

Technologický projekt úpravy bazénové vody

Bc. Jakub Machů

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub Machů**

Osobní číslo: **T12596**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Technologický projekt úpravy bazénové vody**

Zásady pro vypracování:

Teoretická část

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma Bazénové technologie.

Obecné informace o filtraci bazénové vody, úpravě a hygienickém zabezpečení ve veřejných bazénových provozech.

Praktická část

2. Provedte konkrétní případ projektového řešení v rámci projektu aquaparku

3. Vyhodnoďte energetickou a ekonomickou bilanci navržené bazénové technologie

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] BENDA, Jan. Koupelny, bazény, sauny. 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 2004, 204, s. ISBN 80-239-2970-4.

[2] ČSN 755050. Hospodářství pro dezinfekci vody ve vodohospodářských provozech. 04/2006. V Praze: Český normalizační institut, 2006.

[3] DIN 19643-1:2012-11. Úprava a dezinfekce vody v plaveckých bazénech a lázních. Německo: Německý ústav pro průmyslovou normalizaci, 2012.

[4] KRÍŠ, Jozef. Bazény a kúpaliska. 1. vydání. Bratislava: Jaga group, v.o.s., 2000. ISBN 80-88905-30-3.

[5] ŠTASTNÝ, Bohumil. Stavba a provoz bazénů. 1. vyd. Praha: ABF, 2003, 137 s. ISBN 80-861-6556-6.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

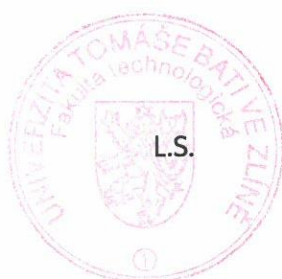
10. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

12. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan





prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně, 08. 04. 2014



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá technologickým projektem v návrhu řešení zařízení pro bazénovou technologii. V úvodní části je uvedena obecná informace o filtraci bazénové vody, úpravě a hygienickém zabezpečení ve veřejných bazénových provozech. Praktická část je zaměřená na konkrétní případ projektového řešení bazénů v rámci projektu aquaparku. To zahrnuje návrh pískových filtrů, návrh a optimalizaci oběhových čerpadel a s tím úzce spjatý výpočet ztrát v potrubí, použití chemikálií za účelem úpravy a desinfekce bazénové vody. Tato část byla graficky vymodelována ve 3D programu Autodesk Revit MEP 2013 jehož cílem bylo zvýšit efektivnost práce projektanta a docílit přesného výkazu výměr. Závěr se práce zabývá energetickou a ekonomickou bilancí navržené bazénové technologie.

Klíčová slova: bazénová voda, chemická úprava vody, UV-lampa, ozón, čerpadla, hydraulické ztráty v potrubí

ABSTRACT

The thesis is conducted to a technological project designing equipment solutions of pool technology. The introductory part provides general information about pool water filtering installations and sanitary ensuring in public operation. The practical part is focused on the specific case of project arrangements of the pools within the designed water park. This includes the design of sand filters, design and optimization of circulation pumps, and closely related calculation of losses in the pipes, usage of chemicals for treatment and disinfection of swimming pool water. This part was graphically modeled in a 3D program Autodesk Revit MEP 2013 with the aim to increase the efficiency of designer's work and to obtain the exact records of quantities. The conclusion deals with the energy and economic balances of the designed pool technology.

Keywords:

pool water, chemical treatment of water, UV-lamp, O₃, hydraulic losses in pipes

Touto cestou bych velmi rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc. za ochotu, pomoc a cenné rady při vedení a realizaci této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat kolegům z Centropjektu Group a.s. za cenné rady při zpracování projektové dokumentace. Svým rodičům, Lucii Divilové, její rodině za podporu po celou dobu studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE KOUPÁNÍ	12
1.1.1 Blahodárný vliv plavání na lidské zdraví.....	12
2 BAZÉNOVÁ TECHNOLOGIE	15
2.1 OBECNÝ PRINCIP CIRKULACE BAZÉNOVÉ VODY.....	15
2.2 FILTRACE	17
2.3 CHEMICKÁ ÚPRAVA BAZÉNOVÝCH VOD	22
2.3.1 Úprava pH.....	22
2.3.2 Koagulace a filtrace.....	24
2.3.3 Hygienické zabezpečení vody.....	24
2.3.4 Plynný, kapalný chlor.....	25
2.3.5 Ozón.....	28
2.3.6 UV záření	35
2.3.7 Zabezpečení vody proti řasám.....	38
2.4 OHŘEV BAZÉNOVÉ VODY.....	41
2.4.1 Typy zařízení pro ohřev bazénu.....	41
3 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ	45
3.1 PŘÍPRAVA STAVBY A PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE.....	45
3.1.1 Investiční záměr	45
3.1.2 Studie.....	45
3.1.3 Dokumentace pro územní řízení (DUR)	46
3.1.4 Dokumentace pro stavební řízení (DSP).....	46
3.1.5 Jednostupňový projekt (JP).....	46
3.1.6 Dokumentace pro výběr dodavatele (DVD).....	46
3.1.7 Realizační dokumentace (RD)	47
3.1.8 Dokumentace skutečného provedení stavby	47
SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	48
II PRAKTICKÁ ČÁST	49
4 CÍLE ŘEŠENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI	50
5 AQUAPARK CHORVATSKO	51
5.1 PROJEKTOVANÉ BAZÉNY	52
5.1.1 Filtrační okruh A - vlnový bazén + záliv	53
5.1.2 Filtrační okruh B – líná řeka	54
5.1.3 Filtrační okruh C – tobogány + dětský bazén	57
5.2 POPIS BAZÉNOVÉ TECHNOLOGIE.....	62
5.2.1 Úpravna vody:	62
5.2.2 Chlorovna.....	63
5.2.3 Bilance spotřeby vody:.....	63
5.2.4 Likvidace odpadních vod	63
5.2.5 Spotřeba elektrické energie technologie bazénu	64
5.2.6 Chemická úprava bazénové vody.....	64
5.2.7 Zdravotní zabezpečení vody	65

5.2.8	Stabilizace hodnoty pH	65
5.2.9	Zamezení biologického osídlení vody	65
5.2.10	Flokulační přípravek	65
5.2.11	Kontrola jakosti vody	67
5.2.12	Požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví	68
5.3	TECHNOLOGICKÉ VÝPOČTY NÁVRHU BAZÉNOVÉ TECHNOLOGIE.....	68
5.3.1	Objem vody v bazénu.....	68
5.3.2	Intenzita recirkulace (dle vyhlášky č.238/2011)	69
5.3.3	Čerpadla	69
5.3.4	Pískový filtr	71
5.3.5	Výpočet velikosti akumulární nádrže	74
5.3.6	Potrubí	74
5.3.7	Návrh a dimenzování UV lampy.....	75
5.3.8	Návrh a dimenzování O ₃ generátorů	76
5.3.9	Výpočet vtokových a sacích rychlostí osazovacích dílů.....	76
5.3.10	Bilance spotřeby vody	76
6	TLAKOVÉ ZTRÁTY V POTRUBÍ	79
6.1.1	Tlakové ztráty v potrubí – délkové	79
6.1.2	Tlakové ztráty v potrubí – místní	80
6.1.3	Geodetická výška	80
7	ENERGETICKÁ A EKONOMICKÁ BILANCE.....	84
	ZÁVĚR	86
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	88
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	90
	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
	SEZNAM TABULEK.....	94
	SEZNAM PŘÍLOH.....	95

ÚVOD

Zvyšování cen energií, tlak na efektivitu výrobních a technologických procesů vede kromě větších nároků na člověka také k vyšším požadavkům na stroje a technologická zařízení. Výjimkou není ani oblast bazénových technologií. Zvyšující se účinnost zařízení chemických a technologických provozů, důslednější sledování a zároveň přesnější regulace kvalitativních parametrů upravované vody nám umožňuje dosahovat stejných a mnohdy i lepších výsledků při potřebě menších energetických a materiálových vkladů do vlastního procesu úpravy bazénové vody.

Ve své diplomové práci Vám přiblížím princip bazénové technologie a samotnou projekci zahrnující dimenzování akumulčních (vyrovnávacích) nádrží, dimenzování potrubí, výpočet tlakových ztrát v potrubí potřebných ke správnému návrhu oběhových čerpadel, dmychadel, filtrů, UV lamp, Ozónu, nezbytných chemikálií, systému dopouštění a ředění bazénových vod. Způsob ohřevu bazénové vody se volí v závislosti na dostupnosti topného média, velikosti bazénu a provozních podmínek.

Cílem každého návrhu bazénu je dosáhnout hygienické bezúhonnosti, příslušné kvality bazénové vody pro daný bazén odpovídající vyhlášce č. 238/2011 v závislosti na teplotě vody v bazénu, správné volby filtračních jednotek, oběhovém výkonu a také vhodného dávkování chemikálií.

Spotřeba energie pro technologii bazénů vychází z potřeby udržet bazénovou vodu v dostatečné hygienické kvalitě a teplotě požadované pro daný typ bazénu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE KOUPÁNÍ

Koupání od svých počátečních forem až do dnešní doby bylo vždy součástí života jednotlivce i celé společnosti. Už ve starověku tedy 4000 - 2500 let před n. l. Asyřané, Indové, Egypťané a jiné národy znali léčebné účinky koupele a jejich vliv na udržení zdraví. Velmi rozvinuté bylo lázeňství ve starověkém Řecku. Střediskem kultury ducha i těla byla známá gymnasia s tzv. palestrou (cvičištěm), jejíž součástí byly teplovzdušné a vanové lázně a bazény. Vrcholu lázeňství dosáhli starověcí Římané. Znali všechny druhy lázní, včetně termálních krytých bazénů.

Spolu s úpadkem a zánikem Říše římské upadaly a zanikaly i mnohé typy lázní. Přispěl k tomu i středověk se svými filozofickými názory, které až do období humanismu nepodporovaly úctu k lidské důstojnosti, péči o blaho lidí a jejich všestranný rozvoj.

Za počátek éry plaveckých bazénů můžeme považovat rok 1920. Od té doby bylo v průmyslových státech Ameriky a Evropy, včetně naší země, postupně vybudováno tisíce veřejných a soukromých bazénů. V průběhu let, současně s výstavbou nových koupališť, aquaparků začal narůstat tlak na zdokonalování bazénové technologie úpraven vody. Vývoj této technologie je spojen se snižováním provozních nákladů, a proto výrobci čerpadel se snaží dosáhnout vyšších účinností při stejné nebo nižší spotřebě elektrické energie. Z provozního hlediska je čím dál častěji využíváno přírodních zdrojů jako jsou kolektor, různé výměňkové stanice tepla, rekuperátory, které využívají zbytkové teplo za jediným cílem a to minimalizovat provozní náklady.

1.1.1 Blahodárny vliv plavání na lidské zdraví

Plavání jako nejvhodnější tělesná aktivita ovlivňující zdraví člověka nelze nahradit jinou pohybovou činností. Odlišné teploty vzduchu a vody otužují celý organismus člověka, což působí preventivně proti nejrůznějším chorobám. Střídaté zatěžování jednotlivých částí lidského těla má pozitivní vliv na jejich celkové rovnoměrné rozvíjení, hlavně u dětí a mládeže

Při plavání působí na člověka neobvyklé prostředí a příznivě ovlivňuje jeho organismus. Nadlehčování hmotnosti vodou vyvolává příjemný pocit uvolnění a lehkosti. Umožňuje nadměrně zatěžovaným kloubům nenásilné pohyby, při nichž se střídá rytmické napínání a uvolňování svalstva. Posilují se svaly hrudníku, ramen, stehen a zvláště svalstvo zad, což

představuje prevenci onemocnění plotének. Soustavným plaváním zvyšujeme rozsah pohybu hlavně v ramenou, kolenou, v oblasti beder a v kotnících, jejichž ztuhlost způsobená sedavým zaměstnáním může činit problémy.

Vodní prostředí má rovněž pozitivní vliv na systém krevního oběhu. Samo ponoření do vody o teplotě 18 až 30 °C vyvolává většinou pokles tepové frekvence. Plavání ve vodorovné poloze pak významně ulehčuje práci srdce, neboť je podstatně usnadněn návrat krve z velkého oběhu.

Při dýchání v klidu je v činnosti asi pětina plicní hmoty, což má za následek, že se celá část plic dobře neprokrví. Při plavání jsou podmínky pro hluboké dýchání obzvláště příznivé. Tlak vody na hrudní stěnu napomáhá výdechu, dělá ho účinnější a nutí svalstvo hrudníku k intenzivnější práci. Velmi prospěšná je i rovnoměrná frekvence dýchání a zvýšení plicní kapacity. Pravidelné plavání vede k udržení pružnosti plicní hmoty a správné pohyblivosti hrudního koše až do pokročilého věku.

Velmi dobře působí vodní koupel na látkovou přeměnu. Pobytem ve vodě se několikanásobně zvyšuje energetický výdej, a to odvodem tepla, protože tepelná vodivost vody je 23krát větší než vodivost vzduchu. Proto také mají být děti a hubení lidé bez vrstvy tuku ve vodě kratší dobu. Zvýšená tepelná vodivost je při plavání příznivá pro organismus sportovce, protože teplo vyrobené prací není odváděno potem a nezatěžuje krevní oběh.

Rovnoměrný a rytmický svalový pohyb, hluboké a pravidelné dýchání, jemné dráždění hmatových a teplotních tělísek v kůži, vdechování čistého a parami nasyceného vzduchu těsně nad hladinou vody a modrá barva oblohy odrážející se na hladině, to vše působí blahodárně na naši mozkovou kůru a na naši nervovou soustavu.

Masážní účinek plavání na kůži celého těla je natolik významný, že se rovná léčebnému účinku. Lze ho dosáhnout hlavně při plavání proti proudu a v různých vířivých systémech, používaných v rekreačních bazénech.

Pobyt ve vodě a plavání je možno provozovat už od raného věku a až do pozdního stáří. Podmínkou je, aby voda splňovala požadovaná kritéria. Jde zvláště o požadavek odpovídající kvality a teploty vody. Doporučená teplota je 24 - 26 °C. Nižší teploty, hlavně pod 18 °C, kladou zvýšené nároky na krevní oběh a dýchací soustavu. Pro zdravé lidi mohou být tyto teploty vody při soustavném otužování prospěšné, protože posilují odolnost organismu.

Díky pravidelnému plavání se člověk stává zdravým, vytrvalým, otužilým a harmonicky rozvinutým jedincem. Při vystoupení z vody bychom měli být naplněni pocitem čistoty, osvěžení, příjemné únavy i pocitem znovunabyté síly. [9]

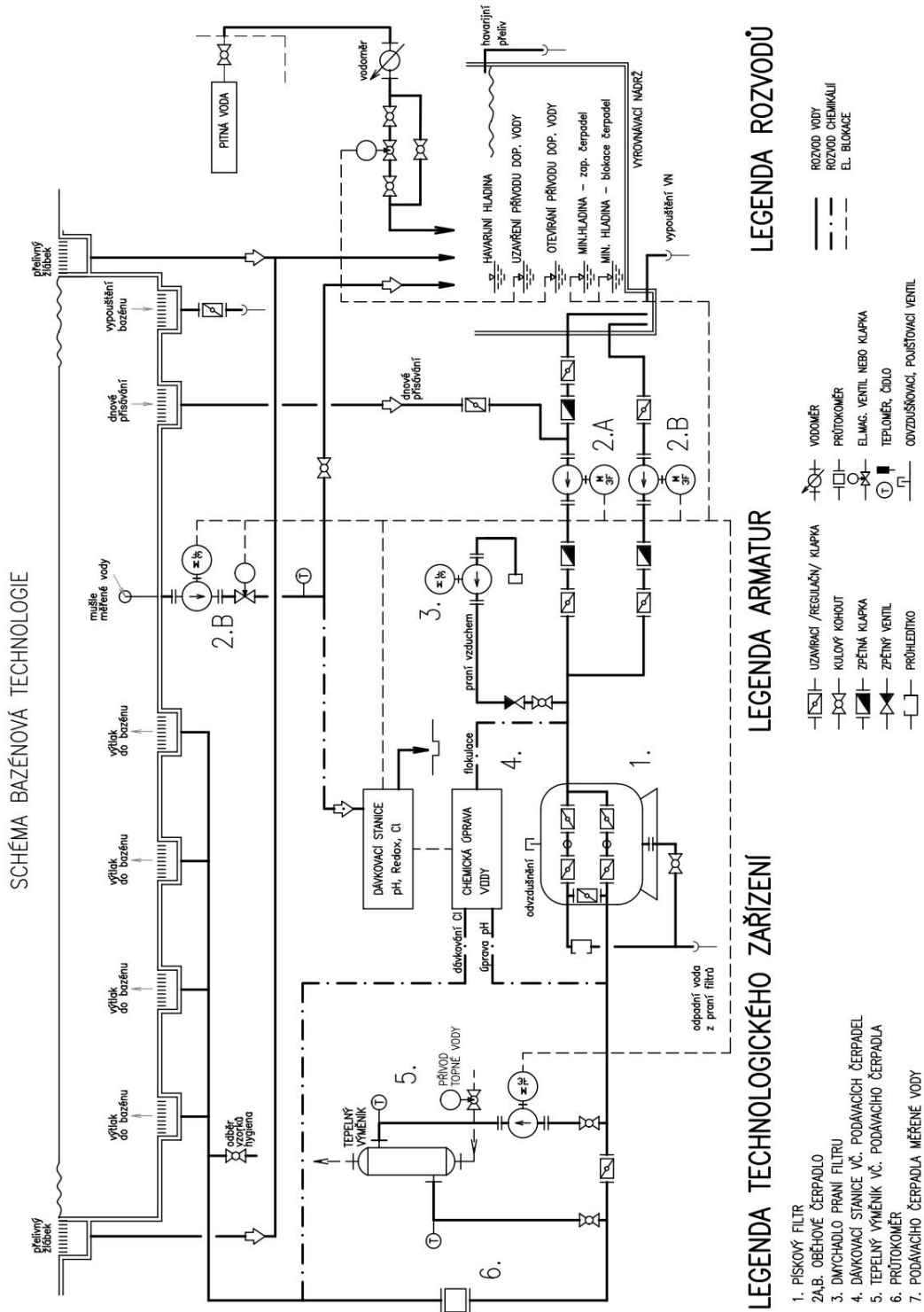
2 BAZÉNOVÁ TECHNOLOGIE

Bazénová technologie patří do oblasti více oborových projektů. Kloubí se zde projekty technické strojní, stavební, projekty procesní a projekty související s oborem hygieny a zdravotnictví. Témata řešení všech uvedených oborů nelze v diplomové práci obsáhnout, proto je práce zaměřena v některých částech obecně a v částech, které přímo souvisí s praktickou částí diplomové práce, je zaměřena konkrétně

2.1 Obecný princip cirkulace bazénové vody

Cirkulace vody v bazénu je zajištěna systémem dnových trysek, které přivádí upravenou vodu do bazénu. Tento systém zabezpečuje správné hydraulické poměry v bazénu a vylučuje vznik tzv. hluchých míst, která se mohou stát potencionálním zdrojem mikrobiálního znečištění. Dále se voda přelívá přes přelivný žlábek a samospádem teče do vyrovnávací nádrže. Vyrovnávací nádrž slouží k vyrovnávání hladiny vody v bazénu. Současně také slouží jako zdroj prací vody pro filtry. Z vyrovnávací nádrže je voda nasávána čerpadly a hnána na filtry. Čerpadla jsou jedinou hnací silou v celém recirkulačním systému. Na filtru voda protéká přes filtrační lože, které je složeno z křemičitého písku o rozdílných frakcích. Posledním krokem před vstupem přefiltrované vody do bazénů je automatické nadávkování dezinfekčního prostředku - plynného chloru. K zabezpečení účinné filtrace se před filtrem ještě automaticky dávkuje flokulační činidlo, které způsobí, že velmi malé částice nečistot (mechanickou filtrace neodstranitelné) se začnou shlukovat a vytvoří větší částice tzv. vločky, které jsou již zachytitelné na filtru. Pro správně probíhající dezinfekci a vyvločkování se upravuje dle potřeby pH. Korekce pH se provádí za filtrem.

Veškeré dávkování chemikálií je prováděno automaticky dle aktuálního vyhodnocení jednotlivých kvalitativních parametrů vody v bazénu kontinuálním měřicím zařízením. Každý filtrační okruh má vlastní kontinuální měřicí a dávkovací zařízení.



Obr. 1. Schéma bazénové technologie

2.2 Filtrace

Průhlednost vody je závislá na zákalu, který je způsoben koloidními a partikulárními částicemi rozpuštěnými ve vodě. Tyto částice lze za určitých podmínek zachytit na filtračním zařízení. Aby však bylo možno efektivně odstranit zákal a zbarvení vody, je potřeba přidávat chemikálie. Pro kontaktní rychlofiltraci se jako hlavní čířící chemikálie používá síran hlinitý. Čířením se v jednostupňové separaci na filtrech odstraní koloidní částice včetně organických látek, které do vody přinesli lidé. Filtrační rychlost se navrhuje v závislosti na vstupních parametrech. Běžně se pohybuje mezi 25-40 m/h. čím je větší rychlost filtrace, tím je nižší účinnost filtru, a naopak. Současně platí, že čím je menší rychlost filtrace, tím jsou větší náklady na pořízení a provoz filtru. Při návrhu filtru se musí počítat s faktory, kterými jsou návštěvnost, filtrační rychlost, plocha filtru, velikost filtru, náplň filtru, necirkulované množství a materiál filtru. Kapacita filtru musí být vždy navrhována pro maximální zatížení. U rekonstrukcí či v novém bazénovém provozu se zpravidla navrhnou dva filtry. Bazén pak lze provozovat ekonomičtěji, s ohledem na aktuální zatížení.

Typy filtrů:

Všechny filtry mají v zásadě stejnou konstrukci, liší se pouze výškou, tvarem, materiálem, filtračním médiem a konstrukčním provedením. Dělí se na gravitační nebo tlakové. Gravitační, tzv. otevřené filtry se vyskytují pouze u starších provozů a postupně jsou nahrazovány tlakovými. Tlakové, tzv. uzavřené filtry musí být konstrukčně řešeny tak, aby splňovaly řadu provozních požadavků - maximální provozní tlaky, automatické odvzdušnění, měření tlaku a průzor. Vyrábí se z šedé oceli, ušlechtilá oceli, polypropylenu a laminátu. Jedná se o stojaté nádoby obsahující filtrační materiál, podle kterého se rozdělují na filtry:

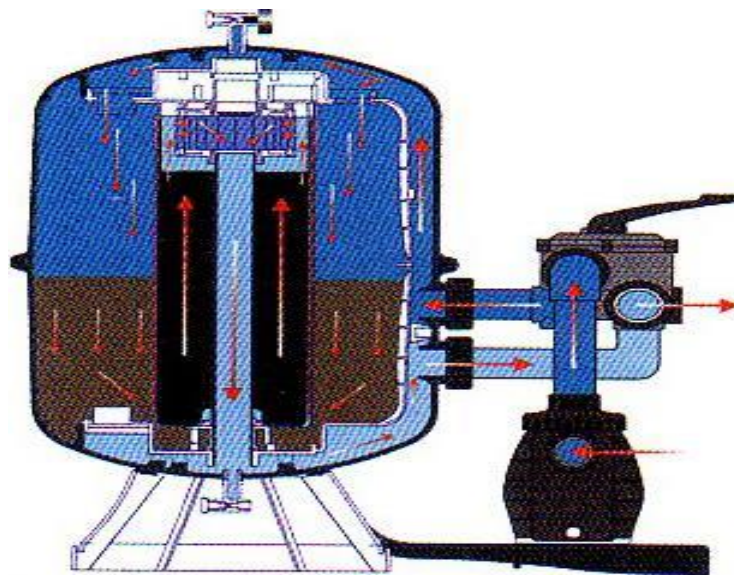
- Pískové
- Náplavové
- kartušové, látkové, pěnové (molitanové)

Pro privátní bazény se využívají především filtry kartušové, látkové či pěnové. Jedná se sice o levnější variantu, avšak obsluha je ve srovnání s pískovými filtry mnohem pracnější. Pískové filtry se používají ve veřejné sféře, především díky své účinnosti a jednoduchosti.

Pískové filtry

Používají se ve veřejných bazénech. Jsou tvořeny tlakovou nádobou naplněnou křemičitým filtračním pískem, přes který je filtrována voda. Minimální výška filtrační vrstvy

filtrů u rodinných bazénů musí být 500 mm. U veřejných provozů se doporučuje výška 1000 mm. Písková vrstva postupně zachytává mechanické nečistoty a na spodu je pomocí filtračních hlavic odebrána přefiltrovaná voda. Písková filtrační vrstva má životnost cca 10-20 let. Filtr bývá jednovrstvý nebo vícevrstvý. Vrstvy a frakce jsou voleny podle provozních potřeb. Ovládání (filtru, tj. přepínání z filtrace na praní apod., je zajišťováno pomocí šesticestného ventilu nebo armaturní sestavy. (U rodinných bazénů se zpravidla užívá šesticestných ventilů. U veřejných provozů je většinou navrhována armaturní filtrační sestava.) Ovládání může být ruční nebo automatické. Pískové filtry mají složitější konstrukci než filtry vložkové, čemuž odpovídá i jejich vyšší pořizovací cena. Ta je pak kompenzována nižšími provozními náklady, neboť není nutná tak častá výměna náplně filtru.



Obr. 2. Řez pískovým filtrem



Obr. 3. Uspořádání více pískových filtrů paralelně

Náplavové filtry

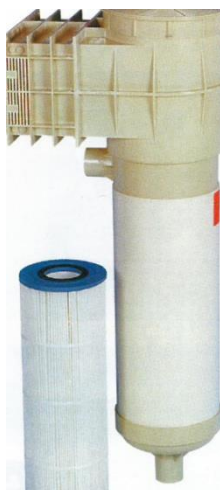
Představují zvláštní kategorii filtrů, kdy naplavenou tenkou filtrační vrstvou tvoří speciální rozsvíkové zeminy. Jde o jednoduchý systém nízkotlaké, resp. podtlakové filtrace se zachytem i velmi malých nečistot. Vzhledem k časté obměně filtračního materiálu (při každém praní filtru) patří k provozně dražším zařízením. U nás se běžně nepoužívají.



Obr. 4. Náplavový filtr

Kartušové, pěnové a látkové filtry

Uvnitř obalu mají vložku z kartušového, pěnového nebo látkového materiálu, která zachycuje mechanické nečistoty různé velikosti. Filtrační vložka je vyjímatelná, čistí se proplachem vodou mimo nádobu filtru. Životnost vložky je omezená, lze ji však měnit. Výhodou těchto filtrů je velmi jednoduchá konstrukce, a tudíž i nižší pořizovací cena. Musíme však zhodnotit, jak často bude nutné vložku měnit a jak se tato výměna odrazí v provozních nákladech. Nevýhodou je i jejich velmi malá kalová kapacita, takže jsou použitelné pouze u málo zatížených bazénů. Nejčastěji se uplatňují u rodinných bazénů nebo whirlpoolů.



Obr. 5. Kartušový filtr

Filtry na principu membránové filtrace

Membránové procesy jsou separační techniky, které k separacím využívají polopropustné membrány. Ty umožňují průchod malých molekul, zatímco velké molekuly zůstanou před membránou. Mezi membránové procesy řadíme především reverzní osmózu (hyperfiltraci), ultrafiltraci a mikrofiltraci. Větší uplatnění membránových procesů lze předpokládat spíše v budoucnosti (kvůli jejich vysoké finanční náročnosti).

Praní filtrů

Různé filtrační náplně potřebují i rozdílnou frekvenci praní. Účinnost praní filtru je ovlivněna průtokem, který musí být takový, aby došlo k dokonalému odstranění všech nečistot. Praní filtru se provádí vodou, u větších filtrů i vzduchem. Existuje i filtr, v kterém je možné pomocí uzávěrů obrátit směr průtoku vody. Běžně je voda filtrována od shora dolů. Při

speciálním praní je směr vody opačný a prací voda je přiváděna spodem pod mezi dno. Přeb filtrační hlavice je pak vedena náplní filtru směrem vzhůru a odváděna horem do kanalizace. Aby nebylo zapotřebí tolik prací vody, užívá se k praní i vzduch. Ten způsobuje posuv jednotlivých zrn písku, která se o sebe otírají, čímž se uvolňují nečistoty na nich zachycené. K dodávce stlačeného vzduchu slouží dmyhadla o výtlaku cca 5 metrů vodního sloupce. Potřeba pracího vzduchu pro filtr je 60-90 m³/m² za hodinu. [20]

2.3 Chemická úprava bazénových vod

Vzhledem k možnosti šíření infekčních onemocnění (cholera, hepatitida, tyfus) a biologickému znečištění v bazénové vodě je nutné klást důraz na takové zdravotní a biologické zabezpečení vody, aby uživatelé bazénu byli před těmito riziky spolehlivě ochráněni, a přitom nebyli ohroženi použitými chemikáliemi. Pokud jsou tyto látky (chlor a další) užity správně, chovají se jako dezinfekční a oxidační činidla.

Chemická úprava bazénových vod zahrnuje:

- Úpravu pH
- Koagulaci a filtraci
- Hygienické zabezpečení vody
- Zabezpečení vody proti rozvoji řas

2.3.1 Úprava pH

Udržování pH vody v bazénu v požadovaných mezích je velmi důležité pro zajištění efektivní dezinfekce, koagulace a ochrany přístrojů. Jestliže je pH příliš nízké, pod 6,5, je větší pravděpodobnost výskytu jemných nerozpuštěných látek ve vodě a voda se stává agresivnější k technologickým zařízením a materiálům. Jakmile se pH přiblíží hranici 8,0, ztrácí volný chlor svoji aktivitu — pouze 20 % volného chloru je okamžitě k dispozici jako kyselina chlorná k usmrcení choroboplodných zárodků. Ideální je udržovat hodnotu pH kolem 7,4, což je úroveň blízká hodnotě pH lidského oka, které pak není vodou drážděno. Druh požadované chemikálie pro udržení pH v uvedených mezích závisí na chemické reakci vody a vodním zdroji. K bazickým látkám patří hydrogenuhličitan sodný. K úpravě pH do kyselých oblastí se používá kyselina chlorovodíková, případně kyselina sírová.



Obr. 6. Úprava - měření pH, Cl, Redox

Vliv nízkého a vysokého pH na kvalitu vody v bazénu

V následné tabulce jsou uvedeny základní nevýhody hraničních hodnot pH vody v bazénových provozech.

Nízké pH	Vysoké pH
ničení technologického zařízení	nárůst znečištění
červené oči, pálení	nižší efektivita chloru
padání vlasů	zanášení filtračního systému
zhoršení kvality vody	zhoršení kvality vody
nežádoucí zabarvení vody	vysušování pokožky
zakalení vody	zakalená voda
zhoršení koagulačního procesu	usazování látek na stěnách

Tab. 1. Vliv nízkého a vysokého pH na kvalitu vody v bazénu

2.3.2 Koagulace a filtrace

Funkční koagulace výrazně přispívá k dobré kvalitě bazénové vody. Používá se k odstranění koloidních a nerozpustných látek. Celý proces je založen na dávkování flokulantu produkujícího vločky, ve kterých se zachytí výše zmíněné látky, které jsou snadněji zfiltrovány na filtru. Pro úpravu bazénových vod se používá flokulant síran hlinitý. Koagulační efekt značně závisí na hodnotě pH, místu dávkování a velikosti dávky flokulantu. Doporučuje se, aby hodnota KNK (kyselinová neutralizační kapacita) byla v rozmezí 0,8-1,2 mmol⁻³.

2.3.3 Hygienické zabezpečení vody

Dezinfekční činidlo má za úkol rychle usmrtit bakterie a viry a oxidovat ostatní nežádoucí látky (pot, moč, částičky kůže, hleny). Voda musí být dezinfikována v celém recirkulačním systému, ale především přímo v bazénu (vytvoření rezidua), kde koupající přicházejí do styku se znečištěnou vodou. K tomu slouží dezinfekční metoda založená na dávkování halogenů a jejich produktů, čímž dojde k vytvoření požadované zbytkové hodnoty přímo v bazénu. V České republice je nejvíce rozšířeno používání chloru a jeho derivátů, v zahraničí se aplikuje vedle chloru i brom a jod.

Nejčastěji se používají:

- **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.

Vedle zmíněných dezinfekčních činidel se používají i jiné způsoby zdravotního zabezpečení vody, které dezinfikují vodu pouze v místě aplikace, avšak nezajišťují potřebné reziduum v bazénové vodě. Tyto způsoby je proto nutno kombinovat ještě s chlorem.

K nejpoužívanějším způsobům patří kombinace chloru

- **ozonem;**
- **UV zářením;**
- peroxidem vodíku;

- ionty těžkých kovů, např. mědi, stříbra;
- ionizací.

Hlavní výhodou těchto způsobů dezinfekce je v tom, že jsou schopny působit i na některé mikroorganismy, na něž běžné dávky chloru nestačí.

Výběr dezinfekčního činidla závisí na mnoha faktorech, z nichž nejdůležitější jsou:

- zda-li se jedná o nekrytý či krytý bazén;
- účel bazénu - bazén rehabilitační, zábavný, plavecký nebo rodinný
- velikost bazénu a jeho tvar
- chemické parametry vody použité pro napouštění bazénu
- zatížení bazénu koupajícími
- recirkulační množství — kapacita úpravny
- bezpečnost a provozní zajištění bazénu
- teplota vody
- vliv tvorby vedlejších produktů.

Opomenutí těchto faktorů již při projektovém zpracování může později vést k provozním problémům při zajišťování požadované kvality vody, která je dána platnou vyhláškou 464/2000. Nelze také opomenout vliv tvorby vedlejších produktů. Bohužel tomu u nás nebyl v minulosti přikládán patřičný význam a ani v současnosti se situace nelepší. Poslední výzkumy prokazují negativní důsledky působení vedlejších produktů nejen u spotřebitelů pitné vody, ale i u návštěvníků bazénů a koupališť. (Šťastný, 2003, s. 67-69)

2.3.4 Plynný, kapalný chlor

Při procesu úpravy bazénové vody je důležitá jedna velmi zásadní podmínka, desinfekční účinek musí mít residuální charakter (tzn., musí ve vodě přetrvat relativně dlouhou dobu).

Chlor se používá pro desinfekci vody již zhruba 100 let. Jeho účinky a funkce jsou za tu dobu velmi dobře známé. Výhodou také je, že v sobě spojuje desinfekční i oxidační účinek s residuálním charakterem! Residuální účinek desinfekce v bazénové vodě je potřebný pro to, aby ošetřená, vydesinfikovaná voda přitékající z technologie úpravy, v bazénu vydržela bez i při mikrobiologické kontaminaci. Dalším neoddiskutovatelným faktem hovořícím pro použití chloru je jeho nízká cena ve srovnání s jinými technologiemi používanými pro desinfekci bazénové vody. Dávkování chloru je veli-

ce snadné a lehce kontrolovatelné. Chlor je dostupný jako čistý plyn nebo ve formě sloučenin jako kapalina nebo pevná látka.

V poslední době nemá chlor jako desinfekční látka v bazénové technologii mezi širokou veřejností příliš dobré jméno. Média informují o možném karcinogenním účinku produktů chlorace vody, sami návštěvníci některých bazénů si stěžují na zápach, pálení očí a sliznic, vysušování pokožky.

Je důležité si uvědomit, že samotný volný chlor, který vodu desinfikuje a oxiduje nečistoty, nezapáchá ani nedráždí a nemá pro lidský organismus škodlivý účinek. Samozřejmě v koncentracích, ve kterých se v bazénové vodě vyskytuje. Teprve po reakci s organickými nečistotami obsahujícími dusík, vzniká tzv. vázaný chlor. Vázaný chlor v bazénové vodě je tvořen zejména chloraminy (monochloramin, dichloramin, trichloramin), což jsou látky dráždivé a zdraví škodlivé, ale ne karcinogenní (látky souhrnně označované jako THM (trihalometany - jsou silně podezřelé z karcinogenity a za určitých podmínek mohou vznikat i v bazénové vodě)! Teprve tento vázaný chlor může za všechny výše jmenované nepříjemnosti. Ve správně ošetřené vodě s použitím kvalitní technologie úpravy vody lze výskyt vázaného chloru významně omezit tak, aby nezpůsobil nepříjemné problémy koupajícím se.



Obr. 7. Dávkování plynného Chloru do potrubí

Chlornan sodný NaClO:

Chlornan sodný označován jako tekutý chlor obsahuje v každém litru pouze 14% aktivního chloru, a to pouze velmi krátkou dobu po výrobě. V letních měsících jsou to jenom tři týdny, kdy je chlornan ještě čerstvý, ale následujících dvou týdnů klesne obsah aktivního chloru na 5%. V případě, že se na bazén dostane starý chlornan tak je do vody přidávána naprosto dezinfekčně neúčinná látka. Dochází ke zvyšování dávkování a velmi výraznému prodražování provozu bazénu.

Dalšími složkami chlornanu sodného je hydroxid sodný NaOH, který tvoří 12% objemu a uhličitan sodný Na₂CO₃ tvoří 20% objemu chlornanu. Toto složení způsobuje radikální zvyšování hodnoty pH. Ke snížení pH se většinou používá kyselina sírová, která jednak zvyšuje chemické zatížení bazénové vody a výrazně prodražuje provoz bazénu.

Při použití chlornanu sodného jsou nízké počáteční náklady na dávkovací zařízení. Přínosem je i snadná přeprava a manipulace v místnosti strojovny. Zvýšená opatrnost a používání ochranných pomůcek je nezbytné v případě přelívání a přečerpávání chlornanu. Velkou nevýhodou chlornanu sodného je jeho složení. Obsahuje pouze 14 % aktivního chloru a zbylé složky zbytečně zvyšují pH a zatěžují vodu. Skladování chlornanu sodného na delší čas dopředu je nemožné vzhledem k jeho nestálosti a tak je nutné se neustále zásobovat. Častou dopravou se opět prodražují provozní náklady.

Plynný chlor

Plynný chlor v tlakových lahvích je prakticky zcela čistý dezinfekční prostředek bez vedlejších nežádoucích účinků. Ve skutečnosti se jedná o kapalný chlor, protože je v tlakové nádobě stlačen a zkapalněn. Při dávkování se uvolňuje malé množství do vody ve formě plynu.

Plynný chlor umožňuje velmi přesné dávkování včetně automatické regulace. Tento systém zabezpečuje stejné kvalitativní dávkování dezinfekčního prostředku do vody a snižuje tak provozní náklady. Nevýhodou použití plynného chloru je vyšší počáteční investice spojená se souvisejícím bezpečnostním zajištěním místnosti chlorovny. Mezi výhody patří příznivý vliv na pH, nezpůsobuje nežádoucí chemické zatížení bazénové vody a je možné skladovat plynný chlor po dlouhou dobu bez jakéhokoliv vlivu na účinnost dezinfekce.

Zabezpečení chlorovny proti úniku plynného chloru:

V chlorovně je umístěn senzor pro automatickou detekci úniku plynného chloru, který při případném úniku chloru automaticky spustí světelnou a akustickou signalizaci a zapne přívod vody do sprchy.

- automatický systém pro detekci úniku chloru
- optická a akustická signalizace úniku chloru
- zabezpečení případného úniku chloru vodní clonou (sprcha, čidla)
- sada ochranných bezpečnostních pomůcek - plynová maska s filtrem proti plynnému chloru, sada těsnění, lahvička se čpavkovou vodou, bezpečnostní víčko na chlorovou lahev s odpouštěcím ventilem
- veškeré bezpečnostní označení
- systém odvětrávání chlorovny, optická signalizace

Pro zajištění bezpečnosti při dávkování plynného chloru je systém rozvodu chloru opatřen následujícími bezpečnostními a kontrolními prvky:

- bezpečnostní ventil s kuličkou, který zamezuje vniknutí vody ke chlorátoru a do tlakové chlorové lahve.
- hlídač/rušič vakua, který zamezuje nahromadění plynného chloru v systému rozvodu chloru při náhlém vypnutí oběhu bazénové vody.
- bezpečnostní (odfukovací) ventil s patronou s aktivním uhlím

2.3.5 Ozón

V bazénových technologiích můžeme ozonizační stupně nalézt:

- u veřejných bazénů, zejména u vysoce navštěvovaných, kde je možno očekávat velké znečištění vody koupajícími se v rekreačních bazénech a vodních parcích, kde chceme zajistit příjemnou atmosféru neovlivňovanou nepříjemným pachem chlorových sloučenin s amoniakem, močovinou atp.
- u terapeutických bazénů v nemocnicích a sanatoriích za účelem likvidace mikroorganismů a virů

Ozón v závislosti na koncentraci a době kontaktu reaguje s řadou sloučenin včetně organického znečištění a to ve dvou formách:

- přímo jako samotná molekula ozonu
- nepřímo ve formě hydroxylových radikálů

Obě formy působí jako silná oxidační činidla, avšak hydroxylové radikály se velmi rychle rozkládají, proto nemohou působit jako zdravotní zabezpečení. V kyselém prostředí je ozon přítomen převážně ve formě prvotní ozonové molekuly. Při vyšším pH se ozon rychle rozpadá na hydroxylové radikály. Díky těmto vlastnostem má ozon důležité místo při úpravě bazénových vod. V bazénových vodách již mikro znečištění o malých koncentracích cca 1 µg/l působí sensorické a fyziologické problémy. Mezi mikro znečištění patří mimo jiné také mikrofauna, mikroflora, viry a jejich produkty metabolismu.

Hlavní důvody pro aplikaci ozonu v recirkulačních systémech lze tedy shrnout takto:

- likvidace bakterií
- inaktivace virů
- oxidace organických látek: fenolů, amoniaku, močoviny, detergentů
- redukce obsahu rozpuštěného organického uhlíku
- redukce tvorby trihalomethanů (THM)
- snížení koncentrace výchozích látek (prekurzorů) pro vznik THM

Zásadním problémem při úpravě bazénových vod je určení vhodné velikosti dávky, způsobu směšování ozonu s vodou, místo dávkování a doby zdržení tak, abychom dosáhli požadovaných účinků a současně minimalizovali investiční náklady. [5]

Působení ozonu na bakterie:

Existuje mnoho pohledů na ozonizaci vody v plaveckých bazénech.

- není vždy jasné, zda se hovoří o zbytkové koncentraci ozonu nebo o koncentraci dávky ozonu nezbytné pro určitý mikrobiologický efekt
- otevřenou zůstává i otázka analytické metody pro stanovení koncentrace ozonu ve vodě
- velice diskutovaný je i problém možnosti opětovného růstu mikroorganismů

Je nutno zdůraznit - ani významná zbytková koncentrace ozonu negarantuje úplnou desinfekci vody. Částice anorganického resp. organického původu mohou chránit organizmy před působením desinfektantu.

Z uvedeného je zřejmé, že stanovení jednoznačné hodnoty dávkování ozonu je problematické.

Je mnoho znalostí o mechanismu rozkladu ozonu a o fyzikálně chemických faktorech přispívajících k jeho reaktivitě, avšak pro jeho praktické aplikace je třeba dokázat kvantifikovat dávky ozonu. Z důvodu sjednotit pohled na stanovení nutné dávky desinfektantu byl zaveden koeficient úmrtnosti mikroorganismů A.

$$A = \frac{4,6}{C \cdot T} \quad (2.3.5.1)$$

Kde:

C - zbytková koncentrace desinfektantu, [mg / l]

T - kontaktní doba mikroorganismů, [min]

Součin CT nám vyjadřuje jakou dobu zdržení je nutno zajistit při dané koncentraci desinfektantu, abychom dosáhli snížení počtu mikroorganismů o dva řády. Z výsledků uvedených v tab. 2 plyne, že ozon je o jeden až dva řády účinnější než chlor resp. chloramin. (Čím nižší hodnota součinu CT tím vyšší koeficient úmrtnosti a tedy i silnější efekt desinfekce). Jak se dalo očekávat, bakterie jsou citlivější vůči desinfekci než viry, navíc účinnou inaktivaci cyst resp. oocyst je možno zajistit pouze ozonem.

Nutno ještě podotknout, že čas T by měl být uvažován jako skutečná doba kontaktu ozonu v reakční nádobě.

Na základě posledních výsledků výzkumu jsou uvedeny v tab. 2. hodnoty C. T [mg. min /l] nezbytné k inaktivaci hlavních patogenních organismů o 99% (log 2) [5]

Mikroorganismus:	Ozon pH: 6-7	Chlor pH: 6-7	Chloramin pH: 8-9
E. coli	0.02	0.03 - 0.05	95 - 180
Poliovirus 1	0.1 - 0.2	1.1 - 2.5	770 - 3500
Rotavirus	0.006 - 0.06	0.01 - 0.05	2810 - 6480

Giardia lamblia cysty	0.5 - 1.6	30 - 150	750 - 2200
Cryptosporidium oocysty	2.5 - 18.4	7200	7200 (log 1)

Tab. 2. Vliv jednotlivých mikroorganismů na lidský organizmus

Escherichia coli osidluje zažívací trakt a mohou způsobovat zánětlivá a hnisavá onemocnění. Jak již bylo zmíněno, výše jsou indikátorem fekálního znečištění vody. Giardia lamblia způsobuje u lidí střevní průjemová onemocnění. Polioviry jsou velmi rezistentní vůči fyzikálním a chemickým vlivům a mohou způsobit dětskou obrnu. Rotaviry způsobují průjmy malých dětí. Cryptosporidium je relativně nejnovější patogen. Je to prvok parazitující na člověku, savcích, ptácích i rybách. V roce 1976 byly zaznamenány první případy onemocnění kryptosporidiózou u lidí. Tento prvok je vysoce zdravotně nebezpečný, důvodem je jeho vysoká životnost ve vodě, vysoká odolnost vůči chloru, k onemocnění stačí nízká infekční dávka. V osmdesátých letech proběhlo v Severní Americe několik velkých nákaz z pitné vody a mimo jiné byl infikován i bazén v Los Angeles. [5]

Působení ozonu na viry:

Koliformní bakterie nereagují na technologie úpravy vody stejně jako viry, tedy jako indikátory virového znečištění nevyhovují. Jako vhodný indikátor se jeví kolifág, který je na mnoha pracovištích brán jako - indikátor fekálního virového znečištění.

Z prací francouzských vědců Caneho a Coina plyne, že k inaktivaci polioviru typu 1, 2 a 3 z 99.9% je třeba udržovat zbytkovou koncentraci ozonu 0,4 ppm po dobu 4min. Opět platí, že přítomnost organických látek ve vodě má za následek zvýšení spotřeby ozonu k jejich oxidaci. Katzenelson taktéž prováděl testy na polioviru a zjistil, že 99,5% virů bylo inaktivováno za 8sec. Úplná inaktivace proběhla v časovém intervalu 1 - 5 min při dávce ozonu 0,5ppm. Dále bylo zjištěno, že viry mají tendenci tvořit shluky a tak se brání ataku ozonu. Kessl se svými spolupracovníky provedl porovnání účinků chloru a ozonu na poliovirus s těmito výsledky.

chlor: při dávce 0,5 - 1 mg/l se letální účinky projeví za 1,5 až 2 hod.

ozon: při dávce 0,05 - 0,45 mg/l se letální účinky projeví již za 2 minuty. [5]

Oxidace organických látek:

Nejdůležitější reakce ozonu s organickými látkami jsou založeny na rozštěpení dvojných uhlíkových vazeb. Probíhající reakce ozonu jsou následující:

- přímá reakce s organickými látkami
- reakce volných hydroxylových radikálů

Během těchto procesů vznikají aldehydy a ketony, jež jsou nutrienty pro bakterie, které jsou vždy přítomny v cirkulačním potrubí úpravny vody. Je bezpodmínečně nutné, aby po ozonizaci následoval biologický stupeň čištění.

Zde nastupuje úloha filtrů s vrstvou změkčeného aktivního uhlí (AC vrstva), které umožňují:

- rozklad ozonu ve vodě (vrchní část AC vrstvy), kdy destrukce zbytkového ozonu probíhá v několika centimetrech horní vrstvy
- pomáhají odstranit chemické látky a vedlejších produkty ozonizace adsorpcí
- rozklad výše uvedených produktů a látek biologickou aktivitou bakterií na povrchu AC vrstvy - probíhá tzv. biodegradace. [5]

Trihalomethany a ozonizace:

Provoz bazénů různého druhu vyžaduje v současnosti věnovat větší pozornost látkám, které vznikají ve vodě jako vedlejší produkty desinfekce chlorem, resp. chlornanem sodným. Do této skupiny patří také trihalomethany. Přítomnost těchto látek ve vodě představují jistá zdravotní rizika. Bylo prokázáno, že tyto látky jsou karcinogenní. Trihalomethany (THM) jsou značně těkavé látky, které mohou z vody unikat a dostávají se do lidského organismu inhalací.

Koncentrace THM ve vodě závisí zejména na obsahu jejich prekurzorů, dávce chloru, reakční době, pH a částečně i na teplotě. THM molekuly jsou relativně malé je tudíž problém je odstranit konvenčními procesy. Ozon má pouze omezený účinek při odstranění THM. Filtry s AC vrstvou jsou schopny odstranit tyto látky avšak jejich kapacita je omezená. Tvorbu THM lze prakticky omezit snížením obsahu prekurzorů ve vodě. V praxi to znamená použít ozonizačního stupně s následnou filtrací na vrstvě s aktivním uhlím.

Ještě jednou je nutno zdůraznit, že plná výhoda úpravy vody ozonizací může být získána pouze při použití filtrů s aktivním uhlím. Systémy, kde přebytek ozonu je eliminován pomocí chemikálií, nebo ve kterých je ozon dávkován před pískový filtr jsou systémy pouze částečně efektivní. Neboť jedna z nejdůležitějších činností - odstranění močoviny a jiných organických nečistot respektive jejich sloučenin z vody je neúplná. [5]

Praktické doporučení k ozonizaci bazénových vod:

Použití ozonu zpravidla závisí na typu bazénu a jeho zatížení. Nejčastěji používané technologie jsou:

Plná ozonizace

Jedná se zpravidla o dávky ozonu 0.8 - 1.2 mg /l O₃ s dobou kontaktu nejméně 3 minuty. Uspořádání ozonizačního stupně je potom následující - výroba ozonu v ozonizátoru, injektáž ozonu do vody tak, aby bylo zajištěno řádné promísení se surovou vodou, zdržení v reakční nádobě minimálně 3 minuty a následná filtrace například na vícevrstevném filtru s vrstvou zrněného aktivního uhlí. Nezareagovaný ozon je odstraněn v destrukturu ozonu. Tato technologie se používá zejména pro veřejné bazény, kde požadavek na vysokou kvalitu vody je prvořadou záležitostí. Jestliže se zákazník rozhodne pro ozonizační stupeň, potom na základě výše uvedených účinků ozonu považujeme toto řešení jako jediné správné.

Částečná ozonizace

Tato technologie spočívá v tom, že dávka ozonu 0.8 - 1.2 mg /l O₃ s dobou kontaktu nejméně 3 minuty je injektována pouze do obtokové větve cirkulačního obvodu. Celková dávka ozonu se pohybuje okolo 20 -25% množství odpovídající úplné ozonizaci. Koncentrace ozonu na celkový průtok se potom pohybuje kolem 0.2 mg/l O₃. Tato ozonizace se používá převážně u bazénů s nízkým zatížením např. v hotelových zařízeních, fitcentrech a u moderních privátních bazénů. Některé firmy nabízejí částečnou ozonizace bez AC filtru, u těchto řešení nedochází k podstatnému zlepšení kvality vody a proces odbourávání chloraminů je velmi pomalý.

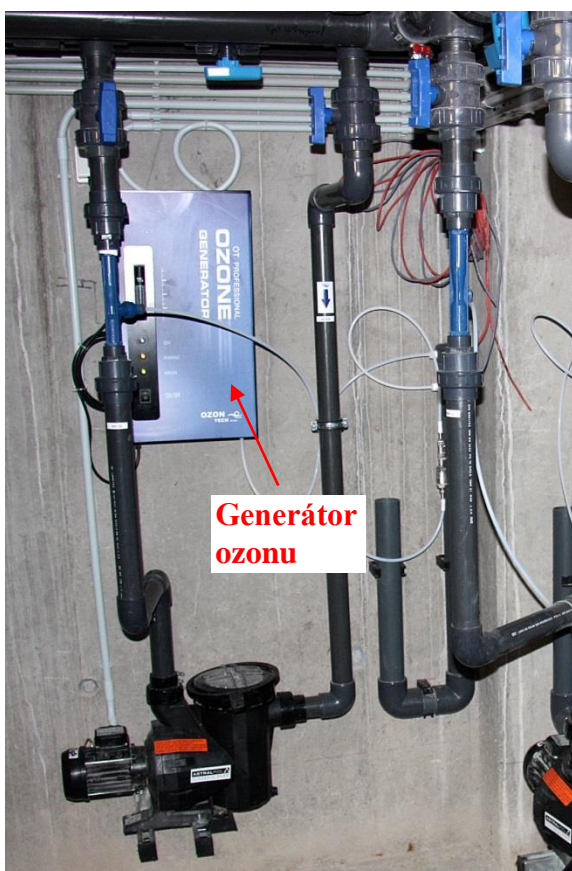
Nutno ještě jednou upozornit, že dávky ozonu a celý technologický proces musí být zvolen tak, aby ve všech případech koncentrace zbytkového ozonu ve vodě jdoucí do bazénu nepřekročila povolený hygienický limit 0.05 mg/l. [5]

Podle normy DIN 19 643 se doporučuje dávkovat do bazénové vody ozón v uvedených koncentracích:

0,8 — 1,0 mg · l⁻¹ vody při teplotě vody do 28 °C

1,0 — 1,2 mg · l⁻¹ vody při teplotě vody nad 28 °C. [9]

Z investičního hlediska je třeba zdůraznit, že ozonizační stupeň v úpravě vody u cirkulačních systémů umožňuje výrazně snížit cirkulující množství vody (např. podle normy DIN 19643 až o 17% což má podstatný vliv na dimenzování velikosti cirkulačních čerpadel, průměru potrubních systémů a velikost filtračního zařízení. Tento aspekt potom příznivě ovlivňuje investiční náklady na uvedená zařízení. Ve svém konečném důsledku tedy použití plné ozonizace nemusí nutně vést k nárůstu investic při budování nebo rekonstrukci bazénů. [5]



Obr. 8. Generátor ozonu + dávkování ozónu do potrubí

2.3.6 UV záření

Jedná se o fyzikální proces, který spočívá v přeměně el. energie na el. magnetické záření způsobující fotochemickou reakci v jádrech buněk žijících organismů. Tato změna zapříčiňuje inaktivaci jejich reprodukce a usmrcení. Zdrojem UV záření jsou lampy, ve kterých dochází k elektrickému výboji ve rtuťových parách. UV lampy lze rozdělit dle tlaku uvnitř trubice na nízkotlaké, které emitují záření zejména v oblasti 254 nm a středotlaké, které vyzařují energii při vlnových délkách 200 – 400 nm.

Dávka záření je dána součinem intenzity vyzařování a kontaktním časem. [5]

$$D = I \cdot t \quad (2.3.6.1)$$

D – dávka [Ws/m^2] - [J/m^2]

I – intenzita [W/m^2]

t – čas [s]

Volba dávky záření je ovlivňována v první řadě oživením desinfikované vody, zejména propustností venkovních buněčných stěn a membrán. Při biologickém hodnocení efektivity UV záření je nutno pamatovat na kvalitu upravované vody z hlediska fyzikálně-chemického. V upravené vodě by nemělo být zvýšené množství zákalotvorných látek. Tyto mohou bránit průniku UV záření a současně chrání mikroorganismy před působením záření.

Pro desinfekci UV zářením platí podobně jako u ozonu obecná rezistence organismů v desinfikované vodě:

bakterie < viry < spory bakterií < cysty protozoí

Viry jako nebuněčné organizmy nejsou schopny samostatného života. Rozmnožují se v buňce svého hostitele, což znesnadňuje stanovení potřebné dávky. Na oocysty prvoků *Girardia lamblia* a *Cryptosporidium parvum* mají desinfekční prostředky relativně malý účinek a jejich výskyt v bazénu jde na vrub špatně fungujícímu separačnímu stupni.

Nutno si uvědomit, že účinek UV záření na mikroorganismy je jiný než v případě chemických desinfektantů. Ozon, chlor, peroxid, aj. nevratně poškozují vlastní buněčné jádro, protoplazmu, enzymy a buněčnou blánu. Bakteriocidní a virocidní efekt UV záření spočívá ve fotochemickém poškození DNA, RNA, příp. proteinů, enzymů a jiných biologicky významných molekul. Nejvyšší germicidní účinek byl pozorován při vlnové

délce 250-260 nm. Důsledkem výše uvedeného působení UV záření je znemožněna replikace genetické informace, množení bakterií a tím jejich zničení.

Poškození nukleových kyselin UV zářením není nevratné a je možno je opravit pomocí reparačních procesů. Děje se tak za pomoci enzymů a to za světla - fotoreaktivace i za tmy - reparační procesy. Procesy reaktivace/reparace poškozených buněk neprobíhají u všech mikroorganismů stejně. Některé mikroorganismy včetně virů nejsou schopny těchto procesů.

Reaktivaci ovlivňují faktory jako např. světlo, hodnota pH vody, teplota, přítomnost organických i anorganických látek ve vodě (zákal), typ mikroorganismu a jeho enzymatická výbava. Reaktivace je realizována pomocí enzymů. [5]

Základní prvky UV lamp:

Radiační komora

UV zařízení používají, jak již bylo zmíněno nízkotlaké lampy, nebo středotlaké. Lampy jsou umístěny v radiační komoře. Z hydraulického hlediska jsou lampy v radiační komoře uspořádány ve směru toku desinfikovaného media, nebo kolmo na směr proudění. V prvním případě dochází k lepšímu kontaktu záření s vodou, ale tyto systémy jsou prostorově náročnější. Radiační komory tohoto typu jsou vybaveny turbulizátory, které zaručují radiální proudění ozařovaného media v komoře a vylučují vznik tzv. mrtvých koutů uvnitř tělesa. Nevýhodou je vyšší tlaková ztráta. V případě kdy proud vody je kolmý na lampy vychází jednotky UV kompaktnější (kratší), je však diskutabilní zda je vždy zaručeno dokonalé prozáření proudícího media. Moderní UV systémy jsou vybaveny sondami kontrolující intenzitu záření v komoře, automatickým stíracím zařízením na odstraňování nečistot z ochranných křemenných trubic. U systémů s více lampami (zejména nízkotlaké systémy) je technicky nemožné použít taková to stírací zařízení.

Nízkotlaké lampy

Nízkotlaké lampy pracují při tlaku rtuťových par 0,001 - 0,01 mbar a při teplotě 20 – 40°C. Výkon, který je možno získat maximálně 100W ve vzdálenosti na 1m délky od zdroje. Životnost lamp dosahuje, až 8000 hod. V průběhu životnosti se jejich výkon snižuje až na 60% původní hodnoty.

Výhodou těchto lamp je, že až 40% příkonu se vyzáří při vlnové délce 254nm. Naopak nevýhodou se jeví, že zářivý výkon je silně závislý na teplotě, která je v tomto případě 30 – 40°C, nelze je tedy použít pro horkovodní systémy. Uvedené problémy řeší amalgámové lampy, kde zářivý výkon v teplotním rozsahu 5 – 40° C je téměř konstantní. Optimální pracovní teplota těchto lamp je 80 - 100 °C, navíc jejich výkon je dvojnásobný oproti standardním lampám tj. 200 W ve vzdálenosti na 1m délky od zdroje. Životnost lamp je vyšší než 8000 hod.

Tyto systémy se nabízejí v široké škále velikostí, takže je možno zvolit jednotku, která je pro zadaný průtok vody výkonově nejvhodnější.

Středotlaké lampy

Středotlaké lampy pracují při tlaku vyšším než 1 bar a při pracovní teplotě 600 - 800°C.

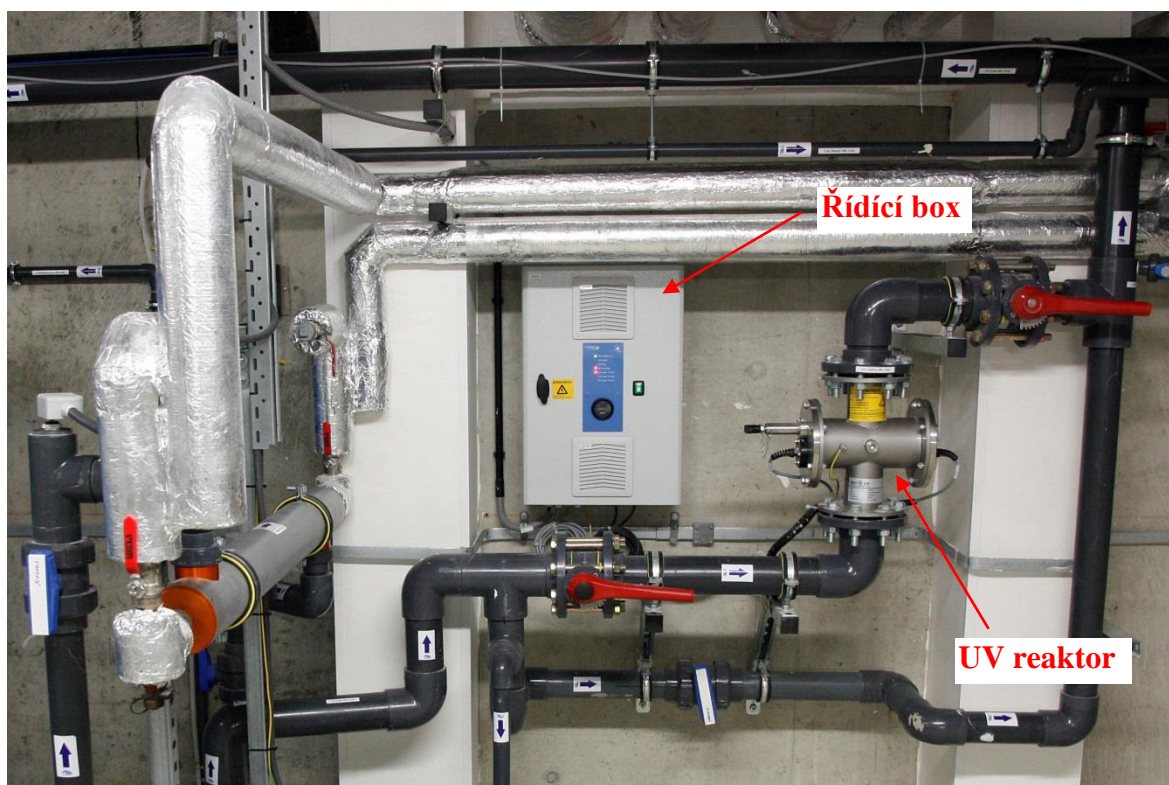
Vysoký tlak rtuťových par u tohoto typu umožňuje dosáhnout až sto násobně vyšší dávku UV záření než u nízkotlakých tj. více než 10kW ve vzdálenosti na 1m délky od zdroje. Životnost lamp je nižší a dosahuje hodnot 4000 - 6000 hodin. Pokles výkonu lampy v průběhu její životnosti může dosáhnout až 50% původní hodnoty.

Nejnovější středotlaké systémy používají vysoce kvalitních UV lamp, které jsou umístěny v ochranné trubici z křemenného skla. Ochranná trubice s výbornou transmisí charakteristikou UV záření je jednoduše vyjímatelná. Aby se vyloučil negativní vliv usazujících se sedimentů na ochrannou trubici, je tato v pravidelných časových intervalech čištěna mechanickým stíracím kroužkem. Celý systém mechanického čištění je plně automatický a je řízen přes řídicí jednotku.

Provoz UV lampy je řízen řídicím systémem, který jasně a zřetelně zobrazuje provozní stav UV lampy a graficky zobrazuje časový průběh charakteristiky signálu UVC senzoru. [5]

Popis zařízení středotlaké UV jednotky, která se sestává z 2 základních částí:

- UV reaktoru, který je tvořen ozářovací komorou, UV zářiči a ochrannými trubicemi UV zářičů (obr. 9)
- Napájecím a řídicím boxem (obr. 9)



Obr. 9. UV reaktor středotlaké lampy a řídicí box

2.3.7 Zabezpečení vody proti řasám

Spočívá v zajištění bazénové vody proti rozvoji řas. K jejich odstranění se používají různé způsoby, z nichž základní jsou přechlorování bazénové vody dvojnásobkem maximálních dovolených hodnot (lze ho používat jen v době, kdy nejsou v bazénu návštěvníci, obsah volného chloru musí být před provozem uveden na předepsané hodnoty), aplikace algicidních sloučenin.

Podmínky pro rozvoj řas jsou: dostatečné množství živin, vysoké pH, sluneční světlo a teplá voda.

Upozornění: Většina algicidních přípravků je toxická, a to nejen pro rostliny, ale pro ostatní živé organismy. Některé z přípravků obsahujících ionty těžkých kovů nebo herbicidy mají reziduální vlastnosti ještě mnoho měsíců po použití a jsou škodlivé pro životní prostředí. Mezinárodní organizace WGP, EPA, PWTAG se proto rozhodly jejich používání zakázat. V ČR je nutné ve veřejných bazénech dodržovat platnou vyhláškou č.464/2000.

Prevence výskytu řas

Spory řas se dostávají do vody venkovních bazénů většinou s kapkami deště či větrem. U krytých bazénů se šíří na chodidlech návštěvníků. Jakmile se dostanou do nádrže, velmi rychle se množí a během 24 - 48 hodin se rozšíří v celém bazénu. K životu potřebují především vhodné pH, denní světlo, teplo, CO₂ a dusíkaté sloučeniny.

Prevence je mnohem jednodušší a ekonomicky výhodnější než odstraňování již rozšířené řasy. Na prvním místě je třeba zmínit vhodnou údržbu a správný provoz bazénu.

To znamená především:

- Udržovat hodnotu pH v rozmezí 6,8 - 7,2, zvláště v letních měsících se držet dolní hranice.
- Udržovat správnou hodnotu dezinfekčního činidla v závislosti na pH, teplotě vody, návštěvnosti a typu použitého činidla. V případě teploty vody 26 °C by měla být hodnota volného chloru minimálně 0,3 mg/l. Při vyšších teplotách je nutné úměrně zvýšit i hodnotu chloru. Důležité je důsledně rozlišovat vázaný a volný aktivní chlor.
- Denně je nutné čistit stěny a dno bazénu pomocí kartáče a podvodního vysavače.
- Pravidelně (cca jednou týdně) se doporučují před chlorací a přechlorování do bodu zlomu, aby se odstranily amonné sloučeniny. Obojí je nutno provádět během nočních hodin, kdy nejsou v bazénu návštěvníci. Před vstupem lidí do vody musí být normové hodnoty pH a dezinfekčního činidla srovnány.
- Pravidelně musí být prováděna kontrola filtru a čištění filtru, včetně jeho „praní“.
- Je nutno opravovat porušené spáry, praskliny v bazénu, přepadových žlábkách a akumuláční jímce.
- Provádět kontrolu pH a všimnout si všech změn a náhlého nárůstu hodnot. Každý nečekaný vzestup pH je zpravidla varováním před počínajícím rozvojem řasy.

Při eliminaci řas je důležité preventivně, na vhodných místech a ve vhodných intervalech použít taková chemická činidla, která způsobují usmrcení řas nebo zpomalení jejich růstu.

K usmrcení se používají algicidní prostředky, které se podle účinnosti dělí do skupin:

Kvartérní amoniové soli — patří k nejvíce rozšířeným algicidům, (díky své nízké ceně). Prodávají se v aktivních koncentracích kolem 5-10 % obsahu amoniových solí. Jedná se o detergentní látky, které snižují povrchové napětí bazénové vody a stěny buňky řasy, což vede k puknutí buněčné stěny a usmrcení řasy. Jejich dávkování v nízkých koncentracích

slouží jako prevence a ke zpomalení růstu řasy. Nevýhodou je tvorba pěny, která vzniká při větších dávkách přípravku.

Polykvartérní amoniové soli - na rozdíl od předcházejících kvartérních solí se při jejich aplikaci netvoří pěna. Prodávají se v koncentracích 30 - 60 %. Jsou velmi účinné nejen na zelené, ale i na ostatní řasy. Přednostně se užívají při odstraňování již rozšířených řas. Při jejich aplikaci dochází k vyvločkování organického materiálu vyskytujícího se vodě, což zvyšuje účinnost filtrace. Stejně jako u kvartérních solí dochází u polykvartérních solí ke snížení povrchového napětí buněčné stěny buňky a k její destrukci.

Kvartérní amoniové soli se používají v menších dávkách jako prevence řas, zatímco polykvartérní soli pomáhají odstraňovat řasy, které se již v bazénu plně rozmnožily.

Soli mědi - ionty mědi (Cu^{2+}). Jedná se o velmi efektivní algicidní činidlo. Nevýhodou je tvorba sraženin soli mědi a následných usazenin na stěnách a dně bazénu.

Soli stříbra - stříbro podobné jako měď působí svými ionty na odstranění řas a některých dalších mikroorganismů. Nevýhodou je, že dochází k tvorbě usazenin na stěnách a dně bazénu, které je nutno odstraňovat.

Soli stříbra a mědi jsou ekonomicky výhodnější oproti kvartérním a polykvartérním solím. Je však důležité jejich správné dávkování.

Ke zpomalení růstu a množení řasy se používají i všechna známá dezinfekční činidla (chlor, brom, jod) a výše uvedené algicidní prostředky, avšak v menších dávkách. [20]

Souhrn výhod a nevýhod použití jednotlivých dezinfekčních činidel:

Dezinfekční prostředek	Výhody	Nevýhody
chlornan sodný	menší provozní náklady	závislost účinnosti na pH, vznik THM a senz. závadných látek
plynný chlór	menší provozní náklady	závislost účinnosti na pH, vznik THM a senz. závadných látek
oxid chloričitý	malá závislost účinnosti na hodnotě pH	větší provozní náklady, komplikovanější provoz
ozón	vysoká oxidační a dezinfekční účinnost	větší provozní náklady, možnost sekundární kontaminace a možnost vzniku dalších nevhodných organických sloučenin

UV	nevznikají hygienicky závadné produkty	možnost sekundární kontaminace
kombinace O3, UV, H2O2, příp. Cl2	vysoká účinnost a reakční rychlost, prakticky nevznikají hygienicky závadné látky	větší provozní náklady, možnost sekundární kontaminace

Tab. 3. Souhrn výhod a nevýhod dezinfekčních činidel

2.4 Ohřev bazénové vody

Ohřev vody v bazénu spotřebovává obrovské množství energie a tím se významně zvyšují finanční náklady na jeho provoz. Největší ztráty tepelné energie jsou v důsledku odpařování vody. Množství odpařené vody je závislé na teplotě vody v bazénu, vlhkosti vzduchu a rychlosti větru nad bazénem. Čím vyšší je teplota vody, rychlost větru a nižší vlhkost vzduchu, tím je množství odpařené vody vyšší. K vysokému odpařování vody a tím i ke ztrátě tepla, dochází také u zastřešených bazénů. Vzduch pod zastřešením je nutno větrat, aby se snížila teplota vzduchu, která při plném slunečním svitu dosahuje až 80 °C, což přispívá k dalšímu odpařování vody a k vyšším energetickým nákladům na ohřev. [21]

Obecně a velmi zjednodušeně se dá říct, že ztráty tepelné energie ochlazováním jsou:

Ztráty tepelné energie (ochlazování) vody u nezastřešeného bazénu

- 20% radiací do vzduchu
- 70% odpařováním vody
- 10% ztrátou do země a okolí

Ztráty tepelné energie (ochlazování) vody u zastřešeného bazénu

- 27% ventilací a ochlazováním okolního vzduchu
- 70% odpařováním vody
- 3% ostatní

[21]

2.4.1 Typy zařízení pro ohřev bazénu

Typ tepelného zařízení volíme s ohledem na četnost využití daného zařízení (celoroční nebo jiný provoz), jeho účinnost při daných podmínkách a celkové investiční náklady (pořizovací cena, provozní náklady, atd.). Mezi nejčastěji používané zařízení pro ohřev bazénové vody řadíme:

- Výměník tepla ÚT (horká pára, horká voda)

- Elektrický ohřev
- Solární kolektory
- Tepelná čerpadla (voda/voda, voda/vzduch)

Výměník tepla ÚT - zdrojem tepla jsou kotelny spalující fosilní palivo nebo elektrickou energii. Teplo na primárním okruhu je vedeno párou nebo vodou, která prochází výměníkem tepla, který může být z konstrukčního hlediska buď deskový, nebo trubkový. Tento výměník na sekundárním okruhu ohřívá bazénovou vodu.

Elektrický ohřev – tento způsob ohřevu je využíván spíše u neveřejných či menších veřejných bazénů. Jedná se o přímotopná zařízení s topnými spirálami vsazenými do potrubí, kterým protéká bazénová voda. Výhodou těchto zařízení je rychlá regulace teploty, rychlý ohřev vody v krátkém čase a nízké pořizovací náklady. Nevýhodou je naopak drahý provoz a nároky na tvrdost vody, kdy tvrdá voda způsobuje usazování tzv. kotelního kamene, který má malou tepelnou vodivost a snižuje účinnost ohřevu.

Solární kolektory – dělíme dle druhu teplonosného média nebo dle konstrukčního provedení kolektoru.

Podle druhu teplonosného média se dělí na:

- kapalinové systémy - teplonosnou látkou v okruhu kolektorů je kapalina (voda, nemrznoucí kapalinová směs nebo syntetická kapalina s nízkým bodem tuhnutí a zpravidla také s vysokým bodem varu); vyznačují se malými průměry potrubního rozvodu v okruhu kolektorů
- vzduchové systémy - teplonosnou látkou v okruhu kolektorů je vzduch a vyznačuje se velkými průřezy rozváděcích kanálů. [11]

Podle konstrukčního provedení se dělí na:

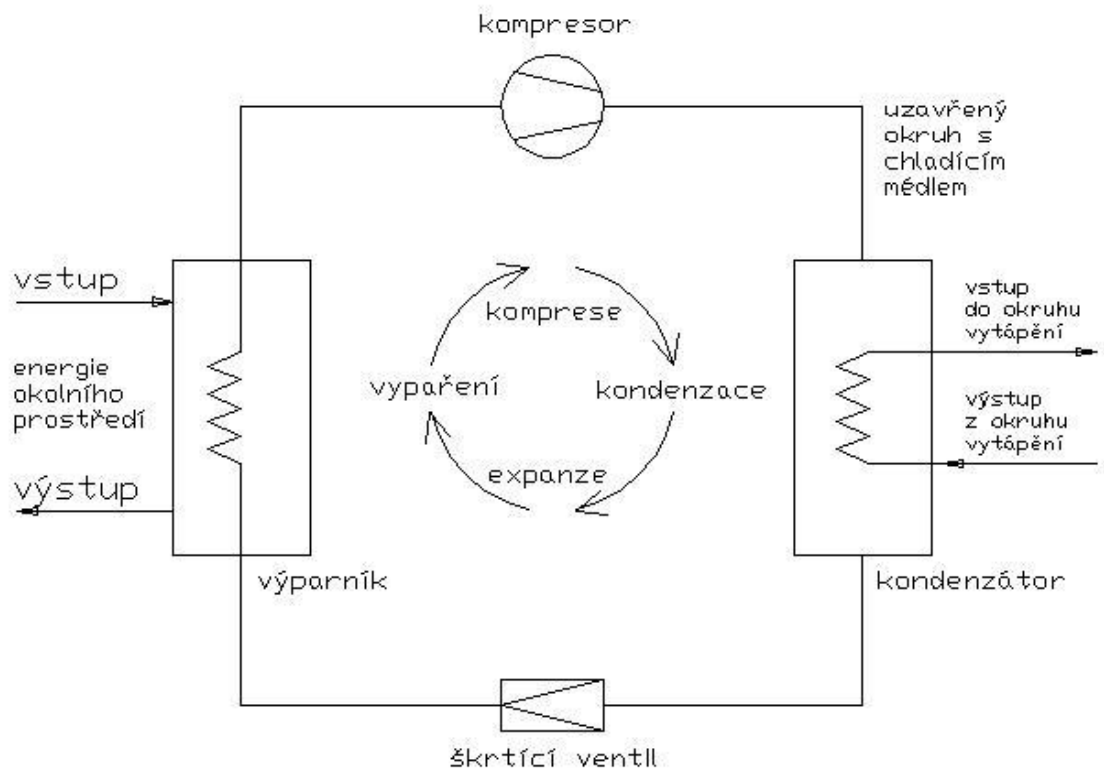
- bazénové absorbéry - hlavní oblastí použití těchto kolektorů je ohřev vody v soukromých a veřejných koupalištích v letním období. Obecně vyjádřeno, jde o výrobu tepla na nízké teplotní úrovni. Bazénové kolektory jsou proto konstruovány tak, aby pracovaly s dobrým stupněm účinnosti v teplotní oblasti od 0 do 20°C oproti teplotě okolí. Vyrábí se z PE, PP nebo EPDM.
- ploché kolektory - skládají se z kovového absorberu a z ploché skříně, opatřené na sluneční straně transparentním krytem. Díky tepelně izolované skříně mohou ploché kolektory vyvinout teplo s dobrou účinností i při teplotách 40 až 60°C nad teplotou

okolí. Hlavní oblastí využití je dnes příprava teplé vody, zejména mimo topné období.

- vakuové trubicové kolektory - uvnitř skleněné dvoustěnné vakuované trubice se nachází lamela absorberu, na kterém je uchycena teplosměnná trubka. Díky tomu jsou tepelné ztráty trubicových kolektorů velmi malé. Tyto trubice jsou vhodné pro aplikace s vyššími teplotami, jako např. při výrobě technologického tepla, nebo také pro vytápění s celoročním provozem.
- koncentrační kolektory - optickou cestou, zrcadly nebo čočkami se mnohonásobně zvýší záření na absorber. Tím mohou vyvinout podle stupně soustředění teploty od 80°C až přes 2000°C. Soustřeďovat se dá pouze přímé záření, takže ve středoevropském klimatu s převážně difuzním zářením zůstává tato možnost z větší části nevyužitelná. V zemích s vysokým podílem přímého slunečního záření se koncentrační kolektory využívají zejména na výrobu procesního tepla.[11]

Tepelná čerpadla (TČ)

Tepelná čerpadla umožňují odnímat teplo okolnímu prostředí, převádět na vyšší teplotní hladinu a předávat je pro potřeby vytápění nebo pro ohřev vody. Činnost tepelného čerpadla je založena na pochodech spojených se změnou skupenství v závislosti na tlaku pracovní látky (chladiwa). Ve výparníku chladivo za nízkého tlaku a teploty odnímá teplo ochlazované látky (zdroji nízkopotenciálního tepla), dochází k varu a kapalné chladivo přiváděné do výparníku se postupně mění v páru. Páry chladiva jsou z výparníku odsávány, stlačeny na kondenzační tlak a v kondenzátoru předávají kondenzační teplo ohřívané látce a mění své skupenství na kapalné. Kapalné chladivo je po snížení tlaku přiváděno zpět do výparníku, kde doplňuje vypařené chladivo. Tím je okruh uzavřen. [14]



Obr. 10. Princip tepelného čerpadla

[14]

Podle způsobu získávání tepla dělíme tepelná čerpadla do skupin:

- TČ vzduch – z okolního vzduchu je odebíráno teplo a předáváno do topné vody
- TČ voda – z povrchové vody či hloubkového vrtu je odebíráno teplo a předáváno do topné vody
- TČ země – ze země (plošný kolektor v hloubce 1,5 až 2m nebo vrt ve hloubce do cca 100m) je odebíráno teplo a předáváno do topné vody

3 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ

Technologické projektování je technický průřezový obor, zasahuje několik základních technických oborů, jako je stavebnictví, strojírenství, chemie atd., jehož výsledkem je dílo, obsahující vzájemně propojené technické a technologické celky, s cílem je splnění a uspokojení některé z lidských potřeb.

3.1 Příprava stavby a projektová dokumentace

Předpokladem úspěchu řešení projektu je nadčasová příprava dokumentace, zahrnující co nejlepší technické řešení podle dosavadních poznatků vědy a techniky, dokonalá příprava projektu, jeho dokumentace a projektových parametrů.

3.1.1 Investiční záměr

Investiční záměr vyjadřuje základní požadavky na stavbu, popř. soubor staveb a požadavky na její přípravu a realizaci. Je jedním z podkladů pro řízení a plánování investiční výstavby a podkladem pro vypracování přípravné dokumentace. Forma není předepsaná a zpracování není závazné.

Investiční záměr investora je pro zpracování kvalitního projektu klíčovým bodem. Je důležité, aby investor (obec, město, soukromý investor) měl základní představu o tom, co chce na daném místě změnit, co potřebuje opravit a především, kolik finančních prostředků dokáže na svůj záměr uvolnit. Jedním z nejdůležitějších faktorů je kvalifikovaný odborný odhad investičních a budoucích provozních nákladů. Důležité je, aby zpracovatel byl odborně na požadované úrovni a dokázal si dobře poradit se všemi obtížnými situacemi, které se obzvláště při rekonstrukcích vždy vyskytnou. Již v této přípravné fázi je proto vhodné, zapojit do přípravy projektanta s praktickými zkušenostmi při přípravě a realizaci podobných staveb. Samozřejmě, odborná firma je dražší, avšak při zpracování kvalitního projektu může investorovi ušetřit nemalé peníze, které kompenzují vyšší cenu za zpracování projektové dokumentace.

3.1.2 Studie

Hlavním cílem studie je navrhnout urbanisticko-architektonické řešení, které bude již v základním rozpracování zahrnovat všechny důležité části stavby, tj. statiku, konstrukce budovy a její dispozici, stav inženýrských sítí, vyvolané investice (samostatná trafostanice, nová přípojka vody, nová kanalizace, posílení přívodu plynu, parkoviště atd.). Úkolem

studie je zmapovat většinu souvislostí, které bude nutné změnit či opravit a zároveň udělat odborný odhad investičních nákladů. Výstupem studie nejčastěji bývá základní dispozice objektu, vizualizace (pro lepší představu investora) a odhad investičních nákladů. Studie zpravidla slouží k prezentaci investičního záměru.

3.1.3 Dokumentace pro územní řízení (DUR)

Úkolem této části dokumentace je připravit všechny potřebné dokumenty a podklady k územnímu rozhodnutí. Teprve až po územním rozhodnutí je možné přistoupit k detailnějšímu projektování a řešení jednotlivých technických a technologických celků. Výstupem projektové dokumentace je souhrnná technická zpráva popisující podstatu stavby nebo rekonstrukce, obsahující základní koncepci technického řešení a vliv stavby na okolí při realizaci a běžném provozu, a výkresová část – situace, v které jsou zakresleny inženýrské sítě.

3.1.4 Dokumentace pro stavební řízení (DSP)

V této fázi projektové dokumentace je již přesně určeno, co bude předmětem rekonstrukce nebo výstavby. Všechny profese za vzájemné koordinace zpracovávají první stupeň projektové dokumentace. Hlavním úkolem dokumentace je specifikovat všechny požadavky na plochy, prostor a energie a připravit tak podklad pro stavební úřad a ostatní schvalovací orgány a investice. Výstupem projektové dokumentace je souhrnná technická zpráva a zprávy všech profesí popisující problematiku dané profese. Ve výkresové části jsou již všechny části stavby a všechny technologické celky. Na základní úrovni je řešena dispozice jednotlivých technických zařízení a jejich vzájemná koordinace. Současně se zpravidla zpracovává i základní specifikace a kontrolní propočet investičních nákladů určený pro investora.

3.1.5 Jednostupňový projekt (JP)

U jednoduchých staveb nebo v případě havárií se zpracovává přímo jednostupňový projekt.

3.1.6 Dokumentace pro výběr dodavatele (DVD)

Zpracovává se v případě, kdy je výběrové řízení předepsáno nebo se pro tuto formu zadání rozhodne investor. Podkladem je zpravidla DSP, která již zahrnuje všechny části stavby a všechny technické a technologické celky a jejich vzájemnou koordinaci. Tato dokumen-

tace již zaručuje jednoznačné provedení stavby. Důležitou částí této dokumentace je výkaz výměr, který slouží jako podklad pro na cenění stavby a všech souvisejících částí.

3.1.7 Realizační dokumentace (RD)

Realizační dokumentace je podkladem pro provedení stavby. Teprve v této části dokumentace jsou přesně řešeny všechny části stavby. Realizační dokumentace je garantem správného provedení díla. Realizační dokumentaci může zpracovávat zadavatel stavby nebo projektant DSP a je podkladem pro výrobní přípravu dodavatele zahrnující případně potřebnou dílenskou dokumentaci.

3.1.8 Dokumentace skutečného provedení stavby

V průběhu stavby se často stává, že v některých částech stavby nebyla dodržena projektová dokumentace. Příčinou takové změny mohou být např. nepředvídatelné okolnosti, změna ve výrobě materiálů atd., kterým je nutné přizpůsobit technické řešení až při realizaci. V takových případech je nutné všechny změny zaznamenat do jednoho předaného vyhotovení projektu, případně dílčí části znovu. Dokumentace skutečného stavu je důležitá pro provoz a údržbu, následné opravy či rekonstrukce atd. S předáním stavby předá dodavatel příslušnou dokumentaci (dokumentace skutečného provedení stavby, atesty, prohlášení o shodě, návody na obsluhu a údržbu).

SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V úvodní části diplomové práce jsem se zabýval obecným principem cirkulace bazénové vody. Funkcí jednotlivých základních částí bazénové technologie zahrnující akumulární nádrž, čerpadla, filtry, ohřev až po chemikálie upravující kvalitu upravené vody. Dále jsem se zaměřil na technologické projektování bazénové technologie.

V praktické části se budu zabývat jednotlivými výpočty pro navrhování bazénové technologie a s tím související bilance spotřeby vody, elektriky, tepla, požadavků na stavební práce u konkrétních případů několika bazénu v rámci jednoho aquaparku, především se zaměřím na kontrolní výpočet tlakové ztráty v potrubí u čerpadel tobogánů. Závěrem bude ekonomická kalkulace bazénové technologie

Přínosem pro mě a naši skupinu projektantů i budoucích čtenářů je bližší seznámení s návrhem a úpravou bazénové vody, dále pak vytvoření dokumentu, který nám významně usnadní výpočty tlakových ztrát. Poměrně jednoduše ověří správnost navrhovaného čerpadla, dimenzování potrubí s možnými následky při nevhodném navrhování. Především, co je důležité pro naši firmu, sníží čas ověřování, výpočtů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE ŘEŠENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části se budu věnovat konkrétnímu případu několika bazénů v rámci jednoho aquaparku. Návrh bazénové technologie bude obsahovat jednotlivé výpočty velikosti filtrů, čerpadel, dimenzování potrubí, intenzity recirkulace a s tím související bilance spotřeby vody, elektřiny, tepla, požadavků na stavební práce.

Svoji pozornost zaměřím na kontrolní výpočet tlakové ztráty v potrubí, protože dle mých zkušeností vznikají poslední dobou projekty způsobem, které mi nejsou příliš příjemné. Dříve než se začne projektovat, proběhne mezi architekty, projektanty stavební části a zbylými profesemi krátké zamyšlení, ze kterého vzejde výkaz výměr včetně cenové kalkulace jednotlivých strojů a položek. Tato kalkulace vzniklá v brzkém stádiu projektu není zcela správná ani nemůže být a dimenzovaná čerpadla nemusejí odpovídat skutečností. V takto odsouhlasené kalkulaci se velice obtížně dělají jakékoliv změny. Vše je vedeno pod smlouvou. A mnohdy to ani není možné, protože cena prvotní investice je přednější než-li kvalita a správnost jednotlivých zařízení.

Závěrem práce bude ekonomická kalkulace bazénové technologie na daný aquapark.

5 AQUAPARK CHORVATSKO

Jedná se o výstavbu aquaparku v Chorvatsku ve městě Poreč. Bude zde vybudováno velké množství tobogánů vč. dětského bazénu, tzv. líná řeka a vlnový bazén se zálivem.

Základní údaje:

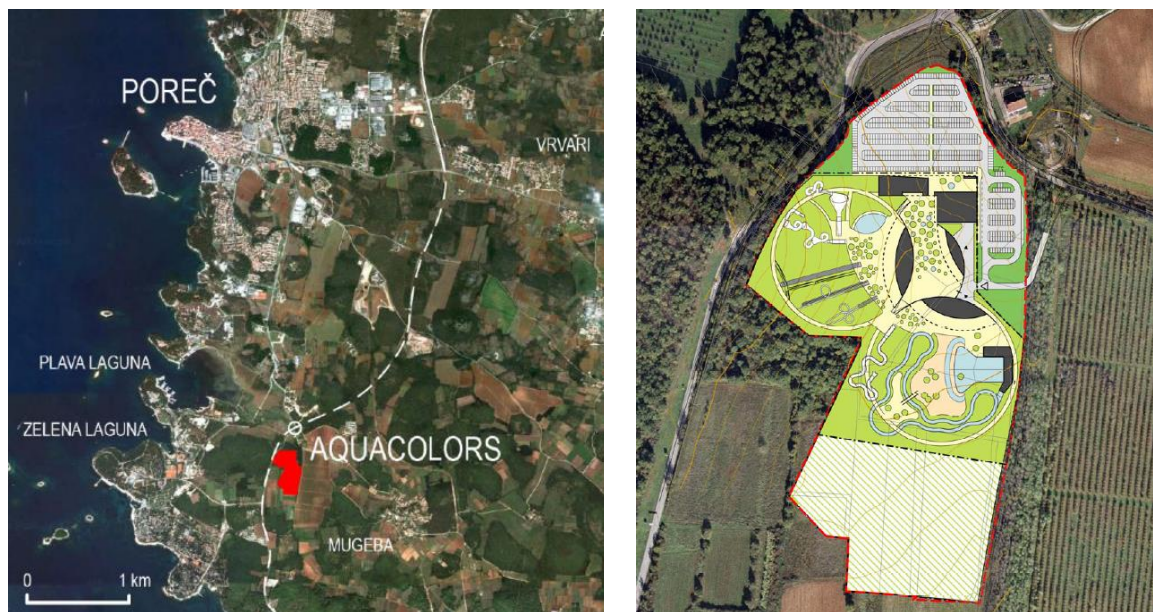
Velikost areálu: 7,1 ha

Kapacita: 3000 – 5000 návštěvníků / den

Parkovací místa: 600 míst pro osobní vozy, 5 autobusů

Z hlediska bazénové technologie jsme v rámci projektové dokumentace navrhli rozdělení bazénů do třech základních okruhů:

- **Filtrační okruh A - vlnový bazén + záliv**
- **Filtrační okruh B – líná řeka**
- **Filtrační okruh C – tobogány + dětský bazén**

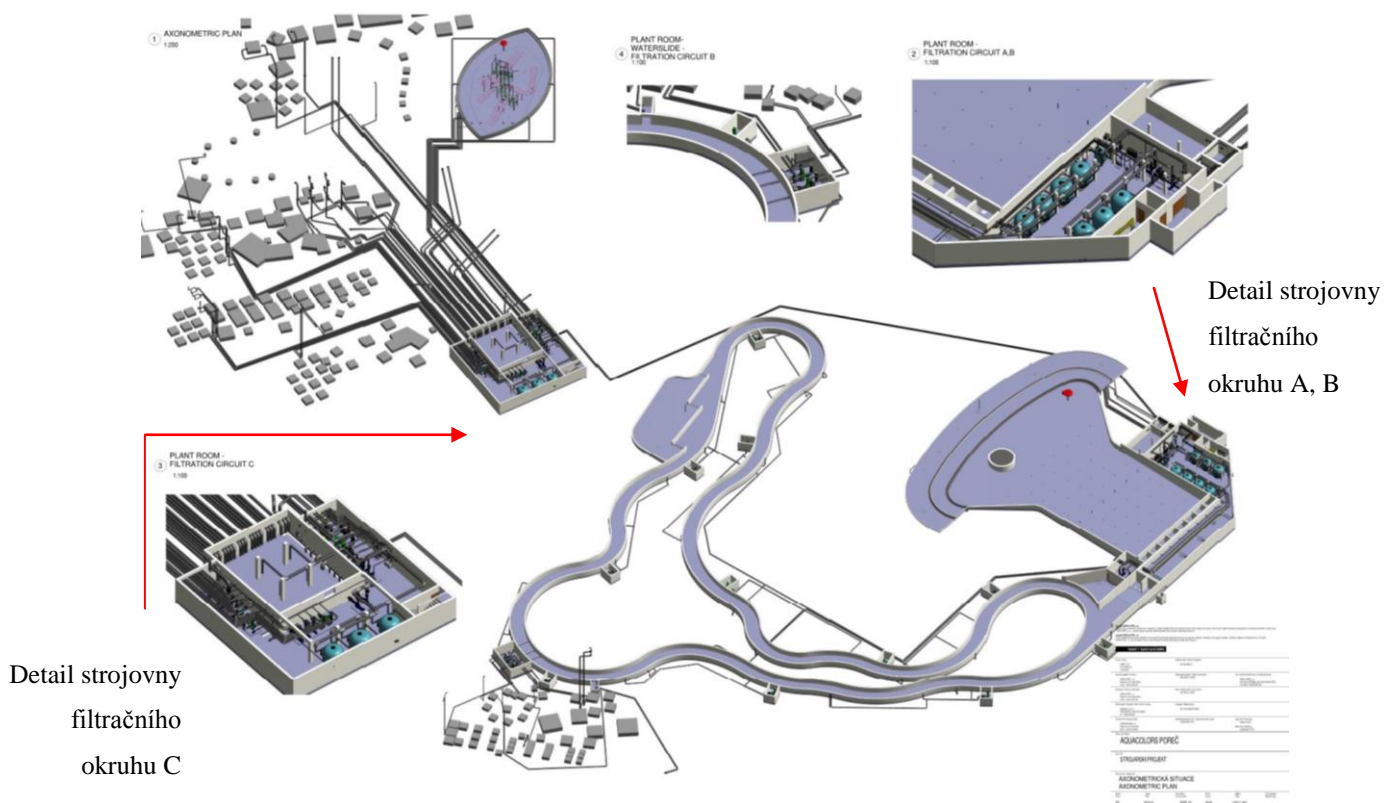


Obr. 11. Aquapark – Poreč

5.1 Projektované bazény

Výpočty a návrhy zařízení jsou prováděny v souladu s vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 238/2011 ze dne 25. 8. 2011 (dále jen vyhláška) pro zřízení a provoz bazénů s recirkulací vody. Projektová dokumentace je zpracována v souladu s platnými bezpečnostními a hygienickými předpisy a souvisejícími normami o hygienických požadavcích na pracovní prostředí v dané zemi.

Bazény budou vybaveny recirkulačním systémem úpravy bazénové vody s kontinuálním měřením kvality vody a dávkováním chemikálií.



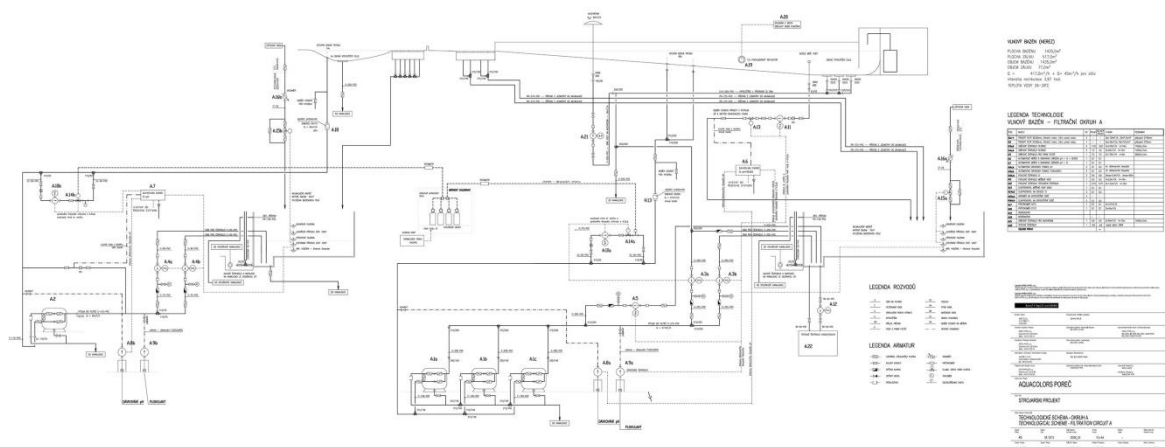
Obr. 12. Axonometrická situace – Aquaparku v Poreči
vymodelovaná v programu Revit MEP 2013

(Technická dokumentace je uvedena v příloze č. V.)

5.1.1 Filtrační okruh A - vlnový bazén + záliv

Základní technické údaje o vlnovém bazénu a jeho zálivu, který je dimenzován a navržen jako samostatný filtrační okruh. Toto rozhodnutí plyne z obav zanešení pískem z přilehlé pláže. Záliv bude sloužit převážně jako broditko před samostatným vstupem do vlnového bazénu.

Plocha bazénu	1435,0 m ²
Plocha zálivu.....	517,0 m ²
Objem bazénu	1435,0 m ³
Objem zálivu.....	77,0 m ³
Celkový oběhový výkon	417,0 m ³ /h + 45m ³ /h
Filtrační rychlost	32 m ³ /h/ m ²
Intenzita recirkulace.....	3,87 hod.
Počet filtrů vlnový bazén	3 ks
Počet filtrů zálivu.....	1 ks
Průměr filtrů vlnového bazénu	2350 mm
Průměr filtru zálivu.....	1200 mm
Teplota vody	do 28 °C
Akumulace	70 m ³



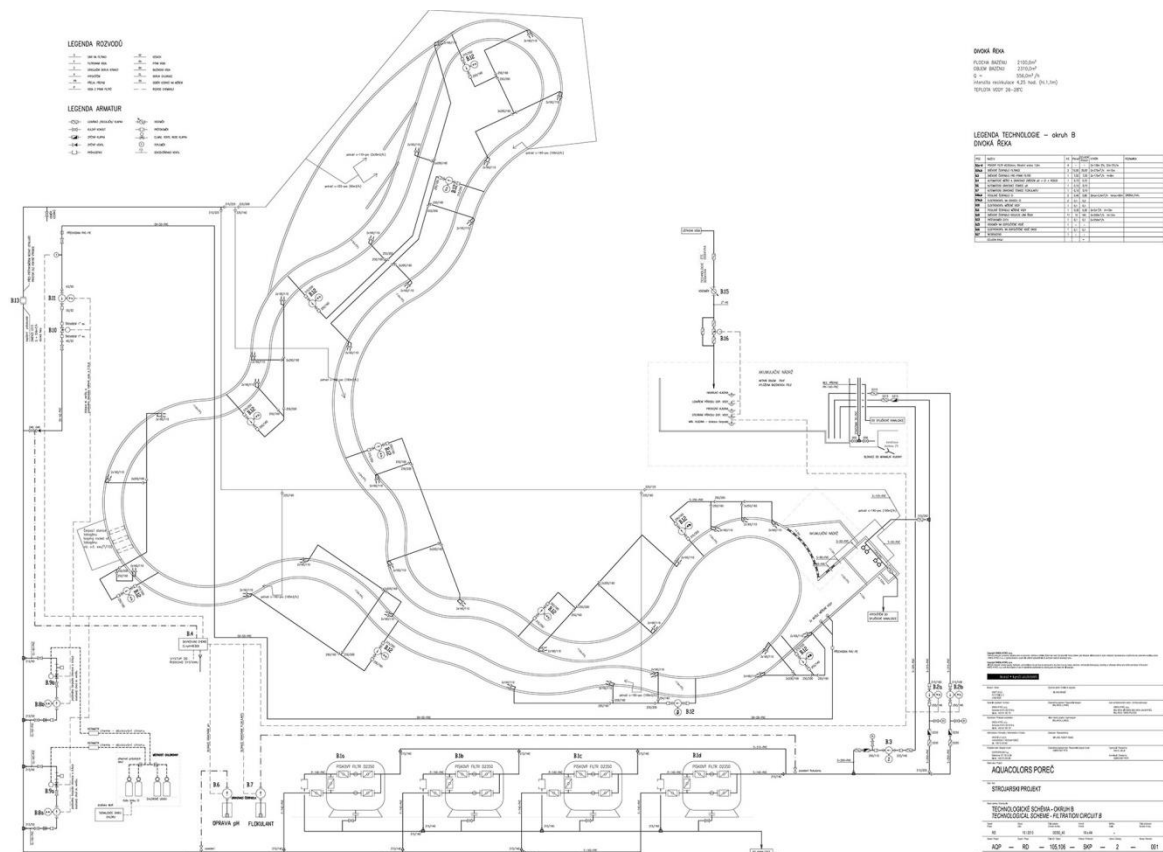
Obr. 13. Technologické schéma - filtrační okruh A

(Technická dokumentace je uvedena v příloze č. II.)

5.1.2 Filtrační okruh B – líná řeka

Základní technické údaje o líné řece jsou uvedeny níže. Jedná se o bazén určený k plavání na nafukovacích člunech, kde stejně jako v řece je voda neustále v pohybu. Zde bude poháněna 11 čerpadly, navíc zde bude možnost použít vlnobití k rozpořívání řeky, které zajišťuje sestava dmychadel používaná standardně pro vlnový bazén. K danému bazénu náleží toboganová věž složená ze dvou tobogánů. Pro tyto tobogány bude vytvořena strojovna s hnacími čerpadly, která bude dispozičně umístěna podél líné řeky.

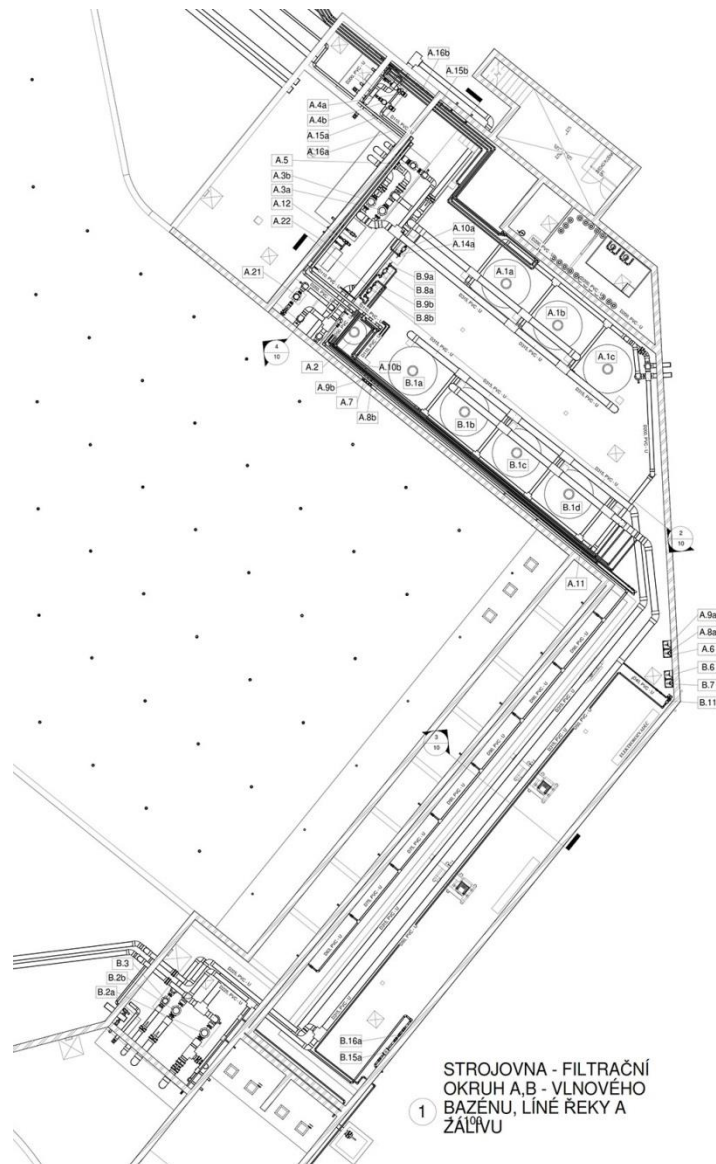
Plocha bazénu	2100,0 m ²
Objem bazénu	2310,0 m ³
Celkový oběhový výkon	556,0 m ³ /h
Filtrační rychlost	32 m ³ /h/ m ²
Intenzita recirkulace	4,25 hod.
Počet filtrů	4 ks
Průměr filtrů	2350 mm
Teplota vody	do 28 °C
Akumulace	70 m ³



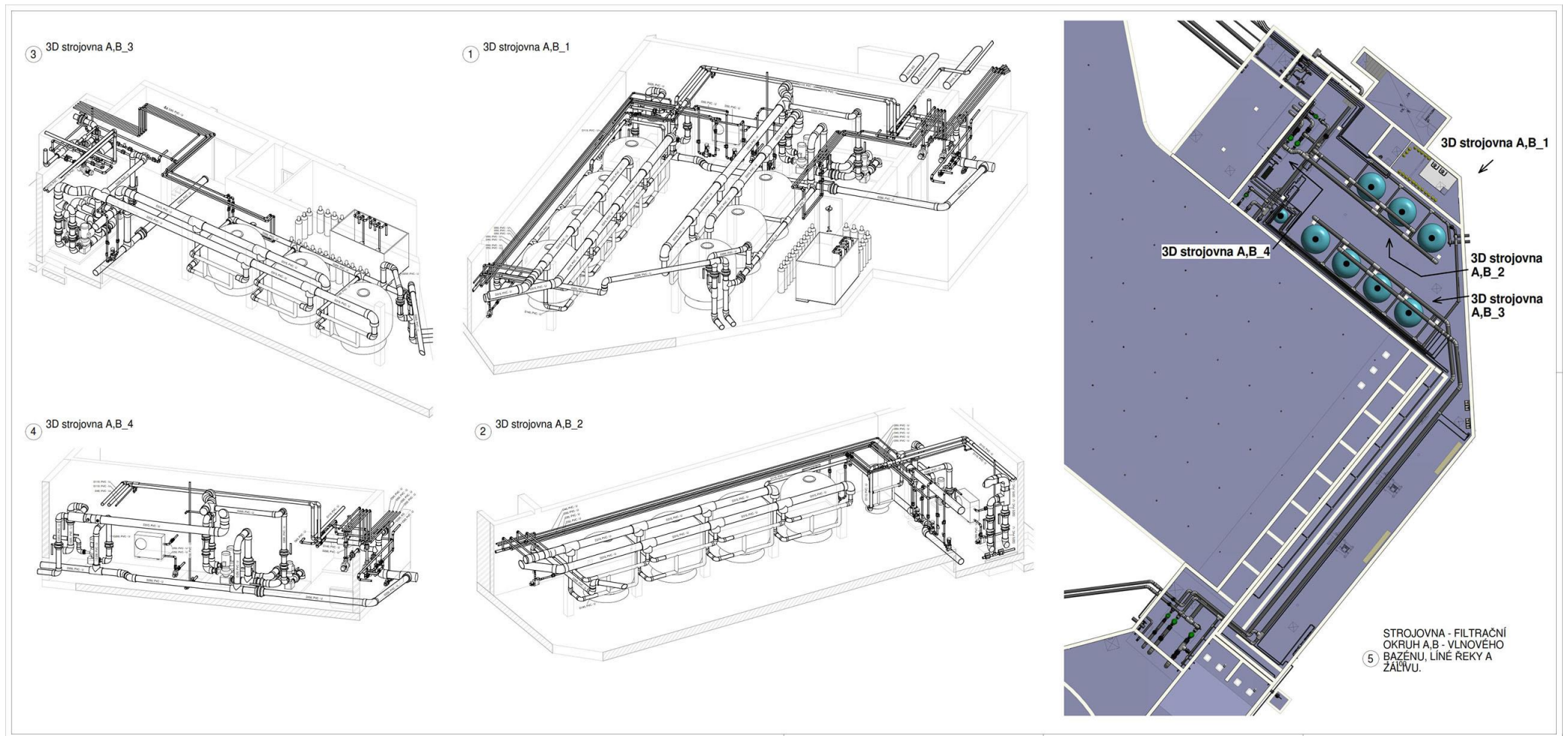
Obr. 14. Technologické schéma - filtrační okruh B

(Technická dokumentace je uvedena v příloze č. III.)

Technologická místnost- strojovna pro filtrační okruh A, B (vlnového bazénu, zálivu a líné řeky) byla v rámci finančních úspor sloučena do jednoho stavebního objektu (Obr. č. 15.). Obr. č. 16 je vizualizací strojovny k prezentaci u investora, dále pak také pro naše montéry, kteří 3D projektování přišli velice rychle na chuť a bez těchto pohledů a vizualizací již odmítají pracovat. Získají tak rychlou představu o tom, co je čeká při montáži. A ještě před samotnou montáží nacházejí chyby a vady v projektu.



Obr. 15. Dispozice strojovny – filtrační okruh A, B

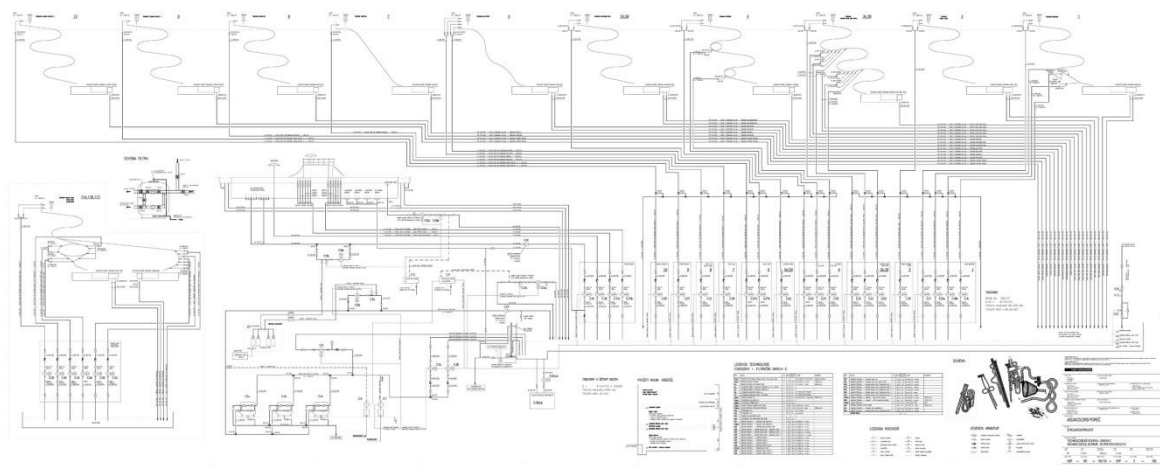


Obr. 16. Vizualizace strojovny filtračního okruhu A, B

5.1.3 Filtrační okruh C – tobogány + dětský bazén

Základní technické údaje o filtračním okruhu C, obsahující 10 tobogánů a dětský bazén. Tato sestava funguje na principu jednoho filtračního okruhu s jednou akumulací (vyrovnávací) nádrží. Do této nádrže bude bazénová voda přitékat ze žlábků dětského bazénu, ale především z dojezdových jednotek a dílčích částí jednotlivých tobogánů. Následně bude bazénová voda dopravována oběžnými čerpadly umístěnými ve strojovně okolo vyrovnávací nádrže zpět na danou atrakci. Cirkulační čerpadla umístěná taktéž ve strojovně budou odebírat vodu z akumulací nádrže. Takto odebraná bazénová voda bude protékat skrze sestavu pískových filtrů a následně bude do potrubí dávkovaná chemie. Takto upravená voda bude přivedena zpět do akumulací nádrže.

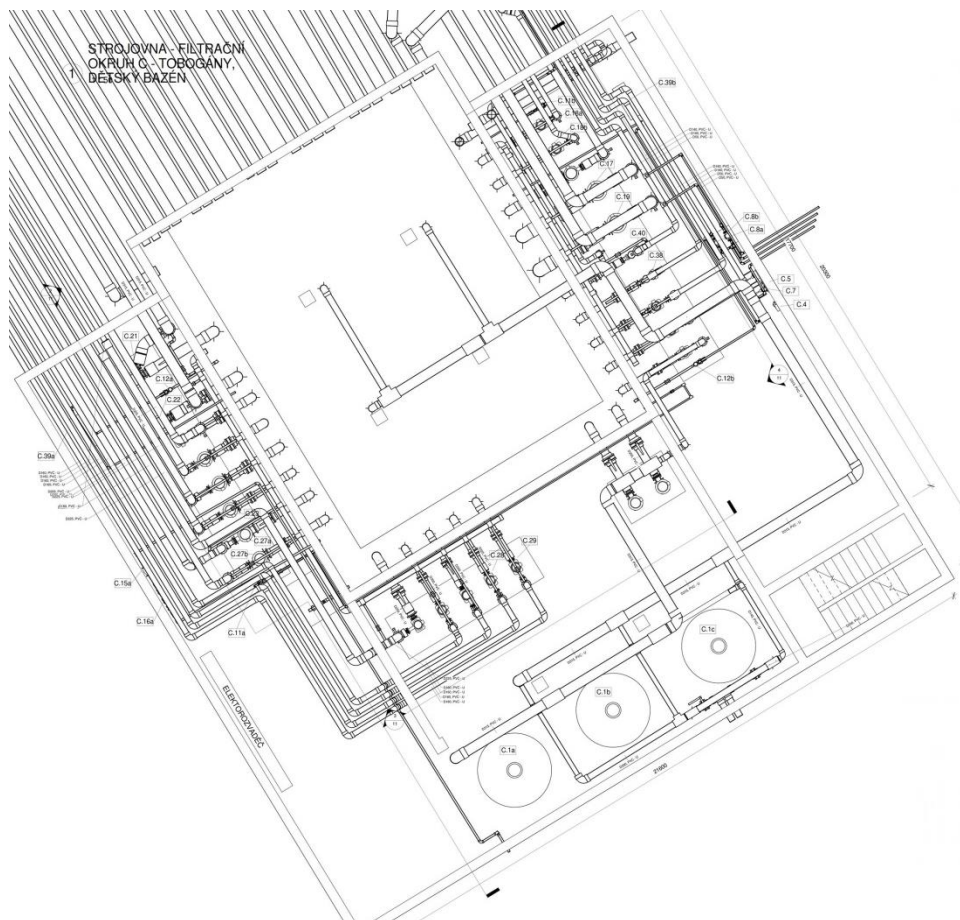
Celkový oběhový výkon	417,0 m ³ /h
Filtrační rychlost	32 m ³ /h/ m ²
Intenzita recirkulace	0,48 hod.
Počet filtrů	3 ks
Průměr filtrů	2350 mm
Teplota vody	do 28 °C
Akumulace	200 m ³



Obr. 17. Technologické schéma - filtrační okruh C

(Technická dokumentace je uvedena v příloze č. IV.)

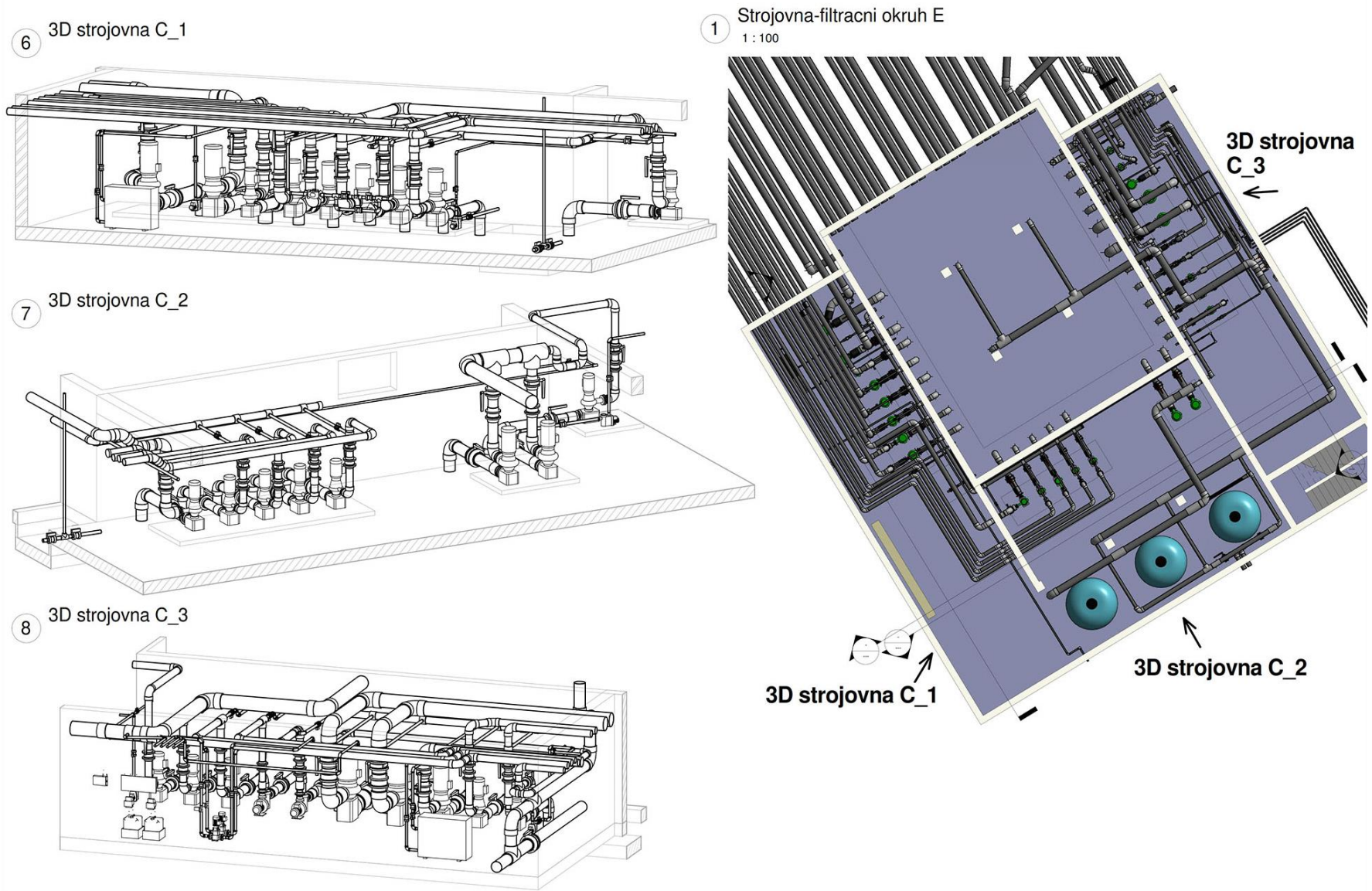
Technologická místnost pro filtrační okruh C (tobogánů a dětského bazénu) byla umístěna kolmo vůči dojezdovým jednotkám většiny tobogánů (obr. č. 12), to usnadní vedení svodového potrubí do akumulací nádrže. Jedná se o 23 svodů z prostoru dojezdových jednotek tobogánů a některých dílčích částí tobogánů. Pro představu se jedná o kanalizační potrubí v délce 1200 m. A o 23 výtlačných potrubí o celkové délce 2400m.



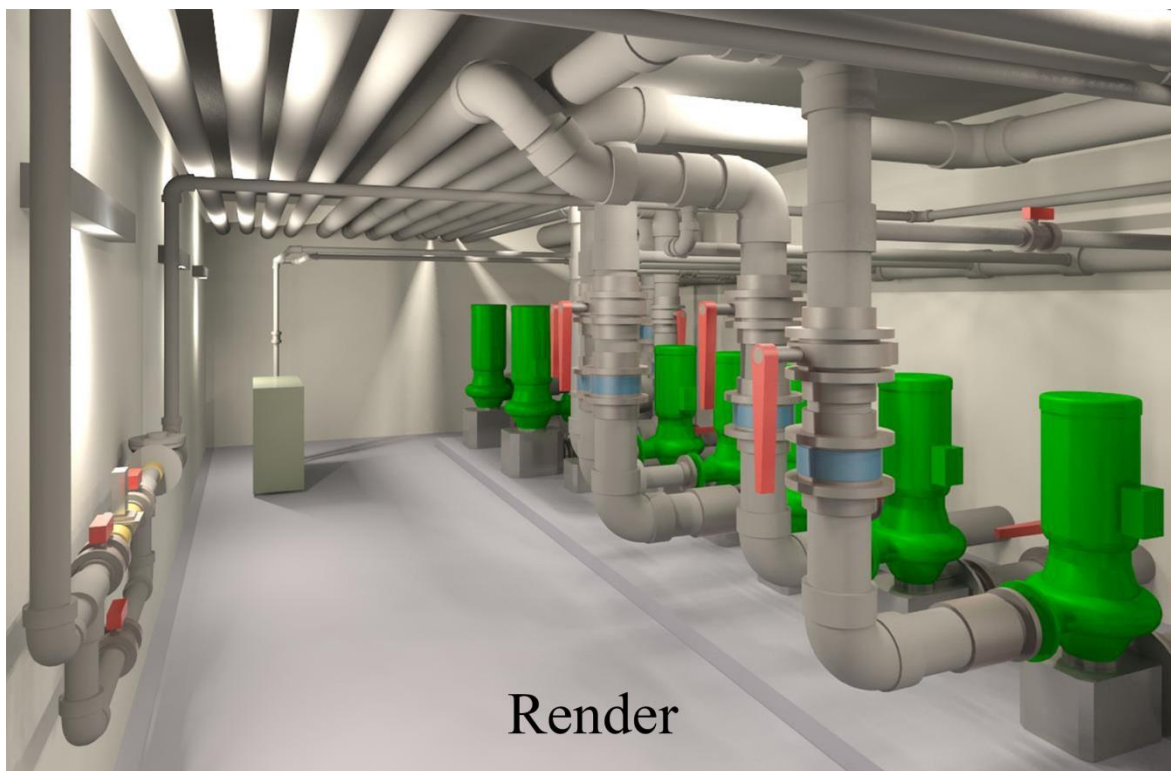
Obr. 18. Dispozice strojovny – filtrační okruh C

Na obrázcích č. 16, 19, 20, 21 je vidět schopnost a zároveň síla 3D modelovacího programu REVIT 2013, kdy v poměrně slušné rozpracovanosti dokážeme investorovi předvést odvedenou práci, tak aby byla zcela pochopena i člověkem, který není až tolik zdatný v technice.

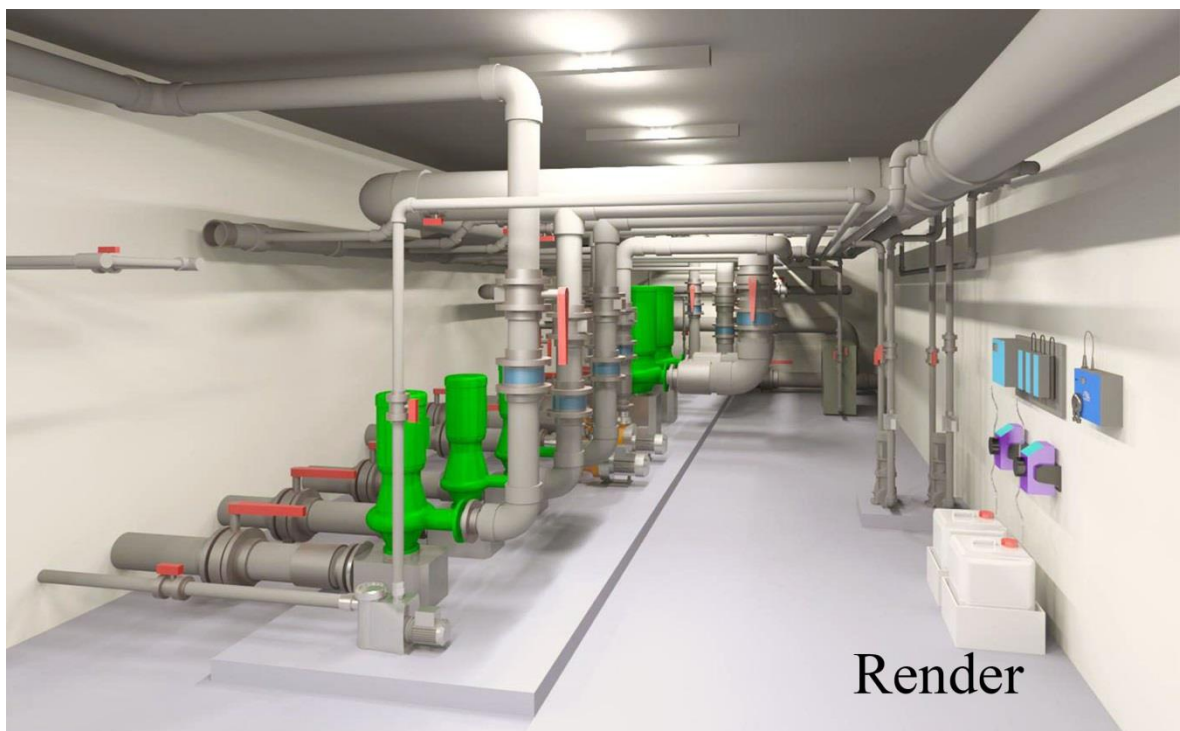
Obr. č. 20 a č. 21 porovnává rozdíl mezi renderovaným snímkem z projektu a skutečností.



Obr. 19. Vizualizace strojovny filtračního okruhu C



Obr. 20. Renderovaný snímek vs skutečnost
objekt strojovny filtračního okruhu C



Obr. 21. Renderovaný snímek vs skutečnost
objekt strojovny filtračního okruhu C

5.2 Popis bazénové technologie

5.2.1 Úpravna vody:

Součástí technologické úpravy bazénové vody jsou betonové vyrovnávací nádrže. Další součástí technologické úpravy vody jsou oběhová čerpadla, tlakové filtry s vícevrstvou filtrační náplní, automatické dávkovací zařízení chemikálií.

Cirkulace vody v bazénu je zajištěna systémem dnových trysek, které přivádí upravenou vodu do bazénu. Tento systém zabezpečuje správné hydraulické poměry v bazénu a vylučuje vznik tzv. hluchých míst, která se mohou stát potencionálním zdrojem mikrobiálního znečištění. Dále se voda přelívá přes přelivný žlábek a samospádem teče do vyrovnávací nádrže. Vyrovnávací nádrž slouží k vyrovnávání hladiny vody v bazénu. Současně také slouží jako zdroj prací vody pro filtry. Z vyrovnávací nádrže je voda nasávána čerpadly a hnána na filtry. Čerpadla jsou jedinou hnací silou v celém recirkulačním systému. Na filtru voda protéká přes filtrační lože, které je složeno z křemičitého písku o rozdílných frakcích. Posledním krokem před vstupem přefiltrované vody do bazénů je automatické nadávkování dezinfekčního prostředku - plynného chloru. K zabezpečení účinné filtrace se před filtrem ještě automaticky dávkuje flokulační činidlo, které způsobí, že velmi malé částice nečistot (mechanickou filtrací neodstranitelné) se začnou shlukovat a vytvoří větší částice tzv. vločky, které jsou již zachytitelné na filtru. Pro správně probíhající dezinfekci a vyvločkování se upravuje dle potřeby pH. Korekce pH se provádí za filtrem.

Veškeré dávkování chemikálií je prováděno automaticky dle aktuálního vyhodnocení jednotlivých kvalitativních parametrů vody v bazénu kontinuálním měřicím zařízením. Každý filtrační okruh má vlastní kontinuální měřicí a dávkovací zařízení.

Veškeré bazénové rozvody a tvarovky jsou z potrubí PVC DN 25 – 400 v odpovídajícím tlakovém provedení PN 1,0 MPa. Uzavírací a regulační armatury jsou navrženy převážně plastové, příp. kovové v tlakovém provedení PN 1,6 MPa. Potrubí ve filtrační stanici a místnosti strojovny čerpadel bude na závěsech, konzolách nebo na podlaze a upevněno objímkami a třmeny.

Poznámka:

recirkulační okruhy budou osazeny průtokoměry pro zjištění aktuálního průtoku do bazénů. Na přívodu pitné vody před akumulací nádrží bude osazen registrační vodoměr (u všech recirkulačních okruhů) veškeré zásobní nádoby na chemikálie budou osazeny do

polypropylenových van, aby se zamezilo úniku chemikálií do kanalizace všechny materiály, které přicházejí do styku s bazénovou vodou, nesmějí ovlivnit jakost vody po stránce fyzikálně-chemické ani podporovat růst mikroorganismů. Nesmějí mít negativní vliv na účinnost dezinfekce bazénové vody.

5.2.2 Chlorovna

Chlor je odebírán z chlorovny sousedící s objektem filtrační stanice. Plynný chlor je dávkován z ocelové lahve s obsahem náplně 65 kg. Láhev s ventilem odpovídá bezpečnostním předpisům a standardům platným v EU.

Celý systém od tlakové chlorové lahve až po dávkování do vody je zcela bezpečný a pracuje na podtlakovém principu. V případě jakéhokoli přerušení vedení chloru je okamžitě zastaveno jeho dávkování a zabráněno úniku chloru z tlakové lahve. Součástí chlorovny bude akustická signalizace úniku chloru.

5.2.3 Bilance spotřeby vody:

Zdrojem vody pro první napouštění bazénů a částečnou denní výměnu vodního obsahu je rozvod pitné a před upravené vody. Přívodní potrubí bude doplněno vodoměrem a uzavíracím elektroventilem včetně ochozu kolem elektroventilu a automatickou regulací dopouštění vody.

5.2.4 Likvidace odpadních vod

Odpadní vody z provozu úpravny a filtrace bazénové vody budou průběžně likvidovány na základě schvalovacího řízení stavby a vodoprávního řízení dle svého charakteru.

Odpadní vody vznikají:

A) při regeneraci náplní filtračních jednotek - Kvalita filtrace je závislá na pravidelném zpětném proplachu pískové filtrační vrstvy, kdy jsou zachycené nečistoty vyplavovány bazénovou vodou do kanalizace. Kvalita prací vody je shodná s parametry vody v bazénu a obsahuje nečistoty zachycené při filtraci. Toto znečištění je největší při začátku praní a postupně se snižuje. Hodnota tohoto znečištění je dána četností praní (cca 2 – 3 x týdně) v množství max. 180 m³/den. Tato voda bude svedena první podíl 1/3 do splaškové kanalizace a druhý podíl 2/3 na úpravnu vody. Dá se předpokládat, že kvalita odtékající odpadní vody bude mít následující ukazatele:

	První podíl prací vody	Průměr první poloviny prací vody
	max.	průměr
CHSK _{Cr}	580 mg/l	250 mg/l
NL	500 mg/l	200 mg/l
BSK ₅	250 mg/l	120 mg/l
Nc	30 mg/l	20 mg/l
Pc	2 mg/l	1,3 mg/l
Extrahovatelné látky	75 mg/l	50 mg/l

B) odpouštěním části vodního obsahu při denní výměně vody - Množství ředící vody je dáno návštěvností v požadovaném množství 60 litrů/osobu/den pro venkovní bazény. Tato voda bude svedena první podíl 1/3 do splaškové kanalizace a druhý podíl 2/3 na úpravnu vody.

C) vypouštění bazénu - bude postupné po dechloraci (bazén se nechá bez dávkování Cl a po snížení obsahu Cl na hodnotu 0 bude vypuštěn). Tato voda bude vypouštěna do kanalizace.

5.2.5 Spotřeba elektrické energie technologie bazénu

Rozvaděč bazénové technologie bude umístěn ve strojovně čerpadel technologie. Bazénová čerpadla filtrace budou ovládána z rozvaděče, každé samostatně. (V místě umístění jednotlivých strojů je nutné instalovat vypínač.) Jejich chod bude blokován minimální hladinou v akumulární nádrži. Při zastavení chodu všech oběhových čerpadel budou blokována čerpadla měřené vody, čerpadla chlorace, čerpadlo ohřevu, analyzátor dávkování chemie a elektromagnetický ventil měřené vody. Při doplnění vody do provozní hladiny bude chod zařízení v automatickém nastavení obnoven.

5.2.6 Chemická úprava bazénové vody

Použití chemikálií pro bazénovou vodu a jejich množství v bazénové vodě je dáno vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 238/2011 ze dne 25. 8. 2011 (dále jen vyhláška) pro zřízení a provoz bazénů s recirkulací vody. Pro úpravu vody v bazénech je uvažováno

s automatickou stanicí pro měření a regulaci pH, volného chloru a měření ORP, složenou z kompletního měřicího a dávkovacího zařízení.

5.2.7 Zdravotní zabezpečení vody

Účelem této operace je zabezpečení bazénové vody po stránce bakteriologické. Měření a regulace dávkování je automatická. Úprava vody je plynným chlorem.

5.2.8 Stabilizace hodnoty pH

Na základě naměřených hodnot bude automaticky upravována hodnota pH přípravkem ke snížení pH nebo naopak ke zvýšení pH. Přípravky sloužící pro úpravu pH musí být schváleny pro použití k úpravě bazénové vody na území Chorvatska.

5.2.9 Zamezení biologického osídlení vody

Pro zamezení rozvoje řas ve vodě bude nárazově používán tekutý přípravek k prevenci proti růstu řas. Přípravky sloužící k prevenci růstu musí být schváleny pro použití k úpravě bazénové vody na území Chorvatska.

5.2.10 Flokulační přípravek

Jedná se o dávkování rychle působícího flokulačního činidla k vyvločkování koloidních nečistot, k odstranění vznášejících se látek a ke zvýšení účinnosti filtru pomocí naostření, dávkování bude automatické. Přípravek musí být schválený pro použití k úpravě bazénové vody na území Chorvatska.

Bazénová voda bude mít následující hodnoty:

**Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod
v umělých koupalištích**

Ukazatel	Jednotka	Upravená voda před vstupem do bazénu	Bazénová voda během provozu		Vysvětlivky
			Mezní hodnota	Nejvyšší mezní hodnota	
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	0	0	*)	1
počet kolonií při 36°C	KTJ/1 ml	20	100	*)	2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KTJ/100 ml	0	0	*)	3
<i>Staphylococcus aureus</i>	KTJ/100 ml	0	0	100	4
<i>Legionella</i> spp.	KTJ/100 ml	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
dušičnany	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
ozon	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,05		14
redox-potenciál					
- v rozsahu pH 6,5 – 7,3	mV	≥ 750	≥ 700		15,16,17
- v rozsahu pH 7,3 – 7,6		≥ 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 a současně více než 100 KTJ/ml pro počty kolonií při 36°C.

Obr. 22. Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích

5.2.11 Kontrola jakosti vody

Kontrolovaný ukazatel	Četnost kontroly
obsah volného a vázaného chloru či jiného dezinfekčního agens	hodinu před zahájením provozu a každou čtvrtou hodinu
redox-potenciál	každou čtvrtou hodinu
teplota vody v bazénu	tříkrát denně
průhlednost	průběžně, nejméně však tříkrát denně
pH	jednou denně
zákal	jednou za 14 dnů
dusičnany	jednou za 14 dní
celkový organický uhlík (TOC)	jednou měsíčně jednou za 14 dnů
ozon	jednou měsíčně
mikrobiologické ukazatele: <i>Escherichia coli</i> , počet kolonií při 36°C, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	nejméně jednou měsíčně či podle pokynů orgánu ochrany veřejného zdraví nejméně jednou za 14 dnů či podle pokynů orgánu ochrany veřejného zdraví
<i>Legionella</i> spp.	jednou za 3 měsíce jednou měsíčně jednou za 14 dnů
<i>Staphylococcus aureus</i>	jednou za 3 měsíce jednou měsíčně
Absorbance $A_{254}(1\text{cm})$	kontinuální měření nebo podle potřeby

Obr. 23. Kontrola jakosti vody

V případě vyšších hodnot vázaného chlóru, než je stanoveno platnou vyhláškou, je do systému nutné doplnit vhodnou technologii ke snižování vázaného chlóru v bazénové vodě, např. aktivní uhlí nebo zvýšit objem vyměněné vody na návštěvníka.

5.2.12 Požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví

Kromě obecně platných pravidel bezpečné práce obsluhujících pracovníků a zajištění provozní bezpečnosti při užívání zařízení bazénu a povinností uvedených v předchozích kapitolách je nutno dodržovat následující zásady.

- Revize technologických zařízení budou prováděny 1 x ročně, správná funkce a kontrola zařízení trvalou obsluhou nepřetržitě.
- Chemikálie používané pro úpravu vody jsou žíraviny, a proto je nutno při manipulaci s nimi postupovat velmi opatrně s předepsanými ochrannými prostředky.
- Do prostoru úpravny vody je zakázán vstup nepovolaných osob a dětí.
- Místnost úpravny vody je nutno dodržovat čistou a pořádek.
- Je nepřipustné provozování bazénů bez denního napouštění předepsaného množství ředící vody.
- Je nepřipustné provozování bazénu při nedodržení limitů znečištění ve vypouštěné odpadní vodě stanovených vodohospodářským rozhodnutím.
- Při práci s chemikáliemi používat předepsané ochranné prostředky.
- Při práci, která je spojena s rizikem poškození zdraví si vyžádat pomoc další osoby, (vstup do strojovny při úniku chemikálií, revize akumulární jímky apod.).
- Žádné chemikálie nesmí být vylévány do kanalizace.

5.3 Technologické výpočty návrhu bazénové technologie

Výpočet velikosti základního filtračního zařízení vyžaduje určitou zkušenost. Je zde totiž celá řada proměnných veličin, které mohou značně ovlivnit výkon a tedy i cenu použitých technologií.

5.3.1 Objem vody v bazénu

Základní údaj pro výpočet filtračního zařízení a dalších komponentů je objem vody v bazénu.

Objem vody v bazénu bude v tomto případě

$$V = L \cdot B \cdot H = [m^3] \quad (3.2.1.1)$$

L – délka bazénu [m]

B – šířka bazénu [m]

H – hloubka bazénu [m]

Celý objem vody je třeba přefiltrovat za určitou dobu, která je třeba stanovit, a nazýváme ji intenzitou recirkulace vody v bazénu.

5.3.2 Intenzita recirkulace (dle vyhlášky č.238/2011)

Intenzitu recirkulace vypočteme z podílu objemu bazénu a oběhového výkonu čerpadel.

Pro plavecké bazény (teplota vody do 28 °C)

Průměrná hloubka bazénu v metrech	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

Tab. 4. Intenzita recirkulace plaveckých bazénů do 28°C

Pro koupelové bazény (teplota vody od 28 °C)

U bazénu o objemu vody do 5 m³ je intenzita recirkulace nejdéle 15 min, u bazénu o objemu vody 5 – 10 m³ je intenzita recirkulace nejdéle 45 min, o objemu bazénové vody od 10 m³ výše je intenzita recirkulace nejdéle 2 hod, avšak doporučuje se kratší interval v závislosti na teplotě bazénové vody, počtu atrakcí a účelu bazénu.

Vidíme, že dle vyhlášky bychom měli plavecký bazén recirkulovat do 4hod.

5.3.3 Čerpadla

Při návrhu oběhový recirkulačních čerpadel uvažujeme se **2 ks** zapojených paralelně. To znamená, že průtok Q_1 a Q_2 se sčítá v poměru (1+0,75 % výkonu) a dopravní výška zůstává stejně velká. V případě poruchy jednoho z nich, máme možnost částečného provozu! Čerpadla jsou vybírána z katalogu (obr. 7) námi běžně dodávaných prověřených čerpadel. Na základě zkušeností projektanta nám v současné chvíli nezbyvá nic jiného, než odhad-

nout dopravní výšku oběhových čerpadel filtrace, a tedy volím $H = 14 - 16 \text{ m}$ a doporučuji nízko otáčkové čerpadla. U těchto čerpadel probíhá nižší četnost výměny ucpávek a jiných servisních úkonů.

Typ	r.p.m	"A"		kW	Výkon čerp. $Q [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$ v závislosti na $H [\text{m}]$.							dimenze armatur	
		230V	400V		H=8	H=10	H=12	H=14	H=15	H=16	H=18	sání	výtlač
CF-2 300	2.850	9,0	5,2	2,2	57	51	46	38	34	29		D90	D90
CF-2 400	2.850	12,0	6,9	3,0	64	59	55	49	46	42	33	D90	D90
CF-2 550	2.850	16,5	9,5	4,0	92	84	77	66	61	54	37	D140	D110
CF-2 551	2.850	16,5	9,5	4,0	121	107	90	69	51	30		D140	D110
CF-2 750	2.850	21,7	12,5	5,5	152	140	125	109	99	88	60	D140	D110
CF-2 1000	2.850		15,5	7,5	175	162	149	135	128	119	101	D140	D110
CF-2 1250	2.850		19,0	9,2	196	182	171	153	145	136	117	D140	D110
CF-2 1500	2.850		23,0	11,0	214	200	185	171	164	155	137	D140	D110
CF-4 300	1.450	9,4	5,3	2,2	57	50	44	30	20			D75	D63
CF-4 400	1.450	12,5	6,9	3,0		70	67	50	36	20		D90	D75
CF-4 550	1.450	17,0	9,2	4,0			84	72	66	54	20	D90	D75
CF-4 552	1.450	17,0	9,2	4,0	128	110	78	28				D110	D90
CF-4 750	1.450	23,0	12,0	5,5			124	104	90	72		D110	D90
CF-4 1000	1.450		15,5	7,5		210	175	130	90	60		D140	D110
CF-4 1500	1.450		21,8	11,0			215	200	190	180	150	D140	D110
CF-4 2000	1.450		32,0	15,0			320	300	275	260	210	D160	D140
CF-4 2500	1.450		39,0	18,5				360	325	270	210	D160	D140

Obr. 24. Tabulka čerpadel

$$Q_{\max} = \frac{V}{R} = \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (3.2.3.1)$$

$$Q_1 = Q_2 = \frac{Q_{\max}}{2} = \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (3.2.3.2)$$

Q_{\max} – maximální objemový průtok [m^3/h]

$Q_{1,2}$ – objemový průtok jednotlivých čerpadel [m^3/h]

V – objem bazénu [m^3]

R – intenzita recirkulace [h]

Výpočtem dostáváme 2 ks čerpadel o výkonu Q [m^3/hod]. při tlakové ztrátě H [m].

5.3.4 Pískový filtr

Vlastní filtr musí být schopen přefiltrovat rovněž Q [m^3/h]. Setkáváme se s dalším parametrem, který je podstatný pro návrh filtrace. Tímto parametrem je filtrační rychlost F udávaná v $\text{m}^3/\text{hod}/\text{m}^2$ vypovídající o kvalitě filtrování.

Filtrační rychlost u téhož filtru může být rozdílná v závislosti na použitém čerpadle. Vypočítá se jako podíl průtoku filtrem v Q [m^3/hod] a filtrační plochy S [m^2] daného filtru. Filtrační rychlost používaná u bazénových technologií se pohybuje v rozmezí 20 až 50 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ a obvykle se volí:

pro soukromé bazény	= 50 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
pro poloveřejné či málo zatížené	= 40 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
pro veřejné bazény	= 30 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Z toho lze vypočítat požadovanou filtrační plochu filtru:

$$S = \frac{Q_{\max}}{F} = \frac{\frac{[\text{m}^3]}{[\text{h}]}}{\frac{[\text{m}^3/\text{h}]}{[\text{m}^2]}} = [\text{m}^2] \quad (3.2.3.3)$$

Q_{\max} – maximální objemový průtok [m^3/h]

F – filtrační rychlost filtru [$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$]

Nyní jsme získali filtrační plochu filtru [m^2].

Průměr [mm]	Typ	Q [m ³ .h ⁻¹] při filtrační rychlosti [m.s ⁻¹]					Praní [8min/40m.s ⁻¹]	Výška [mm]	Připojení [mm]
		30	32	35	37	40			
2000	EUROPE	94,2	100,4	109,9			16,7	2400	125
2000	EUROPE				116,1	125,6	16,7	2400	140
2000	OSLO	94,2	100,4	109,9			16,7	2460	125
2000	OMEGA	94,2	100,4	109,9			16,7	2525	125
2000	OSLO				116,1	125,6	16,7	2460	160
2000	OMEGA				116,1	125,6	16,7	2525	160
2350	OSLO	130,0	138,7	151,7			23,1	2720	140
2350	OMEGA	130,0	138,7	151,7			23,1	2720	140
2350	OMEGA				160,4	173,4	23,1	2720	200
2350	OSLO				160,4	173,4	23,1	2720	200
2500	OSLO	147,1	157	171,7			26,1	2750	160
2500	OSLO				181,5	196,2	26,1	2750	225
3000	OSLO	211,9	226	247,2			37,6	2950	200
3000	OSLO				261,4	282,6	37,6	2950	250
1000*	PTK	23,5	25,1	27,4	29,0	31,4	4,1	2120	75
1200*	PTK	33,9	36,2	39,5	41,8	45,2	6,0	2200	90
650*	PTK	9,9	10,6	11,6	12,2	13,2	1,7	2005	50
800*	PTK	15,0	16,0	17,5	18,5	20,0	2,6	2030	63

Obr. 25. Tabulka č. 1 pískových filtrů s 1,2m vrstvou písku

Průměru filtru, který se běžně uvádí, v prodejním katalogu vypočítáme z filtrační plochy:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \pi \cdot r = [\text{m}^2] \quad (3.2.3.4)$$

$$r^2 = \frac{S}{\pi} = [\text{m}^2] \quad (3.2.3.5)$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = [\text{m}] \quad (3.2.3.6)$$

$$d = 2r = [\text{m}] \quad (3.2.3.7)$$

S – plocha filtru [m²]

d – průměr filtru [m]

r – poloměr filtru [m]

Průměr filtru o filtrační ploše odpovídající určité velikosti, kterou jsme vypočítali ze vzorců (3.2.1.1-2, 3.2.3.1-7) ve veřejném provozu musíme rozdělit, tak, aby v případě poruchy jednoho z filtrů byl filtrační okruh schopen fungovat, byť v omezeném provozu. Proto volíme na základě velikosti 2 a více pískových filtrů.

$$Q_{\max} = \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \Rightarrow \mathbf{1 \text{ filtr}} \quad (3.2.3.8)$$

$$Q_x = \frac{Q_{\max}}{X} = \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \Rightarrow \mathbf{x \text{ filtrů}} \quad (3.2.3.9)$$

Q_x – objemový průtok jednotlivých čerpadel [m^3/h]

X – počet zvolených filtrů [-]

Průměr [mm]	Typ	Q [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$] při filtrační rychlosti [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]					Praní [8min/40m.s ⁻¹]	Výška [mm]	Připojení [mm]
		30	32	35	37	40			
1050	OMEGA	25,9	27,7	30,3			4,6	2180	75
1050	OMEGA				32,0	34,6	4,6	2180	90
1050	OSLO	25,9	27,7	30,3			4,6	2070	75
1050	OSLO				32,0	34,6	4,6	2070	90
1200	OMEGA	33,9	36,2	39,5			6,0	2200	75
1200	OSLO	33,9	36,2	39,5			6,0	2080	75
1200	OMEGA				41,8	45,2	6,0	2200	110
1200	OSLO				41,8	45,2	6,0	2080	110
1400	EUROPE	46,1	49,2	53,8			8,2	2200	90
1400	EUROPE				56,9	61,5	8,2	2200	110
1400	OMEGA	46,1	49,2	53,8			8,2	2285	90
1400	OSLO	46,1	49,2	53,8			8,2	2175	90
1400	OMEGA				56,9	61,5	8,2	2285	125
1400	OSLO				56,9	61,5	8,2	2175	125
1600	EUROPE	60,2	64,3	68,3	72,3	80,3	10,7	2300	110
1600	OSLO	60,2	64,3	68,3			10,7	2310	110
1600	OMEGA	60,2	64,3	68,3			10,7	2385	110
1600	OSLO				72,3	80,3	10,7	2310	140
1600	OMEGA				72,3	80,3	10,7	2385	140
1800	EUROPE	76,3	81,3	89,0			13,5	2400	110
1800	EUROPE				94,1	101,7	13,5	2400	125
1800	OSLO	76,3	81,3	89,0			13,5	2320	125
1800	OMEGA	76,3	81,3	89,0			13,5	2420	125
1800	OSLO				94,1	101,7	13,5	2320	160
1800	OMEGA				94,1	101,7	13,5	2420	160

Obr. 26. Tabulka č. 2 pískových filtrů s 1,2m vrstvou písku

Z obr. 8 nebo z obr. 9 zvolím potřebný počet odpovídajících filtrů na základě filtrační rychlosti, výkonu oběhových čerpadel.

5.3.5 Výpočet velikosti akumulární nádrže

K výpočtu akumulární nádrže nám pomůžou již získané parametry Q_{\max} , V , S , R .

K výpočtu provozního objemu je zapotřebí znát a určit tyto parametry:

- 5% z oběhového výkonu

$$AN_1 = Q_{\max} \cdot 0,05 \text{ [m}^3\text{]} \quad (3.2.5.1)$$

- množství vody vytlačené návštěvníky

$$AN_2 = \frac{S}{P} \cdot 0,08 = \text{[m}^3\text{]} \quad (3.2.5.2)$$

P – počet osob na m^3 , dané vyhláškou č. 238/2011 ze dne 25. srpna 2011

- vlnění na hladině bazénu

$$AN_3 = S \cdot 0,05 \text{ [m}^3\text{]} \quad (3.2.5.3)$$

- praní filtrů

$$AN_4 = Q_{\text{praní filtru za 10 min}} \text{ [m}^3\text{]} \quad (3.2.5.4)$$

$$AN = AN_1 + AN_2 + AN_3 + AN_4 = \text{[m}^3\text{]} \quad (3.2.5.5)$$

5.3.6 Potrubí

Přistoupíme k výpočtu potrubí z PVC k propojení čerpadla a filtru s bazénem. Je třeba rozlišit sací potrubí, které nasává vodu z bazénu a vratné potrubí, které přivádí již přefiltrovanou vodu zpět do bazénu. Průměr potrubí vůbec nezávisí na připojovacích průměrech čerpadla a filtru. Rychlost proudění vody v sacím potrubí nesmí být vyšší než 1,2 - 1,5 m/s a na výtlačném potrubí 1,8 - 2 m/s. Při překročení uvedených

rychlostí proudění vody v potrubí dochází často k vibracím a tlakovým rázům, které mohou poškodit jak vlastní potrubní rozvody, tak především filtry.

Rychlost proudění (RP) vody v sacím potrubí (dnové výpusti, sací trysky nebo z kompenzační nádrže) uvažujeme 1,2 - 1,5 m/s :

$$S = \frac{Q}{RP} = [m^2] \Rightarrow [cm^2] \quad (3.2.6.1)$$

Pro průměr potrubí pak platí:

$$\pi \cdot r^2 = [cm^2] \quad (3.2.6.2)$$

$$r^2 = \frac{S}{\pi} = [cm^2] \quad (3.2.6.3)$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = [cm] \quad (3.2.6.4)$$

$$d = 2r = [cm] \quad (3.2.6.5)$$

Takto jsme získali vnitřní průměr potrubí z průřezu. Z normalizované řady potrubí, pak zvolíme správnou velikost potrubí.

Rychlost proudění vody ve vratném potrubí od čerpadla k recirkulačním tryskám se smí pohybovat v rozmezí 1,8 m/s - 2 m/s. Vhodný průměr potrubí vypočítáme stejným způsobem, tak jako průměr sacího potrubí ze vzorců (3.2.6.1-5).

5.3.7 Návrh a dimenzování UV lampy

Při výběru UV pro praktické použití je potřeba znát následující parametry s přihlédnutím na jejich možné kolísání v průběhu roku. Projektant vybírá UV lampy podle průtoku, druhu vody a účelu využití (veřejné bazény, soukromé bazény...).

- **teplota vody** a přípustný rozsah teplot v okolí UV reaktoru (důležité pro výkon zářiče)

- *minimální propustnost UV* jako charakteristická veličina kvality vody
- *maximální průtok vody*, který se má dezinfikovat, [m³/h].

5.3.8 Návrh a dimenzování O₃ generátorů

Množství ozonu, které je potřeba dodat na úpravu bazénové vody se nedá jednoznačně určit, protože závisí na mnoha faktorech:

- kvalita vody
- teplota
- plocha bazénu
- objem bazénu
- oběhový výkon čerpadel (interval recirkulace)

Všeobecně se doporučuje dávkování ozonu v koncentraci 0,8 – 1,0 mg/l vody při teplotě vody do 28 °C a 1,0 – 1,2 mg/l vody při teplotě nad 28°C. Nevyhnutelné je udržovat pH a to v rozmezí 7,0 - 7,4.

5.3.9 Výpočet vtokových a sacích rychlostí osazovacích dílů

$$v = \frac{Q}{S} \text{ [m/s]} \quad (3.2.9.1)$$

v - rychlost [m/s]

Q - průtok [m³/s]

S - plocha [m²]

Pozn: dle ČSN EN 13451 nesmí být překročena rychlost sání z bazénu 0,5 m/s. Rychlost na vtoku do bazénu nesmí přesáhnout 4 m/s.

5.3.10 Bilance spotřeby vody

K bilanci spotřebované vody je potřeba znát a vědět:

- Množství vody napouštěného bazénu vč. akumulární nádrže [m³]
Jedná se o objemy bazénu a AN

- Okamžitá kapacita vodní plochy [osob,(počet plavců či neplavců)]
Získáme ji podílem plochy bazénu k ploše osob. Ta je daná vyhláškou pro plavecký bazén 5m^2 a pro koupelový bazén 3m^2 .
- Kapacita areálu [osob]
Získáme ji násobkem vodní plochy bazénu a to buď (3 až 5x) u venkovního bazénu nebo (2x) u vnitřního bazénu
- Denní maximální návštěvnost [osob]
Jedná se o kapacitu areálu s uvažovanou násobností obměny (4x)
- Praní filtrů [m^3]
Plyne z průtoku $Q[\text{m}^3/\text{hod}]$ vody skrze filtr, při filtrační rychlosti $40\text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ za 8-10 min.

Maximální denní výměna – spotřeba vody: [m^3/den]

Z vyhlášky č. 238/2011 víme, že denní množství ředící vody se řídí dle počtu návštěvníků, přičemž na každého návštěvníka se musí denně obměnit minimálně:

- 30 l vody u krytých plaveckých bazénů (do 28°C)
- 45 l vody u krytých koupelových bazénů (nad 28°C)
- 60 l vody u nekrytých bazénů a brouzdališť

Vypočteme ji z podílu denní maximální návštěvnosti a vyhláškou předepsané ředící vody pro danou situaci.

Na základě získaných vědomostí z teoretické části diplomové práce a výše uvedených výpočtů pro navrhování bazénové technologie jsem dospěl při projektování aquaparku v Poreči k výsledkům, které jsem shrnul v tabulce č. 5 (Souhrnná tabulka)

SOUHRNNÁ TABULKA

Číslo	Filtrační okruh	Název bazénu Hloubka bazénů	Povrchová úprava bazénů	Umístění	Teplota (°C)	Pískové filtry (průměr, počet)	Akumulační jímka (m ³)	Plocha bazénu (m ²)	Objem bazénu (m ³)	Oběhový výkon (Q) m ³ /h	Filtrační rychlost (m ³ /h/m ²)	Intenzita recirkulace	Kapacita vodní plochy (cel. denní návštěvnost)	Max. denní výměna (m ³)	Praní jed. filtru (10min.) (m ³)
1	A	Vlnový bazén hl. 0,0-1,8m	beton	venkovní	26 – 28 výměník tepla	2350mm / 3	70,0	1835,0	1495,0	417,0	32	3,59 hod.	600 osob (2400 osob) 4x obměna	144,0	28,9
2	B	Divoká řeka hl. 1,1m; délka 700m	beton	venkovní	26 – 28 výměník tepla	2350mm / 4	70,0	2100,0	2310,0	556,0	32	4,15 hod.	770 osob (3080 osob) 4x obměna	184,8	28,9
3	C	Tobogány + dětský bazén hl. 0,4m	beton	venkovní	28- 30 výměník tepla	2350mm / 3	200,0	--	--	417,0	32	0,48 hod.	66+100 osob (1520 osob)	91,2	28,9
Celkem													1536 (7000)	420,0	86,7

Tab. 5. Souhrnná tabulka

POZNÁMKA K TABULCE:**Vycházelo se z hodnot:**Kapacita vodní plochy pro plavce 5m²Kapacita vodní plochy pro neplavce 3m²

Kapacita areálu 7000 osob

Denní výměna 60l/osoba venkovní bazén

Denně se při maximální návštěvnosti bazénu vymění 420,0m³ vody**Teplota vypouštěné vody dle teplot jednotlivých bazénů.**

6 TLAKOVÉ ZTRÁTY V POTRUBÍ

Pro zjednodušení níže uvedených kontrolních výpočtů, jsem vytvořil dokument v programu Microsoft Excel. Od kterého očekávám velké usnadnění výpočtů tlakových ztrát v potrubí. Kdy budu zadávat pouze počet jednotlivých proměnných v podobě místního tlakových ztrát, délkových tlakových ztrát, v daném potrubí, průměr potrubí a geodetickou výšku.

6.1.1 Tlakové ztráty v potrubí – délkové

Výpočet střední rychlosti potrubí

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot d^2} \quad (6.1.1.1)$$

Kde: Q ... průtok [m^3/h]

d ... hydraulický průměr (charakteristický rozměr průtočného profilu) [m]

Výpočet Reynoldsova čísla

Jedná se o velmi důležitý parametr, který vyjadřuje vliv vnitřního tření v důsledku viskozity dané kapaliny při proudění. Je to poměr dynamických sil k silám viskózním.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (6.1.1.2)$$

Kde: v ... střední rychlost v profilu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

ν ... součinitel kinematické viskozity vody při 20°C [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

Voda hnaná ve výtlačném potrubí od čerpadel má zpravidla turbulentním prouděním. Bylo dokázáno, že optimální rychlost proudění kapaliny vzhledem k třecím ztrátám a ceně potrubí je na sání $v =$ do $1,0-1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a ve výtlačném potrubí je $1,5-2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výpočet součinitele délkových ztrát v kruhovém potrubí

Součinitel tření vyjadřuje míru přeměny mechanické energie na teplo. Praktickými zkušenostmi jsem došel k závěru, že Colebrookova rovnice má nejlepší výsledky. Mnohem přesnější než-li dle Moody, Teplova, Schiffrinsova, Nikuradse, Barr, Halland, Chen...

Colebrookova rovnice

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right) \Rightarrow \lambda \quad (6.1.1.3)$$

Kde: λ ... součinitel délkových ztrát v kruhovém potrubí

k ... absolutní drsnost potrubí [m]

Výpočet tlakové ztráty v rovném potrubí

$$H_{zl} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (6.1.1.4)$$

Kde: l ... délka přímého úseku potrubí [m]

g ... zemské zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

6.1.2 Tlakové ztráty v potrubí – místní

Místní ztráty (Ztráty vloženými odpory) jsou způsobeny rozvířením tekutiny v místech, kde dochází ke změně směru nebo změně průřezu potrubí. Takovými místními odpory jsou pískové filtry, filtry na potrubí, sací koše čerpadel, UV lampy, výměníky, kolena, oblouky, odbočky, armatury, náhlá rozšíření nebo zúžení průřezu apod. Tlakovou ztrátu způsobenou místním odporem počítáme podle vztahu:

$$H_{zm} = \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (6.1.2.1)$$

Kde: v ... střední rychlost v profilu [$m \cdot s^{-1}$]

g ... zemské zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

$\sum \xi$... Suma veškerých součinitelů místních odporů

Součinitel třecí ztráty ξ je možné zjistit ve většině případů pouze experimentálně. Je závislý na geometrii konkrétního prvku.

6.1.3 Geodetická výška

Jedná se o výškový rozdíl mezi hladinami kapaliny v sací a výtlačné nádrži. Geodetická výška je důležitým parametrem při návrhu čerpadel.

Kontrolní výpočet tlakových ztrát u jednotlivých čerpadel filtračního okruhu C – tobogánů a oběhových čerpadel filtrace.

Název (využití)	Pozice	Q [m ³ /hod]	H(navržené) [m]	H(počítané) [m]	H _{geo} [m]	Požadavky na výstupu [m]	Rychlost v potrubí výtlač [m/s]	P [kW]	Poznámky
Oběhové č. filtrace	C.2a	210	14	12,78	1	0	1,83	11	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, pískový filtr, průtokoměr, 13x koleno 90°, 2x t-kus, 3x redukce L=78m
	C.2b	210	14	12,78	1	0	1,83	11	
Oběhové č. praní filtru	C.3	175	8	11,22	1	0	0,76	7,5	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, pískový filtr, 16x koleno 90°, 2x t-kus, L=88m
Magicone	C.17	500	25	28,82	21,35	0	2,18	45	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 12x koleno 90°, 1x t-kus, L=114m
	C.18a	155	16	12,99	2,75	30/0	2,62	11	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 8x koleno 90°, L=84m
	C.18b	155	16	15,02	2,75	30/0	2,62	11	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 11x koleno 90°, L=101m
	C.41	200	25	29,28	2,75	30	1,71	22	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 9x koleno 90°, 4x koleno 45°, 1x t-kus, L=103m
Family Rafting slide	C.19	500	21	26,32	18,55	0	2,18	45	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 13x koleno 90°, 1x t-kus, L=129m
Rafting Slide and uphill	C.20	220	18	21,95	15,75	0	1,88	18,5	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 12x koleno 90°, 1x t-kus, L=106m
	C.21	328	39,5	40,7	7,95	30	1,43	45	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 7x ko-

									leno 90°, 3x koleno 45°, 1x t-kus, L=78m
	C.22	339,5	38	42,74	10,35	30	1,48	45	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 6x koleno 90°, 2x koleno 45°, L=40m
Spheres	C.23	200	18	20,23	15,75	0	1,71	18,5	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 7x koleno 90°, L=110m
	C.24	220	16	31,9	14,75	0	3,72	15	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 14x koleno 90°, L=127m
	C.25	220	10	25,69	8,95	0	3,72	11	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 13x koleno 90°, L=125m
Rafting flying	C.26	200	20	21,6	15,75	0	1,71	15	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 15x koleno 90°, 3x koleno 45°, 1x t-kus, L=105m
Multi surf	C.27a	180	21	23,5	16,75	0	1,92	18,5	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 14x koleno 90°, 1x t-kus, L=100m
	C.27b	180	21	23,18	16,75	0	1,92	18,5	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 12x koleno 90°, 1x t-kus, L=106m
Free Fall	C.30	120	18	25,7	16,75	0	2,03	11	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 16x koleno 90°, L=105m
Free fall (body slide)	C.31	120	22	25,16	16,75	0	2,03	11	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 14x koleno 90°, L=107m
Loping rocket 1	C.29	120	25	29,06	20,35	0	2,03	15	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 14x koleno 90°, L=112m

Loping rocket 2	C.28	120	25	28,67	2,75	0	2,03	15	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 16x koleno 90°, L=99m
Racing slide Tur-balance Space Boat	C.32	200	22	22,53	18,55	0	1,71	22	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 9x koleno 90°, 1x t-kus, L=46m
	C.33	90	16	18,55	13	0	1,99	5,5	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 7x koleno 90°, 1x t-kus, L=53m
	C.34	110	13	18,93	9,8	0	2,43	5,5	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 10x koleno 90°, 10x koleno 45°, 1x t-kus, L=44m
	C.35	60	8	9,73	5	0	1,66	3	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 12x koleno 90°, 10x koleno 45°, 4x t-kus, L=42m
	C.36	11	10	12,54	9,8	0	1,2	0,6	2x kulový kohout, zpětný ventil, 9x koleno 90°, 1x t-kus, L=26m
	C.42	300	26	31,29	6,5	20	2,08	30	2x uzavírací klapka, zpětná klapka, předfiltr, 6x koleno 90°, 1x koleno 45°, 4x t-kus, L=21m

Tab. 6. Kontrolní výpočet tlakových ztrát

Veškeré výpočty jsou uvedeny v tabulce 5. a 6.

7 ENERGETICKÁ A EKONOMICKÁ BILANCE

Cenová kalkulace bazénové technologie, filtrace a úpravy vody k jednotlivým filtračním okruhům, vlnění, trubních rozvodů. Včetně dodávky elektro, měření a regulace, které je uvedeno v tab. 7.

Cenová kalkulace bazénové technologie	Dílčí náklady
Vlnový bazén - filtrační okruh A	1 863 640,00 Kč
Atrakce vlnění	2 951 645,00 Kč
Líná řeka - filtrační okruh B	1 799 810,00 Kč
Pohon divoké řeky	2 843 995,00 Kč
Tobogány, dětský bazén - filtrační okruh C	4 931 524,00 Kč
Montáže, zařízení staveniště, komplexní zkoušky	5 018 082,00 Kč
Chlorovna	963 240,00 Kč
Rozvod vody do brodítek	269 000,00 Kč
Potrubní rozvody pro jednotlivé okruhy	4 492 394,00 Kč
Elektrotechnická zařízení pro bazénovou technologii	4 281 055,00 Kč
Měření a regulace, řídicí systém pro bazénovou technologii	1 085 361,00 Kč
Celkové náklady (bez DPH)	30 499 746,00 Kč

Tab. 7. Cenová kalkulace bazénové technologie

V ekonomické části projektu bazénové technologie došlo k několika změnám, které vedly k navýšení projektových prací, dodávky zařízení, potrubí a s tím související montáže. Tyto změny jsou zaznamenány v tab. 8. Stalo se tak zhruba po půl roce po odevzdání realizační dokumentace a měsíc před samotnou realizací se dodavatelé tobogánů rozhodli navštívit staveniště. Zjistili vady ve svém projektu, které byly sepsány a všem včetně investora oznámeny asi měsíc po početí naší montáže. V tomto období již bylo položeno asi přes 3000 m potrubí v zemi, objekt strojovny byl již armován. Z požadavků dodavatelské firmy tobogánů vyplývaly změny velkého rozsahu, které se dotýkaly jak stavební, tak technologické části. A po měsíci, upřesňování vznikla tabulka s nejnmutnějšími změnami s víceméně

pracemi, které museli být odsouhlaseny investorem. Vzniklé vícepráce nebyly dodnes zaplacený navzdory tomu, že to nebyla chyba naší dodavatelské firmy.

Dodatečně vzniklé nákladové položky	
Provedené změny za víceméně práce Tobogány, zařízení staveniště, montáž, frekvenční měniče, soft startéry	-760 047,00 Kč
Celkem méně práce za čerpadla Tobogánů	-755 338,00 Kč
Celkem méně práce za čerpadla Tobogánů	1 303 123,00 Kč
Celkem potrubí, tvarovky, armatury, Montáž 4 lidí na 4 dny vč. dopravy, ubytování a diet, Předělání projektové dokumentace technologie a silnoproudu, Doprava materiálu na stavbu	473 589,00 Kč
Celkové náklady (bez DPH) vč. vzniklých dodatečných nákladů	30 761 073,00 Kč

Tab. 8. Dodatečně vzniklé nákladové položky

Energetická náročnost technologický objektů byla navýšena oproti projektové dokumentaci a to kvůli vzniklým požadavkům dodavatele tobogánů popsané v této kapitole.

Technologicko-stavební objekt	Projekt	Realizace
Vlnový bazén - filtrační okruh A, B (Stavební objekt F)		
Technologický rozvaděč	88	80
Stavební silnoproudá elektrika	20	20
Waves - vlnění	110	110
Waves - rozjezd divoké řeky	242	242
Líná řeka - filtrační okruh C (Stavební objekt E)		
Technologický rozvaděč	381	443
Úpravna šedé vody	18	18
Stavební silnoproudá elektrika	6	6
Tobogán racing slide (Turbolance+SB) (stavební objekt u líné řeky)		
Technologický rozvaděč	60	66
Stavební silnoproudá elektrika	5	5
Celková spotřeba elektrické energie	930 kW	990 kW

Tab. 9. Energetická náročnost technologických objektů

ZÁVĚR

Kontrolním výpočtem bylo zjištěno, že není možné s jistou přesností odhadnout v raném stádiu projektu dopravní výšku všech čerpadel. Ani navzdory osmileté praxi a zkušenostem, které jsem získal po tuto dobu. Celý problém vzniká již brzy v rané fázi projektování, kdy v dnešní době vzniká v první fázi na základě studie investiční záměr (mimo jiné podrobný rozpis strojů a zařízení) bez jakéhokoliv projektování, pouze na základě zkušeností, odvahy jednotlivce, který ji dostane úkolem. A nejedná se pouze o projektanta jednotlivce bazénové technologie, ale i o kolegy všech ostatních profesí, na kterých jste a budete po celou dobu projektování závislí. Vaše i jejich problémy jsou vlastně jednotné. To jak se ukázalo na této akci, dle kontrolní tabulky je v některých případech obrovský a především dodatečně finančně náročný a technicky obtížně řešitelný problém.

V případě tobogánu Spheres a jeho čerpadel pozice C. 24 a C. 25 se nejednalo o nedostatek z naší strany bazénové technologie, ale ze strany dodavatele tobogánů. Který se rozhodl rok po odevzdání kompletní projektové dokumentace, obsahující architektonické, stavební a různé technologické celky (provozní soubory) komunikovat. Nově otevřené jednání ze strany dodavatele tobogánů předcházela návštěva aquaparku. Na místo byl vyzván investorem supervizor z Turecka, který zapříčinil změny obrovského rozsahu. Na základě zkušeností této dodavatelské firmy nabitě po dobu dvou let od prvního podkladu, došlo k předimenzování několik tobogánů. Bohužel pro nás jako dodavatelsko-technologickou firmu to znamenalo problémy. Veškeré potrubí bylo již v zemi uložené a zasypané metrovou vrstvou, možnost vytažení, či přeuspořádání potrubí nebyla reálná. Při takovém zásahu by byla většina potrubí poškozena nebo zničena. Dále se změny dotýkaly prostupů do technologického objektu, které byly vyarmované a vybetované. Zde vznikly potíže místním statikům, najít vhodnou pozici pro narušení statiky objektu, tak, aby byly změny únosné. Prostor pro další potrubí se hledalo velmi složitě. Jednoduchost ve vedení trubních tras se vytratila. V neposlední řadě přidávání dalších strojů (čerpadel) do strojovny, navyšování stávajících výkonů u čerpadel mělo za následek vysoký nárůst tlakových ztrát u některých čerpadel, i výrazné navýšení odběru elektrické energie. Projekt elektrotechnického zařízení a projekt měření a regulace se musel přepracovávat. Zásahy do elektro části byly většího rozsahu, ale největší potíží pro mě jako projektanta bazénové technologie a zadavatele podkladů, koordinátora na této akci, byl fakt, že mezi dobou projektování elektro části uběhl půl rok a během této doby byly oba autoři projektové dokumentace propuštěni.

Okolnostmi jsem byl donucen zkoumat a kontrolovat nově upravený projekt elektro. Hledat rozdíly v zadání, v nově zadaných požadavcích a vypracovávané dokumentaci byly chvílemi velmi obtížné.

V tuto chvíli u daného tobogánu Spheres nemůžeme výrobcí, potažmo investorovi zaručit jeho správnou funkčnost na základě „nových“ požadavků, které vznikly měsíc po zahájení výstavby aquaparku v Porečí. Můžeme jen doufat, že vše bude funkční na základě drobných úprav, která nám byly v rámci dané situace na stavbě umožněny.

Tabulka č. 6 – kontrolní výpočet tlakových ztrát má vypovídající hodnotu o správnosti, či nesprávnosti navržené světlosti potrubí s negativním dopadem na tlakové ztráty v potrubí. Významným zjištěním je schopnost správně odhadnout dopravní výšku u oběhových čerpadel, stejně tomu je i u pracího čerpadla. U samotných čerpadel k jednotlivým tobogánům je to již komplikovanější a u proměnných se již výrazněji projevuje vzdálenost potrubí, správně dimenzovaná světlost potrubí a v neposlední řadě prvky kladoucí odpor v potrubí, jako jsou tvarovky, armatury a fitinky. Zde se ukázalo, jak je důležité mít správnou (doporučovanou) rychlost v potrubí, kdy v závislosti na rychlosti se exponenciálně navyšovala tlaková ztráta v potrubí. Byly zjištěny rozdíly tlakové ztráty až do 3 metrů vodního sloupce. Pouze díky kvalitním čerpadlům a tedy Q-H křivkám jednotlivých čerpadel není zjištěný rozdíl v dopravních výškách u většiny čerpadel nijak dramatický a nebude mít významný dopad na přiváděnou bazénovou vodu, protože křivky čerpadel mají plochý charakter a rozdíl snížení, či zvýšení průtoku kapaliny není velký. Ze zkušeností víme, že požadavky na přiváděnou vodu k tobogánům jsou několikanásobně předdimenzované. Potřeby vody jsou mnohdy škrceny až o 40% výkonu daného čerpadla.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BENDA, Jan. *Koupelny, bazény, sauny*. 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 2004, 204 s. ISBN 80-239-2970-4.
- [2] CENTROPROJEKT GROUP A.S. *Interní dokumenty*. Ve Zlíně, 2013.
- [3] ČSN 755050. *Hospodářství pro dezinfekci vody ve vodohospodářských provozech*. 04/2006. V Praze: Český normalizační institut, 2006.
- [4] DIN 19643-1:2012-11. *Úprava a dezinfekce vody v plaveckých bazénech a lázních*. Německo: Německý ústav pro průmyslovou normalizaci, 2012.
- [5] ING. BRICHTA, CSc., Jaromír. Aplikace ozonu a UV záření v bazénových vodách. *ASOCIACE PRACOVNÍKŮ V REGENERACI* [online]. 2003 [cit. 2013-11-10]. Dostupné z: <http://www.aprcz.cz/pages/osveta/technologie/ozon.pdf>
- [6] JIRSÁK, Vlastimil. *Příručka technika bazénů*. [Praha: s. n., 2013?, 56 s. ISBN 978-80-260-4589-2.
- [7] *Koncepce návrhu a provozu veřejných bazénů a koupališť: 6. Ročníku mezinárodního odborného veletrhu bazénů, bazénových technologií, solárií a saun*. V Praze: České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, 2011. ISBN 978-80-01-04756-9.
- [8] KSB PUMPY & ARMATURY s.r.o. *Projektování čerpadel*. Praha, 2010.
- [9] KRIŠ, Jozef. *Bazény, sauny, solária*. 1. vyd. Bratislava: Jaga Group, 1999, 243 s. ISBN 80-889-0509-5.
- [10] KŘIŠ, Jozef. *Bazény a koupaliště*. 1. vydání. Bratislava: Jaga Group, v.o.s., 2000. ISBN 80-88905-30-3.
- [11] LADENER, Heinz. *Solární zařízení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 267 s. ISBN 80-247-0362-9.
- [12] LHOTÁKOVÁ, Zdeňka. *Bazény*. 1. vyd. Brno: ERA, 2003, 119 s. ISBN 80-865-1757-8.
- [13] LHOTÁKOVÁ, Zdeňka. *Bazény: kompletní průvodce*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 137 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-3655-3.
- [14] *Obnovitelné zdroje energie*. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: FCC Public, 2001, 208 s. ISBN 80-901-9858-9.

- [15] *Projekce, výstavba a problematika provozu bazénů a koupališť: sborník 3. mezinárodní konference konané při příležitosti 3. mezinárodní výstavy Bazény, solária a sauny 2005 : Praha 10. března 2005.* Editor Bohumil Šťastný, Marek Slaviček. V Praze: České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, 2005, 82 l. ISBN 80-010-3218-3.
- [16] HEJNÝ, Radek. *Úprava čerpací stanice a výtlačného řádu surové vody do lokality JETE pro zvažované příklady výstavby nových jaderných zdrojů.* Brno, 2009. Diplomová práce. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce ing. Vladimír Habán, Ph.D.
- [17] ŠTEFAN, David. *Hydraulické ztráty v potrubí.* Brno, 2009. Bakalářská práce. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce ing. Pavel Rudolf, Ph.D.
- [18] SVOBODA, František. *Balneotechnika I. Lázeňství komunální.* 2. dopln. vyd. Brno: VUT Brno, 1989, 205 s. ISBN 80-214-1040-X.
- [19] ŠRYTR, Petr. *Bazény.* 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004, 108 s. Profi. ISBN 80-247-0850-7.
- [20] ŠŤASTNÝ, Bohumil. *Stavba a provoz bazénů.* 1. vyd. Praha: ABF, 2003, 137 s. ISBN 80-861-6556-6.
- [21] *Úspora energie při ohřev* [online]. 2013 [cit. 2013-11-04]. Dostupné z: <http://www.solarni-ohrev-vody-bazenu.cz/uspورا-energie-pri-ohrevu-vody-v-bazenu/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AC	Aktivní uhlí
AN	Akumulační nádrž (retenční nádrž)
B	šířka bazénu [m]
BSK	Biochemická spotřeba kyslíku
C	zbytková koncentrace desinfektantu
Cl	Chlor
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
ČR	Česká republika
d	průměr filtru [m]
D	dávka [Ws/m^2] - [J/m^2]
DUR	Dokumentace územního rozhodnutí
DSP	Dokumentace stavebního povolení
DVD	Dokumentace výběru dodavatele (zhotovitele)
E. Coli	Escherichia coli - součást přirozené mikroflóry, jelikož produkuje řadu látek, které brání rozšíření patogenních bakterií (koliciny) a podílí se i na tvorbě některých vitamínů...
EPDM	Ethylen-propylen-butadienový kaučuk
F	filtrační rychlost filtru [$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$]
g	zemské zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]
H	hloubka bazénu [m]
ha	Hektar (jednotka pro plošný obsah)
H ₂ O ₂	Peroxid vodíku
I	intenzita [W/m^2]
JP	Jednostupňový projekt

k	absolutní drsnost potrubí [m]
Kolifág	bakteriofág napadající bakteriální kmeny v rámci rodu <i>Escherichia</i>
l	délka přímého úseku potrubí [m]
L	L – délka bazénu [m]
mikroflóra	jsou různé druhy mikroskopických nižších rostlin i nerostlinných mikroorganismů
mikrofauna	Kategorie nejmenších živočichů ve společenstvu vymezená účelově
nm	nanometr
NaCl	Chlorid sodný
NaOH	Hydroxid sodný
Nc	Dusík
NL	Nerozpuštěné látky
O ₃	Ozon
Q _{max}	Maximální průtok
pH	potenciál vodíku = vodíkový exponent
Ppm	je výraz pro jednu miliontinu (celku)
Pc	Fosfor
Polioviry	virus způsobující dětskou obrnu poliomyelitidu
Redox	oxidačně-redukční potenciál
R	Intenzita bazénu
r	poloměr filtru [m]
RD	Realizační dokumentace
S	plocha filtru [m ²]
t	čas [s]
T	kontaktní doba mikroorganismů

TČ	Tepelné čerpadlo
THM	Trihalometany (chloroform, bromdichlormetan, dibromchlormetan a bromoform)
UV	Ultrafialové záření
ÚT	Ústřední vytápění
V	Objem bazénu
v	střední rychlost v profilu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
ν	součinitel kinematické viskozity vody při 20°C [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$]
λ	součinitel délkových ztrát v kruhovém potrubí
$\sum \xi$	Suma veškerých součinitelů místních odporů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Schéma bazénové technologie.....	16
Obr. 2. Řez pískovým filtrem	18
Obr. 3. Uspořádání více pískových filtrů paralelně	19
Obr. 4. Náplavový filtr.....	19
Obr. 5. Kartušový filtr.....	20
Obr. 6. Úprava - měření pH, Cl, Redox.....	23
Obr. 7. Dávkování plynného Chloru do potrubí	26
Obr. 8. Generátor ozonu + dávkování ozónu do potrubí	34
Obr. 9. UV reaktor středotlaké lampy a řídicí box	38
Obr. 10. Princip tepelného čerpadla.....	44
Obr. 11. Aquapark – Poreč	51
Obr. 12. Axonometrická situace – Aquaparku v Poreči vymodelovaná v programu Revit MEP 2013	52
Obr. 13. Technologické schéma - filtrační okruh A	53
Obr. 14. Technologické schéma - filtrační okruh B	55
Obr. 15. Dispozice strojovny – filtrační okruh A, B.....	55
Obr. 16. Vizualizace strojovny filtračního okruhu A, B.....	56
Obr. 17. Technologické schéma - filtrační okruh C	57
Obr. 18. Dispozice strojovny – filtrační okruh C	58
Obr. 19. Vizualizace strojovny filtračního okruhu C.....	59
Obr. 20. Renderovaný snímek vs skutečnost objekt strojovny filtračního okruhu C	60
Obr. 21. Renderovaný snímek vs skutečnost objekt strojovny filtračního okruhu C	61
Obr. 22. Požadavky na mikrobiologické a fyzikálně-chemické ukazatele jakosti vod v umělých koupalištích.....	66
Obr. 23. Kontrola jakosti vody	67
Obr. 24. Tabulka čerpadel.....	70
Obr. 25. Tabulka č. 1 pískových filtrů s 1,2m vrstvou písku.....	72
Obr. 26. Tabulka č. 2 pískových filtrů s 1,2m vrstvou písku.....	73

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Vliv nízkého a vysokého pH na kvalitu vody v bazénu	23
Tab. 2. Vliv jednotlivých mikroorganismů na lidský organizmus	31
Tab. 3. Souhrn výhod a nevýhod dezinfekčních činidel	41
Tab. 4. Intenzita recirkulace plaveckých bazénů do 28°C	69
Tab. 5. Souhrnná tabulka	78
Tab. 6. Kontrolní výpočet tlakových ztrát	83
Tab. 7. Cenová kalkulace bazénové technologie	84
Tab. 8. Dodatečně vzniklé nákladové položky	85
Tab. 9. Energetická náročnost technologických objektů	85

SEZNAM PŘÍLOH

- P I.** CD disk obsahující - textovou část diplomové práce
- výkresovou dokumentaci P II. až P V.
- P II.** Technologické schéma - filtrační okruh A
- P III.** Technologické schéma - filtrační okruh B
- P IV.** Technologické schéma - filtrační okruh C
- P V.** Axonometrická situace Aquaparku