucí práce	Ing. Renata Biela, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] KRÍŠ, J. Bazény a kúpaliská. 1. vydání. Bratislava: Jaga group, 2000. 199 s. ISBN 80-88905-30-3.
- [2] PERKINS, P. Swimming pools. 4. edition. London and New York: Taylor & Francis, 2000. 231 p. ISBN 0-419-23590-6.
- [3] BIELA, R., BERÁNEK, J. Úprava vody a balneotechnika. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 164 s. ISBN 80-214-2563-6.
- [4] ŠTASTNÝ, B. Stavba a provoz bazénů. 1. vydání. Praha: ABF, a.s. – Nakladatelství ARCH, 2003. 137 s. ISBN 80-86165-56-6.
- [5] LHOTÁKOVÁ, Z. Bazény. 2. vydání. Brno: Vydavatelství ERA, 2005. 119 s. ISBN 80-7366-015-6.
- [6] Odborné články ze sborníků konferencí a seminářů.
- [7] Podklady získané místním šetřením na vybraných bazénových provozech.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci diplomové práce bude nejprve proveden přehled možných dezinfekčních technologií bazénových provozů. Dále budou vybrány kryté i otevřené bazénové areály, bude proveden jejich popis a zjištěno využití chlorových a bezchlorových dezinfekčních činidel v těchto areálech. Závěrem práce bude provedeno vyhodnocení využívání jednotlivých dezinfekčních technologií ve vybraných provozech.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Renata Biela, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá popisem technologie úpravy bazénových vod. U vybraných bazénových areálů byl proveden jejich popis a zjištěno využití chlorových a bezchlorových dezinfekčních činidel.

V teoretické části diplomové práce jsou popsány současné metody úpravy a dezinfekce bazénových vod, porovnání jejich výhod a nevýhod, jednotlivé ukazatele jakosti vod, jejich význam, využití, měření a pořizovací a provozní náklady. Dále jsou také shrnuty mikrobiologická a chemická zdravotní rizika a faktory vzniku vedlejších produktů dezinfekce.

V praktické části jsou popsány technologie úpravy bazénových vod v šesti vybraných areálech se zaměřením na využití chlorových a bezchlorových dezinfekčních prostředků a jejich provoz. Dále byl proveden průzkum, ve kterém bylo osloveno dalších 27 areálů v ČR (kombinovaných, krytých i venkovních). Celkem bylo v průzkumu porovnáváno 27 krytých a 23 venkovních provozů.

KLÍČOVÁ SLOVA

úprava bazénových vod, hygienické zabezpečení, bazénové provozování, vedlejší produkty dezinfekce, pokročilé oxidační metody

ABSTRACT

The work presents an overview of swimming pool disinfection technologies of selected operations. Selected indoor and outdoor pool operations were to be described, and the use of chlorine and chlorine-free disinfectants was to be determined and the data evaluated. These goals were met in the theoretical part of the thesis, which presents the current methods of treatment and disinfection of swimming pool water and compares their advantages and disadvantages. The comparison includes advantages and disadvantages, use and costs of disinfection methods, individual water quality indicators, and their importance and measurements. The work also focuses on microbiological and chemical health risks from swimming pool water.

The practical part described the technologies of swimming pool water treatment in six selected swimming pool operations, focusing on the use of chlorine and chlorine-free disinfectants and their operation. Another 27 operators in the Czech Republic (combined, indoor and outdoor) were contacted in writing for the survey. A total of 27 indoor and 23 outdoor operations were compared in the survey.

KEYWORDS

treatment of swimming pools water, swimming pool sanitation, swimming pool operations, disinfection by-products, advanced oxidation methods

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Hana Novotný *Dezinfekce bazénových vod vybraných provozů*. Brno, 2022. 106 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Dezinfekce bazénových vod vybraných provozů* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Hana Novotný
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Dezinfekce bazénových vod vybraných provozů* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Hana Novotný
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji paní Ing. Renatě Biele Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích mé diplomové práce. Dále děkuji všem technickým provozním, kteří mě provedli po bazénových areálech a předali mi informace o provozu areálů, které jsem do diplomové práce potřebovala. Děkuji také mé rodině a blízkým, kteří mi byli podporou během mého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ	2
2.1	Historie lázeňství	2
2.2	Rozdělení bazénů	4
2.2.1	Základní rozdělení bazénů	4
2.2.2	Betonové bazény	5
2.2.3	Tvárníkové bazény	6
2.2.4	Plastové bazény	6
2.2.5	Fóliové bazény	6
2.2.6	Laminátové bazény	6
2.2.7	Polypropylenové bazény	6
2.2.8	Kovové bazény	6
2.2.9	Ostatní bazény	6
2.3	Hygienické požadavky	7
2.3.1	Historický vývoj českých právních předpisů	7
2.3.2	Současné právní předpisy k úpravě bazénové vody	8
2.4	Bazénové vody	9
2.4.1	Zdroj vody	9
2.4.2	Znečištění bazénových vod.....	10
2.5	Zdravotní rizika související s mikroby v bazénové vodě	11
2.6	Základní technologie úpravy bazénových vod	13
2.6.1	Mechanické předčištění	14
2.6.2	Koagulace	14
2.6.1	Filtrace	15
2.6.2	Úprava pH.....	16
2.6.3	Recirkulační systém	18
2.6.1	Zabezpečení proti růstu řas	20
2.6.2	Hygienické zabezpečení	21
2.7	Ukazatele jakosti bazénových vod	21
2.7.1	Přehled jednotlivých ukazatelů	21
2.8	Kontrola a hodnocení jakosti bazénových vod	22
2.8.1	Měřicí a řídicí systémy	25
3	DEZINFEKCE BAZÉNOVÝCH VOD	27
3.1	Přehled dezinfekčních činidel	27
3.2	Dezinfekce chlorem a jeho sloučeninami	29
3.2.1	Plynný chlor.....	29
3.2.2	Chlornan sodný	32
3.2.3	Oxid chloričitý	33
3.2.4	Elektrochlorace	34
3.3	Dezinfekce bromem	36

3.4	Dezinfekce jodem	36
3.5	Dezinfekce aktivním kyslíkem	36
3.6	Dezinfekce ionty těžkých kovů.....	37
3.7	Dezinfekce polymery – GUAA	37
3.8	Dezinfekce ozonem.....	37
3.9	Dezinfekce UV zářením	41
3.10	Pokročilé oxidační procesy pro bazénové provozy	44
3.11	Zdravotní rizika související s vedlejšími produkty dezinfekce bazénových vod.....	47
3.11.1	Vznik a odstranění trichloraminů.....	47
3.11.2	Vedlejší produkty chlorace – trihalogenmethany	48
3.11.3	Vedlejší produkty oxidu chloričitého.....	48
3.11.4	Vedlejší produkty ozonizace.....	49
3.11.5	Vedlejší produkty UV záření	49
3.12	Porovnání metod dezinfekce na základě vzniku vedlejších produktů dezinfekce	50
4	VYBRANÉ BAZÉNOVÉ PROVOZY	51
4.1	Letní koupaliště Riviéra – Brno.....	51
4.1	Koupaliště Petynka – Praha.....	54
4.2	Letní koupaliště – Ostrava	56
4.3	Ozdravné centrum Ještěrka – Ostrava	59
4.4	Krytý bazén a letní koupaliště Tereza – Břeclav.....	62
4.5	Aquapark Olomouc	65
4.6	Sportovní a rekreační areál Kraví hora – Brno	68
5	ZHODNOCENÍ VYUŽÍVÁNÍ CHLOROVÝCH A BEZCHLOROVÝCH METOD DEZINFEKCE V ČR	72
5.1	Vyhodnocení využití metod dezinfekce u krytých areálů.....	72
5.2	Vyhodnocení využití metod dezinfekce u venkovních areálů.....	75
5.3	Porovnání a vyhodnocení dezinfekčních metod	78
6	ZÁVĚR.....	81
7	POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE.....	82
	SEZNAM TABULEK	89

SEZNAM OBRÁZKŮ	90
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	93
SUMMARY	94

1 ÚVOD

Jednou z oblastí vodního hospodářství je balneotechnika, která je technickým vědním oborem o použití technických zařízení v lázeňství komunálním i léčebném. Další blízkou oblastí je balneologie, nauka o léčivých vodách, lázních a jejich účincích na lidský organismus. Balneologie a balneotechnika měly své počátky již ve třetím tisíciletí před Kristem. Důležitost vody, koupelí, plavání a jejich příznivé účinky na organismus si lidé dobře uvědomovali od pradávna. Nejstaršími nálezy jsou systémy pro zásobování vody a cisterny na území měst Babylon a Ninive a rozsáhlé lázeňské komplexy ze starověkého Řecka a Říma.

Koupání v bazénových areálech může mít však i rizika onemocnění, a proto musí být dodržovány správné podmínky pro provoz bazénových areálů, hygienická opatření a musí být zajištěna zdravotní nezávadnost bazénových vod, vzduchu a ploch areálu, se kterou jsou návštěvníci ve styku.

Zdravotní rizika, která souvisí s koupáním v bazénové vodě jsou dvojího druhu – mikrobiální a chemická. Rizika z hlediska mikrobiálního se snažíme eliminovat chemickými i fyzikálními metodami, které jsou účinné proti mikrobům, avšak z některých metod mohou vyplývat chemická rizika – vznik vedlejších produktů dezinfekce, které mají při dlouhodobé expozici škodlivé účinky na lidské zdraví. Vhodná dezinfekční metoda odstraňuje mikrobiální znečištění za cenu co nejnižšího možného chemického rizika.

Diplomová práce se zabývá problematikou úpravy bazénových vod, zejména hygienickým zabezpečením, tedy dezinfekcí. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část popisuje hlubší náhled do oblasti technologií úpravy a dezinfekce bazénových vod a věnuje se současným používaným procesům dezinfekce v rámci bazénových areálů. Práce nabízí přehled metod dezinfekce, porovnání jejich výhod a nevýhod, popisuje jednotlivé ukazatele jakosti vod, jejich význam, využití, měření a faktory vzniku vedlejších produktů dezinfekce.

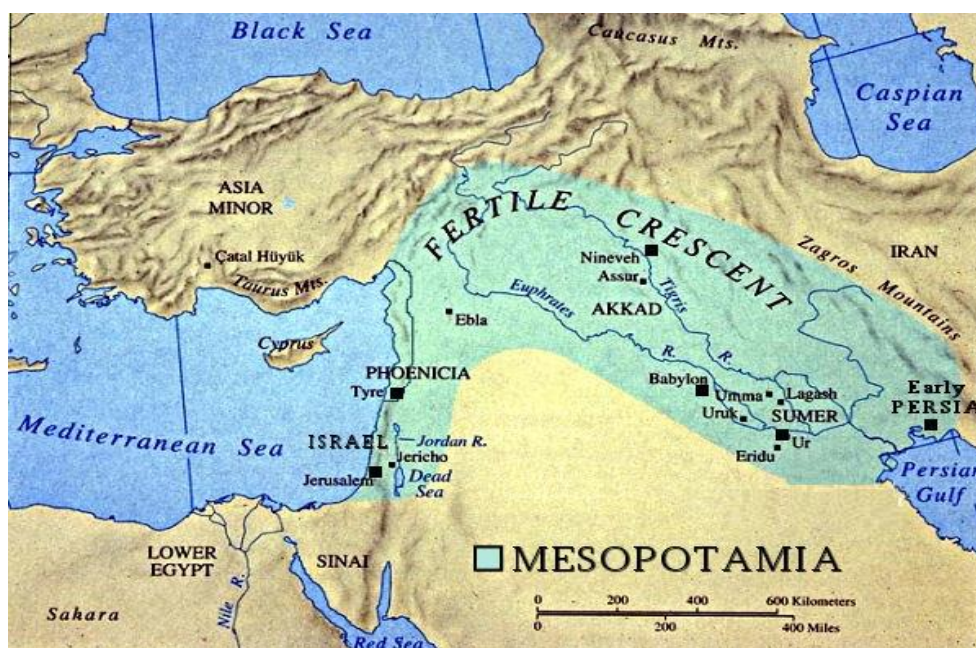
V praktické části jsou popsány technologie úpravy bazénových vod ve vybraných areálech se zaměřením na využití chlorových a bezchlorových dezinfekčních prostředků a jejich provoz. Popis šesti vybraných provozů vychází z platných provozních a návštěvních řádů, z pozorování a dotazování provozovatelů a zaměstnanců v provozu. Je zde také zahrnut průzkum současných dezinfekčních metod používaných v bazénových areálech, lázeňských zařízeních a aquaparcích v České republice. V průzkumu bylo osloveno dalších 27 areálů (kombinovaných, krytých i venkovních). Celkem bylo v průzkumu porovnáváno 27 krytých a 23 venkovních provozů.

2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Kromě příjmu tekutin pro člověka voda také odpradávná sloužila k očištným procesům a ke koupelím. Lidstvo zakládalo města v blízkosti řek a závislost člověka na vodě byla ovlivněna podmínkami v konkrétní oblasti, zejména klimatem, úrovní civilizace, náboženstvím, kulturou a vyspělostí národa. Významné archeologické památky prvních forem lázeňství a vodního hospodářství se objevují hlavně v oblastech, kde nebyl přímý zdroj vody a voda byla ve městech dopravována prvními vodovody z cisteren, tedy z nádrží na zachytávání dešťové vody. [1] Koupání a plavání není zdaleka vymožeností dnešní moderní doby, ale sahá již do období 3000 let před Kristem, kdy datujeme první zmínky koupelí na očištění těla v údolí řeky Indus. Vodu využívali na zdravotní, rekreační a sportovní účely již první kultury ve starověku a dnes jsou jejich příznivé účinky na organismus vědecky podloženy. Budování plaveckých zařízení je v dnešní době nevyhnutelné, protože podmínky v přírodních vodách se stále zhoršují. [1][4]

2.1 HISTORIE LÁZEŇSTVÍ

Lázeňství je oblast, která se zabývá procesy spojenými s koupelemi, formami a účinky lázní. První údaje o lázeňství a vodohospodářské stavby se datují k počátkům lidské kultury, kdy vznikala města Ninive a Babylon na území dnešního Iráku. [7] Tato města neměla dostatek vody, a tak musela být ve městech postavena první vodohospodářská zařízení, systémy pro zásobování vodou, která dokázala pokrýt biologické potřeby obyvatelstva. [1][2]



Obr. 2.1 Oblast Ninive a Babylon [7]

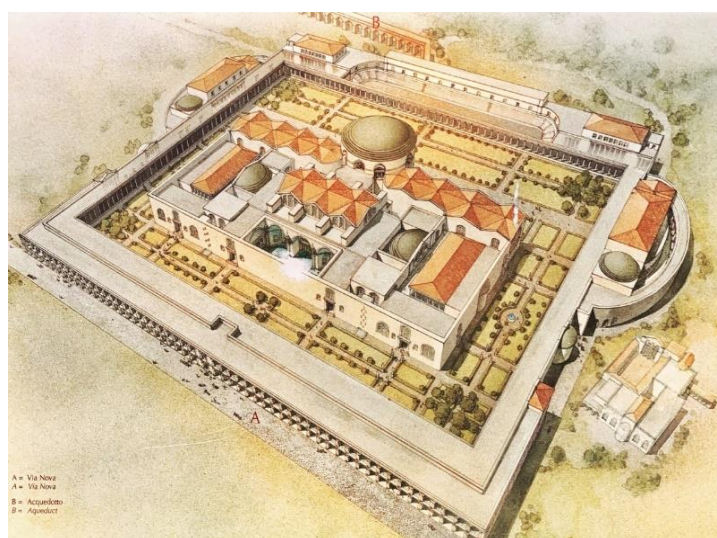
Řekové i Římané přisuzovali koupelím léčivé účinky, vodních zdrojů si velmi vážili a zasvěcovali je bohům. V tehdejší Alexandrii bylo postaveno 360 cisteren a 18 z nich zásobovalo vodou města Athény a Řím. Některé z cisteren patří k nejkrásnějším antickým stavbám. Trosky řeckých Stabiových lázní v Pompejích z 1. století před Kristem se dochovaly díky velkému nánosu popela po výbuchu sopky. [1]



Obr. 2.2 Stabiovy lázně v Pompejích [8]

Zvýšená potřeba vody pro koupele také znamenala stavbu prvních cisteren na dešťovou vodu. Rozsáhlé palácové komplexy, které byly technicky i umělecky vyspělé jako Knóssos, Festos nebo komplexy v Thébách a Mykénách z období let 2200 až 1500 před Kristem. Lázeňské domy byly většinou kruhového půdorysu, kde na okrajích byly zdobené čekárny, vlastní lázeňský prostor a šatny. Nádrže na vody byly umístěny v nejvyšším patře odkud tekla upravená voda do nižších pater.

Postupem času se k lázeňským střediskům přidávaly i sportovní gymnasiony a ke koupelím léčebné procedury. Lázně se staly součástí římského života, byly nejen k očistě těla, ale i duše a staly se centrem společenských styků, vzdělání a zábavy. Za vlády císaře Agipy bylo v Římě asi 170 lázní a později za vlády císaře Konstantina dokonce 850 veřejných lázní. [1] Římané využívali v lázních několik forem: teplovzdušné komory, horké vodní koupele, studené koupele a masážní místnosti, potní komory a místnosti pro natírání vonných mastí. Nejrozsáhlejší byly Caracalovy lázně, které měly půdorys 150 tisíc m³ s bazénem 1208 m² a byly budovány 10 let. Tyto lázně měly kapacitu 2300 lidí. [2]



Obr. 2.3 Komplex v Římě, Caracalovy lázně [21]

S nástupem středověku a úpadkem Římské říše, došlo také k úpadku lázeňství. Ve středověku byly římské a řecké lázně zpusťeny. Od počátku středověku až do období humanismu převládaly filozofické názory, které nepodporovaly úctu k lidské důstojnosti a blaho lidí nebo všestranný rozvoj. [2] Lázně se objevovaly pouze v palácích a měšťanských domech, veřejných lázní mnoho nebylo. Ve 14. a 15. století byla v Itálii věnována pozornost hlavně léčivým pramenům. V 16. století byl v Evropě zájem o lázně rozšířen pouze mezi bohatými měšťanskými obyvateli a u šlechty. Později, v průběhu 18. století se rozšířilo technické poznání a začaly se opět budovat veřejné vodoléčebné ústavy. [1]

K největšímu rozmachu v oblasti lázeňství došlo po roce 1920. V Americe i v Evropě se začaly budovat tisíce veřejných i soukromých koupališť a bazénů. Kolem roku 1930 měla u nás téměř každá větší obec tzv. *sokolské koupaliště*. V soukromém sektoru se začaly stavět hlavně venkovní betonové bazény. [2]



Obr. 2.4 Sokolské koupaliště v roce 1930 v Olomouci, areál zanikl v polovině 80. let [9]

V současnosti je výstavba plaveckých zařízení soustředěná hlavně na automatizaci, investuje se převážně do zařízení, která mají nejjednodušší provoz, údržbu a kladou minimální nároky na lidskou pracovní sílu, energií a podřizují se ekonomickým otázkám. [3]

2.2 ROZDĚLENÍ BAZÉNŮ

2.2.1 Základní rozdělení bazénů

Obecně lze bazény rozdělit do 3 základních skupin podle účelů na:

- léčebné bazény;
- veřejné bazény (komunální);
- soukromé bazény.

Tyto skupiny se dají ještě dále rozdělit podle různých hledisek. V rámci této práce se zaměřím na veřejné koupaliště a bazény. Veřejné bazény jsou užívána širokou veřejností, patří sem zejména očištné lázně, rekreační, potní, sportovní bazény a zábavné aquaparky.

Dále můžeme koupaliště (bazény) podle typu umístění rozdělit na:

- přírodní;
- umělá;
- kryté;
- nekryté (venkovní);
- kombinace těchto staveb.

Přírodní koupaliště jsou taková, kde se voda neupravuje a má svůj původní přirozený charakter a jsou umístěná na jezerech, rybnících, vodních nádržích, vodních tocích akumulovaných podzemních vodách, zatopených lomech, vytěžených štěrkových nebo pískovných. Důležitá je zde kvalita vody, která musí splňovat senzorické vlastnosti (čistota, barva, zákal a zápach).

Umělá koupaliště se vytváří tam, kde je nedostatek povrchových vodních zdrojů. Základní druhy umělých koupališť:

- rekreační;
- plavecké;
- dětské;
- pro výcvik plavců;
- vířivé;
- rehabilitační;
- univerzální;
- zábavné;
- kombinované.

Volba materiálu bazénu je ovlivněna hlavně plochou; hloubkou; základovými poměry, tvarem a požadovanou velikostí. Bazény jsou nejčastěji z těchto materiálů:

- betonové;
- kovové;
- plastové hmoty;
- ostatní;
- kombinace. [1] [3]

2.2.2 Betonové bazény

Beton patří k nejpoužívanějším stavebním materiálům a zpravidla se provádí ve spojení s keramikou. Další možností je nátěr betonové konstrukce nebo foliování. Velkou výhodou je libovolná velikost a tvar, nevýhodou je delší doba výstavby; pracnost, citlivost na dodržení postupů a sezónnost výstavby. Pro plavecké bazény je tento typ nejčastější, protože obkladačky umožňují plavcům lepší orientaci na plavecké dráze. Konstrukčně mohou být betonové bazény:

- monolitické z prostého, železobetonového nebo předpjatého betonu;
- prefabrikované;
- ze stříkaného betonu.

2.2.3 Tvárnice bazény

Jsou velmi trvanlivé a vhodné pro vnitřní i venkovní použití, jsou alternativou k betonovým bazénům. Výhodou oproti betonu je rychlejší způsob výstavby, nevýhodou je tvarová variabilita. Cenově jsou srovnatelné s bazény betonovými, stejným způsobem se provádí i povrchové úpravy a hydroizolace. [1]

2.2.4 Plastové bazény

Druhy plastů, které se využívají jsou laminát, polyvinylchlorid (PVC), polypropylen (PP), nebo akryl. Bazény menších rozměrů do 25 m délky se vyrábí jako jeden celek, větší se sestavují z unifikovaných dílů osazených do ztraceného bednění nebo zhotovené betonové vany. Jednotlivé díly se spojují svařováním. [1][2]

2.2.5 Fóliové bazény

Tento typ se používá běžně pro soukromé zahradní bazény, převážně kruhového nebo oválného tvaru. Mohou být úplně nebo částečně zapuštěné do země. Větší bazény (nad 8 000 m³) musí mít i úpravnu vody včetně chemické úpravy a vyřešený výměnný systém. Fólie je z materiálu PVC. Výstavba je poměrně rychlá, do připraveného výkopu se vybetonuje základová deska a na ni se montuje bazén. [3]

2.2.6 Laminátové bazény

Tyto bazény jsou již předvyrobené a osazují se přímo na místo. Kvůli přepravě je jejich rozměr omezen na šířku 3,5 m. Pokud jsou bazény většího rozměru, sestavují se z jednotlivých panelů. Laminát je dobře odolný vůči chemikáliím používaným při úpravě vody a dezinfekci a má i dobré mechanické vlastnosti. Výstavba je poměrně pracná, cena vysoká a dnes je vytlačován progresivnějšími materiály.[3]

2.2.7 Polypropylenové bazény

Polypropylenové bazény jsou samonosné a k zákazníkovi se dopravují v hotovém stavu. Jsou vhodnou variantou k laminátovým bazénům, výroba je jednodušší a má širší možnosti použití. Výhodou je variabilita tvaru. [2][3]

2.2.8 Kovové bazény

Veřejné bazény jsou hlavně z hygienického hlediska nejčastěji kovové a používají se ve třech variantách: z ocele, nerez a slitin hliníku. Vždy je nutná tepelná izolace stěn. Investiční náklady jsou vysoké, za to má ale bazén jednodušší údržbu a dlouhou životnost. Nevýhodou kovových bazénů je šedý odstín vody, který vytváří při větší hloubce vody. Z tohoto důvodu jsou hluboké plavecké bazény častěji z betonu s modrým keramickým obkladem. [3] [4]

2.2.9 Ostatní bazény

Nejlevnější verze bazénů jsou přenosné nafukovací bazény nebo skládací bazény. Voda zde není pravidelně upravována ani čištěna, je potřeba vodu často měnit. Dalším materiálem může být dřevo, tento materiál se pro stavbu bazénů používá výjimečně, nejčastěji to jsou malé (od 2 do 10 m³ objemu) ochlazovací bazénky k saunám. [1] [3]

2.3 HYGIENICKÉ POŽADAVKY

Současné podmínky narušeného životního prostředí nás nutí budovat bazény a koupaliště umělé, kde jsou sledovány dva hlavní cíle. Prvním cílem je osobní hygiena a každodenní očista v rámci bytové kultury (koupelny, sprchové kouty, vany, soukromé bazény nebo vířivé vany) a druhým cílem je koupání pro osvěžení v různých formách: veřejné kryté a nekryté bazény, přírodní koupaliště, umělá koupaliště, plavecké areály a areál pro rekreační a zábavné účely nebo výukové účely. [2] [3]

Velkou pozornost musíme věnovat kvalitě a čistotě vody, aby rekreace a sport nebo očistný proces v bazéně byl příjemný a ze zdravotního hlediska bezpečný. Podmínkou je, aby voda odpovídala požadovaným kritériím a měla adekvátní kvalitu a teplotu. Vhodná teplota pro plavání je 24 – 26 °C, při teplotách pod 18 °C dochází ke zvýšeným nárokům na krevní oběh, dýchací systém a koupání ve vodě pod teplotu 18 °C je vhodné pouze pro zdravé jedince. [2]

2.3.1 Historický vývoj českých právních předpisů

Na počátku 20. století byly komunální i průmyslové vody vypouštěny přímo do povrchových vod, což vyvolalo mezi mnoha odborníky obavy ze zdravotních rizik a ekologických následků. První předpisy o ochraně vody a hygienické péči byly vydány až v 50. letech. [25]

V roce 1952 byla zavedena hygienická služba podle **zákona č. 4/1952 Sb., o hygienické a protiepidemické péči** a v roce 1953 bylo následně vydáno provádění nařízení Ministerstva zdravotnictví **č. 87/1953 Sb. o hygienické a protiepidemické ochraně vody**, které popsalo několik stupňů čistoty vody, při kterých se lidé mohou či nemohou ve vodě rekreovat. Podle další Směrnice Ministerstva zdravotnictví **č. 56/1962 o hygienických požadavcích na stanovení režimu na rekreačních rybnících**, je stanoveno jaké hnojení nebo krmení ryb je dovoleno v rybnících určených pro rekreaci. **Směrnice pro hygienickou a protiepidemickou péči o koupaliště, plovárny a lázně vydané v roce 1954** Ministerstvem zdravotnictví uvádí, že „lze použít jen takové vody, která nemá horší jakost než voda užitková“, takové vody musely splňovat parametry podle stupnice čistoty povrchových vod na stupni 2., nanejvýš 3. třídě tehdejší stupnice (podle biochemické spotřeby kyslíku – BSK, rozpuštěného kyslíku, koliformních bakterií a saprobního indexu).

Na základě těchto směrnic se sledovala kvalita vody i v umělých bazénech. Kontrolovaly se ukazatele teploty vody a vzduchu, pH hodnota bazénové vody (BV) a volného chloru a požadavky na výměnu a úpravu BV.

Směrnice z roku 1954 byly nahrazeny **Směrnici č. 28/1965 o Zřízení a provoz plováren, koupališť a jiných lázní** vydaná Ústřední správou pro rozvoj místního hospodářství. Kvalita vody byla kontrolována orgány hygienické a protiepidemické služby. K rozšíření pravomocí hygienické služby pomohl **zákon 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu**, a jeho prováděcí **vyhlášky č. 45/1966 Sb., o vytváření a ochraně zdravých životních podmínek**. Do pravomocí hygienické služby spadala péče o dobrý stav vody, ovzduší, půdy a sídlišť.

První směrnice, které stanovily konkrétní požadavky na jakost vody pro koupání vyšly v rámci Svazku hygienických předpisů MZ ČSR ve Směrnici č. 45/1977 o hygienických požadavcích na zřízení a provoz veřejných saun, a Směrnice č. 48/1978 pro zřízení a provoz bazénů s recirkulací vody. Tyto dvě směrnice platily až do roku 2000. [25]

2.3.2 Současné právní předpisy k úpravě bazénové vody

Kvalita vody v umělých koupalištích se v současné době řídí **zákonem č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví ve znění pozdějších předpisů**, [13] **zákona č. 151/2011 Sb., zákona č. 223/2013 Sb. a zákon č. 267/2015 Sb.**, který stanovuje hygienické požadavky na přírodní koupaliště, umělá koupaliště, bazény, sauny a povinnosti jejich provozovatelů, upravuje základní pojmy a zabývá se definicí znečištění vod ke koupání a také obsahuje návod pro provozovatele, jak postupovat v případě znečištění vody. V prováděcí **vyhlášce č. 238/2011 Sb. a vyhlášce č. 97/2014 Sb.**, se kterou se mění tato vyhláška, jsou konkretizovány požadavky. [18][66]

Do vyhlášky č. 97/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch ve znění pozdějších předpisů [66] jsou zapracované příslušné předpisy Evropské unie, která upravuje pravidla pro:

- monitorování a posuzování jakosti vody v přírodních koupalištích a kritéria jejich klasifikace a rozsah informování veřejnosti o jakosti povrchových vod ke koupání;
- požadavky na členění, vybavení a provoz přírodních koupališť;
- hygienické limity ukazatelů jakosti vody v umělých koupalištích a v saunách, mikroklimatické podmínky, hygienické požadavky na členění, vybavení a provoz umělých koupališť a saun a požadavky na jakost a vydatnost zdroje vody pro umělé koupaliště a sauny;
- hygienické požadavky na úpravu, obměňování a recirkulaci vody v bazénech umělých koupališť a saun;
- hygienické limity mikrobiologického, parazitologického a chemického znečištění písku v pískovištích na venkovních hracích plochách. [18]

Účelem **zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů** (vodní zákon, ve znění zákona č. 151/2011 Sb.) je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, a zároveň vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl. Pro vody ke koupání zákon stanovuje povinnost provádět opatření v případě nevyhovující jakosti povrchové vody ke koupání a definuje profil vody (obsah a způsob sestavení profilu, podmínky jeho přezkumu, aktualizace, rozsah a způsob předávání podkladů správcům povodí, jsou uvedeny ve **vyhlášce č. 155/2011 Sb. o profilech povrchových vod využívaných ke koupání**). [10]

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS je českého právního řádu je tato směrnice transportována pomocí zákonů č. 258/2000 Sb. (ve znění zákona č. 151/2011 Sb.) a č. 254/2001 Sb. a prováděcích vyhlášky č. 238/2011 Sb., č. 97/2014 Sb., a č. 155/2011 Sb. a obsahuje ustanovení pro:

- monitorování a klasifikaci jakosti vod ke koupání;
- řízení jakosti vod ke koupání;
- informování veřejnosti o jakosti vod ke koupání. [10]

Dalšími předpisy, kterými je vhodné se řídit, jsou pro oblast bazénového provozu technické normy:

- **ČSN-EN 13451 – Vybavení plaveckých bazénů (94 09 15);**
- **TNV 94 09 20 – Bezpečnost bazénů, koupališť a aquaparků;**
- **ČSN – EN 13451-8 Další bezpečnostní požadavky a zkušební metody pro zábavné vodní atrakce apod.;**
- **ČSN 755001 – Navrhování úpraven pitné vody;**
- **ČSN 755301 – Vodárenské čerpací stanice;**
- **ČSN-EN 60335-2-60 – Elektrické spotřebiče pro domácnost a jiné účely – zvláštní požadavky na vířivé lázně;**
- **ČSN-EN13451-8 Další bezpečnostní požadavky a zkušební metody pro zábavné vodní atrakce;**
- **DIN 19643 – Úprava a dezinfekce vody plaveckých a koupelových bazénů; [52]**
- **ČSN 75 5050 – Hospodářství pro dezinfekci vody ve vodohospodářských provozech, která je rozdělena na 3 části:**

ČSN 75 5050-1: Dezinfekce prováděná chlorem a chlorovými preparáty;

ČSN 75 5050-2: Dezinfekce prováděná ozonem;

ČSN 75 5050-3: Dezinfekce prováděná UV zářením. [32]

Tyto normy jsou založené na souhlasu všech zúčastněných stran se zásadními otázkami řešení a jsou v současné době kvalifikovaným doporučením, nejsou závazné, jejich používání je všestranně výhodné. České technické normy, označené jako ČSN-EN, jsou převzaté z evropských norem (označení „EN“) a vydávány Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

Německá norma DIN 19643 patří k normám s nejvyšším standardem, schvaluje 4 technologie úpravy vody. Norma uvádí pravidla pro všechny způsoby úpravy vod v bazénech, včetně flokulace, ozonizace, užití aktivního uhlí, chlorace a další. [52] Bez ohledu na to, která z technologií bude použita, je vyžadována stejná kvalita upravené vody. Jedním z požadavků DIN 19 643 je, aby kvalita vody, ať již upravené nebo doplňované, splňovala normu pitné vody. Schváleny jsou 4 technologie úpravy vody, z nichž pouze jedna využívá ozonizace.

2.4 BAZÉNOVÉ VODY

Pro bazénové provozy je kvalita vody limitujícím faktorem a musí splňovat určité fyzické a chemické vlastnosti podle **vyhlášky č. 238/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů (vyhlášky č. 97/2014 Sb.)**. Z fyzikálních vlastností musí voda splňovat teplotu vody 22 – 28 °C pro vnitřní bazény, 24 – 29 °C pro venkovní a pro dětské a léčebné bazény 26 – 30 °C. Barva vody by měla být čirá, bezbarvá. pH vody by se mělo blížit pH lidského oka, tedy pH = 6,8 až 7,4. Voda by neměla být příliš tvrdá, aby nedocházelo k usazeninám vodního kamene na stěnách a dně bazénu anebo v technologickém zařízení. Z chemických vlastností vody je důležitý obsah železa a manganu. Povoleno limit je 0,3 mg/l Fe a 0,1 mg/l Mn. Vyšší množství dusičnanů ve vodě by způsobovalo růst řas, proto jsou povoleny maximální hodnoty dusičnanů do 20 mg/l a 0,5 mg/l amoniakálního dusíku. [12][11]

2.4.1 Zdroj vody

Nejčastěji jsou veřejné bazény zásobovány vodou z veřejného vodovodu, neboť tato voda splňuje všechny požadované vlastnosti a není třeba ji upravovat. Pokud je využíván zdroj

podzemní nebo povrchové vody, musí být vždy upravená na požadovanou kvalitu podle přílohy 7, vyhlášky č. 97/2014 Sb., v platném znění. Výhodou povrchové vody je její vyšší teplota, takže se nemusí příliš ohřívat. Zdroj vody musí mít takovou kapacitu, aby dokázal pokrýt provoz pro plnění bazénu, výpar vody i další ztráty. [12] Dalším zdrojem vody mohou být termální a minerální prameny. Tyto vody jsou vhodné zejména pro léčebné a lázeňské typy areálů.

2.4.2 Znečištění bazénových vod

Hlavním zdrojem znečištění vody jsou návštěvníci, kteří do vody vnášejí nečistoty ze svého těla, plavek nebo plaveckých pomůcek. Mohou to být nečistoty z povrchu těla, tělní tekutiny, vlasy, šupinky kůže apod., dále to mohou být kosmetické produkty, parfémy, oleje a čisticí prostředky. V případě venkovního bazénu jsou dalšími faktory znečištění i prach, písek, tráva, ptáčí trus, hmyz a další. Znečištění může obsahovat i některé patogenní mikroorganismy, které způsobují hlavně u citlivých jedinců vážná onemocnění. Podle teploty a pH BV to mohou být různé druhy bakterií (nejčastěji stafylokoky, kvasinky), virů, plísní a řasy. [3] Zdrojem infekcí jsou nejčastěji vlhké plochy kolem bazénu, bazény, sprchy, vířivé lázně, zvlhčovače, pračky vzduchu apod. Pokud se ve vodě vyskytnou jemné koloidy anorganického nebo organického původu, znečištění se projeví zákalem a zabarvením vody. [12] Kvalitu BV posuzujeme podle obsahu a množství znečištění, které dělíme na:

a) Všeobecné znečištění vody – obsah těchto bakterií je závislý na obsahu organických látek a kyslíkových poměrech BV. Ukazatelem znečištění jsou tyto formy:

- organotrofní bakterie mezofilní;
- organotrofní bakterie psychrofilní.

b) Fekální znečištění vody – ukazatelem tohoto znečištění jsou:

- koliformní bakterie;
- enterokoky;
- anaerobní klostridia.

Bakterie z lidského trávicího traktu mohou ve vodě přežít velmi dlouho a jejich počet ve vodě závisí na podmínkách pro jejich rozvoj a jak dlouhý čas uplynul od chvíle, kdy byly mikroby vneseny do vody. Za ukazatele staršího fekálního znečištění považujeme nálezy anaerobního klostridia. [2]

Tab. 2.1 Faktory ovlivňující nárůst mikroorganismů [3]

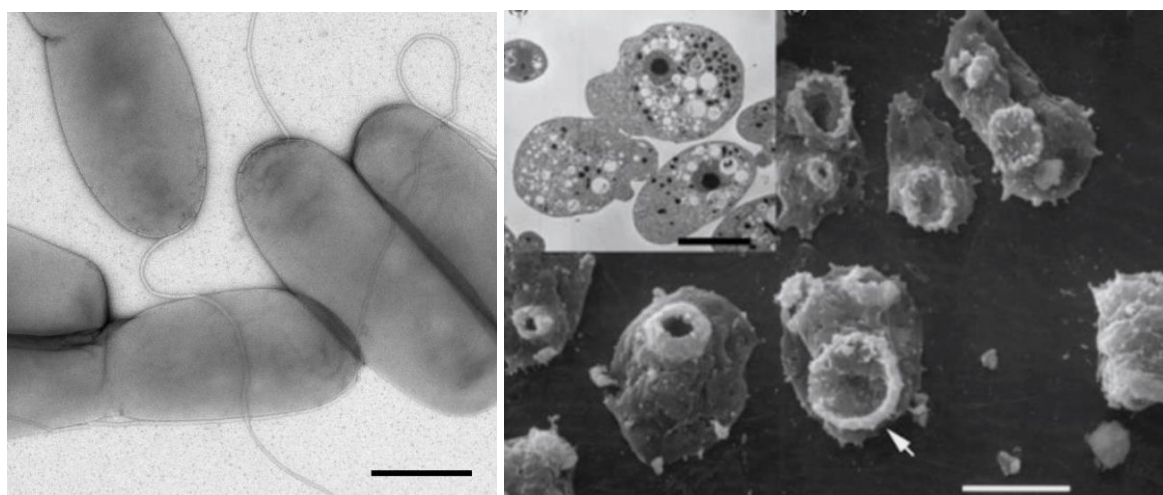
Faktory ovlivňující nárůst mikroorganismů	Způsob ovlivnění výsledné kvality vody	Protiopatření
Teplá voda	podporuje rychlý růst mikroorganismů a zvětšuje množství rozpuštěných látek	udržovat teplotu pod 30 °C, zvýšit dávku dezinfekčního činidla
Nedostatečná dezinfekce	vede k nedostatečnému zabezpečení kvality vody	zvýšit dávku dezinfekčního činidla, zlepšit hydrauliku nádrže
Velká návštěvnost	přináší velkou koncentraci tělových olejů a šupinek kůže, které mohou obsahovat infekční mikroorganismy	zajistit dokonalý návrh výměny vody, důsledně dbát na sprchování před vstupem do bazénu
Vzduchové atrakce	dochází k většímu úbytku chloru	již v návrhu kapacity úpravny počítat s množstvím atrakcí
Nedostatečná cirkulace	podporuje nárůst mikroorganického znečištění	přidat filtrační zařízení a oběhové čerpadlo

Největší množství bakterií ulpívá ve spárách mezi obklady bazénových ploch, v částech, kde je chybí spojení a na drsném povrchu, kde je čištění povrchu náročnější. Voda se pravidelně kontroluje odběry a pro zajištění zdravotní nezávadnosti je také nutná dezinfekce vody. [6] Při nedodržení hygienických podmínek může být voda kontaminována i organismy, které se vyskytují v přírodě a jsou málo citlivé na úpravářská opatření. [12]

2.5 ZDRAVOTNÍ RIZIKA SOUVISEJÍCÍ S MIKROBY V BAZÉNOVÉ VODĚ

Zdravotní rizika, která souvisí s koupáním v BV jsou dvojího druhu – mikrobiální a chemické riziko. Rizika z hlediska mikrobiálního se snažíme eliminovat chemickými i fyzikálními metodami, které jsou účinné proti mikrobům avšak z některých metod mohou vyplývat chemická rizika – vznik vedlejších produktů dezinfekce, které mají při dlouhodobé expozici škodlivé účinky na lidské zdraví. O vedlejších produktech dezinfekce pojednává kapitola 3.11. Vhodná dezinfekční metoda odstraňuje mikrobiální znečištění za cenu co nejnižšího možného chemického rizika.

Mikroby mohou být bakterie, viry, houby, prvoci, kvasinky anebo paraziti. K nejzávažnějším bakteriím v bazénech patří **Legionella pneumophila** a **Améba Naegleria fowleri**, která může způsobit vážná onemocnění až smrt.



Obr. 2.5 Legionella pneumophila [78] (vlevo) a Améba Naegleria fowleri [79] (vpravo)

Bakterie **Legionella pneumophila** plavou ve vodě a pokud plavec spolkně vodu s bakterií, nic vážného se mu nestane, ale pokud je voda s touto bakterií vdechnuta a dostane se do plic, způsobí závažnou infekci. Prevence proti bakterii Legionella spočívá ve vhodném technickém opatření, hlavně tepelnou dezinfekcí (teplotní zatížení nad 70 °C po dobu minimálně 1 hodiny.) [12] Vzácná a ve většině případech smrtelná může být bakterie **Améba Naegleria fowleri**, která se vyskytla v USA, Austrálii, Anglii i u nás v ČR. Améba je jednobuněčný organismus a parazit. U člověka způsobuje nemoc zvanou **amébová meningoencefalitida**. Bakterie může vniknout do těla nosní sliznicí a podél čichového nervu se dostává do mozku, kde způsobuje lýzu mozkových buněk, zánět, kóma a později během 1 až 18 dnů smrt. Největší epidemie byla v letech 1963-1965 v Ústí nad Labem, kdy zemřelo 16 mladých osob. Všichni tito lidé se nakazili v plaveckém bazénu. Pouze malé procento lidí se podařilo vyléčit antimykotiky. [14] Podle CDC (Center for Disease Control and Prevention) bylo v letech 1962-2018 nakaženo 145 osob a pouze 4 osoby amébovou infekcí přežily. [15]

Tab. 2.2 Infekce a nemoci související s bazénovou vodou [3]

Druhy nemocí	Místo nákazy	Původce nemoci	Charakteristika	Symptomy
Onemocnění kůže				
Vyrážka	z kůže, z vody	Pseudomonas folliculitis	inkubační doba 8 až 48 hodin, zmizí po 3-7 dnech	vyrážka vypadá jako neštovice
Plísň	z kůže, z podlah	plísň, kvasinky	drží se ve vlhkém prostředí, výskyt v sauně, WC, sprchy	svědění, popraskaná kůže
Opar	z povrchu bazénu	vir Herpes simplex	zůstává na stěnách bazénu a teplých místech k sezení, nepřenáší se vodou	léze na těle, zasaženy genitálie
Zánět	vzniká z oděrky na těle a z vody	Stafylokok, Streptokok	nejčastěji u bazénů s hrubým povrchem (betonové bazény), u teplých bazénových vod	puchýřnatý zánět kůže bradavice
Infekce uší, očí, krku				
Ušní infekce	vodní prostředí, vzduch	Pseudomonas aeruginosa	zánět vnějšího ušního zvukovodu	svědění, otok, výtok z uší, bolest na dotek
Oční infekce	vodní prostředí, ze vzduchu	Pseudomonas aeruginosa, Stafylokok	inkubační doba 12 hodin až 12 dní po expozici	zánět spojivek, zarudlé oči, slepená víčka, výtok z uší
Infekce v krku	ze vzduchu, z vody	Streptokok	inkubační doba 24 hodin až 3 dny	zánět mandlí, pálení a škrabání v krku, horečka
Dýchací potíže				
Legionelóza	stagnující voda, whirlpooly, masážní vany, ventilace	Legionella pneumophila	inkubační doba 2 až 10 dnů po expozici, zejména přenášena vzduchem a aerosolem	horečka, třesavka, malátnost, bolest hlavy, napadá plíce a ledviny
Pontiačká horečka	stagnující voda, whirlpooly, masážní vany, ventilace	Legionella pneumophila	stejně jako u legionelózy, ale mírnější průběh, jednodušší léčba	horečka, třesavka, malátnost, bolest hlavy
Mykobakterioza	stagnující voda, whirlpooly, masážní vany, ventilace	Mycobacterium tuberculosis	virové onemocnění, napadá plíce, ledviny, kůži, dlouhodobě mohou přežívat v organismu v latentním stavu	únava, velké pocení, zvýšená teplota, úbytek na váze
Střevní nemoci				
Giardióza	ve vodě, malé děti	Cryptosporidia, Giardia lamblia, přenos polknutí kontaminované vody	výskyt během 5-50 dnů po expozici	průjem, horečka, střevní křeče, nechutenství
Meningoencefalitida	půda, teplá stagnující voda, prací voda z filtrů	Améba Naegleria fowleri	do těla se dostává nosem, putuje dále do mozku, nákaza většinou vede ke smrti během 7 až 10 dnů	bolesti hlavy, vysoká horečka, nevolnost a zvracení, ztráta rovnováhy
Hepatitida typu B,C	tělní tekutiny savců	Hepadnavirus	inkubační doba týdny až měsíce po expozici, průměrně 90 dnů	zvýšená teplota, mírná chřipka, tmavá moč

Znečištění vody a následná zdravotní rizika jsou hlavním důvodem, proč je potřeba dodržovat hygienické předpisy. Hygienickými předpisy se musí bezpodmínečně řídit všechny veřejné bazény. Vyhláška č. 238/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů se sice nevztahuje na rodinné bazény, ale ve všech bazénech bez ohledu na vyhlášku je potřeba zajistit základní hygienický prostor v prostorách šaten, bazénu, toalet, sprch a dalších prostor kolem bazénu. [3]

2.6 ZÁKLADNÍ TECHNOLOGIE ÚPRAVY BAZÉNOVÝCH VOD

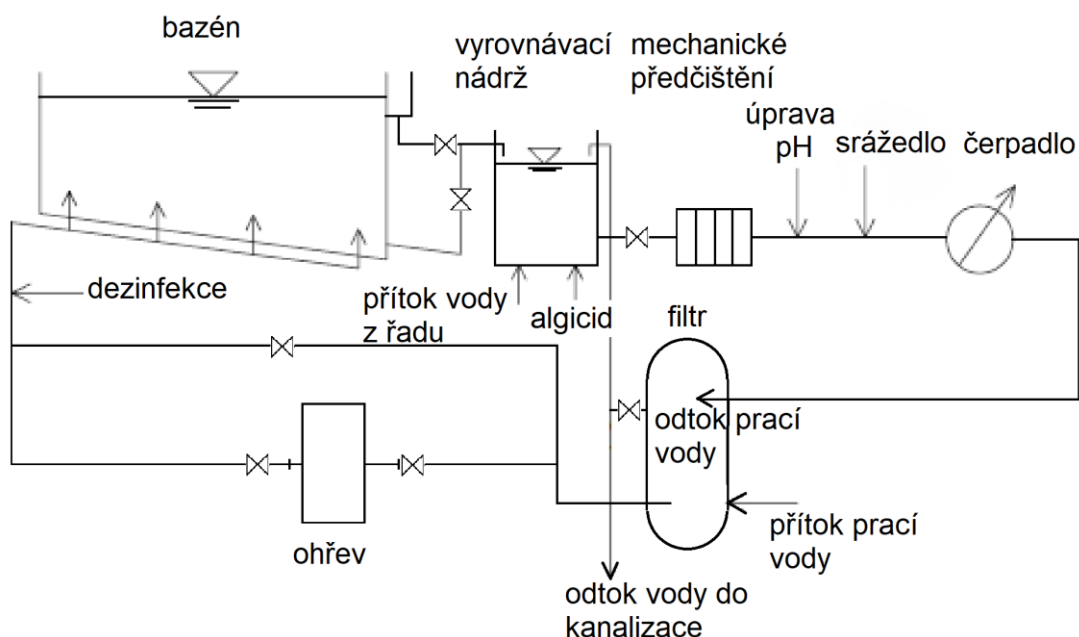
Technologická úprava má zajistit v bazénu vodu vysoké kvality, křišťálově čistou a hygienicky nezávadnou. Výběr technologie se zvolí podle požadavků na kvalitu vody, velikost bazénu a jeho umístění. Technologie musí být schopná během svého provozu zajistit odstranění nežádoucích látek, jako jsou usazené nečistoty, plovoucí látky, látky tvořící zákal a zabarvení a musí zamezit tvorbě růstu řas, udržovat vhodné pH vody a zajistit stálou cirkulaci, řádnou filtraci a dezinfekci vody – tím zabezpečit zdravotní nezávadnost BV. Důležité je zvolit správné ošetřování vody i v období, kdy není bazén používán. Technologie úpravy musí být vždy dimenzována na počet návštěvníků, kteří jsou hlavním faktorem znečištění vody. [4][12]

Technické vybavení nejčastěji obsahuje:

- lapač vlasů;
- čerpadlo;
- filtr;
- zařízení na ohřev vody;
- elektrický rozvaděč.

Úprava vody probíhá v několika fázích:

- mechanické předčištění;
- koagulace;
- úprava pH;
- filtrace;
- dezinfekce (hygienické zabezpečení);
- zabezpečení proti růstu řas. [2] [3]



Obr. 2.6 Technologické schéma obvyklé recirkulační úpravny vody [6]

2.6.1 Mechanické předčištění

Mechanický způsob předčištění je prováděn lapači vlasů (LV); kde se z vody odstraní větší nečistoty jako jsou vlasy, řasy, šupinky kůže, textilie z plavek a jiné plovoucí části (např. oleje, mastnoty, krémy, atd.). Slouží také k ochraně čerpadla před vniknutím hrubých nečistot na oběžné kolo, LV je umístěn před recirkulačním čerpadlem na sacím potrubí. [3] [5]

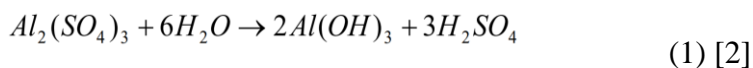


Obr. 2.7 Válcový lapač vlasů [foto autor]

2.6.2 Koagulace

Koagulace je chemický způsob, jak odstranit z vody jemné suspenze a koloidní látky o velikosti částic 10^{-9} až 10^{-6} m. Dávkováním koagulantu a následným rozrušením stabilní suspenze se vytvoří mikrovločky a dojde ke shlukování malých částic do větších celků, které jsou následně z vody separovány a zachyceny na filtru. [3] [12] Nejčastěji používaný

koagulant je síran hlinitý $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, který se ve vodě rozkládá na hydroxid hlinitý a kyselinu sírovou:

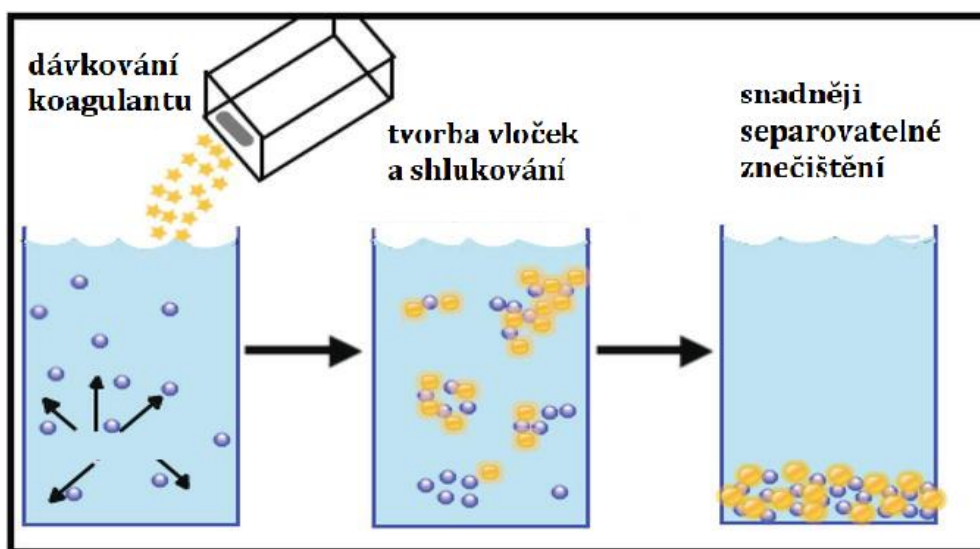


U vod s nízkou $KNK_{4,5}$ je nutno síran hlinitý kombinovat s hydroxidem vápenatým nebo uhličitanem sodným. [5] Některé látky jako pot, moč a chlorid sodný lze odstranit koagulací jen částečně, jejich koncentrace se snižuje ředěním vody, tedy dopouštěním čerstvé vody do bazénu. Koagulační efekt závisí na hodnotě pH, místu dávkování, druhu koagulantu a velikosti dávky koagulantu. [2]

Dalšími používanými koagulanty jsou:

- síran železitý $Fe_2(SO_4)_3$;
- chlorid hlinitý $AlCl_3$;
- chlorid železitý $FeCl_3$;
- hlinitan sodný Na_3AlO_3 ;
- manganistan draselný $KMnO_4$;
- síran měďnatý $CuSO_4$. [11]

Dávka koagulantu se doporučuje upravit podle vyšetřené předchozí návštěvnosti, v množství cca 2 – 3 g na návštěvníka za den a dávkuje se nejčastěji před čerpadla do sací části. Následkem předávkování (dávka by nebyla v relaci k povrchu koloidních částic) by mohlo dojít k vyvločkování až za filtrem (opožděné vločkování), kdy by se vločky mohly tvořit v bazénech na návštěvnících. [16]



Obr. 2.8 Znárodnění koagulace [22]

2.6.1 Filtrace

Filtrace je proces, při kterém dochází k oddělování pevných částic rozptýlených ve vodě pomocí filtrační přepážky, která zachytí pevné částice a propustí tekutinu. [1] Filtrační

zařízení pracuje na principu mechanických, sorpčních a elektrostatických sil porézních materiálů, kterými se filtr plní. Filtrační nádoba bývá vyrobena z kovu, PP nebo sklolaminátu.

Nejčastějšími materiály filtrační náplně jsou:

- křemičitý písek;
- křemelina;
- aktivní uhlí;
- antracit;
- kartuš;
- textilní vaky;
- molitan (pěna). [2]

Dva základní systémy filtrů jsou gravitační a tlakové. Gravitační jsou používány jen výjimečně.

Nejčastější typy filtrace uplatňované v bazénových provozech:

- koagulační;
- náplavná;
- sorpční;
- gravitační otevřené filtry – u starších provozů;
- membránové procesy – mikrofiltrace, ultrafiltrace. [12] [16]

Filtrační rychlost se u BV navrhuje v závislosti na vstupních parametrech, čím větší je rychlost filtrace, tím nižší je účinnost filtru. Filtrační zařízení je umístěno v technické místnosti spolu s ohřevem BV a vzduchotechnikou. [3] [12] Filtry pracují ve dvou cyklech, první je cyklus filtrační a druhý je cyklus prací. V prvním cyklu prochází voda shora dolů a v písku se zachycují mechanické nečistoty. Postupně se filtr zanáší, což se projevuje zvýšením tlaku ve filtru. Po zanesení filtru je třeba přepnout režim průtoku a změnit režim na druhý cyklus – praní. V režimu praní voda (případně vzduch při praní vzduchem) proudí od spodu nahoru a nečistoty se vyplaví a vypustí do kanalizace. Před novým filtračním cyklem je nutné filtr ještě zafiltrovat. Během zafiltrování prochází voda shora dolů a na krátkou dobu je odváděna do kanalizace. [35] Poté začíná nový filtrační cyklus. Podle německé normy DIN 19 643 má být filtr prán minimálně 2x týdně.

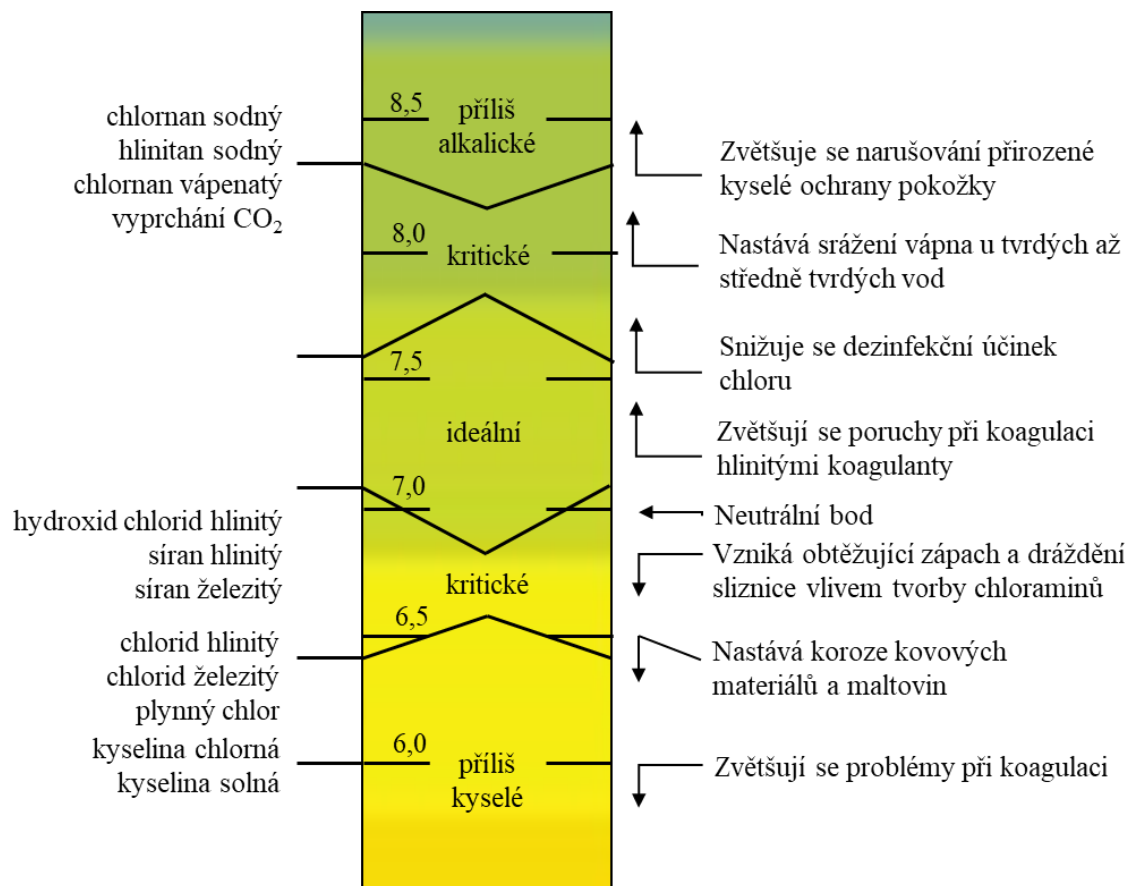
2.6.2 Úprava pH

Udržovat vhodné pH BV je velmi důležité z mnoha pohledů:

- zajištění efektivní dezinfekce;
- zajištění příjemného pobytu ve vodě tím, že voda nedráždí oči;
- snížení výskytu jemných nerozpuštěných látek;
- snížení agresivity vůči technologickému zařízení a materiálům.

Vhodné pH pro BV je **pH = 6,8 až 7,4**. Když se pH vody blíží k pH = 8,0, volný chlor ztrácí schopnost a pouze 20 % volného chloru je k dispozici jako kyselina chlorná k usmrcení choroboplodných zárodků. Jestliže je pH příliš nízké, pod hranicí pH < 6,5, dochází ke zvýšení nerozpuštěných jemných látek a voda agresivně působí na technologická zařízení

a materiály, se kterými přichází do styku. Ke změně pH dochází dávkováním koagulantů před filtraci. Na následujícím schématu je zobrazen vliv chemikálií na změnu pH.

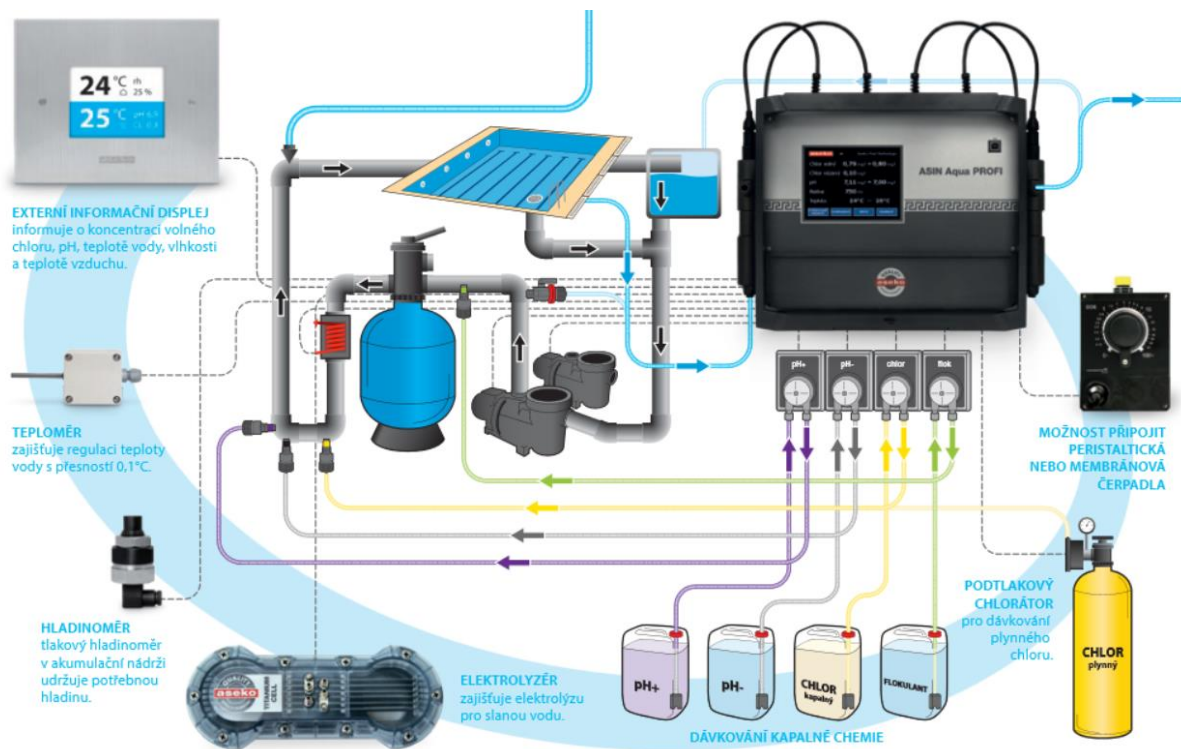


Obr. 2.9 Vliv chemikálií používaných při úpravě bazénových vod na změnu pH [2] (převzato a upraveno)

Aby bylo zajištěno vhodné pH vody, dávkují se chemikálie. Pro BV jsou to nejčastěji **hydrogenuhličitan sodný Na₂CO₃**, **hydroxid sodný NaOH**, který vodě pH zvýší a voda se stává více zásaditá, naopak na úpravu do kyselé oblasti se používá **kyselina chlorovodíková HCl** nebo **kyselina sírová H₂SO₄**, případně **hydrogensíran sodný NaHSO₄**. [3] [22]

Tab. 2.3 Vliv nízkého a vysokého pH bazénové vody [1] [3]

pH pod 6,5 (kyselé)	pH nad 8,0 (zásadité)
Poškození technologického zařízení	Nárůst znečišťujících látek
Pálení očí	Nižší efektivita volného chloru
Padání vlasů	Vysušování pokožky
Zhoršená kvalita vody a zákal	Zhoršená kvalita vody a zákal (mléčná až šedá)
Zabarvení vody (výskyt řas)	Zanášení filtračního systému
Zhoršení koagulačního procesu	Usazování látek na stěnách bazénu (vodní kámen)



Obr. 2.10 Schéma dávkování chemie v bazénovém okruhu [58]

2.6.3 Recirkulační systém

Recirkulační systém je rozvržení a dispoziční uspořádání základních objektů a zařízení, které jsou v určitém pořadí a výškových úrovních navrženy v systému a které každé plní svou funkci. [11] Kvalita vody v bazénech je závislá hlavně na recirkulačním systému, tedy na čerpání vody, koagulaci, dezinfekci, trubních rozvedech a na výměnném systému. [16]

Výměnný systém je způsob, jakým je voda do bazénu přiváděna a odváděna a její poměr nám udává poměrem směšovací vody (směšování vody v bazénu s vodou upravenou). [12]

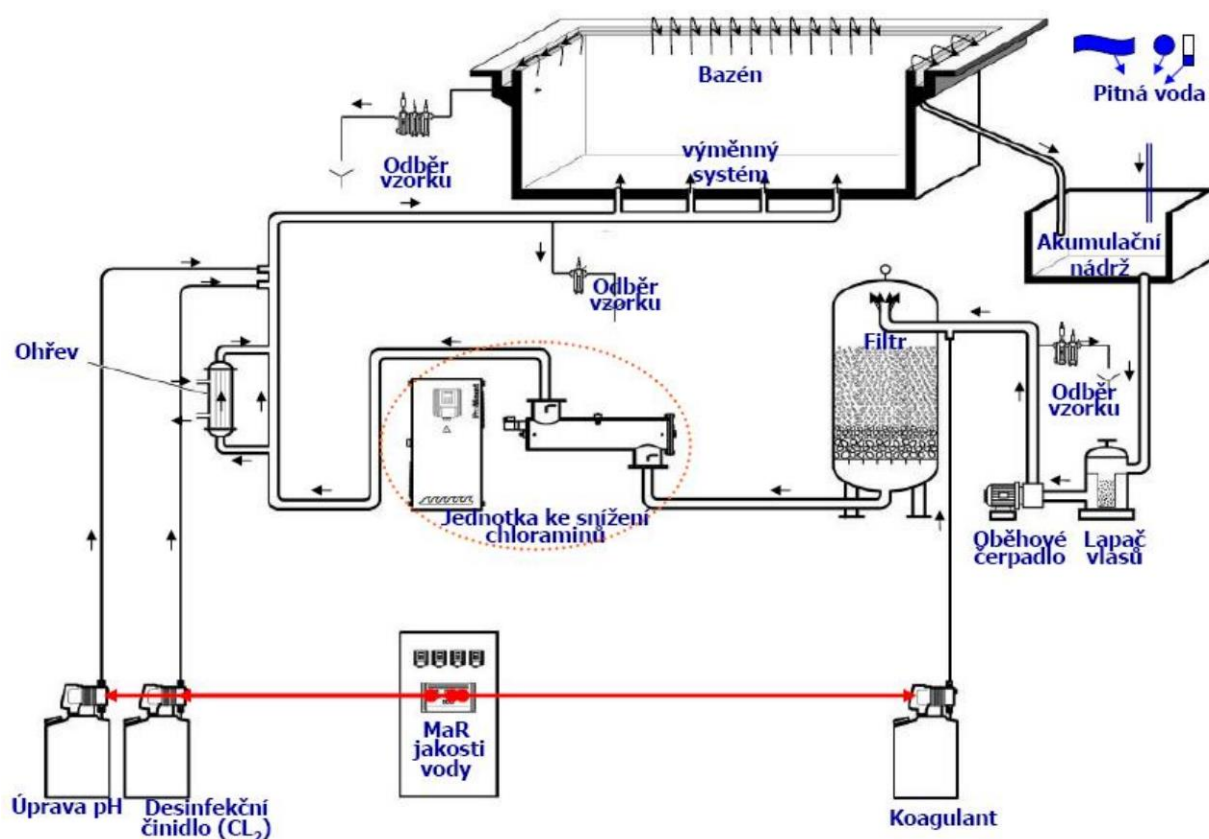
K základním kvantitativním parametrům patří:

- objem bazénu $V [m^3]$;
- průtok $Q [m^3/h]$;
- teoretický čas zdržení $T = V/Q [h]$. [2]

Recirkulace vody musí být zajištěna během celé doby provozu i mimo návštěvní hodiny. [4] Voda recirkuluje přes úpravnu vody a je dezinfikována. Mimo návštěvní hodiny může být provoz recirkulace vody snížen. Směrné hodnoty potřebného recirkulovaného množství vody v m^3/hod jsou orientačně určeny podílem objemu bazénu a doby zdržení vody. Výpočet je ovlivněn návštěvností, účelem bazénu, požadovanou jakostí vody a parametry bazénové technologie. [18]

Tab. 2.4 Intenzita recirkulace vody podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. [18]

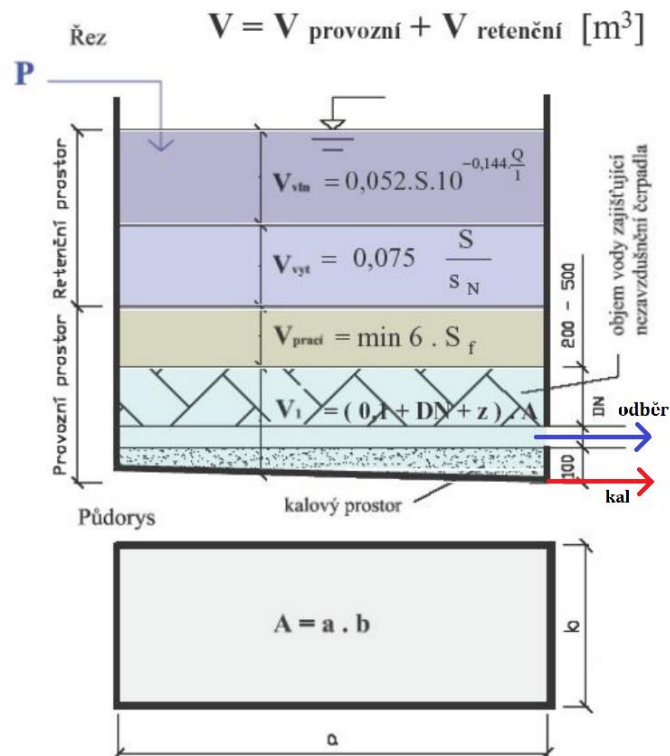
Průměrná hloubka bazénu [m]	Doba výměny vody (zdržení vody) v hodinách	
	v krytém bazénu	v nekrytém bazénu
0,5	2,0	2,0
1,0	3,0	3,5
2,0	5,0	8,0
3,0	6,0	8,0
3,5	6,5	8,0
4,0	7,0	8,0



Obr. 2.11. Technologické schéma bazénu [11]

Vyrovňovací nádrž (VN) je důležitým prvkem recirkulačního systému, který plní funkci retenční, akumulační, vyrovnávací, slouží k napouštění vody plnicí, řídící a doplňkové vody do recirkulačního systému. VN také zachytává vlnu vzniklou vstupem návštěvníků do bazénu, tlakovým přívodem vody, zajišťuje trvalý chod čerpadel a potřebné množství vody k praní filtrů. Návrh rozměrů a objemu vyrovnávací nádrže závisí na ploše bazénu, čerpaném množství, počtu atrakcí, velikosti filtrů apod. [11] Proudění vody od vtoku k výtoku

by nemělo vytvářet prostory stagnující vody, aby nedocházelo ke snížené intenzitě výměny vody. [5]



Obr. 2.12. Vyrovňovací nádrž – řez a půdorys [11]

2.6.1 Zabezpečení proti růstu řas

V bazénu dochází k **růstu řas**, pokud jsou zde pro ně dobré podmínky:

- denní světlo,
- teplá voda;
- dostatek živin (dusíkaté sloučeniny; CO₂);
- vysoké pH vody. [3]

Spory řas se dostávají do venkovních bazénů nejčastěji deštěm, větrem, nebo jsou vneseny do vody na chodítkách návštěvníků. Po vnesení do bazénu se mohou velmi rychle rozmnožit, za 1-2 dny se mohou rozšířit v celém bazénu. Prevence proti řasám je ekonomicky i ekologicky výhodnější než jejich odstranění.

Prevence vzniku řas zahrnuje udržování hodnot pH = 6,8 – 7,2, zvláště v létě, dodržovat správnou hodnotu dezinfekčního činidla, denně je nutné čistit stěny a dno bazénu, pravidelně provádět prechlorování bazénu (cca 1x týdně). U veřejných bazénů musí probíhat filtrace po celou dobu a musí se pravidelně kontrolovat a čistit filtry, včetně „praní“ filtru. Všimnout si změn pH vody, které mohou indikovat počínající rozvoj čes nebo jinou poruchu (např. sondy). Nutná je také oprava porušených spár v bazénu, přepadových žlábků a ve vyrovňovací nádrži, kde se mohou udržovat bakterie a spory.

Pro odstranění řas se používají 2 základní typy metod [5]:

1. **přechlorování** – dávkování na dvojnásobek maximálních dovolených hodnot, v době mimo návštěvní hodiny,
2. **dávkování algicidů** – algicidní přípravky jsou toxické pro živé organismy, obsahují ionty těžkých kovů, herbicidy, aj. Nejčastěji se používají kvartérní a polykvartérní amoniové soli, které snižují povrchové napětí vody a tím i buněčné stěny – dojde k prasknutí a destrukci buněk. Kvartérní amoniové soli se používají převážně k prevenci a v menších dávkách. Polykvartérní mají vyšší koncentraci (30-60%) amoniových solí, a jsou určeny pro odstranění přemnožených řas. Dalším typem jsou soli mědi a soli stříbra, při nich však dochází k tvorbě usazenin na stěnách bazénu a je důležité jejich správné dávkování.

Dalším krokem je řádné vykartáčování stěn a dna bazénu, zvláště spár, vyspravení prasklin, proprání a dezinfekce filtru. Před vpuštěním plavců do bazénu je nutné, aby byly všechny parametry na normové hodnotě. V případě, že přechlorování ani algicidy nezaberou, je nutné vypuštění celého bazénu a jeho vyčištění. [3]

2.6.2 Hygienické zabezpečení

Infekční choroby jsou způsobovány bakteriemi, viry, plísněmi, prvoky a dalšími organismy. Na povrchu bakterií jsou adsorbovány ionty a nesou elektrický náboj a jsou snadněji odstraněny spolu s vločkami. Viry však mohou procházet všemi stupni separace, a proto je dezinfekce, nebo také hygienické zabezpečení vody, posledním důležitým stupněm, který musí zajistit zdravotní nezávadnost vody. K dezinfekci BV se v ČR nejčastěji používá **chlorování, ozónování, dezinfekce ultrafialovým zářením a elektrochlorace**. [5] [12] Podrobně se hygienickému zabezpečení věnuje následující kapitola 3.

2.7 UKAZATELE JAKOSTI BAZÉNOVÝCH VOD

2.7.1 Přehled jednotlivých ukazatelů

- **Organoleptické vlastnosti vody** – senzorická analýza. Vlastnosti jako teplota, barva, zákal, pach a chuť, které jsou zjistitelné smyslovými orgány a jedním z důležitých parametrů pro návštěvníky bazénových areálů a koupališť.
- **Escherichia Coli** je identifikátorem fekálního znečištění od koupajících se osob, případně u venkovních bazénů může být znečištění od ptačího trusu.
- **Počet kolonií při 36 °C** je ukazatel, který nám slouží k vyhodnocení celkového mikrobiologického oživení BV. Počet kolonií nepředstavuje celkové množství všech mikroorganismů, ale pouze jeho nepatrný zlomek. Stanovení počtu kolonií udává výsledek z celkového mikrobiologického zatížení vody a momentální účinnosti úpravy a recirkulace vody.
- **Pseudomonas aeruginosa a Staphylococcus aureus** jsou ukazateli specifické nefekální kontaminace prostřednictvím koupajících se osob.
- **Legionelly** jsou fakultativní patogeny vyvolávající onemocnění jen za určitých podmínek nebo při určité dispozici jedince, např. snížené imunitě člověka; hustota legionel není závislá na vnosu od návštěvníků, ale na vhodných podmínkách k jejich množení – vypovídá tedy o hygienickém stavu prostředí.

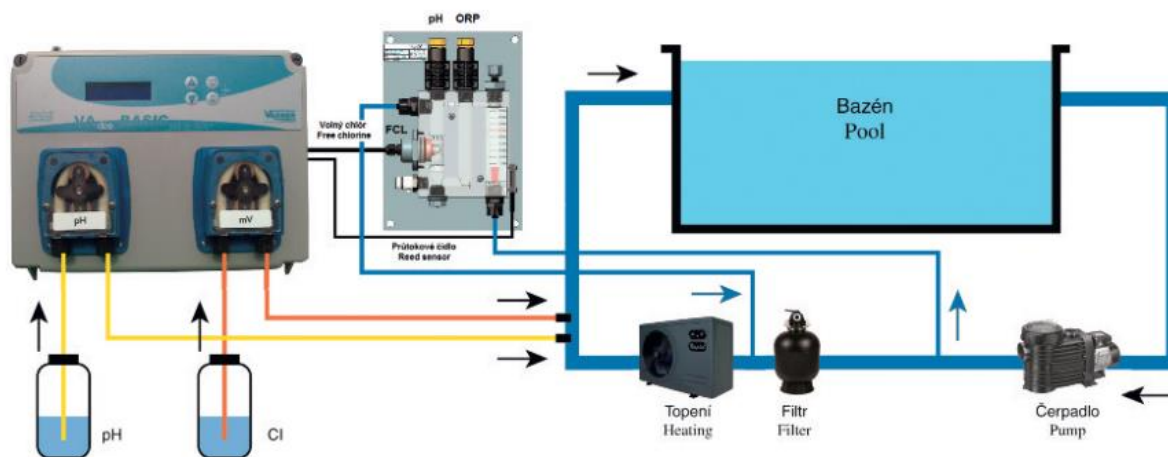
- **Průhlednost** je smyslový ukazatel, vypovídající o smyslové přijatelnosti vody a bezpečnosti, např. včasné spatření tonoucího.
- **Zákal** vypovídá o zátěži bazénu a účinnosti úpravy vody.
- **pH** je označením pro míru kyselosti a zásaditosti vodných roztoků. Pohybuje se v rozmezí hodnot 0 až 14. Ideální hodnota pro bazény se pohybuje v rozmezí 6,8 až 7,4.
- **Celkový organický uhlík (TOC)** je součástí močoviny a slouží jako indikátor kvality vody, umožňuje ověřovat účinnost technologie čištění BV. Je prokázána dobrá korelace mezi vázaným chlorem a TOC.
- **Dusičnany** se stanovují jednak ve vodě plnicí a jednak v bazénu během provozu. Rozdíl mezi těmito dvěma hodnotami vypovídá o probíhající nežádoucí nitrifikaci amoniakálního dusíku a neměl být vyšší než 20 mg/l, v případě použití ozonu při úpravě vody platí limitní hodnota 30 mg/l.
- **Vázaný chlor** je orientačním ukazatelem obsahu vedlejších produktů dezinfekce (především chloraminů).
- **Volný chlor** je ukazatelem sloužícím k posouzení přijatelného obsahu této látky. Účinnost (aktivní biocidní látka) x bezpečnost (dráždivé a toxické účinky). Volný Chlor nevypovídá o dostatečné skutečné dezinfekční kapacitě, protože v závislosti na hodnotě pH a obsahu redukujících látek se ve vodě vytváří různé formy chloru, které mají odlišnou dezinfekční kapacitu.
- **Chloritany a chlorečnany** jsou vedlejší produkty chlorace a nesmí nabývat vyšších hodnot než 20 mg/l u chloritanů a 30 mg/l u chlorečnanů.
- **Ozon** při zařazení ozonové technologie do cirkulačního systému nesmí nabývat vyšších hodnot než 0,05 mg/l, měří se na přítoku do bazénu.
- **Oxidačně – redukční potenciál (ORP)** je nejlepším ukazatelem skutečné a okamžité dezinfekční kapacity vody, souhrnně informuje o přítomnosti všech oxidačních a redukčních složek vody a o jejich vzájemných interakcích. [5] [17]

2.8 KONTROLA A HODNOCENÍ JAKOSTI BAZÉNOVÝCH VOD

Pro posouzení zátěže bazénu, kvalitu vody a z toho vyplývajících rizik se pravidelně provádí kontroly kvality vody. Vzorky se odebírají z různých míst bazénu pro určení lokální nebo systémové kontaminace. Denně se na místě provádí kontrola ukazatelů: pH, volný chlor či jiný dezinfekční přípravek, vázaný chlor, chloritany, chlorečnany, oxidačně – redukční potenciál, teplota vody a vzduchu, průhlednost. [18]

Vzorky jsou odebírány:

- a) **Automatický odběr** – kontinuálně odebírané přímo z bazénu, dále jsou vedeny k sondám MaR jednotky – viz *Obr. 2.13*.
- b) **Ruční odběr vzorků** – odběr provádí obsluha přímo z bazénu nebo z odběrných míst k tomu určených. Po změření sledovaných hodnot provede strojník zápis, provede porovnání a popřípadě provede kalibraci sond. Možné přístroje k ručnímu odběru a měření vzorků – viz *Obr. 2.14*.



Obr. 2.13 Řídící a dávkovací stanice VA DOS [76]



Obr. 2.14 Příruční fotometr pro měření Cl a pH (vlevo) a tabletový tester s vizuálním porovnáním (vpravo) [65]

Stanovení těchto ukazatelů musí být prováděno podle návodu výrobce měřících zařízení a funkčnost měřícího zařízení musí být pravidelně ověřována.

Dále se dělají také chemické rozbory podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů (vyhl. č. 97/2014 Sb. v příloze č. 8 a 9). [66] Chemický a mikrobiologický rozbor vody se provádí jednou za měsíc u držitele osvědčení podle § 6c odst. 1 písm. a) stanovení ukazatelů volný a vázaný chlor, zákal, pH, dusičnany, TOC, chloritany, chlorečnany, popř. ozon. Chemické vyšetření, s výjimkou stanovení obsahu volného chloru u bazénů vybavených dezinfekčním zařízením, není nutné provádět v případě bazénů, v nichž je voda neustále a úměrně návštěvnosti denně obměňována pitnou vodou, a to minimálně 30 l na jednoho návštěvníka, anebo které jsou denně čistěny a nově naplňovány.

Tab. 2.5 Kontrola jakosti vody umělého koupaliště – Příloha č. 9 k vyhlášce č. 238/2011 Sb. [18]

Kontrolovaný ukazatel	Četnost kontroly	Vysvětlivky
obsah volného a vázaného chloru (při použití přípravku na bázi chloru), oxidu chloričitého, chlorečnanů, chloritanů a vázaného chloru (při použití oxidu chloričitého), účinné složky jiného dezinfekčního přípravku a k němu příslušných vedlejších produktů dezinfekce (při použití jiných přípravků)	hodinu před zahájením provozu a každou čtvrtou hodinu	1
redox-potenciál	hodinu před zahájením provozu a každou čtvrtou hodinu	1
teplota vody v bazénu	třikrát denně	1
průhlednost	průběžně, nejméně však třikrát denně	1
pH	jednou denně	1
zákal	jednou za 14 dnů	1,2
dusičnany	jednou za 14 dnů	1,2
celkový organický uhlík (TOC)	jednou měsíčně	3
	jednou za 14 dnů	4,5
ozon	jednou měsíčně	1
mikrobiologické ukazatele: Escherichia coli, počet kolonií při 36°C, Pseudomonas aeruginosa	nejméně jednou měsíčně	3
	nejméně jednou za 14 dnů	4,5
Legionella spp.	jednou za 3 měsíce	3
	jednou měsíčně	4
	jednou za 14 dnů	6
Staphylococcus aureus	jednou za 3 měsíce	3
	jednou měsíčně	4
Absorbance A ₂₅₄ (1 cm)	kontinuální měření nebo podle potřeby	7

Tab. 2.6 Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích – Příloha č. 8 k vyhlášce č. 238/2011 Sb. [18]

Ukazatel	Jednotka	Upravená voda na přítoku do bazénu Mezní hodnota	Bazénová voda během provozu		Vysvětlivky
			Mezní hodnota	Nejvyšší mezní hodnota	
Escherichia coli	KTJ/100ml	0	0	*)	1
počet kolonií při 36°C	KTJ/1ml	20	100	*)	2
Pseudomonas aeruginosa	KTJ/100ml	0	0	*)	3
Staphylococcus aureus	KTJ/100ml	0	0	100	4
Legionella spp.	KTJ/100ml	10	10	100	5
průhlednost			nerušený průhled na celé dno		
zákal	ZF		0,5		6
pH			6,5 - 7,6		7
celkový organický uhlík (TOC)	mg/l		2,5 mg/l nad hodnotu plnicí vody		8
dusičnany	mg/l		20,0 mg/l nad hodnotu plnicí vody		18
volný chlor	mg/l		0,3-0,6		9,12, 19
			0,5-0,8		10,12,19
			0,7-1,0		11,12,19
vázaný chlor	mg/l			0,3	13, 19
chloritany, chlorečnany	mg/l			20	20,21
				30	20,21
ozon	mg/l	≤0,05	≤0,05		14
redox-potenciál - v rozsahu pH 6,5-7,3 - v rozsahu pH 7,3-7,6	mV	≥750	≥700		15,16,17
		≥770	≥720		15,16,17

*) Překročení nejvyšší mezní hodnoty nastává při splnění některé z následujících podmínek:

1. hodnoty Escherichia coli větší než 10 KTJ/100 ml a současně více než 100 KTJ/ml pro počty kolonií při 36°C, a/nebo více než 10 KTJ/100 ml pro Pseudomonas aeruginosa,
2. hodnoty Pseudomonas aeruginosa větší než 50 KTJ/100 ml nebo hodnoty Pseudomonas aeruginosa větší než 10 KTJ/100 ml a současně počty kolonií při 36 °C větší než 100 KTJ/ml.

2.8.1 Měřicí a řídicí systémy

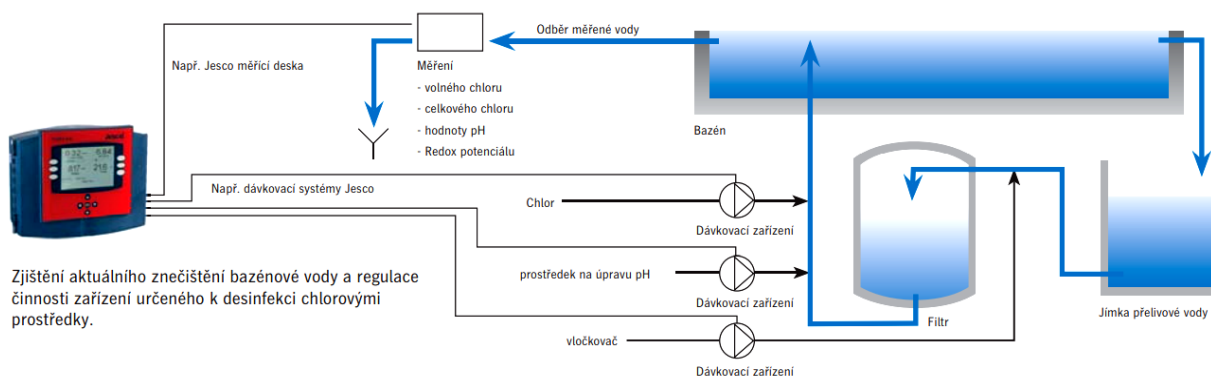
Řídicími prvky hygienického zabezpečení BV je **Automatický systém měření a regulace (MaR)** a **regulační jednotka**. MaR stanice průběžně vyhodnocují BV pomocí jednotlivých měřících sond a regulační jednotka na základě naměřených hodnot řídí činnost dávkovacích peristaltických čerpadel a kontinuálně doplňuje potřebné chemikálie do cirkulačního okruhu tak, aby hladina dezinfekčního činidla byla přiměřená a nedocházelo k „prechlorování“ nebo naopak k nedostatečné koncentraci činidla. [43] Senzory v sondách měří účinnou hladinu dezinfekce (volného a celkového chloru), hodnotu oxidačně – redukčního potenciálu (redox), hodnotu pH, dále je také měřena teplota vody, vodivost a další parametry. [35][41]



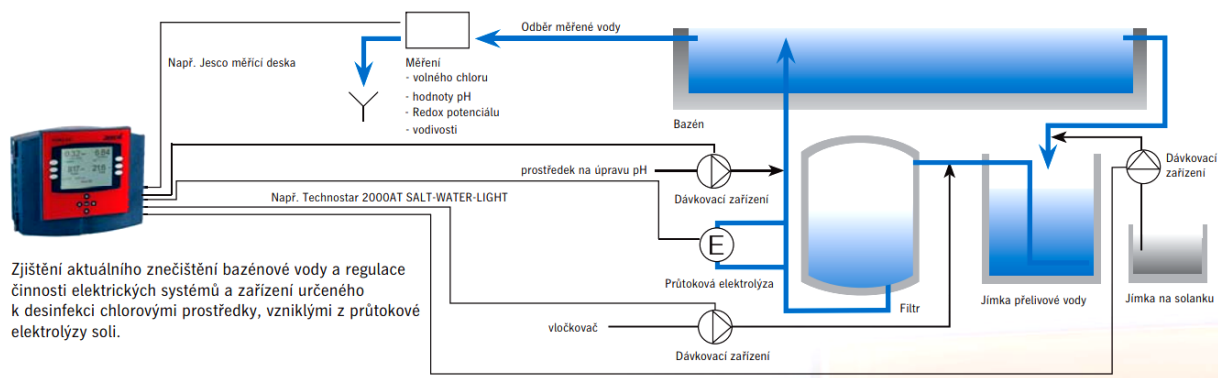
Obr. 2.15 MaR (vlevo) a regulační jednotka ProMinent (vpravo) [foto autor]

Na trhu je spousta výrobců, kteří nabízejí několik typů zařízení, která umožňují monitorovat potřebné parametry podle volby provozovatele a řídit různá zařízení v okruhu. K těmto regulačním a měřícím stanicím jsou také softwary, které umožňují kontrolu zasíťovaných systémů, dálkové ovládání, hlášení poruch, regulaci parametrů z počítače, archivaci naměřených hodnot, poplachů a také provozní deník. [43]

Na následujícím schématu je zobrazen příklad použití měřicí a regulační jednotky TOPAX DX, která může fungovat pro okruh dávkování dezinfekčního činidla jako je plynný chlor, dávkování kapalin (např. jiné dezinfekční činidlo, vločkovače nebo úprava pH), pevných látek a také zařízení na průtokovou elektrolyzu soli. [44]



Obr. 2.16 Příklad použití regulační jednotky pro okruh s chlorovým dezinfekčním prostředkem [44]



Obr. 2.17 Příklad použití regulační jednotky pro systém dezinfekce chlorovým prostředkem vzniklým elektrolýzou soli [44]

3 DEZINFEKCE BAZÉNOVÝCH VOD

Dezinfekce pitné a užitkové vody je důležitým opatřením, které v historii lidstva přispělo k odstranění epidemií infekčních nemocí přenášených vodou, jako je cholera, tyfus nebo úplavice. Chemicky čistá voda je pouze destilovaná voda a i přírodní vody mohou obsahovat choroboplodné zárodky a jsou tedy zdravotně závadné. [5][6] Dezinfekce, zajištění hygienického zabezpečení, je nezbytný technologický proces úpravy vody, při kterém zneškodňujeme zárodky ohrožující lidské zdraví. Dezinfekce musí být účinná v celém recirkulačním systému, ale především v bazénu, kde dochází ke kontaktu s koupajícími.

Zpravidla můžeme **typy dezinfekčních metod** rozdělit do následujících skupin:

- chemické činidla (halogeny: chlor, sloučeniny chloru, brom, jód);
- fyzikální metody (UV záření, ultrazvuk, teplo);
- oligodynamické činidla (koloidní stříbro, měď);
- kyslíkové činidla (ozon, peroxid vodíku);
- ostatní (elektrochlorace, Guaa ...).

Dezinfekce musí zajistit 3 základní účinky:

1. Zajištění rychlého usmrcení mikrobů (bakterie, viry, paraziti, aj.).
2. Oxidace ostatního znečištění (moč, pot, hlen, aj.).
3. Vytvoření rezidua – požadovaný nutný zůstatek dezinfekce, která v bazénu zajistí ochranu koupajících před nastupujícím znečištěním, se kterým v bazéně přichází do styku. [5] [11]

3.1 PŘEHLED DEZINFEKČNÍCH ČINIDEL

Při výběru dezinfekčního činidla musíme brát v potaz spoustu faktorů, jako jsou: zdroj vody, účel a typ bazénu, recirkulační množství – kapacita úpravní, teplota vody, způsob úpravy vody, podmínky daného bazénového areálu, místní podmínky a zvyklost, jak snadná bude obsluha systému, bezpečnost provozu, podmínky dopravy a skladování dezinfekčních látek, vliv tvorby vedlejších produktů a nakonec, jaký je požadovaný účinek dezinfekce vs. minimalizace investičních a provozních nákladů. [2] [6] Pro správný návrh musí být zohledněny všechny účinky, výhody a nevýhody možných metod. Některé metody dezinfekce oxidují široké spektrum bakterií, ničí cysty a vynikají v rychlosti usmrcení bakterií, ale jsou finančně nákladné a nevytváří dostatečné reziduum, z tohoto hlediska **je výhodné určité metody kombinovat**. [4] Použití látek však musí být vždy přezkoušeno a schváleno provozovateli a oprávněnými organizacemi. [11]

Nejčastěji se používá:

- elementární plynný chlor;
- tekutý chlor – chlornan sodný;
- granulovaný chlor – chlornan vápenatý;

- chlorové tablety – chlornan vápenatý;
- elektrochlorace;
- stabilizační chlorové tablety nebo granule (kyselina kyanurová, dichlor, trichlor);
- oxid chloričitý;
- brom;
- jód;
- Guaa;
- ozon;
- UV záření;
- peroxid vodíku;
- ionty těžkých kovů (měď, stříbro);
- ionizace;
- kombinace. [3]

Tab. 3.1 Přehled využívaných dezinfekčních činidel (tabulka převzata [11] a doplněna [36][37][38][82])

Přehled dezinfekčních činidel	Forma zůstatku ve vodě	Účinek	pH efekt	Automatické dávkování	Vhodná kvalita vody	Vedlejší produkty	Náklady	Poznámka
Plynný chlor	kyselina chlorná	střední	snížení	ano	vyšší pH	THM,HAA, chlorfenoly, chloraminy	nízké až střední	pomalou reaguje, vysoké nároky na přepravu
Tekutý chlor - chlornan sodný	kyselina chlorná + chlorid	střední	zvýšení	ano	nižší pH, vyšší obsah Ca a Mg		nízké až střední	tvorba pěny ve vodě
Chlornan vápenatý (granulovaný chlor nebo chlorové tablety)	kyselina chlorná + vápník	střední	slabé zvýšení	tablety / granule	málo mineralizovaná		nízké až střední	nevhodná pro bazény s vyšší teplotou
Chlordioxid (oxid chloričitý)	chlorečnany	velmi silný	-	ano	vyšší obsah Ca a Mg	chloritany, chlorečnany	střední	aktivní na Cryptosporidium
Bromové tablety	kyselina bromná	střední	snížení	ano	vyšší pH, vyšší obsah Ca a Mg	THM	vyšší	nesmí být použity v kombinaci s UV záření, vylučují se škodlivé páry
Elektrochlorace	chlornan sodný, chlorid sodný	silný	zvýšení	ano	nižší pH, málo mineralizovaná voda	THM,HAA, chlorfenoly, chloraminy	střední až vyšší	pomalá reakce, výroba na místě
UV záření	působí v místě aplikace	střední	žádný	ano	-	dusitany, formaldehyd	střední	nevytváří reziduum, nutnost použití dalšího dez. činidla
Ozon	uvolňuje se okamžitě	velmi silný	žádný	ano	-	bromované produkty	vyšší	nevytváří dostatečné reziduum, nutnost použití dalšího dez. činidla

3.2 DEZINFEKCE CHLOREM A JEHO SLOUČENINAMI

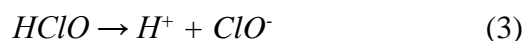
Chlor je nejstarší a dodnes i nejpoužívanější činidlo k dezinfekci vody, přesto začíná být nahrazován jinými látkami, a to hlavně z důvodů tvorby vedlejších produktů dezinfekce. Nejčastěji se používá plynný chlor, chlornan sodný, oxid chloričitý, méně často chlornan vápenatý, chlorové deriváty kyseliny isokyanurové a elektrochlorace. [38] Chlor má vysokou baktericidní účinnost na běžné mikroorganismy i v malých koncentracích, středně silné oxidační účinky a poměrně jednoduché použití. Objevuje se ve skupenství kapalném, plynném či tuhém. Ve vodě je chlor velmi dobře rozpustný, avšak rozpustnost s narůstající teplotou klesá. [39] Vhodné pH vody pro chloraci je 6,9 – 7,1. Z chlornanů se k dezinfekci používají hlavně chlornan sodný a chlornan vápenatý. [5] [6] V BV se chlor vyskytuje jako volný chlor, který zajišťuje reziduum a vázaný chlor, který je vázaný na dusíkaté látky (např. pot, moč, atd.) a je zdravotně závadný. Vázaný chlor může způsobovat nepříjemný chlorový zápach, dráždí sliznici, oči, kůži a zhoršuje parametry BV. Při přesném dávkování dezinfekčního činidla, dodržování limitů, pravidelným čištěním bazénu anebo také při zařazení další metody dezinfekce se dá hodnota vázaného chloru udržovat na nízkých hodnotách a zápach výrazně omezit.

Tab. 3.2 Obsah volného a vázaného chloru v bazénové vodě dle platné vyhlášky [18][66]

	Druh bazénu	Mezní hodnota	Nejvyšší mezní hodnota
Volný chlor [mg/l]	Dětské, plavecké a léčebné bazény s teplotou do 28 °C	0,3 – 0,6	–
	Koupelové a léčebné bazény s teplotou do 32 °C	0,5 – 0,8	–
	Koupelové a léčebné bazény s teplotou nad 32 °C	0,7 – 1,0	–
Vázaný chlor [mg/l]	Všechny bazény	–	0,3

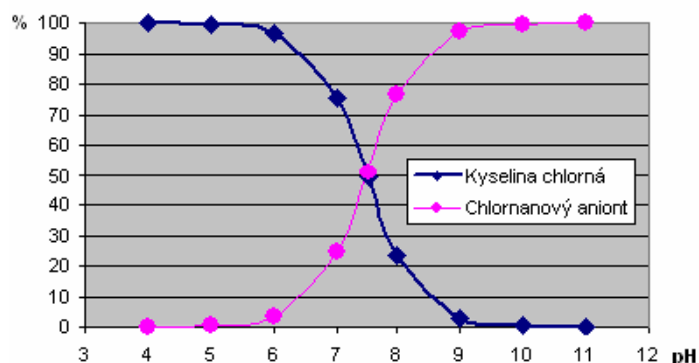
3.2.1 Plynný chlor

Plynný chlor je nejpoužívanějším prostředkem k dezinfekci BV. Ve vodě hydrolyzuje a vytváří kyselinu chlorovodíkovou HCl a kyselinu chlornou HClO (2), která dále disociuje v závislosti na pH podle (3) na chlornanový aniont ClO⁻. [5][61]



Volný chlor se ve vodě vyskytuje ve formě rozpuštěného chloru, kyseliny chlorné a chlornanového aniontu. Mezi těmito formami se v závislosti na pH vytváří určité zastoupení, které je vyjádřeno následujícím grafem. Při nízkém pH <4 se vedle kyseliny chlorné vyskytuje rozpuštěný chlor a se vzrůstajícím pH se chlor přeměňuje na kyselinu chlornou a ta disociuje na chlornanový aniont. Se vzrůstajícím pH se zvyšuje podíl chlornanového aniontu a snižuje podíl kyseliny chlorné. [55] Dezinfekční účinnost je u kyseliny chlorné vyšší, u některých mikroorganismů to znamená až 300krát vyšší účinnost usmrcení než u chlornanového aniontu. Proto je vhodné udržovat pH = 6,5 – 7,0, aby kyselina chlorná co nejméně disociovala. [62] Chlor se po dávkování do vody spotřebovává nejen na dezinfekci vody, ale také zde probíhají další reakce. Dávka chloru se musí zvolit tak, aby v bazéně byla koncentrace volného chloru 0,3 mg/l. [61]

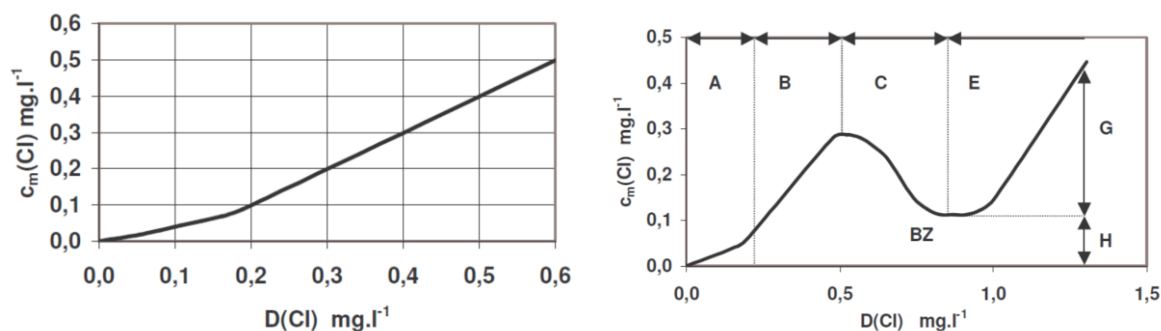
Výskyt kyseliny chlorné a chlornanového aniontu v závislosti na pH vody



Obr. 3.1 Závislost kyseliny chlorné a chlornanového aniontu na hodnotě pH [55]

Závislost koncentrace zbytkového aktivního chloru $c_m(\text{Cl})$ ve vodě na dávce chloru $D(\text{Cl})$ se vyjadřuje chlorační křivkou. Pokud se ve vodě nevyskytují amonné ionty, odpovídá chlorační křivka [61]:

a) ve vodě se nevyskytují amonné ionty – koncentrace chloru ve vodě je rovna jeho přidanému množství po odečtení chloru spotřebovaného oxidací látek a inaktivací mikroorganismů ve vodě. Úbytek je patrný na začátku dávkování.



Obr. 3.2 Chlorační křivka a) bez přítomnosti amonných iontů (vlevo) a b) v přítomnosti amonných iontů (vpravo) [61]

b) ve vodě se vyskytují amonné ionty a organické látky – v tomto případě se množství zbytkového chloru rovnoměrně nezvyšuje, chloruje se až do tzv. bodu zlomu, případně těsně za něj. V oblasti A bez zbytkového chloru dochází k oxidaci a chloraci. V oblasti B se zbytkovým vázaným chlorem dochází k tvorbě chloraminů do doby, než je spotřebován veškerý amoniak obsažený ve vodě. Za vrcholem je oblast C se zvýšenou aktivitou chloru, kde dochází k rozkladu chloraminů až do bodu zlomu. V oblasti E se zbytkovým chlorem narůstá zbytková koncentrace volného chloru, ale zároveň je ve vodě obsažený G také vázaný chlor H.

Plynný chlor se z ocelových láhví a dávkuje pomocí podtlakového systému. Z láhve je dávkován pomocí chlorátoru do uzavřené nádrže s ředící vodou, ve které se rozpustí. Dávky chloru se regulují podle průtoku vody a do okruhu s upravenou vodou jsou dávkovány pomocí injektoru. [41][35] Skladování tlakových lahví s chlorem se řídí podle ČSN 75 5050 Hospodářství pro desinfekci ve vodohospodářských provozech. [23] Je možné skladovat maximálně 4 sudy nebo 10 lahví v jednom skladu. Na chlorovnu musí být vždy vstupů zvenčí a velmi důležité je větrání místnosti. V chlorovně musí být nainstalováno signalizační zařízení

na únik chloru a musí být dobře tepelně izolovaná a odvětrávaná. Zapotřebí jsou vždy dva sklady, jeden hlavní mimo bazénový areál a druhý provozní v areálu odkud je chlor dávkován do okruhu. [23]



Obr. 3.3 Provozní sklad plynného chloru (vlevo) a dávkování plynného chloru (vpravo) [foto autor]

Výhody plynného chloru

- Nejeekonomičtějším prostředkem k dezinfekci BV.
- Má středně vysokou baktericidní účinnost.
- Vytváří reziduum.
- Snadné a přesné dávkování, poměrně nenáročný provoz. [24]

Nevýhody plynného chloru

- Tvorba THM a chloraminů.
- Při dlouhodobé expozici zdravotní problémy (hlavně u závodních plavců a personálu areálů).
- Vyšší nároky na skladování (chlorovny) a zaškolený personál.

3.2.2 Chlornan sodný

Chlornan sodný NaClO je čirý až nažloutlý vodný roztok o koncentraci volného chloru 2,5 – 15%. Chlornan sodný při rozpouštění ve vodě vytváří stejně jako plynný chlor kyselinu chlornou a dále hydroxid sodný. Hlavní účinná složka, tedy kyselina chlorná HClO je u plynného chloru i u chlornanu sodného totožná. [24] Při dávkování probíhá chemická reakce podle rovnice (4). Kyselina chlorná disociuje v závislosti na pH vody a uvolňuje chlornanový aniont (5). [5]



Roztok chlornanu je zásaditý, $\text{pH} > 7$ a je nutná dodatečná úprava pH přidáváním kyselých roztoků. [41] Chlornan je oproti plynnému chloru dražší, proto je používán spíše v provozech s menšími objemy vody. Roztok se dávkuje pomocí dávkovacího čerpadla. [38] Skladuje se v neprůhledných nebo UV blokujících materiálech, nejčastěji v PVC barelech o objemu 50 l. Obsah aktivního chloru je garantován výrobcem v letních měsících 3 týdny a v zimních 5 týdnů, po této době v roztoku koncentrace rychle klesá a chlornan se stává méně účinným. Skladovat se může maximálně 2 měsíce, protože vlivem rozkladu při nesprávném a dlouhodobém skladování dochází k nárůstu obsahu chlorečnanů a následně i chloristanů, které mohou ovlivnit lidské zdraví. [34]



Obr. 3.4 Dávkování chlornanu sodného [foto autor]

Výhody chlornanu sodného

- Má nižší nároky z hlediska bezpečnosti a manipulace oproti plynnému chloru.

Nevýhody chlornanu sodného

- Vlivem světla, přístupu vzduchu a také časem se jeho účinnost velmi rychle snižuje.
- Oproti plynnému chloru je dražší pořizovací cena i doprava (častější doplňování).

- Stejně jako u plynného chloru se vytváří THM a chloraminy.
- Dlouhodobá expozice může mít zdravotní následky, např. vznik astma.

3.2.3 Oxid chloričitý

Oxid chloričitý ClO_2 nebo také chlordioxid je nestabilní žlutooranžový plyn [40] a vyrábí se až v místě spotřeby, např. dávkováním kyseliny chlorovodíkové souběžně s chloritanem sodným podle rovnice (6) do uzavřené reakční nádoby a poté je roztok dávkován do upravené vody. [42]



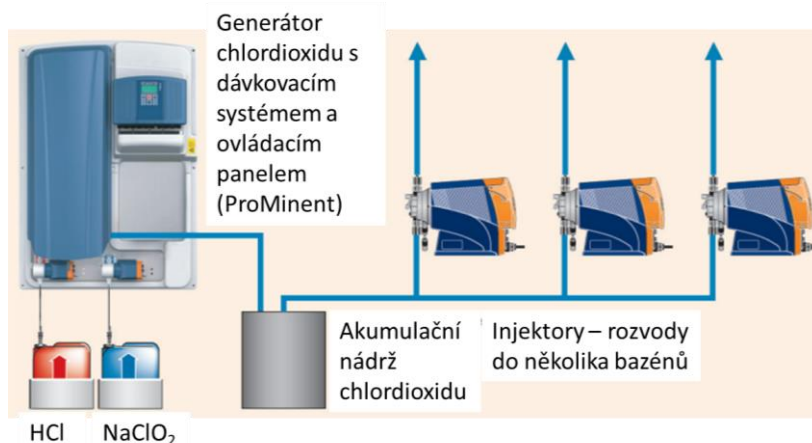
Odér plynu zapáchá podobně jako chlor a jeho výpary jsou toxické.[40] V ČR se metoda používá pouze v soukromém sektoru, v zahraničí je častěji používaná. Spotřeba chemikálií závisí na složení vody a na množství organických látek ve vodě, spotřeba je většinou vyšší než spotřeba chloru. [24] Dávkované množství chlordioxidu se pohybuje mezi 0,15 – 0,30 mg/l. [67]

Výhody oxidu chloričitého

Baktericidní i oxidační účinek je oproti chloru výrazně vyšší, ve vodě je dobře rozpustný zvláště při nízkých teplotách, nevzniká zápach ani změna chuti vody a má dlouho trvající účinky. [38] Působí oxidačně, ne chloračně – nevytváří THM, HAA, chlorfenoly, nereaguje s aminosloučeninami, má vysokou účinnost proti virům, řasám a také proti obávané bakterii Legionella.

Nevýhody oxidu chloričitého

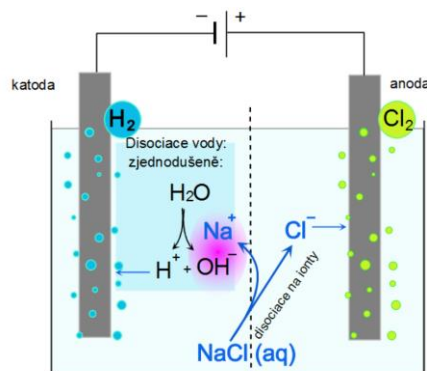
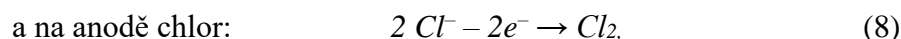
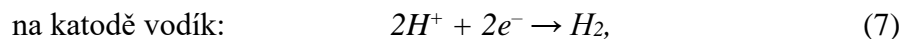
Výraznou nevýhodou je vysoká hořlavost a toxicita, díky které má vysoké nároky na bezpečnost provozu, dávkování a skladování. [51] Narušuje biofilm na stěnách rozvodů vody. Dalším problémem je, že oxid chloričitý se redukuje na nebezpečné chloritany. Vody s vysokým obsahem dusitanů při působení chlordioxidu oxidují velmi rychle i při poměrně malém množství (zhruba 2 $\mu\text{mol/l}$ dusitanů) a během několika minut je chlordioxid úplně spotřebován jen na oxidaci dusitanů. Navíc, při této reakci vznikají nežádoucí chloritany. Chlordioxid může být také oxidován ozonem, v tomto případě vznikají toxické chlorečnany. Pomocí ozonizace nelze odstranit zbytky chlordioxidu. [67]



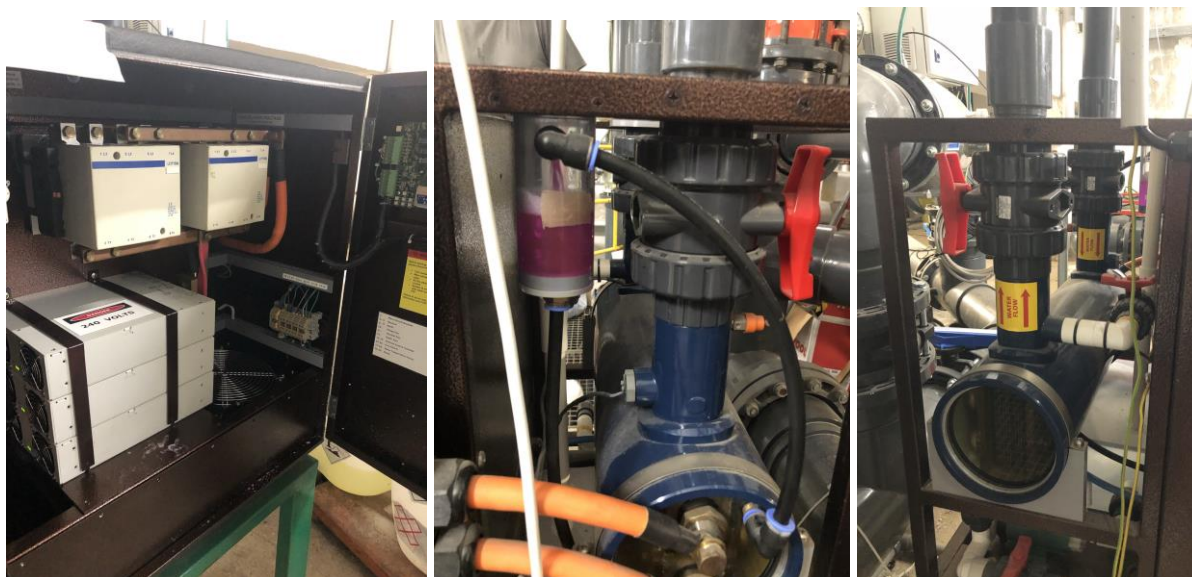
Obr. 3.5 Systém pro výrobu a dávkování chlordioxidu od firmy ProMinent [70]

3.2.4 Elektrochlorace

Elektrochlorace, nebo také tzv. *elektrolýza soli* je metoda pro úpravu slaných bazénů, při které se zředěný roztok chlornanu sodného NaClO vyrábí elektrolýzou z nasyceného roztoku chloridu sodného. Ve vodě vzniká chlornanový aniont, což je volný chlor, jako v případě dávkování kteréhokoliv chlorového přípravku. Průchodem vody kolem elektrod, na kterých se chlor uvolňuje, dochází k likvidaci všech sloučenin vázaného chloru. Elektrolýzou nasyceného roztoku NaCl (solanky) tedy vzniká:



Obr. 3.6 Schéma elektrolýzy chloridu sodného NaCl [71]



Obr. 3.7 Jednotka elektrolýzátoru [foto autor]

V bazénových areálech se na místě připravuje solanka, která je pak dávkována do okruhu. V roztoku zůstává hydroxid sodný $Na^+ + OH^-$. Obě elektrody musejí být od sebe odděleny polopropustnou membránou, která zabrání reakci chloru s hydroxidem sodným, který vzniká v katodovém prostoru. Chlor s hydroxidem sodným reaguje za vzniku chlornanu a chloridu sodného, při zvýšené teplotě by vznikaly chlorečnan a chlorid sodný. Zařízení nemá negativní dopad na životní prostředí a provoz je ekonomicky srovnatelný s provozem dávkování plynného chloru.

Metoda je častěji používaná v zahraničí, v USA, Číně a v západních evropských zemích, ale i v ČR je několik bazénových areálů se slanými bazény. Kromě úpravy BV je používána i pro úpravu pitné vody, např. v Úpravně vody Březová. Poprvé byla v ČR instalována tato metoda v roce 2008. Více než desetiletý provoz ukázal, že se jedná o spolehlivou a účinnou metodu, která je provozně vyzkoušená a snižuje pracovní zatížení pro provozovatele. [72] Elektrolyzéry vyrobí zhruba 1 kg chloru z 3 – 3,2 kg soli. Spotřeba energie se pohybuje kolem 4 – 4,9 kWh/kg chloru, podle typu zařízení. Výsledný produkt má koncentraci chloru 8 – 9 g/l. [73]

Zařízení se skládá z těchto částí: elektrolyzér, nádrž solného roztoku, integrované dávkovací čerpadlo, změkčovač vody, odplyňovač H₂ (odvětrávání vodíku), ovládací panel, skladovací zásobník na chloritan sodný, injekční sestava.



Obr. 3.8 Elektrolyzér ProMinent s příslušenstvím [73]

Výhody použití elektrochlorace

- Eliminace vázaného chloru.
- Poměrně snadná obsluha.
- Neskladuje se, ani se nemanipuluje s nebezpečnými chemikáliemi.
- Slaná voda má příznivé účinky na pokožku.
- Prostorová nenáročnost.
- Nevzniká chlorový zápach, nedochází ke dráždění očí a sliznic.

Nevýhody použití elektrochlorace

- Slaná voda a její páry jsou velmi agresivní ke kovovým stavebním konstrukcím a je nutné používat materiály a zařízení odolné proti soli.
- Vyšší pořizovací i provozní náklady.

3.3 DEZINFEKCE BROMEM

Brom se řadí stejně jako chlor do halogenů. Aktivní brom je využíván hlavně v zahraničí, v USA a západní Evropě, pro úpravu a dezinfekci BV. [4] [3] Dávkuje se ve formě tablet. Vhodná koncentrace volného bromu v bazénech je od 0,4 mg/l. [80]

Výhody použití bromu

Brom má vyšší stabilitu při vyšších teplotách, proto je vhodný pro dezinfekci vířivek nebo whirlpoolů s teplotou nad 30 °C. Při použití této metody nevzniká chlorový zápach. Vytváří reziduum v BV.

Nevýhody použití bromu

Brom je slabší činidlo než chlor a nedokáže dokonale odstranit organické znečištění tak, jako chlor, proto se velmi často kombinuje s jinou bezchlorovou metodou. [3] Nesmí se kombinovat s chlorovými přípravky – mohou pak vznikat škodlivé vedlejší produkty. Bromové tablety jsou dražší než chlor. [74] Vytváří THM ve větším množství než chlor.

3.4 DEZINFEKCE JODEM

Dezinfekce jodem není v Evropě příliš používaná, hlavně z ekonomických důvodů. Nejčastěji jód používají v USA. [39] Elementární jód se rozpouští ve vodě v závislosti na pH za vzniku kyseliny jodné HIO nebo jodanů. [80]

Výhody používání jódu

- Pevné skupenství za běžných teplot bazénového provozu.
- Zajišťuje spolehlivé reziduum.
- Na viry působí nejlépe ze všech halogenů.
- Dávkování je bezpečné a jednoduché.

Nevýhody používání jódu

- Vyšší cena.

3.5 DEZINFEKCE AKTIVNÍM KYSLÍKEM

Bezchlorová dezinfekční metoda na bázi peroxidsíranů není příliš účinná a využívá se nejčastěji v soukromých bazénech. [39] Doporučená koncentrace je cca 8 – 15 mg/l max. však 20 mg/l. Tekutý přípravek se dávkuje v množství 0,3 – 0,6 l na 10 m³ BV. [81]

Výhody dezinfekce aktivním kyslíkem

- Oproti chlorovým preparátům nedochází k chlorovému zápachu.

Nevýhody dezinfekce aktivním kyslíkem

- Vyšší provozní náklady.

- Nižší účinnost oproti chloru.

3.6 DEZINFEKCE IONTY TĚŽKÝCH KOVŮ

Účinek spočívá ve schopnosti těžkých kovů narušit strukturu mikroorganismů. Dezinfekce se do bazénového okruhu dává jako preparáty s částicemi mědi a stříbra, elektrody pomocí el. proudu uvolní ionty mědi a stříbra. [39]

Výhody dezinfekce pomocí iontů těžkých kovů

- Dezinfekce má dlouhodobou účinnost.

Nevýhody dezinfekce pomocí iontů těžkých kovů

- Vysoká cena a nutnost dlouhodobého působení iontů. Dalším problémem je akumulace těžkých kovů v lidském organismu.

3.7 DEZINFEKCE POLYMERY – GUA

Bezchlorová polymerová bazénová chemie je určena pro soukromé a menší bazénové areály. Účinná látka je Polyaminopropyl Biguanide. GUA je vhodný prostředek pro všechny typy bazénů. Je vhodný pro osoby s citlivou pokožkou anebo alergiemi, ekzémy. Prostředek dezinfikuje vodu, likviduje řasy, dodává vodě nezbytný kyslík a odstraňuje nežádoucí pěnu. Tekutý prostředek se dává přímo do vody nebo před filtrační zařízení každých 12 dnů, při vyšším zatížení a teplotách každých 7 – 10 dnů. [75] Roztok musí být dobře promíchán v celém objemu bazénu. Vhodné je testovat množství GUA kapičkovým testerem a udržovat koncentraci na úrovni 0,3 – 0,8 g/m³. [75]

Výhody používání GUA

- Ošetřená voda není cítit po chlóru, nedráždí oči, kůži ani sliznice.
- Nepoškozuje žádné materiály, nepůsobuje korozi kovových částí bazénu.
- Dlouhodobý efekt, pH neutrální.

Nevýhody používání GUA

- Vhodný pro menší bazénové areály a soukromé bazény.
- Pomalá dezinfekční reakce, čas potřebný pro biocidní účinek je 120 min.
- U veřejných areálů je nutné kombinovat s chlorovými přípravky k zajištění rezidua.

3.8 DEZINFEKCE OZONEM

Ozon O₃ je za normálních podmínek namodralý nestálý plyn přítomný v horních vrstvách atmosféry a chrání zemský povrch před UV zářením ze slunce. Pro vodárenské účely dezinfekce vody je využíván v Evropě již od roku 1886 a po OH radikálech je druhým nejsilnějším oxidačním činidlem. [46] Základním využitím metody ozonizace je dezinfekce pitné vody, inaktivace choroboplodných zárodků, rezistentních druhů bakterií, patogenních mikroorganismů, parazitů Giardia a Cryptosporidium, které jsou jinak velmi odolné

proti používaným dávkám chloru nebo oxidu chloričitého. [39] V laboratorních podmínkách je inaktivace bakterií ozonem 600 až 3000krát rychlejší než při používání chloru. [46] Další využití ozonizace je oxidace železa a manganu v upravovaných vodách a odstranění tzv. *mikroznečištění*. Inaktivace různých kontaminantů vyžaduje rozdílné dávky ozonu. [47] Rozsah inaktivace nebo destrukce kontaminantů závisí na CT faktoru:

$$CT = C \cdot T \text{ [mg/l} \cdot \text{min]}, \quad (9)$$

kde C ... koncentrace činidla [mg/l],
 T ... kontaktní čas [min].

Hodnota CT je vždy spojena se snížením počtu log. Čím vyšší je teplota BV, tím nižší hodnota CT je nutná k dostatečné dezinfekci a odstranění kontaminantů. Doporučená dávka ozonu k dezinfekci vody pro plavecké bazény je 1,0 mg/l a 1,3 mg/l pro koupelové bazény. [47] Po rozpuštění ve vodě dosáhne koncentrace ozonu zhruba hodnot 0,3 až 0,5 mg/l a s doporučenou dobou zdržení 2 minuty vychází CT faktor = 0,6 až 1,0 mg/l. min, což je podle EPA normy [49][50] postačující k dezinfekci vody při teplotě 25 °C. Při úpravě BV na sebe ozon váže nežádoucí vázaný chlor a snižuje tvorbu vedlejších produktů chlorové dezinfekce.

Tab. 3.3 Porovnání dezinfekčního účinku ozonu s chlorem a oxidem chloričitým [53]

Činidlo	Baktericidní účinek		Virucidní účinek	
	Koncentrace [mg/l]	Doba zdržení [min]	Koncentrace [mg/l]	Doba zdržení [min]
Volný chlor	0,1 – 0,2	10 – 15	0,3 – 0,5	45
Oxid chloričitý	0,1 – 0,2	10	0,3 – 0,5	30
Ozon	0,1 – 0,2	2	0,4	2 – 4

Ozon je velmi neaktivní, proto se vytváří až na místě spotřeby, nejčastěji pomocí generátoru ozonu s vysokonapěťovým výbojem, kterým prochází pracovní médium – voda nebo vzduch. V menších zařízeních se využívá vzduch, u větších voda.

Ozon lze připravovat:

- ze vzduchu – pro menší jednotky, má nižší výkon, řádově g O₃/hod, produkce koncentrace < 5%, je nutno používat vysušený vzduch, protože přítomnost vlhkosti způsobuje tvorbu kyseliny dusičné ve výbojovém elementu a jeho velice rychlou korozi;
- z kyslíku – kapalný kyslík nebo produkce z generátoru kyslíku, produkce koncentrace > 10% tímto lze získat vyšší koncentrace a účinnost je tím vyšší;
- z vody – elektrolyticky přímo ve vodě, tímto způsobem je připravována ozonizovaná voda pro velká zařízení.

Další metodou, jak lze ozon vytvořit, je pomocí UV záření o vlnové délce okolo 185 nm. Touto metodou však lze vygenerovat pouze malé množství ozonu. Výkon generátoru ozonu se udává většinou v g nebo kg O₃/hod a koncentrace plynu – ozonu vystupujícího z média se uvádí v procentech, ppm, mg/l nebo µg/m³ vzduchu. Údaje pro provoz generátoru, tedy spotřebovaná energie na výrobu ozonu se uvádí v kW/g O₃, případně kW/kg O₃. [68]

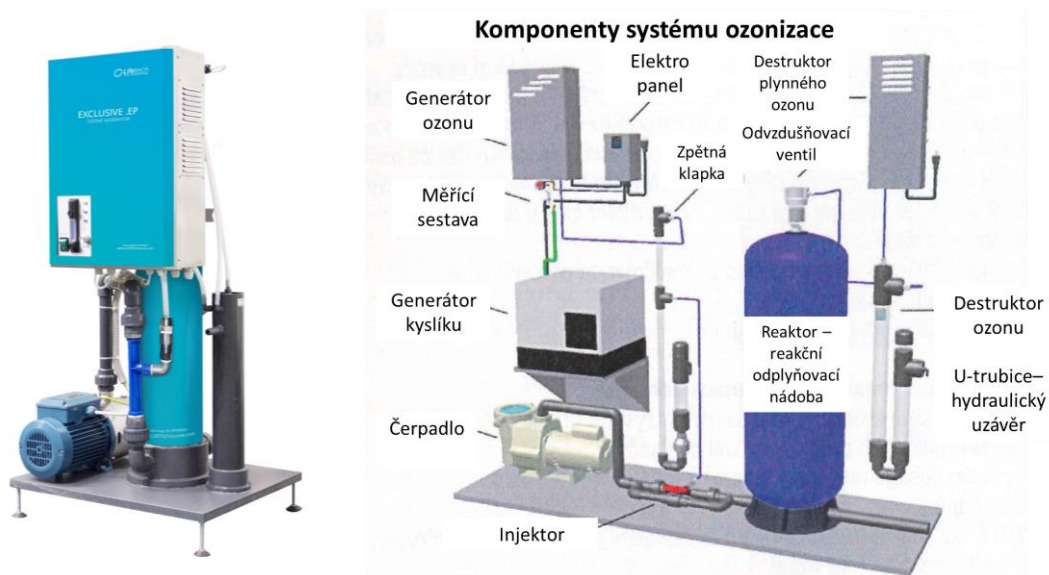
Podle typu a zatížení bazénu se rozlišují tři základní technologie ozonizace viz Tab. 3.4. Při zařazení ozonizace do systému úpravy BV je nutné dbát na bezpečnost z hlediska možného úniku ozonu, protože je v plynné fázi akutně toxický. [28] [4] Při nízkých koncentracích kolem 0,1 mg/mg³ lze cítit nasládlou vůni ozonu, dochází ke dráždění sliznice

očí a dýchacích cest, při vyšších dávkách může dojít k poškození plic i smrti. U kontaktních, deozonizačních a odvzdušňovacích nádržích, u jejich ventilů a u nádob s aktivním uhlím musí být signalizace indikující únik ozonu a bezpečnostní vypínač ozonizace musí být vně technické místnosti. [47]

Tab. 3.4 Typy ozonizace [28]

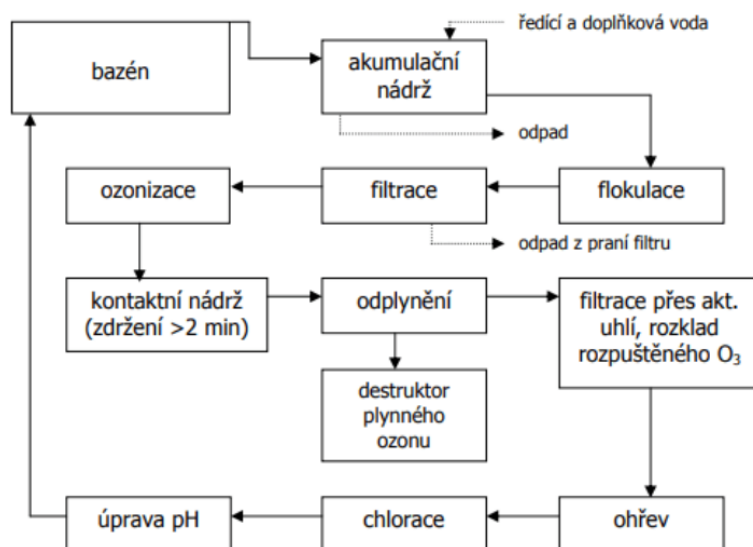
Název	Použití	Dávka ozonu [mg/l O ₃]
Úplná ozonová technologie (Full Ozone Technology)	veřejné bazény s vysokou návštěvností a akvaparky s vodními atrakcemi, tam, kde jsou vysoké nároky na technologii, kvalitu vody i ovzduší	0,8 – 1,2
Technologie „bočního“ toku , technologie částečné dávky ozonu (Slip Stream System)	nerezové bazény, školní bazény, rekonstruované veřejné bazény, bazény s nízkým zatížením	0,1 – 0,2
Technologie nízkých dávek ozonu (Low Dose, Compact, Fractional or Trickle Ozone Systems)	privátní, hotelové, rehabilitační a školní bazény	0,05 – 0,1

Z generátoru je nutné plynný ozon dobře rozpustit ve vodě pomocí injektoru do kontaktní nádrže, kde se ozon rozpuštěný ve vodě smísí s kontaminanty v upravované vodě. Kontaktní nádrž má odvzdušňovací ventil, který udržuje vodu pod tlakem a umožňuje odplynění, rozpuštění ozonu a kyslíku. Zbylý je zničen pomocí destrukturu ozonu, kde se oddělí voda a plyn přicházející z kontaktní nádoby. Voda klesá a je odváděna do hydraulické U-trubice. Směs ozonu a kyslíku prochází další komorou destrukturu, kde se ozon přemění na kyslík. [48]



Obr. 3.9 Generátor ozonu Lifetech [28] (vlevo) komponenty systému ozonizace (vpravo) [48]

Podle platné legislativy nesmí zbytkový ozon překročit koncentraci 0,05 mg/l na vstupu do bazénu, proto se za jednotku ozonizace umísťuje odplynění, destrukturu plynného ozonu anebo filtr s aktivním uhlím, který rozloží zbytkový rozpuštěný ozon. [39] [47]



Obr. 3.10 Recirkulace bazénové vody s ozonovou technologií podle DIN 19 643 [47]

Ozon působí s organickými kontaminanty přímo anebo nepřímo. Rozhodujícím parametrem je hodnota pH prostředí procesu. V kyselém prostředí reaguje ozon s kontaminanty přímo, což je prostá ozonizace. V zásaditém nebo bazickém prostředí reaguje nepřímo prostřednictvím radikálové reakce. Tento princip se řadí do AOP, kde se vytváří OH radikály, [27] kterým je věnována kapitola 3.10.

Výhody použití ozonizace

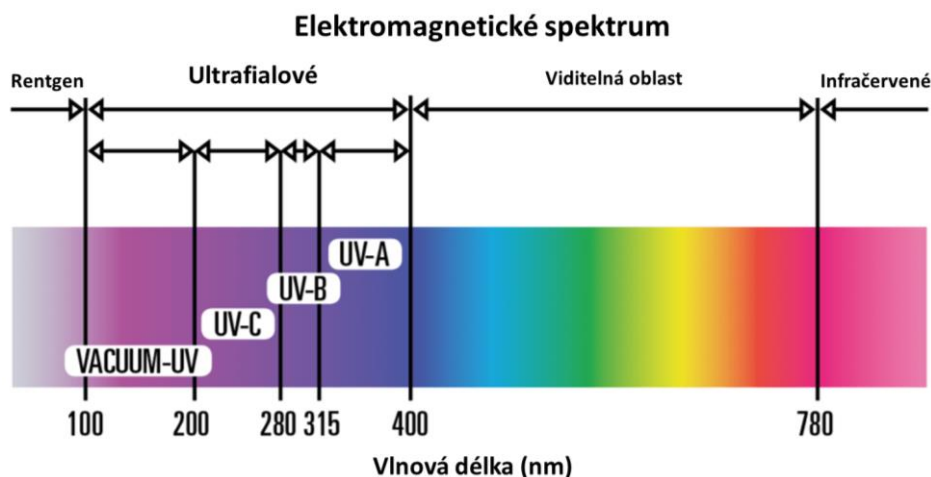
- Ozon je silné oxidační činidlo, proces není závislý na pH [28], odstraňuje mikroznečištění (zbytky léčiv, prostředky osobní péče, pesticidy, herbicidy, atd.). Proces a zlepšuje organoleptické vlastnosti vody. [2]
- Spotřeba dodatečných dezinfekčních čidel, které je nutné dávkovat k zajištění rezidua, je nižší, slouží jako sekundární dezinfekce. [52]
- Méně práce pro obsluhu provozu.

Nevýhody použití ozonizace

- Je nutná kombinace s dávkováním chloru, případně bromu k zajištění rezidua.
- Při vyšších dávkách O_3 mohou v kombinaci chlor + ozonizace vznikat vyšší koncentrace THM, než kdyby v systému ozonizace nebyla. V přítomnosti prekurzorů mohou během ozonizace vznikat vedlejší produkty dezinfekce. [36]
- Ozon působí korozivně na kovové materiály.
- Vyšší pořizovací cena zařízení a potrubí i vyšší provozní náklady (energie).
- Technologicky náročnější – zaústění plynného ozonu do kontaktní nebo vyrovnávací nádrže, rozpustnost ozonu do vody a také destrukce zbytkového ozonu.
- Vyšší nároky na bezpečnost provozu a vyškolený personál.

3.9 DEZINFEKCE UV ZÁŘENÍM

UV záření je elektromagnetické záření, které se vyskytuje ve slunečním záření, v elektromagnetickém spektru mezi rentgenovým zářením a viditelným spektrem záření, ve vlnových délkách 100 – 400 nm je UV záření, které můžeme rozdělit na UV-A, UV-B a UV-C a UV vakuum. [63]



Obr. 3.11 Elektromagnetické spektrum [63]

Pro údržbu lamp a senzorů se využívají nejčastěji metody:

- chemické** – propláchnutí vnitřní části UV reaktoru roztokem (kyselina fosforečná nebo kyselina citrónová);
- mechanické** – čištění pomocí stěračů a kartáčů;
- mechanicko-chemické** – čištění pomocí límce naplněného čistícím roztokem.

V praxi se UV záření nejčastěji používá k degradaci a dezinfekci organických látek. Absorpcí tohoto záření do těl mikroorganismů vznikají reakce, které vedou k poškození DNA a RNA. Energie fotonů, tedy částic elektromagnetického záření, se vyjadřuje v joulech J [W.s] a dávka (DUV) záření je vyjádřena součinem intenzit záření, což je vlastnost lampy a doby expozice podle [59]:

$$DUV = i \cdot t, \quad (10)$$

kde DUV ... dávka UV [mJ/cm^2],
 i ... intenzita UV záření [mW/cm^2],
 t ... doba expozice [s].

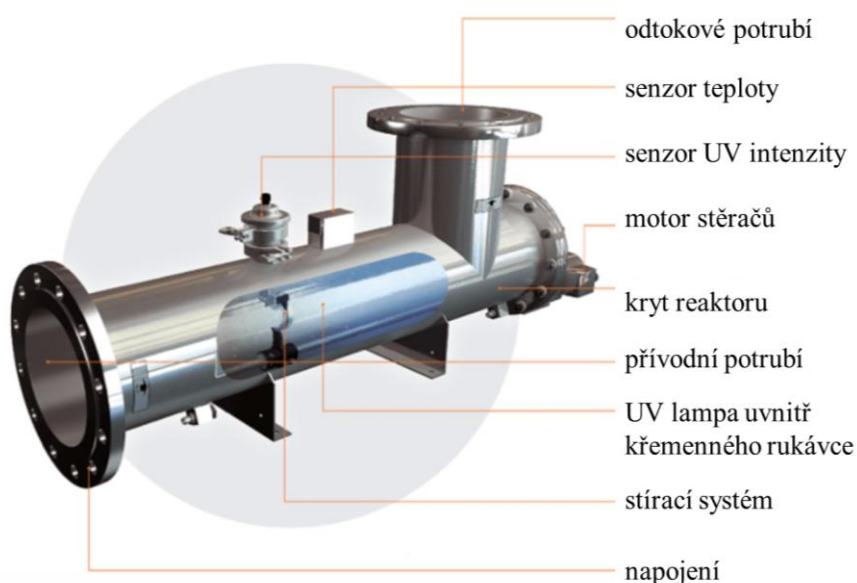
Ve vodárenství se využívají hlavně nízkotlaké a středotlaké UV lampy. Pro účely dezinfekce BV o vyšších průtocích, např. pro aquaparky jsou středotlaké UV lampy vhodnější z mnoha hledisek. Středotlaké UV lampy mají širší germicidní účinek, při jejich použití nehrozí reaktivace mikroorganismů. [31] Středotlaké UV lampy pracují lépe při vyšších teplotách a průtocích nad 5 l/s nebo při změnách průtoku. [55] V Tab. 3.5 je porovnání, ve kterých parametrech vynikají (označeno zeleně) nízkotlaké a středotlaké UV lampy.

Tab. 3.5 Porovnání nízkotlakých a středotlakých UV lamp [57]

	Životnost lampy	Účinnost dezinfekce	Dezinfekce vody o nízkých teplotách	Dezinfekce vody o vyšších teplotách	Nároky na prostor	Úspora na údržbě	Efektivita při vyšších průtocích	Efektivita při změnách průtoku
Nízkotlaké UV lampy								
Středotlaké UV lampy								

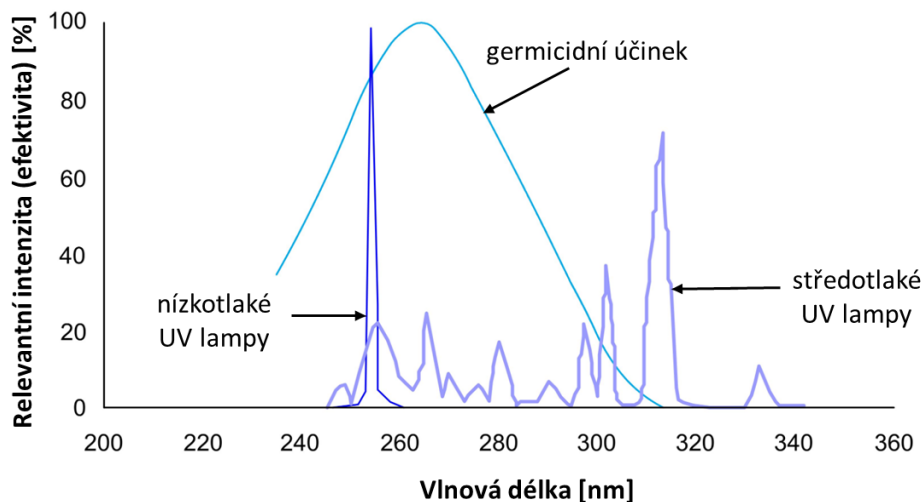


Obr. 3.12 Středotlaké UV lampy [58]



Obr. 3.13 Popis UV lampy [57]

Následující graf porovnává emitované vlnové délky nízkotlakých a středotlakých UV lamp v rozsahu 250 – 350 nm. Germicidní účinek představuje oblast absorpce molekuly DNA způsobující její destrukci. Při nižších průtocích do cca 5 l/s, a také tam, kde je stálý průtok a kvalita vody, jsou vhodné nízkotlaké UV lampy. [55]



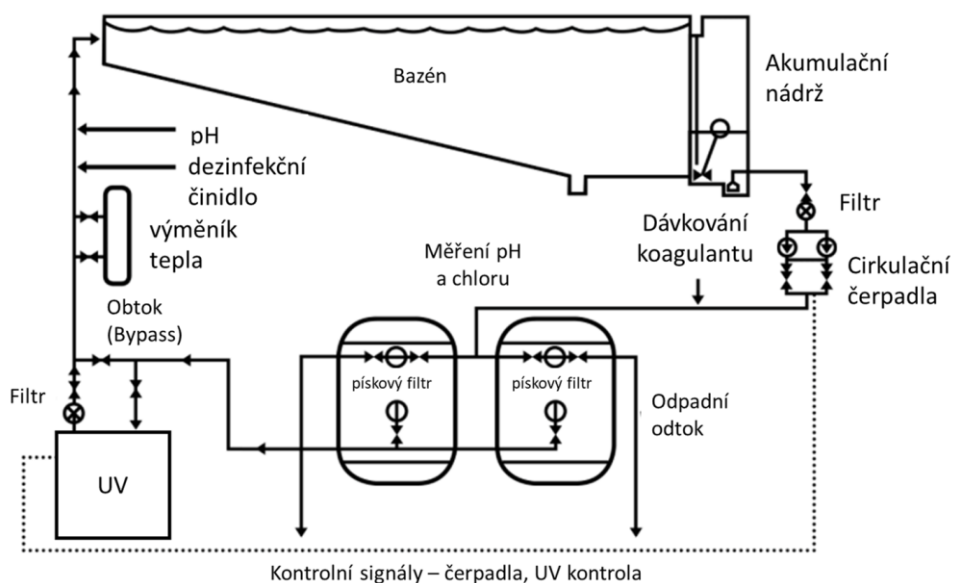
Obr. 3.14 Porovnání emitovaných vlnových délek nízkotlakých a středotlakých UV lamp [30]

Dávky pro inaktivaci některých mikroorganismů jsou zobrazeny v následující Tab. 3.6:

Tab. 3.6 Dávky UV záření pro 99,99% inaktivaci mikroorganismů při 254 nm [31]

Mikroorganismus	DUV [J/m ²]
Escherichia coli	280
Klebsiella pneumoniae	310
Mycobacterium smegmetis	270
Bacillus subtilis, spory	750
Enterobacter cloacae	340
HAV (Hepatitis A virus)	160
Salmonella typhi	< 200
Enterococcus faecium	200
cysty Giardia, Cryptosporidium	> 400

Vhodné zapojení UV lampy na recirkulační okruh je za filtrací. Dávkování chemikálií je až za UV lampami.



Obr. 3.15 Schéma zapojení UV lampy v systému [57]

Výhody používání UV záření

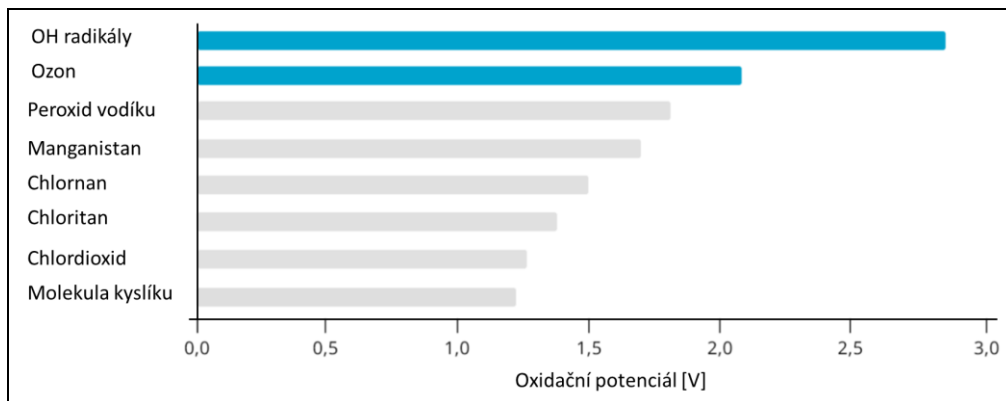
- Velmi efektivní a rychlé usmrcení bakterií.
- Vyloučeno riziko předávkování.
- Nevytváří THM.
- Snižuje obsah vázaného chloru.
- Snadná obsluha.
- Nevyžaduje žádné chemikálie.
- Nedochází ke změnám kvality vody.
- Neovlivňuje organoleptické vlastnosti vody. [31]

Nevýhody používání UV záření

- Závislost na elektrické energii.
- Životnost lamp.
- Snížená účinnost při zákalu vody.
- Nevytváří požadované reziduum.
- Za určitých podmínek vznikají vedlejší produkty – dusitany a formaldehyd.
- Vysoké pořizovací i provozní náklady. [31][55][53][59]

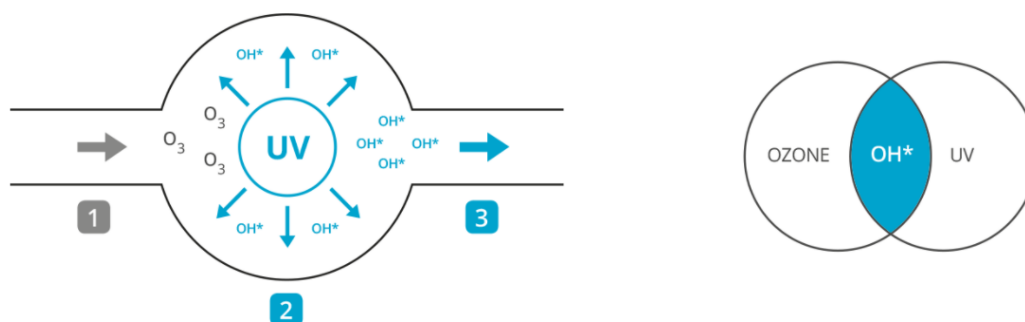
3.10 POKROČILÉ OXIDAČNÍ PROCESY PRO BAZÉNOVÉ PROVOZY

K dalším způsobům dezinfekce BV patří tzv. *pokročilé oxidační procesy (AOP)*, které vznikají kombinací dvou technologií. Kromě BV se technologie AOP používají hlavně pro úpravu pitné vody, průmyslové vody a v ekonomicky vyspělých státech se používají i pro úpravu odpadní vody. Během AOP se vytváří silná oxidační činidla, hydroxylové radikály (OH). Čím vyšší je oxidační potenciál, tím je oxidační reakce rychlejší a méně selektivní, a tedy účinnější. [6]



Obr. 3.16 Porovnání oxidačního potenciálu jednotlivých metod [69]

OH jsou nejsilnějším oxidačním činidlem, dále to je ozon O_3 , peroxid vodíku H_2O_2 , manganistan draselný $KMnO_4$, kyselina chlorná $HClO$, oxid chloričitý ClO_2 a kyslík O_2 . [26] [27] Kombinace dvou osvědčených technologií, ozonizace a UV záření (nízkotlaké nebo střednětlaké systémy) jsou vhodným způsobem dezinfekce BV, kdy vznikají OH radikály, které mají dohromady vyšší oxidační potenciál než při použití jen jedné z technologií. [69] [82] K tvorbě OH radikálů dochází tak, že rozpuštěný ozon je ozařován UV lampou v UV reaktoru. [69] Tomuto procesu se také říká tzv. *fotolýza ozonu*. Fotolýza probíhá ve dvou fázích, v první fázi ozon absorbuje UV záření a dojde k homolýze ozonu, v druhé fázi se ozon rozkládá na meziprodukt peroxid vodíku H_2O_2 a ten dále na OH radikály. Přidáním peroxidu vodíku do procesu dochází k urychlení vzniku OH radikálů. [29]



Obr. 3.17 Tvorba OH radikálů pomocí ozonizace a UV záření [69]

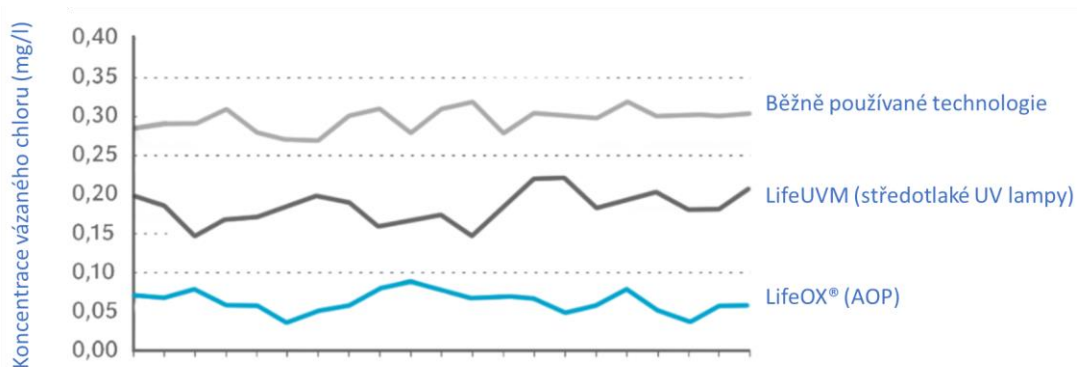
Výhody použití AOP

- OH radikály reagují rychleji než ozon. [28]
- Menší nároky na prostor.
- Silnější oxidační účinek.
- Odstraňuje vázaný chlor.
- Vzniká mnohem méně vedlejších produktů dezinfekce než při jiných metodách dezinfekce. [82]

Nevýhody použití AOP

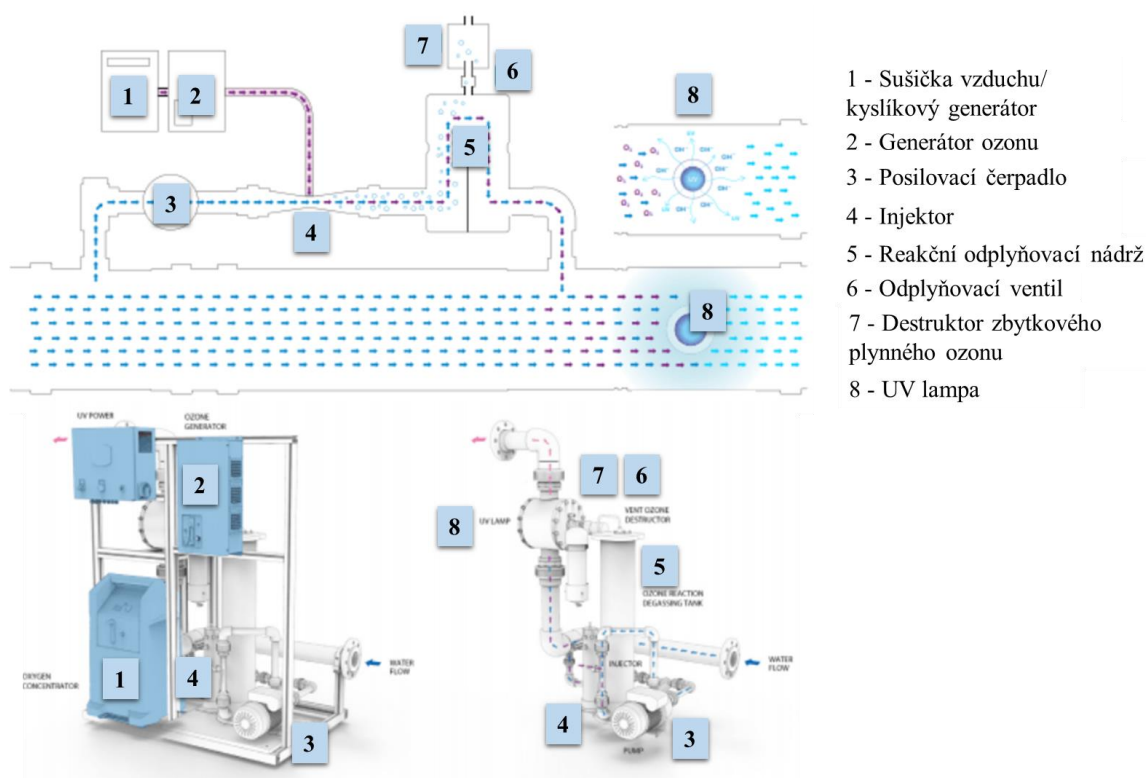
- Pořizovací cena.
- Nevytváří reziduum.

V následujícím grafu jsou porovnány metody dezinfekce BV. AOP ozonizace s UV zářením je neúčinnější metodou dezinfekce a snižování vázaného chloru v BV. Tuto technologii dodává např. firma LifeTech.



Obr. 3.18 Graf – porovnání koncentrace vázaného chloru při použití různých typů technologií [69]

Jednotku AOP – technologie LifeOX lze do okruhu zařadit následujícím způsobem.



Obr. 3.19 Schéma technologie LifeOX®-M40 [69] (převzato a upraveno)

Dalšími AOP metodami, které jsou zatím objektem zkoumání a v praxi se vyskytují pouze výjimečně v zahraničí. [82] Peroxid vodíku zvyšuje v případě ozonizace rozklad ozonu a tvorbu OH radikálů a u kombinace s UV lampou se peroxid vodíku štěpí a vznikají OH radikály. [29]

Typy dalších AOP metod:

- $O_3 + UV + H_2O_2$;
- $UV + H_2O_2$;
- $O_3 + H_2O_2$;
- sonolýza – tvorba OH radikálů za použití ultrazvuku. [29]

3.11 ZDRAVOTNÍ RIZIKA SOUVISEJÍCÍ S VEDLEJŠÍMI PRODUKTY DEZINFEKCE BAZÉNOVÝCH VOD

Hlavním zdravotním rizikem z chemického hlediska je vznik trichloraminů a vznik vedlejších produktů dezinfekce. Vedlejší produkty dezinfekce vznikají zároveň při procesu dezinfekce a mohou být často škodlivější než látky, které chceme z vody odstranit. Metoda, kterou vybíráme pro hygienické zabezpečení daného bazénového areálu proto musí zohledňovat také rizika vzniku těchto látek. Pro zdraví je škodlivý nejen orální příjem BV, ale také inhalační a dermální příjem, například při sprchování nebo plavání v bazéně, [36] protože i přes pokožku je do lidského těla vstřebáváno malé množství vody. Mnoho vedlejších produktů dezinfekce je zdraví škodlivých, od běžného zarudnutí očí nebo vysušení pokožky až po nejhorší karcinogenní účinky. V následujících podkapitolách jsou shrnuty možné vedlejší produkty dezinfekce nejčastějších dezinfekčních metod.

3.11.1 Vznik a odstranění trichloraminů

Nejzávažnější zdravotní rizika, která přináší plavání v chlorovaném bazénu jsou po chemické stránce sloučeniny trichloraminů. Monochloramin (NH_2Cl), dichloramin (NHCl_2) a trichloramin (NCl_3) jsou souhrnně označovány jako *vázaný chlor*. Z nich je nejvíce rizikovým trichloramin, který se z vody uvolňuje v plynné formě a je zodpovědný za typický chlorový zápach. [45] Prahová koncentrace pachu je jen zhruba 0,02 mg/l. Byl pozorován negativní vliv na zdraví – rozvoj astmatu u závodních plavců, dětí i zaměstnanců bazénových areálů, kde jsou používány chlorové dezinfekce.



Obr. 3.20 Tři složky vázaného chloru [45]

Tyto sloučeniny vznikají reakcí chloru s organickými látkami obsaženými ve vodě. Trichloramin dráždí sliznice a narušuje horní dýchací cesty, může také způsobovat alergické projevy a vyšší náchylnost k astmatu. Při dlouhodobé expozici u sportovců nebo personálu bazénů představuje vyšší riziko.[45] **Odstraňování chloraminů z vody lze provádět několika způsoby:**

- prechlorování, tedy chlorace do bodu zlomu je nejužívanějším způsobem (není však vhodné pro odstraňování organických chloraminů, které jsou stabilní a přebytek chloru je odstraňuje velmi pomalu);
- použití silných oxidačních činidel;
- různé druhy filtračních náplní – adsorpce na aktivním uhlí odstraňuje z vody vázaný chlor;

- aplikace UV záření;
- nové způsoby – uplatnění principu elektromagnetického pole, které však zatím nemá velké účinnosti. [11]

3.11.2 Vedlejší produkty chlorace – trihalogenmethany

Jak již bylo výše zmíněno, nevýhodou chloru je vznik vedlejších produktů, z nich nejvýznamnější jsou *trihalogenmethany (THM)* a *halogenoctové kyseliny (HAA)*. Dalšími vedlejšími produkty jsou halogenacetonitrily (HAN), furanony (MX), chlorfenoly, furanony a chlorpirkin. *Příčinou vzniku těchto vedlejších nežádoucích produktů jsou tzv. prekurzory v upravované vodě.* [36] Prekurzory jsou látky schopné reagovat s chlorem za vzniku organohalogenů. Nejčastěji se z trihalogenmethanů vyskytuje trichlormethan (chloroform). [37]

Tab. 3.7 Přehled vedlejších produktů chlorace

Chemická třída		
Trihalogenmethany (THM)	Halooctové kyseliny (HAAs)	Halogenované acetonitrily (HANs)
Chemické sloučeniny		
Chloroform (CHCl ₃)	Kyselina monochloroctová (MCAA)	Dichloracetonitril
Bromdichlormetan (CHBrCl ₂)	Kyselina dichloroctová (DCAA)	Bromchloracetonitril
Dibromchlormetan (CHBr ₂ Cl)	Kyselina trichloroctová (TCAA)	Dibromacetonitril
Bromoform (CHBr ₃)	Kyselina monobromoctová (MBAA)	Trichloracetonitril
	Kyselina dibromoctová (DBAA)	

Účinky chloroformu a dalších THM byly zkoumány na zvířatech a bylo prokázáno, že mohou způsobovat rakovinu jater, močového měchýře, ledvin, tlustého střeva a konečníku a mají vliv i na choroby spojené s reprodukčními orgány. Z tohoto důvodu je v Německu a ve Švýcarsku používání plynného chloru výrazně omezeno. [38] Proti tvorbě vedlejších produktů dezinfekce navrhla EPA opatření, které má odstranit prekurzory. Měření obsahu prekurzorů je měřeno celkovým organickým uhlíkem (TOC) a také bromidů. [27]

Opatření k odstranění prekurzorů vedlejších produktů dezinfekce:

- filtrace na granulované aktivní uhlí (GAU);
- koagulace;
- změkčování vody;
- UV záření. [36]

3.11.3 Vedlejší produkty oxidu chloričitého

Při použití oxidu chloričitého jako dezinfekčního prostředku pro bazény dochází ke vzniku vedlejších produktů **chloritanů a chlorečnanů a někdy mohou vznikat také chloridy.**

Pro lidské zdraví představuje dlouhodobá expozice chloritanů poruchy hemolytického systému – hemolytickou anémii nebo poškození buněčných membrán červených krvinek. Vyšší dávky mohou přispět k methemoglobinemii.[36]

3.11.4 Vedlejší produkty ozonizace

Při ozonizaci se mohou formovat organické epoxidy, alkylační činidla, která jsou genotoxické a karcinogenní. [36] Tyto produkty se vytváří, obsahuje-li upravovaná voda makromolekulární organické látky, bromidy, peroxidy a přírodní organické látky. [31]

Tab. 3.8 Přehled prekurzorů a vedlejších produktů při ozonizace [36]

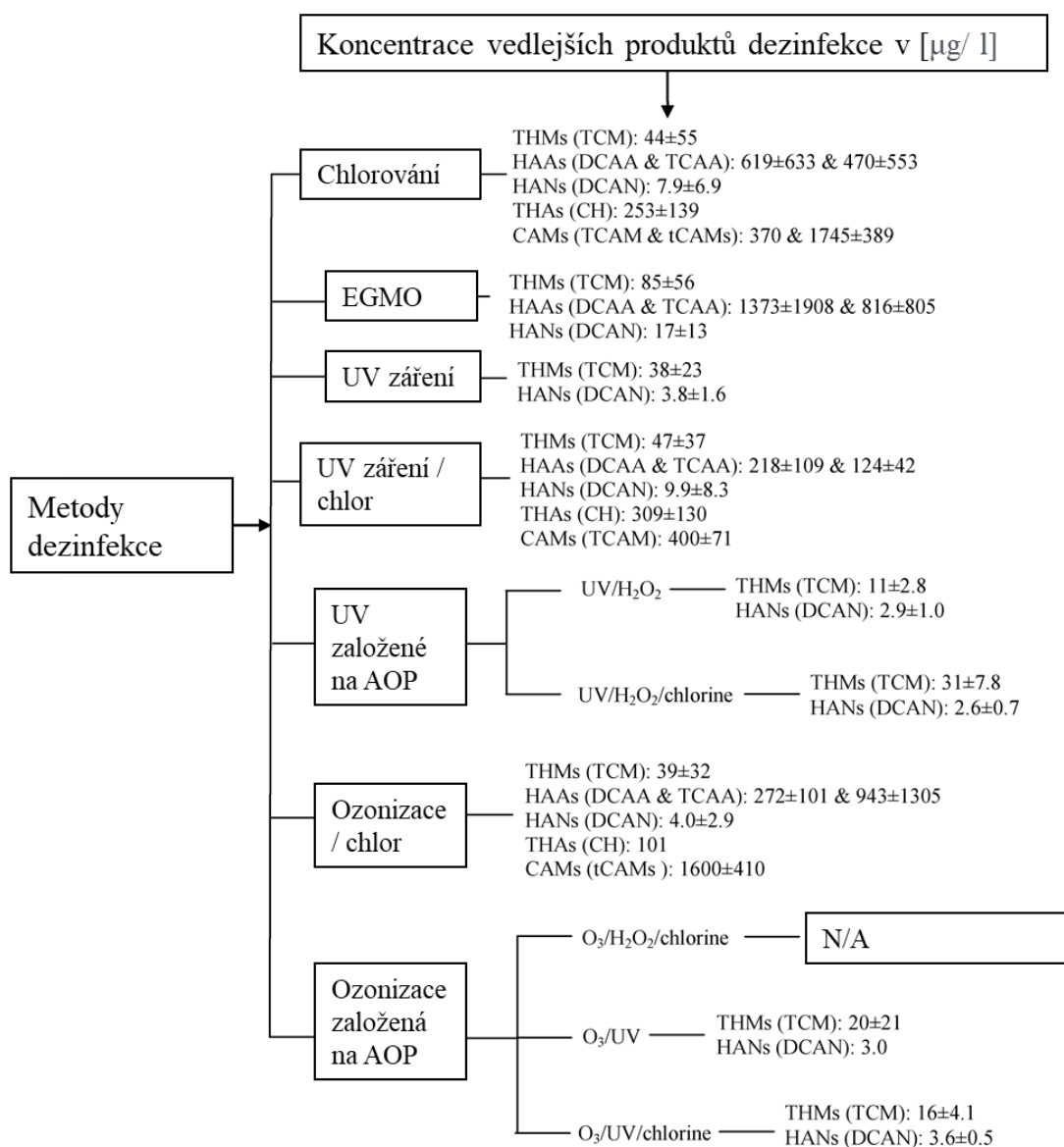
Prekurzory	Vedlejší produkty
přítomnost makromolekulárních organických látek	aldehydy
meziprodukt	peroxidy a epoxidy
přítomnost bromidů	bromičnany
přítomnost bromidů a přírodních organických látek	bromoform, kyselina bromová, bromoacetonitril

3.11.5 Vedlejší produkty UV záření

Při podmínkách, kdy voda obsahuje dusičnany, mohou při použití této metody dezinfekce **vznikat vedlejší produkty**, dusitany. Jako opatření proti vedlejším produktům je výhodné použití trubic z křemenného skla, které blokuje vlnové délky pod 220 nm, na které jsou dusičnany nejvíce citlivé. Pokud voda obsahuje huminové látky, může docházet k tvorbě formaldehydu. [56] Dále může při použití UV lamp docházet k reaktivaci choroboplodných mikroorganismů. Pro vyloučení reaktivity se doporučují středotlaké UV lampy, které poškozují nejen DNA, ale také enzymy a buněčné bílkoviny, čímž se vylučuje možnost reaktivity mikroorganismů. [57] [31]

3.12 POROVNÁNÍ METOD DEZINFEKCE NA ZÁKLADĚ VZNIKU VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ DEZINFEKCE

Při AOP metodách vznikají vedlejší produkty dezinfekce, ale výrazně méně oproti použití jiných metod jako je chlorace, elektrochlorace, použití UV záření anebo kombinací. **AOP na bázi ozonu, tedy O_3+UV a $O_3+UV+chlor$ významně snižují chloraminy, THM a HAN a jsou nejslibnějšími dezinfekčními metodami**, je však zapotřebí další výzkum v oblasti účinků vedlejších produktů dezinfekce. [82] Následující přehled na *Obr. 3.21* byl vytvořen na základě měření a studií z Dánska, Francie, U.S., Kanady a Číny [82] Reálné množství závisí na kvalitě upravené vody, na jejím složení a obsahu mikroznečištění, minerálů a dalších prekurzorů vedlejších produktů dezinfekce. Vody s větším mikroznečištěním, např. opalovací krémy a jiná kosmetika mají vyšší potenciál tvorby vedlejších produktů dezinfekce.



Obr. 3.21 Porovnání koncentrace vedlejších produktů dezinfekce v [$\mu\text{g}/\text{l}$] při různých metodách dezinfekce [82] (převzato a přeloženo)

Poznámka: THMs – trihalomethany, HAAs – haloctové kyseliny, HANs – haloacetonitrily, THAs – trihalogenacetaldehyd, CAMs – chloraminy, EGMO – elektrochemicky generované směsné oxidanty (např. elektrochlorace), N/A – bez dat

4 VYBRANÉ BAZÉNOVÉ PROVOZY

V následujících kapitolách je podrobný popis jednotlivých areálů se zaměřením na popis dezinfekčních činidel v těchto areálech. Do této práce jsem vybrala 3 kombinované bazénové areály, 3 koupaliště a 1 krytý bazénový areál.

4.1 LETNÍ KOUPALIŠTĚ RIVIÉRA – BRNO

Letní koupaliště Riviéra patří společnosti STAREZ – SPORT, a.s. a řídicí osobou je město Brno. Koupaliště prošlo v roce 2018 celkovou rekonstrukcí. Na Riviéře jsou 3 nerezové venkovní dohřívané bazény. Celkový objem vody v bazénech je 6158 m³. Areál také nabízí beachvolejbalové hřiště, dětské hřiště s prolézačkami a relaxační zónu s občerstvením.



Obr. 4.1 Schéma areálu Letního koupaliště Riviéra [33]

Celkem tři bazény jsou rozděleny dvěma betonovými stěnami, nad kterými jsou pochozí lávky. Bazény mají nepravidelný tvar, šířka se pohybuje od 17,6 do 18 metrů. První bazén zleva, podle plánu, je brouzdaliště, prostřední bazén je pro neplavce a poslední je plavecký bazén. Jednotlivé bazény nabízí tyto atrakce:

- Brouzdaliště – vodní děla, vodní hřib, kbelíkový strom a fontánky;
- Bazén pro neplavce – tobogán, skluzavku, lavice s provzdušněním a vodní chrliče;
- Bazén pro plavce – lezecké stěny a lanový most s lekníny.

Tab. 4.1 Přehled bazénů koupaliště Riviéra

Bazény	Délka bazénu [m]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Kapacita bazénu [osoby]	Recirkulační okruh	Primární stupeň dezinfekce	Sekundární stupeň dezinfekce
Brouzdaliště	120,0	1200,0	336,0	1000	1	plynný chlor	ozonizace
Neplavecký bazén	135,0	2190,0	2696,0	787	2	plynný chlor	ozonizace
Plavecký bazén	135,0	2200,0	3126,0	475	3	plynný chlor	ozonizace



Obr. 4.2 Pohled na brouzdaliště a neplavecký bazén (vlevo) a pohled na atrakci lanový most s lekníny v plaveckém bazénu (vpravo) [33]

Úprava vody

Zdroj vody pro bazény pochází z místní řeky, z ramena Svratky. Surová voda je jímána nejprve do reaktoru a poté na tři čířiče, kde je zbavena suspenzí a zákalu. Reaktor a čířiče jsou umístěny před budovou úpravní vody. V další fázi úpravy je voda přivedena do úpravní vody, kde probíhá filtrace na třech tlakových pískových filtrech. Voda je následně čerpána do velké technické místnosti pro úpravu vody z bazénů, kde se napojuje do recirkulačního okruhu, je dávkována úprava pH a plynných chlor a pak je vedena do vyrovnávací nádrže.

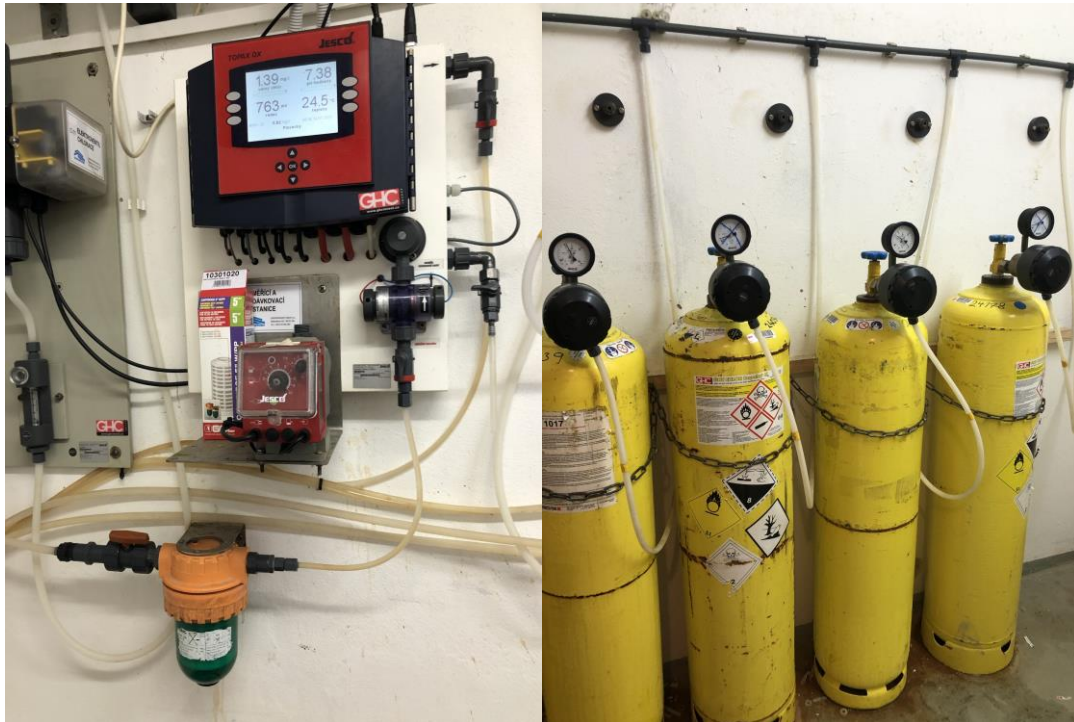
Voda z bazénů je svedena z přelivných žlábků přes lapáky vlasů do sběrné jímky a odtud na pískové filtry. Devět filtrů je pro dětský a neplavecký bazén a osm filtrů pro plavecký bazén. Úprava pH se provádí uhličitanem sodným – pH plus nebo 15% roztokem kyseliny sírové – pH minus.



Obr. 4.3 Reaktor a čířiče (vlevo) a pohled do velké technické místnosti (vpravo)

Dezinfekce vody

Hygienické zabezpečení je zajištěno plynným chlorem, který se dávkuje automaticky za filtrací. Pro celý areál se spotřeba plynného chloru pohybuje kolem 10 lahví (každá 65 kg) za týden, při vyšší návštěvnosti i více. Sekundárním zabezpečením je obtoková ozonizace od firmy OzonTech. Jsou zde 2 jednotky ozonových generátorů s produkcí ozonu 16 g O₃/hod ze vzduchu při průtoku 4 – 6 l/min na jedno zařízení.



Obr. 4.4 Měřicí a dávkovací stanice Jesco (vlevo) a sklad lahví plynného chloru (vpravo)



Obr. 4.5 Generátor ozonu firmy Ozontech v TM koupaliště Riviéra

4.1 KOUPALIŠTĚ PETYNKA – PRAHA

Koupaliště Petynka v Praze 6 provozuje společnost SNEO, a.s.. V roce 2020 prošlo koupaliště rozsáhlou rekonstrukcí a nyní jsou všechny bazény v nerezovém provedení. Plavecký bazén má plně bezbariérový přístup, pro hendikepované je zde nainstalované hydraulické sedadlo spouštějící návštěvníka přímo do bazénu. Areál nabízí jeden plavecký bazén s osmi plaveckými dráhami,

Vodní atrakce:

- brouzdaliště – vodní ježek, hrací zvířátko – hroch, vodní zvon a dětská skluzavka;
- dojezdový bazén – tobogán.

Ovládním a dozorem nad atrakcemi je pověřen plavčík, který manuálně spouští provoz jednotlivých atrakcí. Trysky na všech atrakcích jsou vždy při zahájení a ukončení denního provozu proplachovány dostatečným množstvím vody tak, aby voda, která setrvala v tryskách po dobu přerušování provozu, byla z trysek vyplavena a následně prošla filtračním systémem.

Kromě bazénů se v areálu také nachází dětské hřiště s prolézačkami, hřiště na beach volejbal, tampolína, aquazorbing, dráha na dětské čtyřkolky a stolní tenis. Na Obr. 4.6 je pohled od tobogánu, kde lze vidět dojezdový bazén k tobogánu, plavecký bazén, uprostřed hlavní budovu s technickou místností a vzadu sklad chemikálií. Tobogán má délku 103 m. Kapacita areálů je dimenzována na maximálně 2000 návštěvníků.



Obr. 4.6 Pohled na koupaliště Petynka s výhledem (vlevo) a dětský bazén s atrakcemi (vpravo) [20]

Tab. 4.2 Přehled bazénů koupaliště Petynka

Bazény	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Recirkulační okruh	Primární stupeň dezinfekce	Sekundární stupeň dezinfekce
Plavecký bazén	1014,0	1370,0	1	plynný chlor	ozonizace
Dojezdový bazén	76,7	73,5	2	plynný chlor	ozonizace
Dětský bazén	91,0	20,9	3	plynný chlor	ozonizace

Úprava bazénové vody

Zdroj vody pro bazény je voda z veřejného vodovodu. Odtoky z přelivných žlábků jsou svedeny gravitačně do vyrovnávacích nádrží a odtud je voda čerpána čerpadly s vlasovým předfiltrem do čtyř jednovrstvých pískových filtrů, kde dochází k vlastní filtraci

vody.

V nočních hodinách je možné cirkulační výkon snížit na 50 %. Praní probíhá vzduchem a vodou. Pro úpravu vody je dávkován koagulant GHS Super tekutý vločkovač a zjiskřovač. Za filtry probíhá podle potřeby prostřednictvím výměníků tepla ohřev BV na požadovanou teplotu. Pro úpravu pH je používána kyselina sírová. Sonden u měřící jednotky Dinotec měří hodnoty pH, teploty vody, volný chlor a oxidačně-redoxní potenciál. Tyto měřící sondy jsou pro každý bazén v areálu zvlášť. Sklad chemikálií je na okraji areálu. Proti růstu řas je využíván prostředek GHC algicid růžový.



Obr. 4.7 Měřící a regulační jednotka s dávkovacími čerpadly (vlevo) a ozonizace (vpravo)

Dezinfekce vody

Dezinfekce probíhá ve dvou fázích. První fází je dávkování ozonu. Jsou zde 4 jednotky Ozon Tech 3xOT3 a 1xOT4, které mají celkový výkon 13 g O₃/hod. Každá jednotka se skládá z generátoru ozonu, kyslíkového generátoru, sušičky vzduchu, reakční/odplyňovací nádrže, U-trubice (hydraulického uzávěru) a katalytického destruktora zbytkového plynného ozonu.

Druhou fází je dávkování plynného chloru 0,5 mg/l. Spotřeba plynného chloru se pohybuje podle návštěvnosti, průměrně areál spotřebuje zhruba 30 kg plynného chloru za týden. Pro případ zvýšeného znečištění a potřeby chlorace je dávkování plynného chloru možné také před filtrací. Tyto zařízení pracují v plně automatickém provozu. Obsluha provozu kontroluje činnosti strojů, provádí základní údržbu, čištění, odebírá, testuje vzorky a vede zápisy o provozu.

4.2 LETNÍ KOUPALIŠTĚ – OSTRAVA

Areál Letního koupaliště v Ostravě – Porubě má ve správě společnost SAREZA. Celkem jsou v areálu 3 bazény a každý bazén má svůj recirkulační okruh. Areál odebírá vodu pro provoz koupaliště z městského vodovodu. První bazén od vstupu je velký přírodní plavecký bazén se šterkovým dnem, který nemá chemickou úpravu. Okraje bazénu jsou v betonové úpravě. Hned vedle velkého plaveckého bazénu je betonová dělící stěna s lávkou, kde navazuje malý betonový neplavecký bazén. Třetí dětský bazén má povrchovou úpravu fólií. Pro plavecký a neplavecký bazén je zde velká úpravná vody a pro dětský bazén je malá úpravná vody. Dětský bazén je dohříváný, využívají se zde solárními panely, které jsou umístěny na budově malé úpravné vody.

Vodní atrakce:

- neplavecký bazén – 3 skluzavky, 1 tobogán a dětské prolézačky;
- dětský bazén – vodní hřib, fontány a skluzavka.



Obr. 4.8 Schéma areálu Letního koupaliště v Ostravě-Porubě

Tab. 4.3 Přehled bazénů Letního koupaliště Ostrava Poruba

Bazény	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Recirkulační okruh	Primární stupeň dezinfekce
Přírodní plavecký bazén	33200,0	78700,0	1	-
Neplavecký bazén	8000,0	8000,0	2	plynný chlor
Dětský bazén	1000,0	460,0	3	chlornan sodný

Úprava vody neplaveckého bazénu

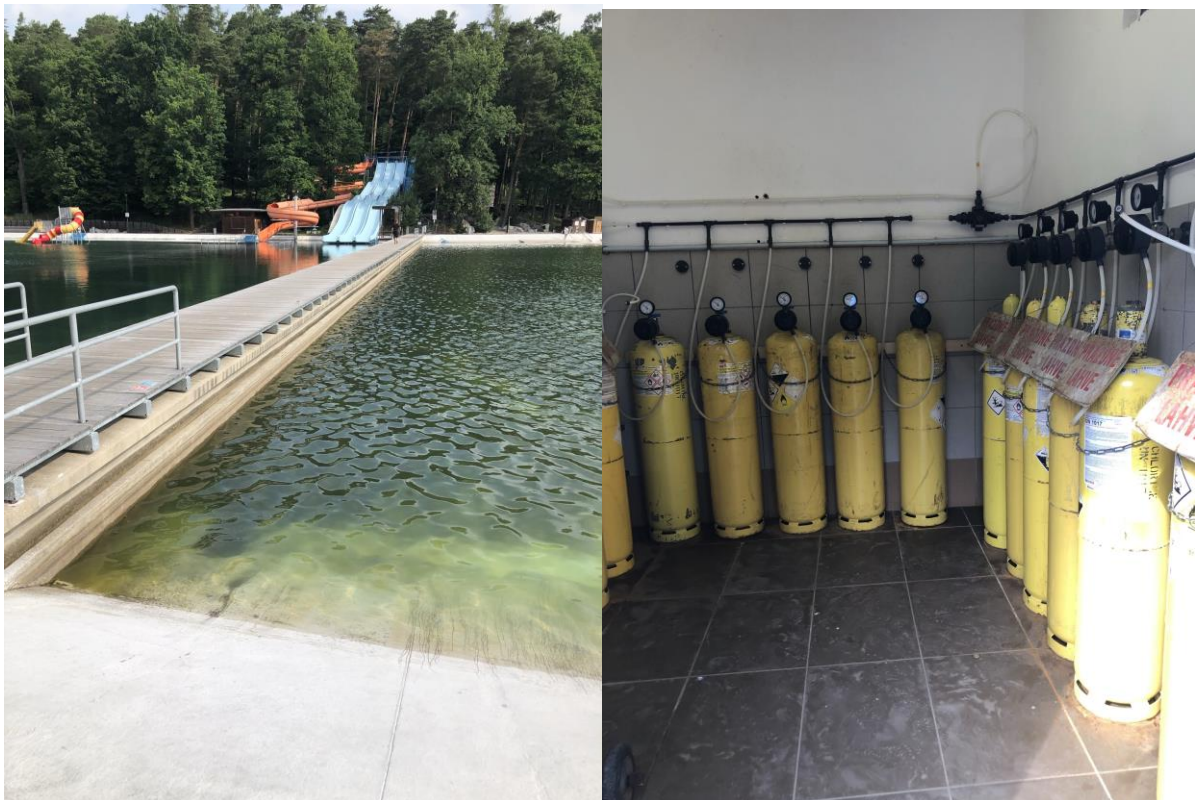
Voda je upravována koagulantem síranem hlinitým, poté vstupuje na tlakové pískové filtry. Hodnoty pH jsou regulovány na navržené rozmezí pH 6,9 – 7,7, upravováno korektorem Donau Chem pH plus – hydroxid sodný a pH minus podle potřeby. Proti růstu řas je používán Algicid Donau Chem. Dávkovací systém VARIO je od firmy ProMinent.

Dezinfekce vody

Hygienické zabezpečení pro recirkulační okruh 2 je zajištěno plyným chlorem. Sondy měří hodnoty pH, oxidačně-redoxní potenciál a volný chlor. Hygienické zabezpečení je zajištěno dávkováním plynného chloru viz *Obr. 4.9*.



Obr. 4.9 Dávkovací čerpadlo plynného chloru (vlevo) a pohled na malý neplavecký bazén (vpravo)



Obr. 4.10 Dělicí stěna (vlevo) a láhve plynného chloru (vpravo)

Úprava vody dětského bazénu

Z přelivných žlábků voda putuje gravitačně voda přes lapáky vlasů do sběrné jímky. Úprava probíhá dávkováním koagulantu chloridu hlinitého a dále filtrací na dvou tlakových pískových filtrech. Dávka koagulantu závisí na stupni znečištění BV, běžná dávka

se pohybuje zhruba 50 až 150 ml na 10.000 l BV. Hodnota pH pro je udržována mezi 6,8 až 7,2.

Dezinfekce vody dětského bazénu

Pro dětský bazén je hygienické zabezpečení zajištěno automatické dávkování chlornanu sodného. Dezinfekční činidlo je dávkováno automatickými dávkovacími čerpadly podle měřicí stanice Centroprojekt a řídicí stanice ProMinent, jsou sledovány parametry oxidačně-redoxního potenciálu, hodnoty pH a volný chlor.



Obr. 4.11 Dětský bazén s atrakcemi



Obr. 4.12 Pohled do malé úpravný s barely chlornanu sodného (vlevo) a detail dětského bazénu (vpravo)



Obr. 4.13 MaR jednotka a s dávkováním dezinfekčních činidel a korektorů pH v malé úpravně vody

4.3 OZDRAVNÉ CENTRUM JEŠTĚRKA – OSTRAVA

Krytý bazénový areál v Ostravě – Bartovicích má ve správě společnost SAREZA. Areál nabízí 2 betonové bazény s keramickým obkladem. Hlavní bazén je plavecký s rozměry 25 x 13,5 m a objemem vody 500 m³. V plaveckém bazénu je udržována teplota 25 až 29 °C. Bazén má 1 atrakci – vodní masážní trysku. Druhý bazén je určen pro rehabilitace, teplota vody v bazénu je 32 °C. Každý bazén má svou úpravnu vody a recirkulační okruh.



Obr. 4.14 Plavecký bazén

Tab. 4.4 Přehled bazénů Ozdravného centra Ještěrka

Bazény	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Recirkulační okruh	Primární stupeň dezinfekce
Plavecký bazén	227,5	500,0	1	chlornan sodný
Rehabilitační bazén	24,0	36,0	2	chlornan sodný

Úprava vody

V obou recirkulačních případech je využívána úprava vody koagulací, následně tlakovými pískovými filtry. Chemikálie jsou uskladněny ve větraném skladu u technické místnosti. Je zde využíván koagulan Mastersil Křišťál – hydroxylchlorid hlinitý, který se dávkuje automaticky před filtry v množství 10 – 15 ml/m³ BV. Hodnota pH se udržuje v rozmezí pH = 6,8 – 7,4 pomocí dávkování koncentráту Mastersil pH plus a pH minus – kyselina sírová. Pro korekci pH je zde využíván hydroxid sodný 50%. Proti růstu nežádoucích řas je využíván algicid GHC super, dávkován maximálně 1x týdně.

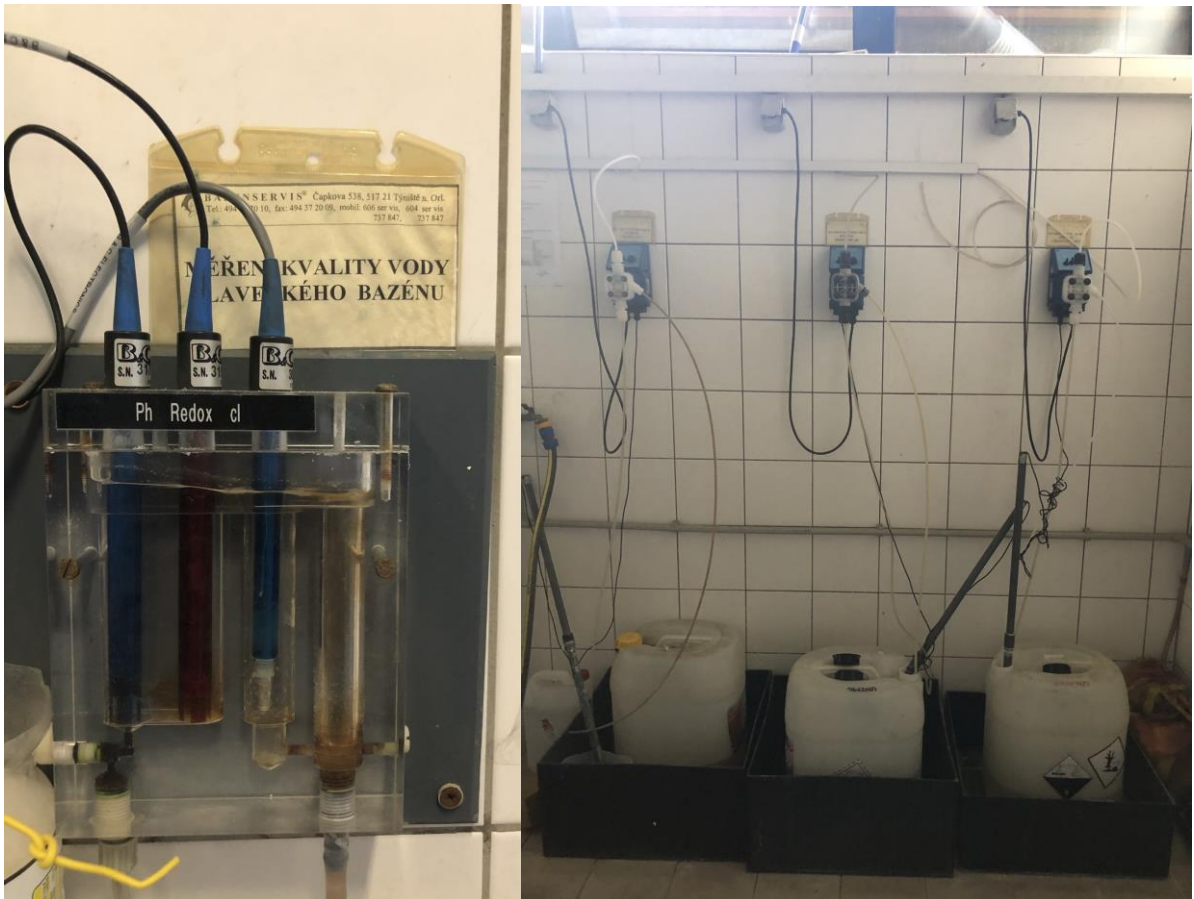
Dezinfekce vody

Dezinfekčním činidlem je chlornan sodný. Spotřeba chlornanu závisí na návštěvnosti, tedy na vnosu znečištění do BV. Průměrně se spotřeba pohybuje kolem 30 l chlornanu sodného na 4 až 5 dnů, při vyšší návštěvnosti 30 l na 2 až 3 dny. Dezinfekční činidlo je dávkováno automatickými dávkovacími čerpadly podle měřicí a řídicí stanice Poolactif.

Pro kontrolu se provádí několikrát denně odběr z hloubky cca 60 cm pod hladinou a změří se sledované hodnoty, které se porovnají s měřicími automatickými. Sledované hodnoty jsou pH, oxidačně-redoxní potenciál, volný chlor a celkový chlor. Na *Obr. 4.15* jsou měřicí sondy kvality vody s hodnotami pH, oxidačně-redoxní potenciál a volný chlor a dávkovací čerpadla s barely a MaR jednotkou Poolactif pro plavecký bazén.



Obr. 4.15 Řídicí jednotka Poolactif (vlevo) a barel algicidu a korektoru pH (vpravo)



Obr. 4.16 Sondy k měření kvality vody (vlevo) a barely chlornanu sodného, korektory pH s dávkovacími čerpadly (vpravo)



Obr. 4.17 Rehabilitační bazén (vlevo) a detail dávkování chemikálií (vpravo)

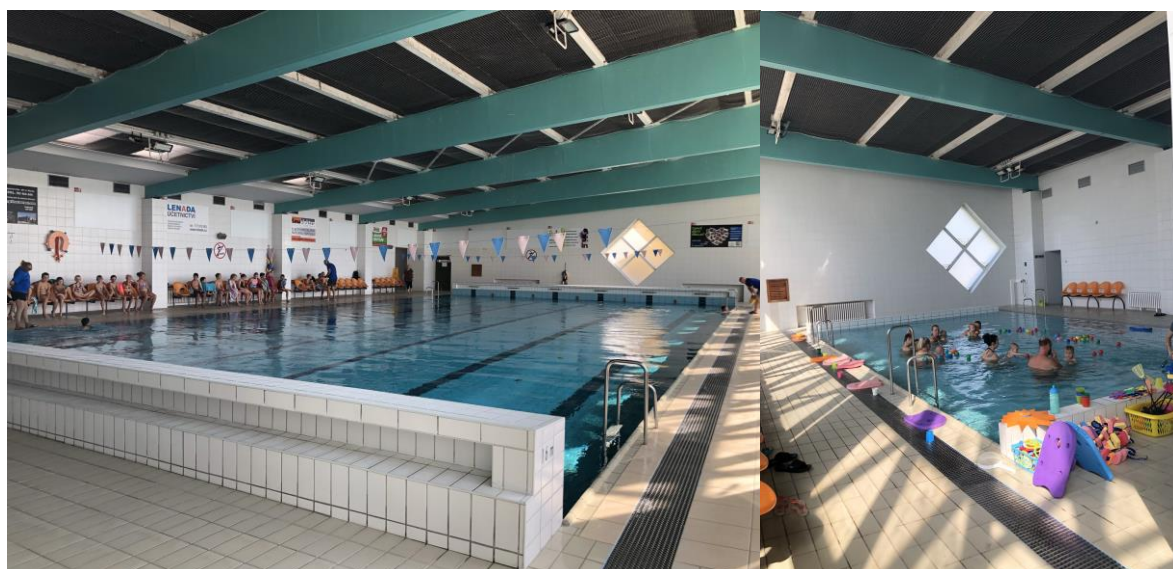
4.4 KRYTÝ BAZÉN A LETNÍ KOUPALIŠTĚ TEREZA – BŘECLAV

Krytý bazén a saunové centrum v Břeclavi provozuje příspěvková organizace Tereza Břeclav ve sportovním areálu Tereza Břeclav, která nabízí širší občanskou vybavenost. Areál zahrnuje kromě krytého bazénu také letní koupaliště, restauraci a hotel. Provoz krytého areálu se odstavuje v červenci a srpnu, kdy je v provozu letní koupaliště. V létě probíhá údržba anebo rekonstrukce v kryté části. Do budoucna je plánována rekonstrukce celé bazénové části včetně technické místnosti. V areálu krytého bazénu je také saunové centrum, které bylo přistaveno v roce 2019. Saunová část má jeden malý ochlazovací bazén, do kterého je napouštěna studená pitná voda z městského vodovodu a je také touto vodou průběžně doplňován.

Tab. 4.5 Přehled parametrů bazénů areálu Tereza Břeclav

Bazény	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Recirkulační okruh	Primární stupeň dezinfekce	Sekundární stupeň dezinfekce
Krytý					
Velký bazén	312,5	437,5	1	chlornan sodný	-
Výukový bazén	60,0	40,0	1	chlornan sodný	-
Whirpool	4,8	2,05	2	chlornan sodný	UV lampa
Venkovní					
Velký bazén	1250,0	1750,0	4	chlornan sodný	-
Neplavecký bazén	437,5	350,0	4	chlornan sodný	-
Brouzdaliště - horní	27,5	8,25	5	chlornan sodný	-
Brouzdaliště - dolní	64,0	22,4	5	chlornan sodný	-

Krytý areál



Obr. 4.18 Plavecký bazén (vlevo) a dětský výukový bazén (vpravo)

Úprava vody

Zdroj vody je z městského vodovodu a je dohřívána. Technická místnost je v suterénu krytého bazénu a je zde vyčleněná místnost na sklad chemikálií. Z přelivných žlábků voda putuje gravitačně voda přes lapáky vlasů do vyrovnávací nádrže. Úprava vody probíhá koagulační filtrací, koagulant síran hlinitý je dávkován před filtr. Filtraci tvoří jeden pískový filtr, který obsahuje náplň s vícevrstvého křemičitého písku.

Dezinfekce vody

Hygienické zabezpečení pro oba recirkulační okruhy je zajištěno chlornanem sodným. Sondy měří hodnoty pH, oxidačně-redoxní potenciál a volný chlor. Dávkování chemikálií je zajištěno automatickým systémem HOSPITEC a VA DOS. Do výtlačného potrubí za filtr před vstupem do bazénů je dávkována korekce pH a chlornan sodný. Ke korekci pH je používán uhličitán sodný – pH plus nebo 15% roztok kyseliny sírové – pH mínus.

Recirkulační okruh 2 pro whirlpool má navíc technologie se středotlakou UV lampou typ In-Line, která je umístěna na by pase napojeném na automatické dávkování chemie. UV lampa napomáhá snižovat množství vázaného chlóru.

Zaměstnanci provádí pravidelné kontroly měření pH, obsahu volného a celkového chloru, měří teploty a vedou zápisy o provozu. Pro mikrobiologický rozbor vody z plaveckého bazénů se odebírá samostatný vzorek na přítoku do bazénu a po jednom vzorku u obou přilehlých kratších stranách bazénu. Pro rozbor chemických ukazatelů, které se nestanovují na místě, se odebírá vzorek na přítoku do bazénu a sléváný z odběru u obou protilehlých kratších stran bazénu.



Obr. 4.19 Řídicí jednotka s dávkovacími čerpadly

Venkovní areál

Provoz probíhá od poloviny května do poloviny září – podle počasí. Zdroj vody pro venkovní bazény je z řeky Dyje (mlýnský náhon). Povrchová úprava bazénů jsou keramické obkladačky a fólie. Vodní atrakce jsou z nerez a plastu.

Venkovní bazény nabízí tyto atrakce:

- Velký bazén – skluzavka niagára, skluzavka kamikadze, tobogán;
- Neplavecký bazén – lezecká stěna, vodní hřib, chrlič;
- Brouzdaliště – stříkáci ježek, stříkáci zvířátko;

- Další – minigolf, plážový volejbal, streetball, ruské kuželky, stolní tenis a pétanque.



Obr. 4.20 Velký plavecký bazén (vlevo) a brouzdaliště (vpravo) [77]

Úprava vody

Surová voda je přiváděna čerpadlem na okruh úpravy, kde je dávkován koagulant síran hlinitý a dále je přiváděna na čířič, kde je zbavena suspenzí a zákalu a poté je odváděna do jímky po čířičem. Suspenze jsou odváděny do kanalizace. Z jímky je voda přiváděna čerpadly na recirkulační okruh, kde je dále upravována pískovými filtry. Úprava pH se provádí uhličitánem sodným – pH plus nebo 15% roztokem kyseliny sírové – pH minus.



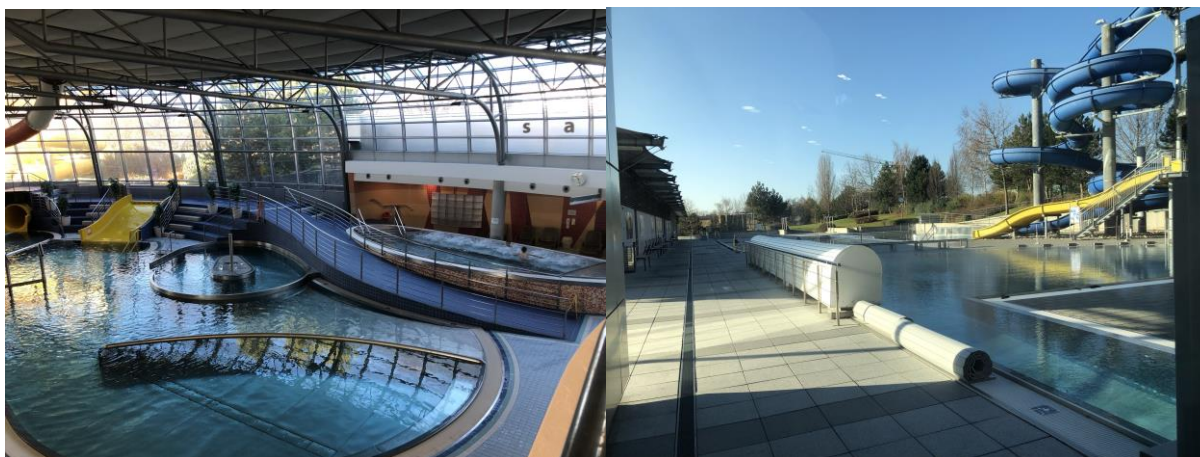
Obr. 4.21 Pískové tlakové filtry GRUNBECK

Dezinfekce vody

Hygienické zabezpečení spočívá v dávkování chlornanu sodného. Dávkování chemikálií je automatické. Upravená voda z recirkulačního okruhu je využita v systému rozvodu vody pro brodítko. Použitá voda z brodítek je odváděna do mlýnského náhonu. Ostatní odpadní vody jsou odvedeny do kanalizace.

4.5 AQUAPARK OLOMOUC

Aquapark Olomouc byl otevřen v roce 2009 a jeho provozovatel je město Olomouc. Areál je kombinovaný, má venkovní i vnitřní část a wellness. Svou technologií je v ČR výjimečný. Areál má 5 technologických celků – recirkulačních okruhů s ohledem na požadované parametry jednotlivých bazénů a atrakcí. Rekreační bazén s atrakcemi a výplavový bazén jsou spojené kanálem mezi vnitřní a venkovní částí. Zdroj vody pro areál je z vodovodního řádu s teplotou okolo 10 °C, voda pro bazény je dohřívána. Každý okruh pracuje samostatně a má vlastní vyrovnávací nádrž, do které je přiváděna voda z bazénů, samostatně osazené průtokoměry pro měření recirkulace filtrované vody jednotlivých bazénů.



Obr. 4.22 Pohled na vnitřní relaxační a výplavový bazén (vlevo) a venkovní část (vpravo)

Tab. 4.6 Přehled parametrů bazénů Aquaparku Olomouc

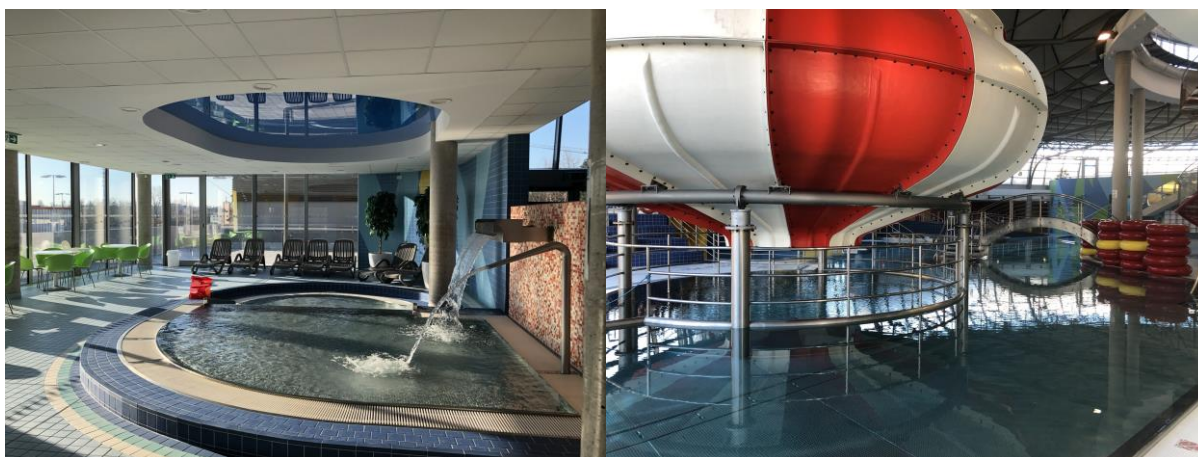
Bazény	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Recirkulační okruh	Primární stupeň dezinfekce	Sekundární stupeň dezinfekce
Rekreační bazén	370	414	1	ozonizace	plynný chlor
Výplavový bazén	136,0	176			
Venkovní bazén	528,0	648	2	ozonizace	plynný chlor
Masážní bazén koupelový	28,0	21,0	3	ozonizace	plynný chlor
Dětský vnitřní bazén koupelový	16,0	3,6			
Dětský venkovní bazén koupelový	30,0	6,0			
Ochlazovací bazén	4,0	5,2	4	-	-
Whirpool 1	3,1	2,5	5	ozonizace	plynný chlor
Whirpool 2	4,9	4,0			
Whirpool 3	4,9	4,0			

Technologie úpravy vody je od firmy ATZWANGER G.m.b.H., Mnichov, BRD. Veškeré zařízení je provedeno v materiálech: plast, nerez, bronz, měď. Vodní atrakce jsou provedeny z nerez a plastu. Celý systém provozu, měření a ovládání jednotlivých částí vodního hospodářství je navrženo s ohledem na snížení nároku na řízení obsluhy a eliminace zásahů do automatického provozu. Strojník zapisuje hodnoty ve stanovených intervalech každý den vždy jednu hodinu před zahájením provozu a poté každou čtvrtou hodinu provozu do provozního deníku. Automatické měřicí systémy uvádí hodnoty volného chloru, teploty a oxidačně-redoxního potenciálu. Hodnoty celkového chloru a pH jsou 1x denně zjišťovány

pomocí přenosných přístrojů. Vázaný chlor je dopočítán. Dle počtu zákazníků je každý den na konci směny stanoveno a doplňováno množství ředící vody.

Atrakce:

- Whirpooly;
- Relaxační a výplavový bazén – chrlič vody, tobogány, divoký kanál, stěnové masážní trysky, vodní děla, vzduchový rošt, masážní lůžka;
- Dětský bazén – vodopád, dětská sprcha, vodní fontána;
- Dětský venkovní bazén – vodní ježek, vodní pumpa, vodní stěna, protiproud.



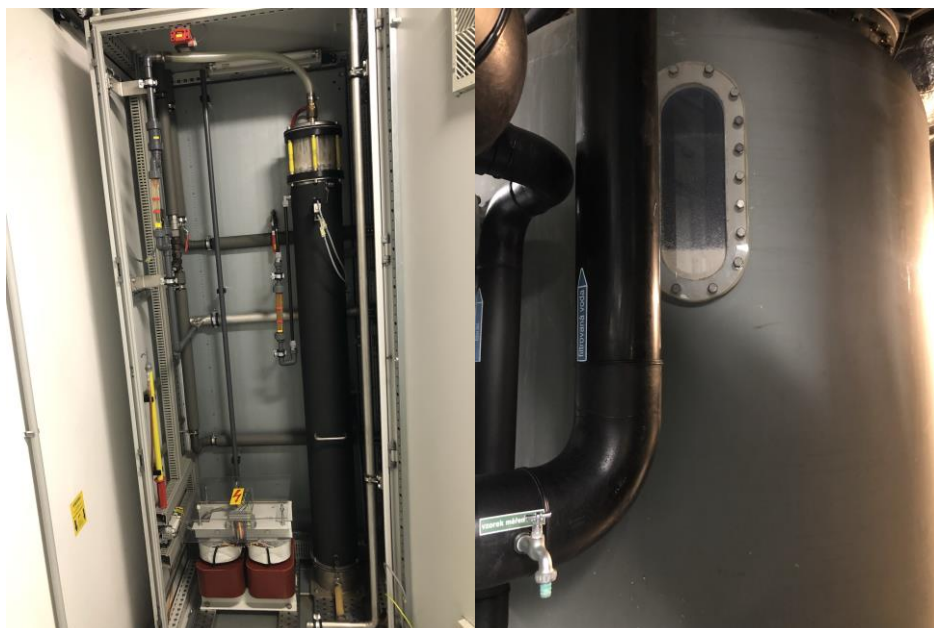
Obr. 4.23 Dětský vnitřní bazén a atrakce

Úprava vody

Z bazénů voda přepadá před lapače vláken a vlasové filtry, které zachytí větší nečistoty. Poté je vedena do akumulární nádrže, kde dochází k celkové ozonizaci. Dále se automaticky dávkují flokulant a poté se voda přivádí na pískové tlakové rychlofiltry s náplní aktivního uhlí Silcabor SC40, kde dochází k zachycení vyloučeného ozonu. Praní filtrů probíhá vodou a vzduchem. Po filtraci se provádí ohřev vody na požadovanou teplotu a dávkují se korekce pH. Jako koagulační činidlo je používán GHC Super tekutý vločkovač a zjiskřovač v množství 50 – 150 ml/100 m³ cirkulované vody. Používané korektory pH jsou GHC pH minus – tekutý a GHC pH plus – tekutý.



Obr. 4.24 Dávkování chemikálií



Obr. 4.25 Jednotka ozonizace (vlevo) a tlakový rychlofiltr (vpravo)

Dezinfekce vody

Voda již prošla ozonizací (primární stupeň dezinfekce) v akumulární nádrži, ale nemá dostatečné reziduum, proto se ještě aplikuje plynný chlor

Spotřeba chemikálií byla za rok 2019 zhruba 2665 kg plynného chloru, 5320 kg tekutého vločkovače a zjiskřovače, GHC pH plus – 5382 kg a GHC pH minus – 592 kg.



Obr. 4.26 Provozní sklad plynného chloru (vlevo) a dávkování chloru (vpravo)

4.6 SPORTOVNÍ A REKREAČNÍ AREÁL KRAVÍ HORA – BRNO

Kombinovaný bazénový areál má vnitřní i venkovní část dobře dostupnou i pro osoby s hendikepem, vstupy do všech vnitřních i venkovních bazénů jsou bezbariérové. Celková kapacita vnitřního areálu je 165 osob/hod a venkovního areálu 1700 osob/hod. Vnitřní a venkovní část má oddělenou úpravnu vody.



Obr. 4.27 Schéma areálu Kraví hora v Brně [19]

Tab. 4.7 Přehled ploch a kubatur bazénů Sportovního a rekreačního areálu Kraví hora

Bazény	Plocha [m ²]	Objem [m ³]
Kryté		
Plavecký	312,5	570
Hrátkový	96	75
Vířivka	28	30
Venkovní		
Plavecký	286,0	200,0
Dětský	1050,0	1470,0

Zdroj vody do bazénu je odebírán z veřejného vodovodu. Na přívodu ke každému bazénu je umístěn průtokoměr. Údaje zapisuje strojník do provozního deníku. Obsluha také kontroluje činnosti strojů, provádí základní údržbu, čištění, odebírá, testuje vzorky a vede zápisy o provozu.

Vnitřní část areálu

Atrakce:

- hrátkový bazén – tři vodní masážní chrliče, perlička;
- nerezová vířivka;
- parní saunou s kapacitou 12 osob.

Úprava vody

Cirkulace vody z bazénů je zajišťována systémem přelivného žlábků. Odtoky ze žlábků jsou svedeny gravitačně do vyrovnávacích nádrží a odtud je voda čerpána čerpadly

s vlasovým předfiltrem do jednovrstvých pískových filtrů, kde dochází k vlastní filtraci vody. Pro úpravu vody je dávkován koagulant a jsou zde tlakové pískové filtry. Praní filtrů probíhá vodou. Za filtry probíhá podle potřeby prostřednictvím výměníků tepla ohřev BV na požadovanou teplotu. Pro úpravu pH je používána kyselina sírová 38% pro hrátkový a plavecký bazén a pro vířivku kyselina sírová 10%. Na *Obr. 4.28 a 4.30* jsou sondy měřící hodnoty pH, teploty vody, volný chlor, celkový chlor a oxidačně-redoxní potenciál. Tyto měřící sondy jsou pro každý bazén v areálu zvlášť, data jsou odesílány do řídicí jednotky značky ProMinent. Řídicí jednotka ovládá automaticky dávkovací čerpadla a určuje okamžik, kdy je potřeba dávkovat korektor pH nebo chlornan sodný a v jakém množství.



Obr. 4.28. Vnitřní prostor areálu Kraví hora – plavecká hala



Obr. 4.29 Měřící a řídicí stanice s dávkovacími čerpadly a barely chemikálií

Dezinfekce – hygienické zabezpečení

V úpravně jsou umístěny automatické měřicí a dávkovací stanice korekčních chemikálií ze zásobních nádob. Nainstalovány jsou zde MaR značky ProMinent. Dávkovací čerpadla jsou řízeny automaticky, zajišťující chemickou úpravu BV (dezinfekce, udržování hodnoty pH a flokulace).

K dezinfekci BV vnitřní části a zajištění požadovaného rezidua je zde používán chlornan sodný v koncentraci 15 g/l aktivního chloru. Spotřeba chlornanu sodného se pohybuje kolem 1m³ za měsíc. Jako další proces pro dezinfekci a pro odbourávání vázaného chloru je používána kombinace UV lampy a obtokové ozonizace. Pro úpravu plaveckého a hrátkového bazénu je zde jednotka LifeOX – M, která zahrnuje středotlakou UV lampu, generátoru ozonu Lifepool 4.0, kyslíkového generátoru Lifefox 4.0, reakční/odplyňovací nádrže, U-trubice (hydraulického uzávěru) a katalytického destruktoru zbytkového plynného ozonu.

Pro vířivku je zde nainstalována technologie LifeOX – L, která má dvě nízkotlaké UV lampy, generátoru ozonu Lifepool 4.0, kyslíkového generátoru Lifefox 4.0, reakční/odplyňovací nádrže, U-trubice (hydraulického uzávěru) a katalytického destruktoru zbytkového plynného ozonu. Obě zařízení pracují v plně automatickém provozu.



Obr. 4.30 Vlevo jednotka UV a vpravo měřicí sondy pro vířivku

Venkovní část areálu

Atrakce:

- venkovní plavecký bazén – vodní lavice, masážní chrliče, duhu a skluzavku;
- dětský bazén – perlička, hříbek a skluzavka.

Kolem bazénů jsou lehátka a travnaté terasy. V zadní části je klidová zóna pro maminky s dětmi, kde se nachází pískoviště a lanová atrakce v kombinaci se dřevem zvaná pyramida.

Úprava vody

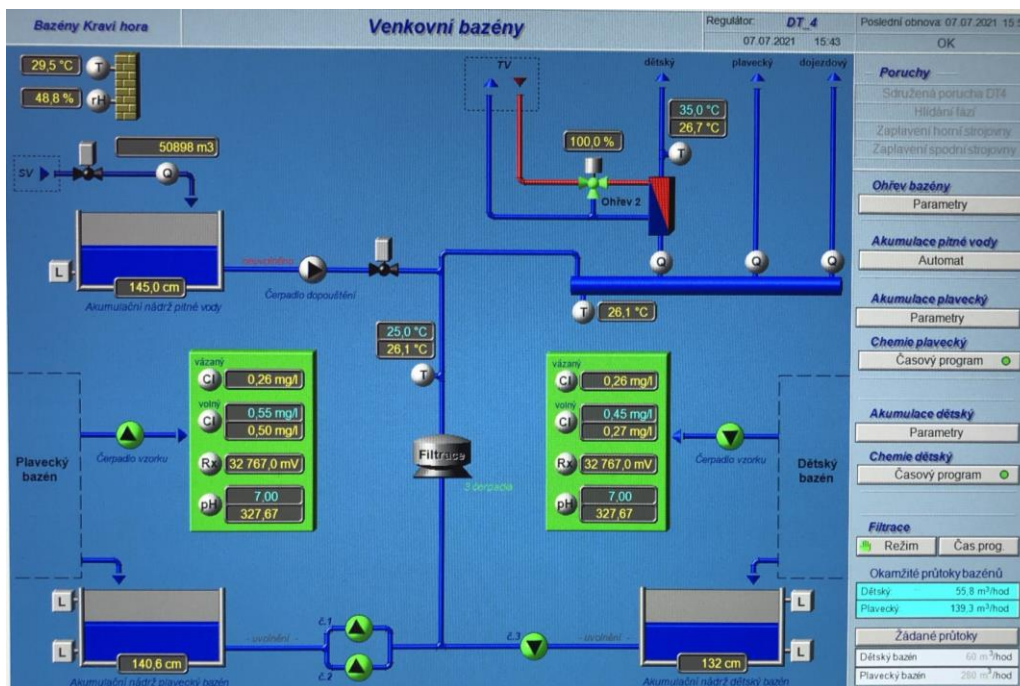
Pro okruh venkovních bazénů je úprava téměř totožná, používá se koagulant síran železitý nebo síran hlinitý 50%. Dále voda jde na tlakové pískové filtry. Korekce pH je zajištěna kyselinou sírovou. Algicidy se použijí zhruba třikrát za sezónu v koncentraci cca 0,3 l/100 m³. V případě většího rozvoje řas je možné dávku až ztrojnásobit.

Dezinfekce vody

Hygienické zabezpečení zajišťuje chlornan sodný. Spotřeba chlornanu sodného se pohybuje kolem 1m³ za týden.



Obr. 4.31 Pohled na venkovní areál [19]



Obr. 4.32 Schéma – venkovní bazény

Tab. 4.8 Přehled dezinfekčních úprav a parametry bazénů Sportovního a rekreačního areálu Kraví hora

Bazény	Primární stupeň dezinfekce	Sekundární stupeň dezinfekce
Kryté		
Plavecký	chlornan sodný	LifeOX – M (UV+ozonizace)
Hrátkový	chlornan sodný	LifeOX – M (UV+ozonizace)
Vířivka	chlornan sodný	LifeOX – L (UV+ozonizace)
Venkovní		
Plavecký	chlornan sodný	-
Dětský	chlornan sodný	-

5 ZHODNOCENÍ VYUŽÍVÁNÍ CHLOROVÝCH A BEZCHLOROVÝCH METOD DEZINFEKCE V ČR

Byl proveden průzkum 33 bazénových areálů v České republice. Kromě šesti navštívených areálů bylo také dalších 27 areálů osloveno písemně. Průzkum byl zaměřen na využívání současných chlorových a bezchlorových dezinfekčních prostředků v bazénových areálech. Celkem bylo v průzkumu porovnáváno 27 krytých a 23 venkovních provozů.

Cíl: Vyhodnocení, jaké chlorové a bezchlorové technologie jsou v ČR využívány pro primární a sekundární metodu dezinfekce.

Metodika: Areály byly rozděleny podle typu na venkovní a krytý areál a v případě kombinovaných areálů byl provoz rozdělen na venkovní a kryté části porovnávané zvlášť. Dalším parametrem rozdělení byl objem upravované vody v bazénech.

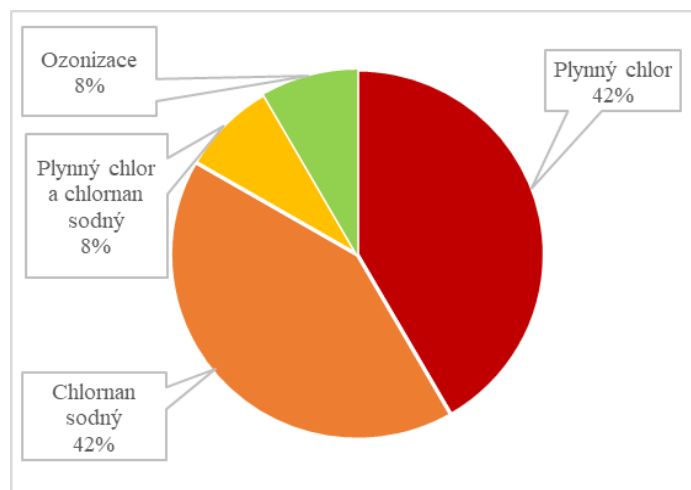
Vyhodnocení: Využití jednotlivých typů dezinfekce je zobrazeno koláčovými grafy s popisem.

5.1 VYHODNOCENÍ VYUŽITÍ METOD DEZINFEKCE U KRYTÝCH AREÁLŮ

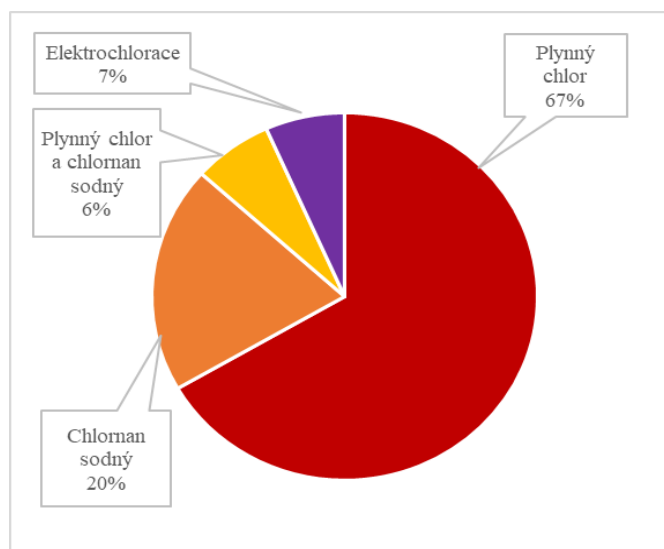
	Kryté bazény	Celkový objem vody v bazénech [m³]	Primární stupeň dezinfekce (hygienické zabezpečení) vody	Sekundární stupeň dezinfekce (hygienické zabezpečení) vody
1	Aqacentrum Pardubice	3398	plynný chlor	-
2	Bazén Liberec	3050	plynný chlór	UV
3	Bazény Klíše v Ústí nad Labem	2844	plynný chlór	UV
4	Plavecký stadion a plovárna České Budějovice	2615	plynný chlor	část ozonizace a část UV
5	Bazén Slovany – Plavecký Areál města Plzně	2455	plynný chlor	část ozonizace a část UV
6	Lázně Zlín	2430	plynný chlor	část ozonizace a část UV
7	Šutka Aquacentrum Praha	2340	plynný chlór	UV
8	Laguna Třebíč	1980	plynný chlor	ozonizace+UV
9	Plavecká hala Kraví hora - Brno	1336	chlornan sodný	ozonizace+UV
10	Plavecký stadion Olomouc	1176	plynný chlor, chlornan sodný (vířivka)	ozonizace+UV
11	Aquapark Uherské Hradiště	1139	plynný chlor	ozonizace+UV
12	Aquapark Kohoutovice	1000	chlornan sodný	ozonizace+UV
13	Plavecký areál Klatovy	792	chlornan sodný	UV
14	Plavecký areál Hloubětín - Praha	778	elektrochlorace	UV
15	Aquapark Děčín	735	plynný chlor	UV
16	Aquapark Kuřim	689	plynný chlor	ozonizace+UV
17	Ozdravné centrum Ještěrka Ostrava	536	chlornan sodný	-
18	Lázně Opava	620	plynný chlór	-
19	Aquapark Olomouc	614	ozonizace	plynný chlor
20	Aquapark Příbram	610	plynný chlor, chlornan sodný (vířivka)	UV

21	Znojmo Městské lázně	560	plynný chlor	-
22	Plavecký bazén Český Krumlov	520	chlornan sodný	UV
23	Aquacentrum Šumperk	517	plynný chlor	ozonizace+UV
24	Krytý bazén a saunové centrum Tereza Břeclav	477.5	chlornan sodný	UV
25	Krytý plavecký bazén Vysoké Mýto	450.5	plynný chlór	UV
26	Infinit Step Praha	364.3	chlornan sodný	UV
27	Bazén Lochotín– Plzeň	515	chlornan sodný	UV pro dětský

Pro kryté bazény je nejčastějším primárním stupněm dezinfekce chlor. Pro areály do 700 m³ bazénové vody (BV) je to 42 % plynný chlor, 42 % chlornan sodný, 8 % využívá částečně chlornan sodný pro dětské bazény nebo pro vířivky a pro ostatní bazény plynný chlor. Pouze 8 % areálů využívá bezchlorovou metodu – ozonizace jako primární stupeň dezinfekce. Pro kryté areály nad 700 m³ BV převládají chlorové metody, 67 % plynný chlor, 20 % chlornan sodný a zbytek, 6 % provozů využívá kombinaci dvou zmíněných anebo elektrochloraci – 7 %. Lze tedy vidět, že primárním stupněm dezinfekce jsou chlorové metody, hlavně u areálů s většími objemy BV.

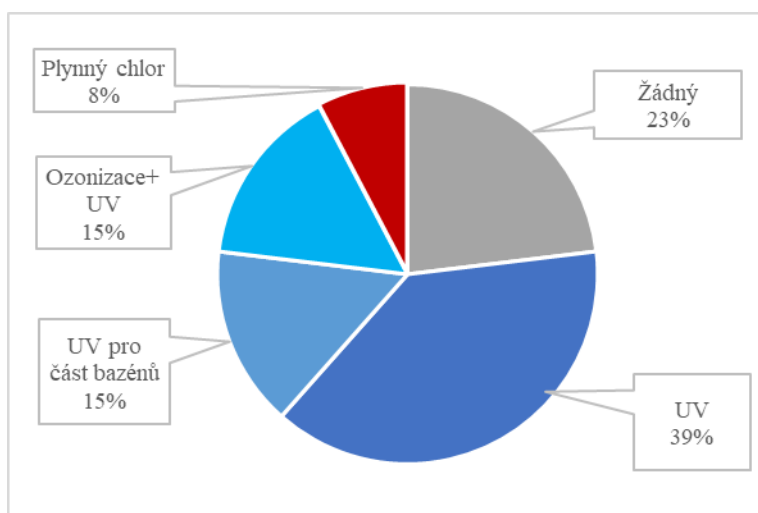


Obr. 5.1 Využití primárního stupně dezinfekce pro kryté areály do 700 m³ BV



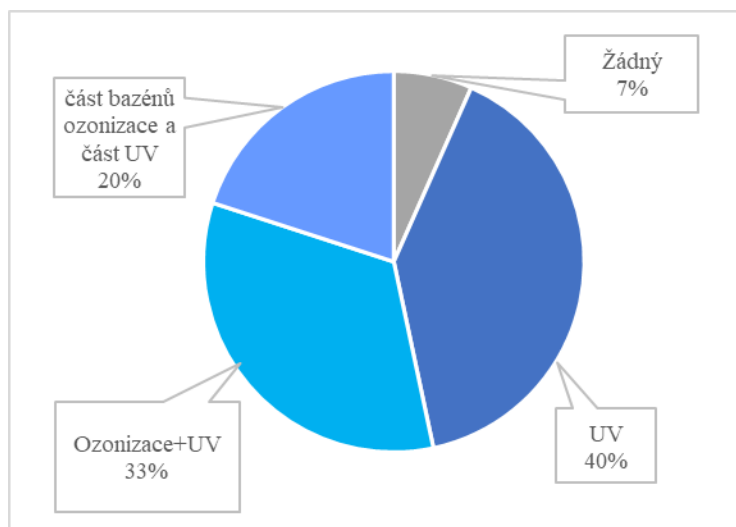
Obr. 5.2 Využití primárního stupně dezinfekce pro kryté areály nad 700 m³ BV

V průzkumu krytých areálů měly všechny novější nebo rekonstruované areály zařazen alespoň nějaký sekundární stupeň dezinfekce a pouze 23 % areálů s objemy BV do 700 m³ nemělo žádnou sekundární dezinfekci. U areálů do 700 m³ BV je nejčastějším sekundárním stupněm UV lampa – 39 % a druhým ozonizace + UV – 15 % a UV pro část bazénů. Některé areály mají zařazený sekundární stupeň ve formě UV lamp alespoň pro část bazénů, nejčastěji pro vířivky a dětské bazény – 15 % provozů. Pouze 8 % provozů využívá jako sekundární dezinfekci plynný chlor a jsou to právě ty provozy, které používají ozonizaci jako primární stupeň dezinfekce.



Obr. 5.3 Využití sekundárního stupně dezinfekce pro kryté areály do 700 m³ BV

V průzkumu měla většina areálů nad 700 m³ BV sekundární stupeň dezinfekce. Nejčastěji to jsou UV lampy – 40 % a kombinace ozonizace s UV lampou – 33 % areálů. 20 % areálů má pro část bazénů ozonizaci, nejčastěji plavecké bazény a UV lampu zařazenou na recirkulačním okruhu pro dětský bazén, vířivku, relaxační bazén nebo brouzdaliště. Pouze 7 % areálů nemá žádný sekundární stupeň dezinfekce.

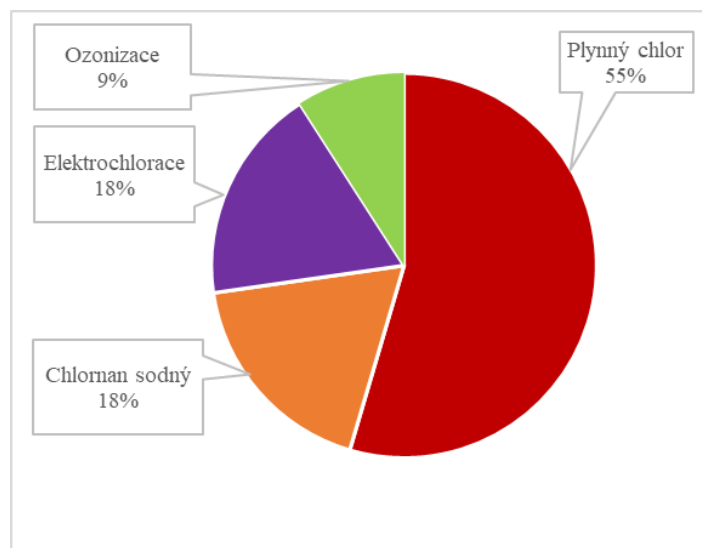


Obr. 5.4 Využití sekundárního stupně dezinfekce pro kryté areály nad 700 m³ BV

5.2 VYHODNOCENÍ VYUŽITÍ METOD DEZINFEKCE U VENKOVNÍCH AREÁLŮ

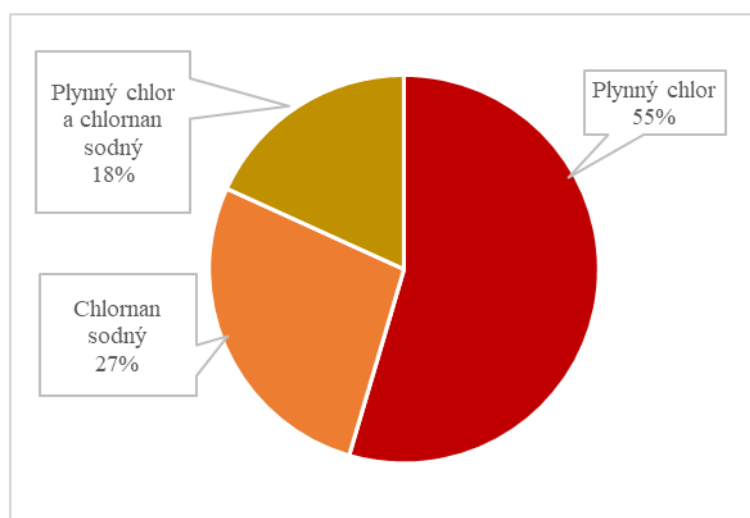
Venkovní bazény		Celkový objem vody v bazénech [m ³]	Primární stupeň dezinfekce (hygienické zabezpečení) vody	Sekundární stupeň dezinfekce (hygienické zabezpečení) vody
1	Letní koupaliště Ostrava-Poruba	8460	plynný chlor, chlornan sodný pro objem 460	-
2	Koupaliště Riviéra - Brno	6158	plynný chlór	ozonizace
3	Aquapark Děčín - Letní plovárna	4845	plynný chlor (chlornan s. v zimě)	-
4	Koupaliště Klatovy	3080	chlornan sodný	-
5	Bratrušovské koupaliště Šumperk	3000	chlornan sodný	-
6	Koupaliště Flošna Hradec Králové	2193	plynný chlor, část chlornan sodný	část UV a část ozonizace+UV
7	Koupaliště Tereza Břeclav	2130	chlornan sodný	-
8	Koupaliště Kliše v Ústí nad Labem	2010	plynný chlór	UV
9	Slovany – Plavecký Areál města Plzně	1914	plynný chlor	UV (brouzdaliště)
10	Koupaliště Petynka - Praha	1747	plynný chlor	ozonizace
11	Aquapark Příbram	1707	plynný chlór	-
12	Areál koupaliště Kraví hora - Brno	1670	chlornan sodný	-
13	Aquapark Kuřim	1515	plynný chlor	-
14	Plavecký stadion Olomouc	1379	plynný chlor	ozonizace (dětský)
15	Aquapark Uherské Hradiště	1280	plynný chlor	-
16	Aquacentrum Pardubice	1005	plynný chlor	-
17	Letní aquapark Moravská Třebová	900	plynný chlór	-
18	Aquapark Olomouc	654	ozonizace	plynný chlor
19	Lázně Zlín - venkovní bazény	650	plynný chlor	-
20	Aquacentrum Šumperk	249	chlornan sodný	UV
21	Laguna Třebíč - venkovní bazény	180	elektrochlorace	ozonizace+UV
22	Plavecký areál Hloubětín - Praha	173	elektrochlorace	chlornan sodný
23	Areál Lochotín – Plzeň	165	chlornan sodný	UV

U venkovních bazénů a koupališť u areálů do 1600 m³ BV převládají chlorové metody jako primární stupeň dezinfekce, pouze v 9-ti % případů je primárním stupněm ozonizace. Nejčastěji je to plynný chlor – 55 %, chlornan sodný – 18 % a elektrochlorace – 18 %.



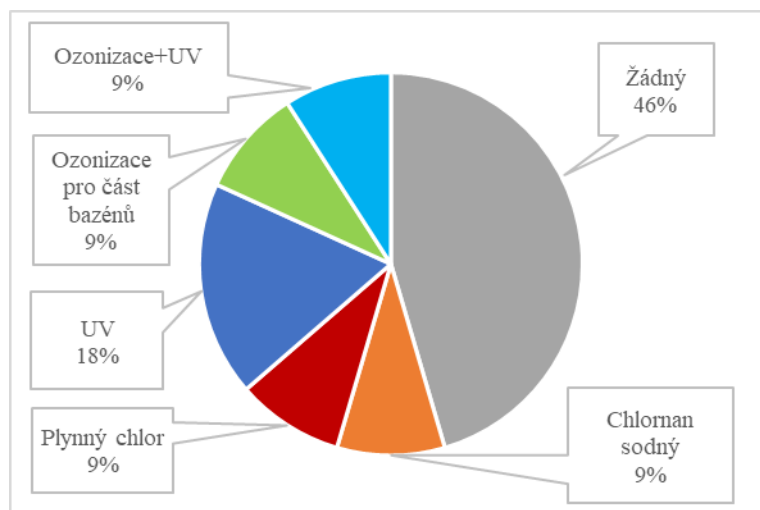
Obr. 5.5 Využití primárního stupně dezinfekce pro venkovní areály do 1600 m³ BV

Mezi venkovními areály nad 1600 m³ BV se v průzkumu nenašel ani jeden, který by měl jinou než chlorovou primární dezinfekci. Převládá zde plyný chlor – 55 % a chlornan sodný 27 %. V 18 % areálů používají plyný chlor i chlornan sodný, kde plyný chlor se používá na recirkulační okruhy bazénů s většími objemy a chlornan sodný pro bazény s teplejší vodou nebo menšími objemy. Případně se také používá chlornan sodný v zimní sezóně.



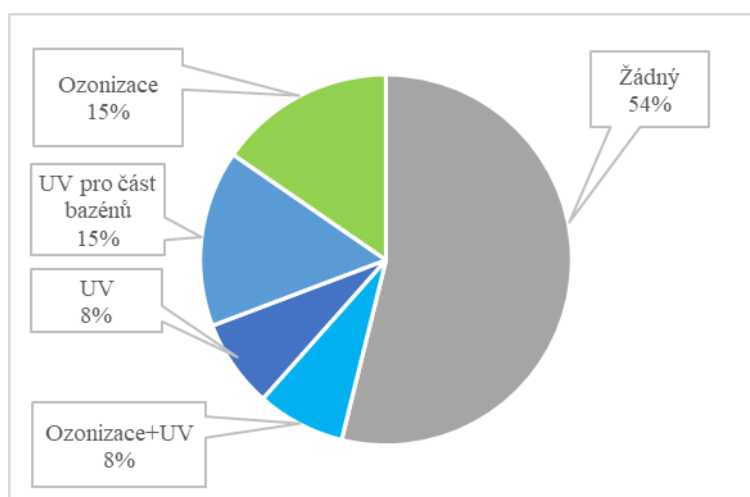
Obr. 5.6 Využití primárního stupně dezinfekce pro venkovní areály nad 1600 m³ BV

Využití sekundárního stupně dezinfekce je u venkovních areálů nižší než u krytých. Zhruba polovina venkovních areálů nemá žádný. U areálů do 1600 m³ BV je nejčastěji sekundárním stupněm UV záření – 18 %, kombinace ozonizace s UV lampou – 9 % a také 9 % areálů používá ozonizaci pro část bazénů. Chlorové metody využívá 18 % areálů, 9 % plyný chlor a 9 % chlornan sodný. Žádný sekundární stupeň nemá 46 % areálů do 1600 m³ BV.



Obr. 5.7 Využití sekundárního stupně dezinfekce pro venkovní areály do 1600 m³ BV

U areálů nad 1600 m³ nemá 54 % areálů zařazen žádný stupeň sekundární dezinfekce, ozonizaci využívá 15 % areálů. UV záření alespoň pro jeden bazén má 15 % areálů. UV záření má 8 % areálů a pouze 8 % areálů využívá AOP, kombinaci ozonizaci + UV záření.



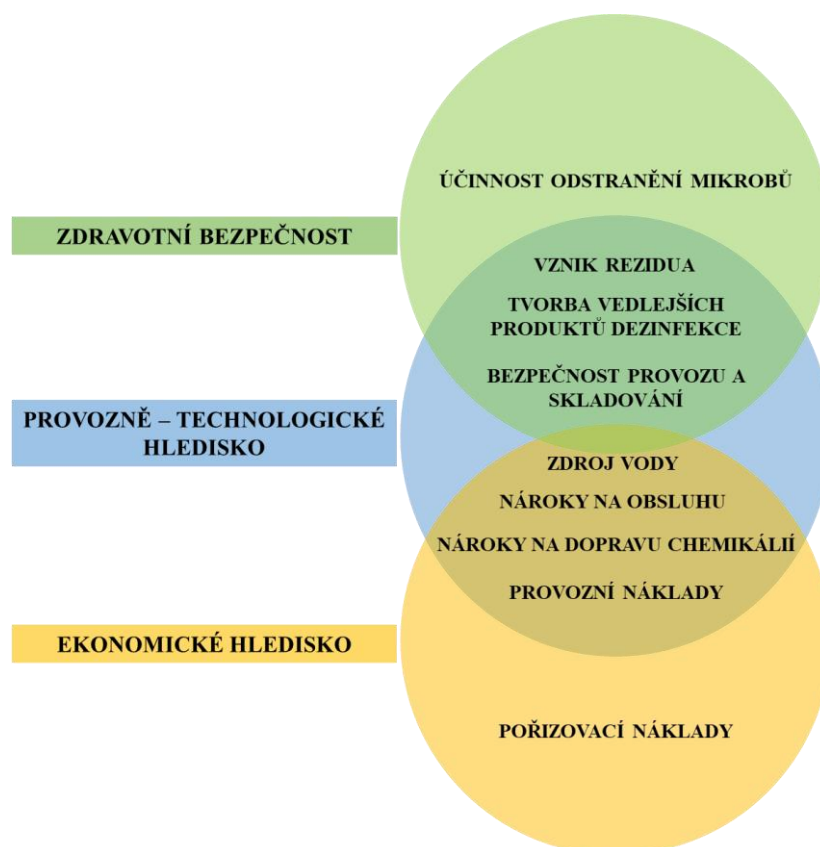
Obr. 5.8 Využití sekundárního stupně dezinfekce pro venkovní areály nad 1600 m³ BV

5.3 POROVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ DEZINFEKČNÍCH METOD

Při návrhu metody dezinfekce pro bazénové areály se vyhodnotí vhodná technologie na základě tří hlavních hledisek:

1. *Zdravotní bezpečnost*
2. *Provozně – technologické hledisko*
3. *Ekonomické hledisko*

Dezinfekce musí mít ze zdravotního hlediska co nejvyšší účinnost proti mikrobům, rychle oxidovat znečištění, zajistit vznik rezidua a zároveň mít co nejnižší koncentrace vzniklých vedlejších produktů dezinfekce. Dalším faktorem je bezpečnost provozu technologie a bezpečnost skladování chemikálií. Z provozně-technologického hlediska a zároveň z ekonomického hlediska je nutné navrhnout takovou technologii, která zohlední kvalitu a vydatnost zdroje BV a musí mít co nejnižší nároky na řízení obsluhy a eliminace zásahů do automatického provozu. Automatický provoz je nutností, který zvyšuje přesnost dávek dezinfekce, a tím šetří chemikálie a lidskou práci. Z ekonomického hlediska je nutné zohlednit náklady na dopravu chemikálií – některá dezinfekční činidla se vyrábí v místě provozu, jako například chlordioxid nebo ozon a jiná je nutné dodávat. Například u chlornanu sodného, který má velmi omezenou životnost – v rámci 2 – 5 týdnů se doprava promítne do provozních nákladů. Orientační ceny pořizovacích a provozních nákladů jsou v následující *Tab. 5.1* dále.

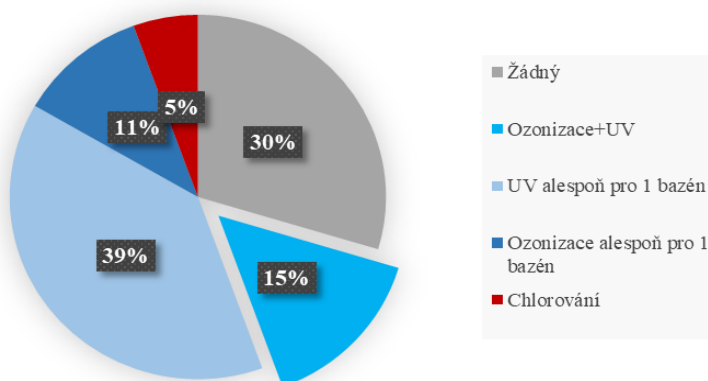


Obr. 5.9 Schéma faktorů ovlivňujících použití metody dezinfekce [autor]

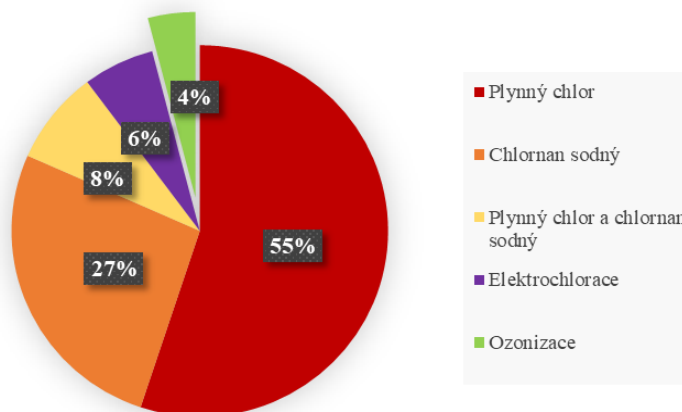
Ačkoliv by ze zdravotního hlediska bylo nejlepší pro BV aplikovat AOP technologii, většina bazénových areálů v ČR si to zatím nemůže finančně dovolit. AOP technologii, konkrétně

ozonizaci a za ní zařazenou UV lampu má v ČR zhruba 15 % areálů. Oproti tomu 30 % areálů nemá žádný sekundární stupeň dezinfekce a 5 % areálů používá chloraci jako sekundární stupeň viz Obr. 5.10. V ČR stále převládá použití chlorových dezinfekčních prostředků, protože AOP technologie mají vysoké pořizovací náklady a se zdražováním energií také výrazně rostou náklady provozní. AOP technologie dokážou velice rychle oxidovat znečištění a ničí všechny druhy mikrobů a v porovnání s ostatními metodami navíc vytváří nejmenší množství vedlejších produktů dezinfekce. AOP však nevytváří reziduum, proto při použití AOP technologií je navíc nutné mít nainstalovanou MaR jednotku pro chloraci – podle platné legislativy musí být v bazénu zajištěna hladina volného chloru – rezidua. Na tuto skutečnost reagují provozovatelé bazénových areálů kompromisem. K chloraci, která vychází ekonomicky nejlevněji, přidávají na některé recirkulační okruhy separátně UV lampy (středotlaké nebo nízkotlaké) anebo ozonizaci (obtokovou ozonizaci anebo technologii malých dávek). Ozonizace jsou přidávány na recirkulační okruhy plaveckých bazénů a ozon je nejčastěji generován ze vzduchu – generátorem kyslíku. UV lampy jsou přidávány na bazény s menším objemem anebo na bazény s teplejší vodou (vířivky, rehabilitační bazény, dětské bazény), kde vlivem teploty anebo při použití vodních atrakcí, které provzdušňují vodu, vzniká více vázaného chloru. Podle průzkumu má 39 % areálů zařazené UV záření jako sekundární stupeň dezinfekce alespoň pro 1 bazén. Ozonizaci alespoň pro 1 bazén má 11 % areálů. Jako primární stupeň dezinfekce má 96 % areálů z průzkumu chlorovou metodu a pouze 4 % bezchlorovou, konkrétně ozonizaci.

Sekundární metody dezinfekce



Primární metody dezinfekce



Obr. 5.10 Využívání vybraných technologií pro primární a sekundární stupeň dezinfekce

Tab. 5.1 Orientační přehled nákladů vybraných technologií [84][83][81][74][73][69][70][85]

Typ metody	Pořizovací náklady		Provozní náklady		
	Produkt	Cena	Chemikálie / Spotřeba	Cena chemikálie / doplňku	Poznámka
Chlorové metody					
Plynný chlor	MaR systém, chlorovna	150.000-200.000 Kč	tlak. láhev chloru	45-50 Kč / 65 kg	
Chlornan sodný	MaR systém	140.000-180.000 Kč	chlornan sodný	10-30 Kč / kg	další náklady za pH korektory a dopravu čerstvého chlornanu
Elektrochlorace	Elektrolyzér + MaR systém (100-1000 g/h)	1-2 mil. Kč	Sůl	6-20 Kč/ kg	další náklady za el. energii
			1,1-4,7 kW		
Bezchlorové metody					
Oxid chloričitý	Generátor oxidu chloričitého	400.000-600.000 Kč	kyselina chlorovodíková	20-28 Kč / kg	
			chloritan sodný	200 Kč/ kg	
Brom	Dávkovač tablet + MaR systém	120.000-180.000 Kč	bromové tablety	200-500 Kč/ kg	pro privátní bazény nebo jako sekundární dezinfekce
Ozon	Generátor ozonu + komponenty 2-12 g O ₃ /hod	150.000-306.000 Kč	1,0-1,6 kW		nutná kombinace s chlorováním (reziduum)
UV lampa	UV lampa	145.000-250.000 Kč	výměna výbojky a servis	20.000 Kč	nutná kombinace s chlorováním (reziduum)
			400 W-4 kW		
AOP (Ozonizace +UV)	Generátor ozonu + komponenty	188.000-900.000 Kč	1,4-9 kW		nutná kombinace s chlorováním (reziduum)
	UV lampa				

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvořit přehled možných dezinfekčních technologií bazénových provozů, vybrat kryté i otevřené bazénové areály, provést jejich popis zjistit využití chlorových a bezchlorových dezinfekčních činidel a na závěr vyhodnotit.

Tyto cíle byly splněny v teoretické části diplomové práce, kde byly popsány současné metody úpravy a dezinfekce bazénových vod, porovnání jejich výhod a nevýhod, jednotlivé ukazatele jakosti vod, jejich význam, využití, měření, pořizovací a provozní náklady. Dále byly také shrnuty mikrobiologická a chemická zdravotní rizika a faktory vzniku vedlejších produktů dezinfekce. V praktické části byly popsány technologie úpravy bazénových vod v šesti vybraných areálech se zaměřením na využití chlorových a bezchlorových dezinfekčních prostředků a jejich provoz. Dalších 27 areálů v ČR (kombinovaných, krytých i venkovních) bylo do průzkumu osloveno písemně. Celkem bylo v průzkumu porovnáváno 27 krytých a 23 venkovních provozů.

Zdravotní rizika, která souvisí s koupáním v bazénové vodě jsou dvojího druhu – mikrobiální a chemická. Rizika z hlediska mikrobiálního se snažíme eliminovat chemickými i fyzikálními metodami, které jsou účinné proti mikrobům, avšak z některých metod mohou vyplývat chemická rizika – vznik vedlejších produktů dezinfekce. Vedlejší produkty dezinfekce mají při dlouhodobé expozici škodlivé účinky na lidské zdraví. Vhodná dezinfekční metoda odstraňuje mikrobiální znečištění za cenu co nejnižšího možného chemického rizika. Reálné množství vedlejších produktů dezinfekce závisí na kvalitě upravené vody, na jejím složení, obsahu mikroznečištění, minerálů a dalších prekurzorů vedlejších produktů dezinfekce.

Ze zdravotního hlediska jsou nejslibnějšími současně dostupnými dezinfekčními metodami pokročilé oxidační procesy (AOP). Pro bazénové vody to jsou konkrétně kombinace ozonizace se středotlakou UV lampou. AOP na bázi ozonu, tedy O_3+UV a $O_3+UV+chlor$, významně snižují koncentraci trihalogenmethanů, halogenoctových kyselin, halogenacetonitrilů a dalších vedlejších produktů dezinfekce. Stále je však zapotřebí provádět další výzkum v oblasti účinků vedlejších produktů dezinfekce všech využívaných dezinfekčních metod. Při AOP metodách vznikají vedlejší produkty dezinfekce, ale výrazně méně oproti jiným metodám jako je chlorace, elektrochlorace, UV záření anebo kombinací.

Z výsledku průzkumu o současných metodách dezinfekce bazénových vod v ČR bylo vyhodnoceno, že primárním stupněm dezinfekce jsou chlorové metody – 96 % a pouze 4 % používaných metod jsou bezchlorové. V sekundárním stupni dezinfekce využívá AOP technologii 15 % provozů. Použití chlorových dezinfekčních prostředků převládá z toho důvodu, že AOP technologie mají vysoké pořizovací náklady a se zdražováním energií také rostou provozní náklady. Na tuto skutečnost reagují provozovatelé bazénových areálů kompromisem. K chloraci, která vychází ekonomicky nejlevněji, přidávají na některé recirkulační okruhy separátně UV lampy (středotlaké nebo nízkotlaké) anebo ozonizaci (obtokovou ozonizaci anebo technologii malých dávek). Dle průzkumu má 39 % areálů zařazené UV záření jako sekundární stupeň dezinfekce alespoň pro jeden recirkulační okruh. Ozonizaci pro alespoň jeden recirkulační okruh má 11 % areálů.

Lze očekávat, že poptávka po bezchlorových formách dezinfekce poroste s ekonomickou vyspělostí České republiky a bude tak růst i počet areálů, které si pořídí AOP (ozonizaci + UV) anebo alespoň jednu z nich. Tato diplomová práce má pomoci provozovatelům bazénových areálů zvážit výhody AOP metod jako dlouhodobou investici ze zdravotního hlediska a také z hlediska úspory vody a chemikálií.

7 POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] LHOTÁKOVÁ, Zdeňka a Klára TRNKOVÁ. Bazény: kompletní průvodce. Computer Press (CP Books), 2011. ISBN 978-80-251-3655-3.
- [2] KRIŠ, J. Bazény a kúpaliská. 1. vydání. Bratislava: Jaga group, 2000. 199 s. ISBN 80-88905-30-3.
- [3] ŠŤASTNÝ, Bohumil. ÚPRAVA BAZÉNOVÝCH VOD, SWIMMING POOLS WATER TREATMENT [online]. Praha: ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA STAVEBNÍ, s. 20 [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2010-16-Stastny.pdf>.
- [4] PERKINS, P. Swimming pools. 4. edition. London and New York: Taylor & Francis, 2000. 231 p. ISBN 0-419-23590-6.
- [5] BIELA, R., BERÁNEK, J. Úprava vody a balneotechnika. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 164 s. ISBN 80-214-2563-6.
- [6] BIELA, Renata. Přednášky Balneotechnika: Přednáška č. 5. Dezinfekce [online]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2020 [cit. 2021-8-8].
- [7] Prirodne podmienky mezopotamie [online]. , 1 [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://prezoe.wordpress.com/2015/02/18/1-prirodne-podmienky-mezopotamie/>.
- [8] My adventures with Ancient Rome: Pompeii Part IV- The Stabian Baths [online]. WordPress.com [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://optimusmaximusadventurous.wordpress.com/2013/06/08/pompeii-part-iv-the-stabian-baths/>.
- [9] JANČÍK, Miloslav. Idnes.cz [online]. online, 2020, Z teplé odpadní vody za řekami drsného Altaje. Olomoucký patriot Bank oslavil 80,4 [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/sport/ostatni/ladislav-bank-olomoucky-patriot-jubileum-80-let-rozhovor.A200620_554594_sporty_rou/foto .
- [10] PUMANN, Petr a Martina MYŠÁKOVÁ. Legislativa vztahující se ke koupalištím [online]. Státní zdravotní ústav [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/koupaliste-a-bazeny>.
- [11] ŠŤASTNÝ, B. Stavba a provoz bazénů. 1. vydání. Praha: ABF, a.s. – Nakladatelství ARCH, 2003. 137 s. ISBN 80-86165-56-6.
- [12] LHOTÁKOVÁ, Z. Bazény. 2. vydání. Brno: Vydavatelství ERA, 2005. 119 s. ISBN 80-7366-015-6.
- [13] Vyhláška č. 258/2000 Sb.: o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>.
- [14] VOLF, Petr, Petr HORÁK a kol. Paraziti a jejich biologie. Praha, Kroměříž: Triton, 2007. ISBN 978-80-7387-008-9.
- [15] JOHNSON, Lauren M. a Artemis MOSHTAGHIAN. 8 Texas cities were alerted to a brain-eating amoeba found in water supply [online]. CNN, 2020, 26.9.2020 [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://edition.cnn.com/2020/09/26/us/brain-eating-amoeba-found-in-texas-water-supply-trnd/index.html>.

- [16] BIELA, Renata. Přednášky Balneotechnika: Přednáška č. 3. Recirkulační úprava bazénové vody [online]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2020 [cit. 2021-8-8].
- [17] JELIGOVÁ, Hana, Jaroslav ŠAŠEK, František KOŽÍŠEK a Markéta CHLUPÁČOVÁ. Zdravotní a hygienická rizika z bazénových vod a prostředí bazénů. Hygiena. Praha: Státní zdravotní ústav, 2008, ISSN 1802-6281.
- [18] Vyhláška č. 238/2011 Sb.: o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. In: . Ministerstvo zdravotnictví, ročník 2011. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>.
- [19] Koupaliště KRAVÍ HORA. Koupaliště KRAVÍ HORA [online]. [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: https://www.kravihora-brno.cz/sites/default/files/users/vitek/mapa_zmeny_2021.pdf.
- [20] SNEO, A.S. Petynka: Sportujeme tady s vámi. [online]. [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://www.koupalistepetynka.cz/>.
- [21] BERNARD, Elyssa. Baths of Caracalla: Ancient Rome Without the Crowds [online]. RomeWise, 2021, 23.7.2021 [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: <https://www.romewise.com/baths-of-caracalla.html>.
- [22] TETTEH, Emmanuel Kweiner a Sudesh RATHILAL. Application of Organic Coagulants in Water and Wastewater Treatment [online]. IntechOpen, 3.4.2019 [cit. 2021-8-8]. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.84556.
- [23] ČSN 755050 Hospodářství pro desinfekci ve vodohospodářských provozech.
- [24] Kožíšek F.: Proč voda s chlorem, proč voda bez chloru? Sborník konference Pitná voda 2010, s. 35-40. W&ET Team, Č. Budějovice 2010. ISBN 978-80-254-6854-8.
- [25] KOLÁŘ, Jiří, Jana RATAJOVÁ a František KOŽÍŠEK. Vody ke koupání a jejich legislativa. *Hygiena*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2008, 53(3), 110-111. ISSN 1802-6281.
- [26] LIBOR, DUŠEK. ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD CHEMICKOU OXIDACÍ HYDROXYLOVÝMI RADIKÁLY. 104. Chem. Listy, 2010. ISSN 2336-7210. [cit. 2021-10-08] Dostupné také z: http://w.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_09_846-854.pdf.
- [27] DESCORME, Claude. Catalytic wastewater treatment: Oxidation and reduction processes. Recent studies on chlorophenols. *Catalysis Today: Catalytic science and technology in Sustainable Environment II (EECAT 2016)*. [cit. 2021-12-08] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2017.03.039>.
- [28] OZON: LifeTech Technologie. LIFETECH: Ozone, UV and AOP Expert [online]. [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://lifetechozone.com/cs/technologie/ozon/>.
- [29] PROCHÁZKOVÁ, Petra. Posouzení účinnosti pokročilých oxidačních procesů prostřednictvím testů ekotoxicity. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/handle/11012/177405>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí. Vedoucí práce Helena Zlámalová Gargošová.

- [30] Technical Data: UV-C Bulb, Chlorine and Ozone Comparison Chart. In: Kit: Khott Industrial Technologies [online]. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.healthyuv.com/how-healthy-uvclighting-technology-works/technical-data/>.
- [31] ŠAŠEK, Jaroslav, Jaroslav KOPECKÝ a František KOŽÍŠEK. Problematika desinfekce vody UV zářením. In: . Státní zdravotníústav, Praha, 2003. Dostupné z: <http://www.jako.cz/SZU-UV-Sasek-Kopecky-Kozisek-000418.pdf>.
- [32] ŠMÍD, Milan. NORMY PRO BAZÉNY A BAZÉNOVÉ ATRAKCE [online]. Bazény a wellness s.r.o., projektový ateliér [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <https://adoc.pub/normy-pro-bazeny-a-bazenove-atrakce.html>.
- [33] Letní koupaliště Riviéra: Sportujeme v Brně. Letní koupaliště Riviéra: Sportujeme v Brně [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://rivec.sportujemevbrne.cz/areal>.
- [34] Drdová Š., Parschová H., Pivokonský M., Janda V.: Chlorečnan jako jeden z vedlejších produktů desinfekce vody chlornanem sodným. Sborník konference Pitná voda 2016, s. 277-282. W&ET Team, Č. Budějovice 2016. ISBN 978-80-905238-2-1 Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11104/0260075>.
- [35] MĚSTSKÝ BAZÉN, Mladá Boleslav. *Ošetření vody* [online]. Městský Bazén Mladá Boleslav, 6 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <http://www.bazenmb.cz/osetreni-vody/>.
- [36] KUČERA, Tomáš a Josef FUKS. Možná rizika plynoucí z dezinfekce pitné vody. *Tzb-info.cz* [online]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, 7.5.2012, 6 [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8568-mozna-rizika-plynouci-z-dezinfekce-pitne-vody>.
- [37] TŘEŠKA, Michal. Úprava vody v bazénech. *Tzb-info.cz* [online]. EuroClean, 2015, 8.7.2015, 4 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8568-mozna-rizika-plynouci-z-dezinfekce-pitne-vody>.
- [38] BIELA, Renata a Andrea WAGNEROVÁ. Využití chloru při dezinfekci bazénových vod. *Tzb-info.cz* [online]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, 9.3.2015, 5 [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/bazeny/12399-vyuziti-chloru-pri-dezinfekci-bazenovych-vod>.
- [39] ŠMÍD, Milan. CHLOROVÁ A BEZCHLOROVÁ DESINFEKCE NA BAZÉNECH. Bazény a wellness s.r.o., projektový ateliér [online]. Bazény a wellness s.r.o., projektový ateliér, , 6 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: https://www.bazeny-wellness.cz/pages/clanky/osveta/chlor_a_ostatni.pdf.
- [40] Chlorine dioxide: Compound Summary for CID 24870. PubChem: National Center for Biotechnology Information [online]. National Center for Biotechnology Information, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chlorine-dioxide>.
- [41] DESINFEKCE VODY V BAZÉNU: Veřejné bazény. GHC Invest, s.r.o. [online]. GHC Invest [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.ghcinvest.cz/d4-Verejne-bazeny/36-Desinfekce-vody-v-bazenu>.

- [42] DÁVKOVÁNÍ CHLORDIOXIDU. GHC Invest, s.r.o. [online]. GHC Invest, s.r.o.: GHC Invest [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.ghcinvest.cz/d1-Uprava-pitne-a-procesni-vody/12-Davkovani-chlordioxidu>.
- [43] TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY: Soukromé bazény. *GHC Invest, s.r.o.* [online]. GHC Invest [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.ghcinvest.cz/d5-Soukrome-bazeny/50-Technologie-upravy-vody>.
- [44] MĚŘENÍ A REGULACE KVALITY VODY A DÁVKOVÁNÍ CHEMIKÁLIÍ: Soukromé bazény. GHC Invest, s.r.o. [online]. GHC Invest [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.ghcinvest.cz/d5-Soukrome-bazeny/50-Technologie-upravy-vody>.
- [45] Výhody technologie LifeOX® M při odstraňování trichloraminu z bazénové vody: Co je trichloramin? Lifetech: Čistý bazén [online]. 24. 5. 2021 [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://chcicistybazen.cz/cs/vyhody-technologie-lifeox-m-pri-odstranovani-trichloraminu-z-bazenove-vody/>.
- [46] Coufal, M. Využití ozónu při úpravě vody. Vodovod.info - vodárenský informační portál[online]. 3.1.2017, 01/2017, [cit. 2021-11-21]. Dostupný z WWW: <http://vodovod.info>. ISSN 1804-7157.
- [47] DŘÍMAL, Jiří, Aleš HRDLIČKA a LIFETECH S.R.O. Ozonové technologie pro plavecké bazény [online]. Brno: Lefetech Ozone, UV and AOP Expert, 2021 [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: <https://lifetechozone.com/cs/ozonove-technologie-pro-plavecke-bazeny/>.
- [48] DE BRUM, Marc. Ozone is Not Just for Residential Potable Water Treatment. WCP and Water Conditioning and Purification International [online]. San Luis Obispo: ClearWater Tech, Meliora Group, 16.8.2010 [cit. 2021-11-22]. Dostupné z: <https://wcponline.com/2010/08/16/ozone-not-just-residential-potable-water-treatment/>.
- [49] HOFFMANN, Matthias. Ozone-Bromine Treatment – Water Treatment in Public Pools without Chlorine: A New Standard? Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association [online]. Schriesheim, Germany: Taylor & Francis Online, 20.8.2015 [cit. 2021-11-23]. ISSN 0191-9512. Dostupné z: doi:10.1080/01919512.2015.1053014.
- [50] NATIONAL PRIMARY DRINKING WATER REGULATIONS: § 141.2. In: . Environmental Protection Agency, 40 CFR Ch. I (7–1–03 Edition). Dostupné také z: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/howepargulates_cfr-2003-title40-vol20-part141_0.pdf.
- [51] KRIZPORT: OXID CHLORICITÝ (!) [online]. KRIZPORT [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.krizport.cz/ohrozeni/nebezpecne-latky-v-jmk/oxid-chloricity>.
- [52] DŘÍMAL, Jiří a Aleš HRDLIČKA. Ozonové technologie pro plavecké bazény (II): Úprava bazénové vody dle normy DIN 19 643 [online]. In: . TZB-info, 22.8.2015 [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2651-ozonove-technologie-pro-plavecke-bazeny-ii>.
- [53] SVOBODA, František. Dezinfekce a využití chlordioxidu při úpravě bazénové vody [online]. 2010 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/289845-Desinfekce-a-vyuziti-chlordioxidu-pri-uprave-bazenove-vody.html>.

- [54] BOLTON, James R. a Christine A. COTTON. The Ultraviolet Disinfection Handbook [online]. American Water Works Association, 1937 [cit. 2021-12-29]. ISBN 1583215810. Dostupné z: https://books.google.co.uk/books?id=1-Aw1BVoJVgC&pg=PA3&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false.
- [55] HYNOUNŠ, Martin. Trendy v chlorovém hospodářství (časopis Bazén & Sauna 1,2/2014). GHC Invest, s.r.o. [online]. 2014 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.ghcinvest.cz/aktuality/2/>.
- [56] KOPECKÝ, Jaroslav. Dezinfekce UV - záření - technologie pro úpravu pitných vod [online]. 2003 [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <http://www.jako.cz/VH8-2003-UV-valid-030805.pdf>.
- [57] We UVcare...: Municipal + Industrial UV. A Helma company [online]. 2019 [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://www.weuvcare.com/need-spare-parts-oem-is-the-way-to-go>.
- [58] UV lampy. 4 SPA wellness for life [online]. 4 SPA [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: <http://4spa.cz/zajimavosti/uv-lampy/>.
- [59] ŠAŠEK Jaroslav, UV záření pro dezinfekci pitné vody. TZB-info [online]. Státní zdravotní ústav, Praha, 25.3.2013 [cit. 2021-12-10]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9697-pouziti-uvzareni-pro-dezinfekci-pitne-vody>.
- [60] Jaký je rozdíl mezi nízkotlakým a středotlakým UV systémem? LifeTech Čistý bazén: Vše o zdravém koupání na jednom místě [online]. 2021 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://chcicistybazen.cz/cs/jaky-je-rozdil-mezi-nizkotlakym-a-stredotlakym-uv-systemem/>.
- [61] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. Chemie a technologie vody. 2. dopl. vyd. Brno: ARDEC, 2006, 329 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [62] HOUŽVIČKA, Jiří. Účinnost chloru ve vodě v závislosti na pH. Tzb-info.cz [online]. 26.2.2007 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/bazeny/3920-ucinnost-chloru-ve-vode-v-zavislosti-na-ph>.
- [63] Ultraviolet Explained: UV Disinfection Basics. A Halma company [online]. A Halma company [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://www.weuvcare.com/uv-education/>.
- [64] KOWALSKI Wladyslaw. Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection, 2009. doi:10.1007/978-3-642-01999-9. ISBN 978-3-642-01998-2.
- [65] Testery a testovací média. Specialista pro váš bazén: bazénové chemie a příslušenství [online]. DAKO [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: http://www.probazen.cz/tester-dpd-n-cl-ph-metoda-pomoci-tabletlovibondbarva-oranzova/#category_tree.
- [66] Vyhláška č. 97/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-97>.
- [67] EUROCLEAN, S.R.O. Chlordioxid v dezinfekci vody: Proč je lepší než chlor? Tzb-info.cz [online]. 5.4.2021 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz>

info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/22079-chlordioxid-v-dezinfekci-vody-proc-je-lepsi-
nez-chlor.

- [68] UNČOVSKÝ, Ondřej. ASIO, spol. s r.o. „Pitná voda – novinky a souvislosti ... aneb What's NEW? N-nutrients; E-energy; W-water“ [online]. In: . 2013 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/161.vsechno-co-jste-kdy-chteli-vedet-o-ozonu-a-uv-ale-bali-jste-se-zeptat>.
- [69] AOP: Technologie LifeOX® [online]. LifeTech [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://lifetechozone.com/cs/technologie/aop/>.
- [70] Reliable and precise disinfection that meets your requirements: Chlorine dioxide systems for a wide range of applications. ProMinent [online]. ProMinent, 2019 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.prominent.com/resources/BrochureFlyer/English/1510/986728-PT-PM-185-12-19-EN.pdf>.
- [71] SVATOŇ, Jaroslav. ELUC: Elektrolýza a její aplikace [online]. 2014 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2285>.
- [72] VODARENSTVI.CZ. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary: Elektrochlorace na Úpravně vody Březová [online]. Vodarenstvi.cz: Vodarenstvi.cz, 2018 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.vodarenstvi.cz/2018/10/01/vodarny-a-kanalizace-karlovy-vary-elektrochlorace-na-uv-brezova/>.
- [73] Elektrolýzér CHLORINSITU. ProMinent [online]. www.prominent.cz [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: www.prominent.cz.
- [74] Bromové tablety. Bazénová chemie: virive-bazeny.cz [online]. 2.10.2019 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.virive-bazeny.cz/bazanova-chemie-3/bromove-tablety/>.
- [75] GUAa: bezchlórová bazénová chemie pro velké bazény [online]. [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.guaa.cz/guaa-pool-bezchlorova-bazanova-chemie/21-large-pool-5-1-8594161200031.html>.
- [76] AUTOMATICKÉ DÁVKOVACÍ STANICE VA DOS, VA PRO SALT [online]. In: . VAGNER POOL, 2017, s. 4 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: https://www.pro-bazeny.cz/data/original/products/files/prospekt_va_dos_va_pro_salt_cz.pdf.
- [77] Tereza Břeclav: Koupaliště Břeclav [online]. 2018 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.tereza-breclav.cz/cz/fotogalerie/#middle>.
- [78] Legionella pneumophila [online]. Robert Koch institute [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: https://www.rki.de/EN/Content/infections/Diagnostics/NatRefCentresConsultantLab/CONSULAB/EM-images/EM_Tab_Legionella_pneumophila_en.html.
- [79] Brain-eating amoeba kills again—here’s how it kills and how to avoid it [online]. ars TECHNICA [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/science/2019/07/brain-eating-amoeba-kills-again-heres-how-it-kills-and-how-to-avoid-it/>.
- [80] PITTER, Pavel. Hydrochemie. 5. Praha: VŠCHT Praha, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
- [81] Bazénová chemie: Techneco [online]. Techneco [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://eshop.techneco.eu/Aktivni-kyslik/2-PWS-Aktivn%C3%AD-kysl%C3%ADk-EXTRA-11>.

- [82] ILYAS, Huma, Masih ILYAS a Jan Peter VAN DER HOEK. Disinfection Methods for Swimming Pool Water: Byproduct Formation and Control. Water [online]. 16.6.2018, , 797 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/w10060797>.
- [83] Fichema.cz [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://fichema.cz/336-sul-do-bazenu>.
- [84] Baznový svět [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.baznovy-svet.cz/elektrochlorace-system-slane-vody-v-bazenu/asin-aqua-salt-clf/>.
- [85] OZONTECH.cz [online]. [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://www.ozontech.cz/cs/nase-produkty>.

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Faktory ovlivňující nárůst mikroorganismů [3]	10
Tab. 2.2 Infekce a nemoci související s bazénovou vodou [3]	12
Tab. 2.3 Vliv nízkého a vysokého pH bazénové vody [1] [3]	17
Tab. 2.4 Intenzita recirkulace vody podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. [18].....	19
Tab. 2.5 Kontrola jakosti vody umělého koupaliště – Příloha č. 9 k vyhlášce č. 238/2011 Sb. [18]	24
Tab. 2.6 Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích – Příloha č. 8 k vyhlášce č. 238/2011 Sb. [18]	24
Tab. 3.1 Přehled využívaných dezinfekčních činidel (tabulka převzata [11] a doplněna [36][37][38][82]).....	28
Tab. 3.2 Obsah volného a vázaného chloru v bazénové vodě dle platné vyhlášky [18][66] ...	29
Tab. 3.3 Porovnání dezinfekčního účinku ozonu s chlorem a oxidem chloričitým [53]	38
Tab. 3.4 Typy ozonizace [28].....	39
Tab. 3.5 Porovnání nízkotlakých a středotlakých UV lamp [57].....	42
Tab. 3.6 Dávky UV záření pro 99,99% inaktivaci mikroorganismů při 254 nm [31]	43
Tab. 3.7 Přehled vedlejších produktů chlorace	48
Tab. 3.8 Přehled prekurzorů a vedlejších produktů při ozonizace [36]	49
Tab. 4.1 Přehled bazénů koupaliště Riviéra	51
Tab. 4.2 Přehled bazénů koupaliště Petynka.....	54
Tab. 4.3 Přehled bazénů Letního koupaliště Ostrava Poruba	56
Tab. 4.4 Přehled bazénů Ozdravného centra Ještěrka	60
Tab. 4.5 Přehled parametrů bazénů areálu Tereza Břeclav	62
Tab. 4.6 Přehled parametrů bazénů Aquaparku Olomouc	65
Tab. 4.7 Přehled ploch a kubatur bazénů Sportovního a rekreačního areálu Kraví hora.....	68
Tab. 4.8 Přehled dezinfekčních úprav a parametry bazénů Sportovního a rekreačního areálu Kraví hora.....	71
Tab. 5.1 Orientační přehled nákladů vybraných technologií [84][83][81][74][73][69][70][85]	80

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Oblast Ninive a Babylon [7]	2
Obr. 2.2 Stabiovy lázně v Pompejích [8]	3
Obr. 2.3 Komplex v Římě, Caracalovy lázně [21]	3
Obr. 2.4 Sokolské koupaliště v roce 1930 v Olomouci, areál zanikl v polovině 80. let [9]	4
Obr. 2.5 Legionella pneumophila [78] (vlevo) a Améba Naegleria fowleri [79] (vpravo).....	11
Obr. 2.6 Technologické schéma obvyklé recirkulační úpravny vody [6]	14
Obr. 2.7 Válcový lapač vlasů [foto autor]	14
Obr. 2.8 Znázornění koagulace [22].....	15
Obr. 2.9 Vliv chemikálií používaných při úpravě bazénových vod na změnu pH [2] (převzato a upraveno).....	17
Obr. 2.10 Schéma dávkování chemie v bazénovém okruhu [58].....	18
Obr. 2.11. Technologické schéma bazénu [11]	19
Obr. 2.12. Vyrovnávací nádrž – řez a půdorys [11]	20
Obr. 2.13 Řídící a dávkovací stanice VA DOS [76]	23
Obr. 2.14 Příruční fotometr pro měření Cl a pH (vlevo) a tabletový tester s vizuálním porovnáním (vpravo) [65]	23
Obr. 2.15 MaR (vlevo) a regulační jednotka ProMinent (vpravo) [foto autor]	25
Obr. 2.16 Příklad použití regulační jednotky pro okruh s chlorovým dezinfekčním prostředkem [44]	25
Obr. 2.17 Příklad použití regulační jednotky pro systém dezinfekce chlorovým prostředkem vzniklým elektrolýzou soli [44]	26
Obr. 3.1 Závislost kyseliny chlorné a chlornanového aniontu na hodnotě pH [55].....	30
Obr. 3.2 Chlorační křivka a) bez přítomnosti amonných iontů (vlevo) a b) v přítomnosti amonných iontů (vpravo) [61].....	30
Obr. 3.3 Provozní sklad plynného chloru (vlevo) a dávkování plynného chloru (vpravo) [foto autor]	31
Obr. 3.4 Dávkování chlornanu sodného [foto autor]	32
Obr. 3.5 Systém pro výrobu a dávkování chlordioxidu od firmy ProMinent [70].....	33
Obr. 3.6 Schéma elektrolýzy chloridu sodného NaCl [71]	34
Obr. 3.7 Jednotka elektrolyzátoru [foto autor]	34
Obr. 3.8 Elektrolyzátor ProMinent s příslušenstvím [73]	35
Obr. 3.9 Generátor ozonu Lifetech [28] (vlevo) komponenty systému ozonizace (vpravo) [48]	39
Obr. 3.10 Recirkulace bazénové vody s ozonovou technologií podle DIN 19 643 [47]	40
Obr. 3.11 Elektromagnetické spektrum [63]	41

Obr. 3.12 Středotlaké UV lampy [58]	42
Obr. 3.13 Popis UV lampy [57]	42
Obr. 3.14 Porovnání emitovaných vlnových délek nízkotlakých a středotlakých UV lamp [30]	43
Obr. 3.15 Schéma zapojení UV lampy v systému [57]	43
Obr. 3.16 Porovnání oxidačního potenciálu jednotlivých metod [69]	44
Obr. 3.17 Tvorba OH radikálů pomocí ozonizace a UV záření [69]	45
Obr. 3.18 Graf – porovnání koncentrace vázaného chloru při použití různých typů technologií [69]	46
Obr. 3.19 Schéma technologie LifeOX®-M40 [69] (převzato a upraveno)	46
Obr. 3.20 Tři složky vázaného chloru [45]	47
Obr. 3.21 Porovnání koncentrace vedlejších produktů dezinfekce v [$\mu\text{g}/\text{l}$] při různých metodách dezinfekce [82] (převzato a přeloženo)	50
Obr. 4.1 Schéma areálu Letního koupaliště Riviéra [33]	51
Obr. 4.2 Pohled na brouzdaliště a neplavecký bazén (vlevo) a pohled na atrakci lanový most s lekníny v plaveckém bazénu (vpravo) [33]	52
Obr. 4.3 Reaktor a čističe (vlevo) a pohled do velké technické místnosti (vpravo).....	52
Obr. 4.4 Měřicí a dávkovací stanice Jesco (vlevo) a sklad lahví plynného chloru (vpravo) ...	53
Obr. 4.5 Generátor ozonu firmy Ozontech v TM koupaliště Riviéra	53
Obr. 4.6 Pohled na koupaliště Petynka s výhledem (vlevo) a dětský bazén s atrakcemi (vpravo) [20]	54
Obr. 4.7 Měřicí a regulační jednotka s dávkovacími čerpadly (vlevo) a ozonizace (vpravo) .	55
Obr. 4.8 Schéma areálu Letního koupaliště v Ostravě-Porubě	56
Obr. 4.9 Dávkovací čerpadlo plynného chloru (vlevo) a pohled na malý neplavecký bazén (vpravo)	57
Obr. 4.10 Dělicí stěna (vlevo) a láhve plynného chloru (vpravo).....	57
Obr. 4.11 Dětský bazén s atrakcemi.....	58
Obr. 4.12 Pohled do malé úpravný s barely chlornanu sodného (vlevo) a detail dětského bazénu (vpravo).....	58
Obr. 4.13 MaR jednotka a s dávkováním dezinfekčních činidel a korektorů pH v malé úpravně vody	59
Obr. 4.14 Plavecký bazén.....	59
Obr. 4.15 Řídící jednotka Poolactif (vlevo) a barel algicidu a korektoru pH (vpravo)	60
Obr. 4.16 Sondy k měření kvality vody (vlevo) a barely chlornanu sodného, korektory pH s dávkovacími čerpadly (vpravo)	61
Obr. 4.17 Rehabilitační bazén (vlevo) a detail dávkování chemikálií (vpravo)	61
Obr. 4.18 Plavecký bazén (vlevo) a dětský výukový bazén (vpravo).....	62

Obr. 4.19 Řídící jednotka s dávkovacími čerpadly	63
Obr. 4.20 Velký plavecký bazén (vlevo) a brouzdaliště (vpravo) [77].....	64
Obr. 4.21 Pískové tlakové filtry GRUNBECK	64
Obr. 4.22 Pohled na vnitřní relaxační a výplavový bazén (vlevo) a venkovní část (vpravo) ..	65
Obr. 4.23 Dětský vnitřní bazén a atrakce	66
Obr. 4.24 Dávkování chemikálií	66
Obr. 4.25 Jednotka ozonizace (vlevo) a tlakový rychlofiltr (vpravo)	67
Obr. 4.26 Provozní sklad plynného chloru (vlevo) a dávkování chloru (vpravo).....	67
Obr. 4.27 Schéma areálu Kraví hora v Brně [19].....	68
Obr. 4.28. Vnitřní prostor areálu Kraví hora – plavecká hala	69
Obr. 4.29 Měřicí a řídicí stanice s dávkovacími čerpadly a barely chemikálií	69
Obr. 4.30 Vlevo jednotka UV a vpravo měřicí sondy pro vířivku.....	70
Obr. 4.31 Pohled na venkovní areál [19]	71
Obr. 4.32 Schéma – venkovní bazény	71
Obr. 5.1 Využití primárního stupně dezinfekce pro kryté areály do 700 m ³ BV	73
Obr. 5.2 Využití primárního stupně dezinfekce pro kryté areály nad 700 m ³ BV	73
Obr. 5.3 Využití sekundárního stupně dezinfekce pro kryté areály do 700 m ³ BV	74
Obr. 5.4 Využití sekundárního stupně dezinfekce pro kryté areály nad 700 m ³ BV	74
Obr. 5.5 Využití primárního stupně dezinfekce pro venkovní areály do 1600 m ³ BV	76
Obr. 5.6 Využití primárního stupně dezinfekce pro venkovní areály nad 1600 m ³ BV	76
Obr. 5.7 Využití sekundárního stupně dezinfekce pro venkovní areály do 1600 m ³ BV	77
Obr. 5.8 Využití sekundárního stupně dezinfekce pro venkovní areály nad 1600 m ³ BV.....	77
Obr. 5.9 Schéma faktorů ovlivňujících použití metody dezinfekce [autor]	78
Obr. 5.10 Využívání vybraných technologií pro primární a sekundární stupeň dezinfekce	79

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

- A ... plocha [m²];
V ... objem [m³];
v ... rychlost proudění [m/s];
Q ... průtok [m³/s];
J ... jouly [W.s];
DUV ... dávka UV záření [mJ/cm²];
PVC... polyvinyl-chlorid;
PE ...polyethylen;
CHSK ... charakteristická spotřeba kyslíku;
CDC... Center for DiseaseControl and Prevention, Centrum pro kontrolu a prevenci nemocí;
LV ... lapač vlasů;
KTJ ... kolonie tvořící jednotku, jednotkou bývá 1 ml nebo 100 ml;
KNK_{4,5} ... kyselinová neutralizační kapacita [mmol/l];
TOC ...total organic carbon, celkový organický uhlík;
ORP ... oxidačně-redukční potenciál (redox);
KTJ ... kolonie tvořící jednotku;
UV ... ultraviolet, ultrafialové záření;
THM ...trihalogenmethany;
HAA... halogenoctové kyseliny;
HAN... halogenacetonitrily;
MX ... furanony;
MaR... automatický systém měření a regulace;
AOP ... advanced oxidation proceses, pokročilé oxidační technologie;
BV... bazénová voda;
THMs... trihalomethanes, trihalomethany;
HAAs ...haloacetic acids, halooctové kyseliny;
HANs... haloacetonitriles, haloacetonitrily;
THAs... trihaloacetaldehyde, trihalogenacetaldehyd;
CAMs... chloramines, chloraminy;
EGMO... electrochemically generated mixed oxidants, elektrochemicky generované směsné oxidanty (např. elektrochlorace);
N/A ...bez dat.

SUMMARY

The work presents an overview of swimming pool disinfection technologies of selected operations. Selected indoor and outdoor pool operations were to be described, and the use of chlorine and chlorine-free disinfectants was to be determined and the data evaluated.

These goals were met in the theoretical part of the thesis, which presents the current methods of treatment and disinfection of swimming pool water and compares their advantages and disadvantages. The comparison includes advantages and disadvantages, use and costs of disinfection methods, individual water quality indicators, and their importance and measurements. The work also focuses on microbiological and chemical health risks from swimming pool water.

The practical part described the technologies of swimming pool water treatment in six selected swimming pool operations, focusing on the use of chlorine and chlorine-free disinfectants and their operation. Another 27 operators in the Czech Republic (combined, indoor and outdoor) were contacted in writing for the survey. A total of 27 indoor and 23 outdoor operations were compared in the survey.

The health risks associated with swimming pool water are of two types - microbial and chemical. Microbial risks can be mitigated by chemical and physical methods that are effective against microbes, but some methods can result in additional chemical risks - the formation of disinfection by-products. Disinfection by-products have harmful effects on human health through long-term exposure. A suitable disinfection method removes microbial contamination while introducing the lowest possible additional chemical risk. The actual amount of disinfection by-products depends on the quality of the treated water, its composition, such as the amount of micropollutant, minerals, and other disinfection by-products precursors.

From a health point of view, the most promising currently available disinfection methods are advanced oxidation processes (AOP). These are specific combinations of ozonation with a medium-pressure UV lamp. Ozone-based AOPs: $O_3 + UV$ and $O_3 + UV + \text{chlorine}$, significantly reduce the concentration of trihalomethanes, chloramines, haloacetic acids, haloacetonitriles, and other disinfection by-products. However, further research into the effects of disinfection by-products of all used disinfection methods is needed. AOP methods still produce disinfection by-products, but significantly less than other methods such as chlorination, electrochlorination, UV radiation, or their combinations.

The survey of used methods of swimming pool water disinfection in the Czech republic discovered that the primarily used method of disinfection is chlorine, used by 96 % of swimming pool operations. Only 4 % of operations use chlorine-free methods. In the secondary stage of disinfection, 15 % of operations use AOP technology.

Chlorine disinfectants are currently the most widely used because AOPs technologies have high acquisition costs, and the cost of energy needed for their operation is rising in recent years. Swimming pool operators are responding to this situation with a compromise. Since chlorination is the cheapest method, They use chlorination and add additional UV lamps (medium or low pressure) or ozonation (Slip stream system or Low dose ozon system) to a few recirculation systems. According to the survey, 39 % of swimming pool operators have classified UV radiation as a secondary degree of disinfection for at least one recirculation system. 11 % of operators use ozonation for at least one recirculation system.

It is expected that the demand for chlorine-free forms of disinfection will increase with the economic development of Czech Republic and thus the number of establishments that will acquire AOP will also grow.

This diploma thesis may help swimming pool operators evaluate AOP methods when considering them as a long-term investment for health and water quality benefits.