

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



**OVĚŘENÍ RECIRKULAČNÍHO SYSTÉMU
NA VYBRANÉM BAZÉNOVÉM PROVOZU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Nikola Švejdová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. BOHUMIL ŠŤASTNÝ, Ph.D.

Leden 2018

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Švejdová** Jméno: **Nikola** Osobní číslo: **410956**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Vodní hospodářství a vodní stavby**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Ověření recirkulačního systému na vybraném bazénovém provozu

Název diplomové práce anglicky:

Verification of the recirculation system on the selected swimming pool

Pokyny pro vypracování:

1- rešerše, 2- obecný popis problematiky, 3- měření na vybraném bazénu, 4- vyhodnocení měření 5- závěry

Seznam doporučené literatury:

Balneotechnika II, doc. Ing. Sklenář, J. CS.c

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D., katedra zdravotního inženýrství

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **02.10.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **07.01.2018**

Platnost zadání diplomové práce: _____

doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 7. 1. 2018

.....
Bc. Nikola Švejdová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat lidem, kteří mi v průběhu mé práce poskytovali potřebné informace. Zvláštní poděkování patří vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Bohumilovi Šťastnému, Ph.D. za konzultace a odborné rady.

Poděkování patří i mé rodině a blízkým přátelům za morální podporu.

Abstrakt

Daná diplomová práce je zaměřena na recirkulační systém vybraného bazénového provozu. Teoretická část popisuje recirkulační systém a princip technologie úpravy bazénové vody. Zabývá se typy čerpadel, jejich použitím a jejich hydraulickým návrhem. Je zaměřena na výpočet tlakových ztrát v potrubí. Okrajově se věnuje filtraci. Praktická část představuje vybraný bazénový provoz z hlediska popisu jeho provozu a bazénové technologie. Dále popisuje měřicí aparaturu a vlastní měření na okruzích recirkulace, které jsou předmětem zájmu dané práce. Věnuje se vyhodnocení jednotlivých měření a diskuzi výsledků. Účelem provedených měření bylo ověření recirkulačního systému bazénového provozu. Cílem měření je odhalení možných nedostatků, zlepšení původního stavu, který může být díky nedostatkům z provozního a ekonomického hlediska nevhodný.

Klíčová slova

bazén, čerpadlo, tlaková ztráta v potrubí, recirkulační systém, měření, vodní atrakce

Abstract

The diploma thesis is focused on a recirculation system of a particular swimming pool. The theoretical part describes the recirculation system and the principle of pool water treatment technology. It deals with pump types, their use and their hydraulic design. It is focused on calculation of pressure losses in the pipe system. Filtering is mentioned marginally. The practical part presents the particular swimming pool in terms of description of its operation and pool technology. It also describes measuring equipment and measuring itself on recirculation circuits which are the main issues of this diploma thesis. It deals with evaluation of individual measurements and discussion of the results. The purpose of the measurements was to verify the recirculation system of the pool operation. The aim of the measurement is to detect possible imperfections and to improve the initial condition which, from the operational and economical point of view, can be uneconomic due to the imperfections.

Keywords

swimming pool, pump, pressure loss in the pipe system, recirculation system, measurement, water attraction

Obsah

Seznam použitých symbolů a označení

1 Úvod	11
1.1 Cíl práce	12
A. TEORETICKÁ ČÁST	13
2 Lázeňství	14
2.1 Význam vodních ploch pro rekreaci	15
2.2 Vliv plavání na zdraví člověka	16
3 Bazénová technologie	
3.1 Bazénová voda	17
3.2 Recirkulační systém	17
3.2.1 Potrubí recirkulačního systému	18
3.2.2 Řešení recirkulačního systému sestav bazénů	18
3.2.3 Strojní zařízení	19
3.3 Recirkulační úpravna vody	
3.3.1 Provoz recirkulační úpravny vody	19
3.3.2 Složení recirkulační úpravny bazénové vody	21
3.3.3 Stanovení intenzity recirkulace vody	21
4 Technologie úpravy vody	23
4.1 Lapač vlasů	24
4.2 Recirkulační čerpadla	24
4.3 Filtrační zařízení	24
4.4 Dávkování chemikálií	25
4.5 Dezinfekce vody v bazénu	25
4.6 Přívod a odběr vody z bazénu	26
4.7 Zdroj vody pro bazény	27
4.8 Provoz	27
4.9 Ohřev vody pro bazény	27
4.10 Akumulační nádrž	28
5 Čerpadla	
5.1 Typy čerpadel	29
5.1.1 Hydrodynamická čerpadla – odstředivá čerpadla	29
5.1.2 Odstředivá čerpadla v bazénové technice	30

5.1.3	Oběhová čerpadla k úpravě vody ve velkých bazénech	31
5.1.4	Čerpadla pro atrakce	32
5.2	Hydraulický návrh čerpadel	
5.2.1	Základní parametry	33
5.2.2	Charakteristika čerpadla	39
5.2.2.1	Sériové zapojení	39
5.2.2.2	Paralelní zapojení	40
5.2.3	Charakteristika potrubí	42
5.2.4	Pracovní bod čerpadla	42
5.2.5	Hydraulické ztráty v přímém potrubí	44
6	Filtrace	
6.1	Typy filtrů	51
6.1.1	Pískové filtry	51
6.1.2	Náplavné filtry	52
6.1.3	Kartušové, pěnové a látkové filtry	53
6.1.4	Filtry na principu membránové filtrace	54
6.2	Praní filtrů	54
6.3	Kontrola filtrů	55
B.	PRAKTICKÁ ČÁST	56
7	Vybraný bazénový provoz	
7.1	Charakteristika bazénového provozu	56
7.2	Rozdělení postupu měření	59
7.3	Stručný popis provozu	
7.3.1	Bazénový provoz obecně	60
7.3.2	Recirkulační úpravna vody, tobogán, troj skluzavka	61
7.3.3	Rekreační bazén	63
7.4	Bazénová technologie	65
7.4.1	Okruh 1: Tobogán – atrakce	
7.4.1.1	Čerpadla pro atrakci	66
7.4.2	Okruh 2: Recirkulační úpravna vody tobogánu a troj skluzavky	67
7.4.2.1	Oběhová čerpadla k úpravě vody	68
7.4.2.2	Pískové filtry	69
7.4.2.3	Ohřev vody	70

7.4.3 Okruh 3: Divoký kanál – atrakce	
7.4.3.1 Čerpadlo pro atrakci	71
8 Měření na vybraném bazénu	74
8.1 Pomůcky k měření	74
8.2 Vlastní měření	80
8.2.1 Okruh 1: Tobogán – atrakce	80
8.2.2 Okruh 2: Recirkulační úpravna vody tobogánu a troj skluzavky	93
8.2.3 Okruh 3: Divoký kanál – atrakce	107
9 Vyhodnocení měření a diskuze	
9.1 Okruh 1: Tobogán – atrakce	123
9.2 Okruh 2: Recirkulační úpravna vody tobogánu a troj skluzavky	125
9.3 Okruh 3: Divoký kanál – atrakce	129
10 Závěr	141
10.1 Okruh 1: Tobogán – atrakce	141
10.2 Okruh 2: Recirkulační úpravna vody tobogánu a troj skluzavky	142
10.3 Okruh 3: Divoký kanál – atrakce	142
Seznam použité literatury a zdrojů	
Seznam použitých zkratk	
Seznam použitých obrázků	
Seznam použitých fotografií	
Seznam použitých grafů	
Seznam použitých tabulek	
Přílohy	
Seznam příloh	

Seznam použitých symbolů a označení

$\cos\varphi$	Účinník	[-]
d, \emptyset	Vnější průměr potrubí	[m]
DN	Vnitřní průměr potrubí	[m]
g	Tíhové zrychlení	[m/s ²]
h_B	Hloubka bazénu	[m]
H_d	Dopravní výška čerpadla	[m]
H_g	Geodetická výška	[m]
H_{gs}	Geodetická výška na sací straně	[m]
H_{gv}	Geodetická výška na výtlačné straně	[m]
i_B	Hydraulický sklon	[-]
L	Délka, vzdálenost	[m]
M	Krouticí moment na hřídeli	[N·m]
n	Otáčky	[1/min]
ORP	Oxidačně redukční potenciál	[V]
p	Tlak v kapalině	[Pa]
P, P_{in}	Příkon čerpadla	[W]
P_{out}, P_2	Výkon čerpadla	[W]
$Q_{\check{c}}$	Průtok čerpadla	[m ³ /s]
Q_{opt}	Optimální průtok	[m ³ /s]
Q_n	Návrhový průtok čerpadla	[m ³ /s]
Re	Reynoldsovo číslo	[-]
T	Teoretická doba zdržení	[h]
v	Rychlost proudění kapaliny	[m/s]
Y	Specifická (měrná) energie	[m ² /s ² = J/kg]
Y_{opt}	Optimální specifická (měrná) energie čerpadla	[m ² /s ² = J/kg]
Z	Celková ztráta (ztrátová výška)	[m]
Z_m	Ztráty místní	[m]
Z_t	Ztráty třením	[m]
α	Součinitel kinetické energie (Coriolisovo číslo)	[-]
Δ	Absolutní (hydraulická) drsnost potrubí	[m]
Δ/D	Relativní drsnost potrubí	[-]
η	Účinnost čerpadla	[-]

λ	Součinitel tření	[-]
ξ	Tlakový součinitel	[-]
ρ	Hustota dopravované kapaliny	[kg/m ³]
χ	Odporový součinitel	[-]

1 Úvod

Plavání a koupání patří k nejoblíbenějším aktivitám volného času. Umělá koupaliště mají vzhledem k tuzemským podnebním podmínkám nezastupitelnou úlohu, neboť umožňují vykonávat tuto aktivitu v průběhu celého roku. Vedle plaveckých bazénů mohou návštěvníci využívat i jiných bazénových komplexů určených k zábavě a relaxaci jako jsou vířivky, vodní atrakce, sauny, masáže, posilování atd. [25].

Z počátku vnímal člověk vodu jako pitnou a nutnou k udržení života, později poznal její příjemné vlastnosti k očištění těla a také její blahodárné účinky jako vody léčivé. Tím vodu více používali jako lázeňský prostředek.

Počátek využívání lázeňských vod je situován na přírodních vodách, neboť vodní toky a vodní plochy byly jednou ze součástí při zakládání lidských sídlišť. Očistný účinek vodní lázně byl vývojově spojován s náboženskými úkony a koupele byly často součástí bohoslužby. Před vstupem do chrámu měl být člověk čistý – jak na těle, tak i na duši.

Součástí vývoje výstavby komunálních lázní jsou dvě hlavní linie: osobní hygiena, daná každodenní privátní očištnou a osvěžující lázní v rámci bytové kultury (koupelny, sprchové kouty, soukromé bazény) a různé formy veřejných lázní, jako nekryté či kryté lázně, tj. např. přírodní koupaliště, umělá koupaliště nebo bazény kryté, jednotlivé nebo různé jejich sestavy, řešené jako plavecké areály s převažující rekreační funkcí, či plavecká střediska, která slouží zejména pro účely výuky a výcviku plavání, nebo plavecké stadiony svou funkcí zaměřené na závodní plavecké sporty. K těmto zařízením můžeme přiřadit i veřejně očištné, vývojově jsou však na ústupu, pokud v nich nejsou zařazeny nějaké procedury jako sauna, pára, horký vzduch, posilovna atd. Druhou linii představují léčebné lázeňské objekty na bázi fyziatrie. Využívání lázní jakéhokoliv typu působí příznivě na organismus [13].

Čerpací technika je v dnešní době využívána téměř ve všech odvětvích – zemědělství, průmyslové odvětví, domácí prostředí apod. Čerpadla jsou také nezbytnou součástí bazénového provozu, neboť jsou jedním z rozhodujících faktorů zajišťujících kvalitu bazénové vody. Vhodný návrh nejen čerpadel vede k hospodárnému provozu a značné úspoře energie, jelikož je v současné moderní společnosti stále více diskutován nedostatek energetických zdrojů z hlediska dlouhodobé koncepce.

1.1 Cíl práce

Daná diplomová práce je zaměřena na recirkulační systém vybraného bazénového provozu. Popisuje recirkulační systém a princip technologie úpravy bazénové vody. Zabývá se typy čerpadel, jejich použitím a jejich hydraulickým návrhem. Je zaměřena na výpočet tlakových ztrát v potrubí. Okrajově se věnuje filtraci a filtračnímu zařízení. Představuje vybraný bazénový provoz, který není na základě sjednaných podmínek s provozovatelem jmenován, z hlediska popisu jeho provozu a použité bazénové technologie. Dále popisuje měřicí aparaturu a vlastní měření na okruzích recirkulace, které jsou předmětem zájmu dané práce. Věnuje se vyhodnocení jednotlivých měření a diskuzi výsledků. Účelem provedených měření bylo ověření recirkulačního systému bazénového provozu. Cílem měření je odhalení možných nedostatků, zlepšení původního stavu, který může být díky nedostatkům z provozního a ekonomického hlediska nevhodný. Předmětem zájmu je také sledování účinnosti elektrických motorů čerpadel, neboť je v současné době trendem snižování spotřeby elektrické energie. Závěrem práce je návrh opatření vzniklé situace.

A. TEORETICKÁ ČÁST

2 Lázeňství

Obecně lze bazény rozdělit do tří základních skupin:

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

Ke komunálnímu lázeňství patří zařízení, jež jsou využívána širokou veřejností nebo vymezeným okruhem návštěvníků. Jedná se především o lázně očištné, rekreační, potní, sportovní, a to kryté či nekryté. Dle majitele objektu sem patří aquaparky, hotelové a podnikové bazény, městské a školní bazény atd.

Mezi soukromé lázně patří bazény, které jsou součástí rodinných domů, chat, chalup apod.

Dle typu stavby se obě skupiny rozdělují na koupaliště přírodní, umělá, kryté či nekryté bazény a jejich kombinace [6].

Přírodní koupaliště

Jsou za ně považována taková zařízení, u kterých se vodní zdroj neupravuje a voda má svůj přirozený charakter. Vodní zdroje jsou akumulovány z povrchových nebo podzemních vod v přírodních nebo umělých nádržích nebo jsou využívány ve vodních tocích přímo. Přírodní koupaliště lze umísťovat buď na rybnících, jezerech, vodních nádržích, vodních tocích, potocích, řekách, nebo na akumulovaných vodách podzemních, v zatopených lomech, vytěžených pískovnách a šterkovištích. Po hygienické stránce jsou nejvýhodnějším řešením posledně zmíněné typy vod.

Kvalita přírodních vod musí splňovat určité požadavky na senzorické vlastnosti (barva, čírost, zákal, zápach). Na hladině vody by se neměly vyskytovat plovoucí předměty ani různé mastnoty (ropné látky, tuky atd.). Z chemického hlediska nesmí voda obsahovat větší koncentrace železa, chloridů, amoniaku, manganu, organických látek a celkově látek ohrožujících zdraví uživatelů. Vyhláška MZ č. 464/2000 Sb. stanovuje podrobnější údaje týkající se jednotlivých ukazatelů [6].

Umělá koupaliště

Ta se zřizují převážně v místech s nedostatkem povrchových vodních zdrojů. Bazény mohou být navrženy buď jako trvale či přechodně zakryté, nebo nezakryté.

Mezi základní druhy umělých koupališť patří:

- rekreační bazény,
- plavecké bazény,
- dětské bazény,
- bazény pro výcvik neplavců,
- vířivé bazény,
- rehabilitační bazény,
- univerzální bazény,
- zábavné bazény.

Nekryté bazény představují vhodné řešení při zajištění rekreace v letních měsících, kdy musí být zaručena vysoká kvalita vody i při maximálním počtu návštěvníků. Sestávají se zpravidla z jednoho nebo více bazénů různých velikostí a tvarů, určených pro plavce, neplavce a děti. Nezbytnou součástí pro provoz bazénů je úpravna vody, která nepřetržitě zabezpečuje požadovanou kvalitu vody. V posledních letech vzrůstá zájem také o doplňkové prvky koupališť, mezi které patří například tobogany, skluzavky, vířivky, masážní trysky, padající voda, protiproudové plavání a jiné [6].

2.1 Význam vodních ploch pro rekreaci

Moderní doba s sebou přináší stále se zvyšující nároky na tělesný i duševní stav člověka. Řada faktorů působí negativně na celkový zdravotní stav lidí jako stále se zrychlující „životní tempo“ a zhoršující se stav životního prostředí, tj. vzduchu, vody podzemní i povrchové, půdy, a tím i skladby potravin a nápojů. Narušenost tělesného a duševního stavu je třeba vyvažovat pozitivními faktory, nemá-li být narušena natrvalo. Pozitivními faktory ve vztahu lázeňství lze vyzdvihnout lázně sluneční, vzdušné a vodní, aplikované buď jako prevence, nebo léčba, rekreace či rehabilitace. Rekreace kombinuje funkci odpočinku s funkcí zábavy a společenského života.

Způsob průběhu rekreace závisí na druhu zatížení organismu člověka v jeho pracovní době. Lidé, pracující manuálně, budou vyhledávat při rekreaci uvolnění od svalové práce, tj. odpočinek. Duševní pracovníci budou vyhledávat spíše pohybová zatížení, např. sport. Lze vyzdvihnout objektivně nutné prvky rekreace, jako čisté ovzduší, pocity volna a svobody, minimum zákazů a zábran, minimální hlučnost,

různorodost terénu aj. Velikost a rozsah jmenovaných prvků závisí na jednotlivcích. Lze konstatovat, že význam vodních ploch přírodních a vodních toků pro rekreaci je zásadní. U vodní rekreace dochází ke spojení hygienické funkce s účinkem osvěžení organismu, s prevencí, otužováním, se sportovním využitím a s funkcí estetickou [13].

2.2 Vliv plavání na zdraví člověka

Informace o lázeňských stavebách sahají až k počátkům lidské kultury. Alespoň minimální hygiena byla nutná ve všech formách osídlení. Lidé se naučili vážit si vody a vztah člověka k vodě je dán i tím, že voda slouží již od pradávna nejenom jako základní potravina, ale i k očištěným koupelím a lázním. Pojem „lázně“ je definován jako prostředí, zařízení nebo přirozená či umělá nádrž, kde pobývá celé tělo nebo pouze jeho část.

Lázeňským prostředím může být voda, ale také i vzduch, teplo, zařízení atd. Plavání jakožto tělesná aktivita ovlivňuje zdraví člověka. Odlišné teploty vody a vzduchu otužují celý organismus. Střídané zatěžování jednotlivých částí lidského těla má pozitivní vliv na jejich celkové rovnoměrné rozvíjení. Pohyb ve vodě umožňuje kloubům nenásilné pohyby, při kterých se střídá rytmické napínání a uvolňování svalstva. Pravidelným plaváním se zvyšuje rozsah pohybu především těch částí těla, které jsou díky sedavému zaměstnání ztuhlé. Rovnoměrný a rytmický svalový pohyb spolu s hlubokým a pravidelným dýcháním, jemným drážděním hmatových a teplotních tělísek na kůži působí blahodárně na mozkovou kůru a nervovou soustavu člověka. Vodní prostředí má pozitivní vliv také na systém krevního oběhu. Plavání ve vodorovné poloze významně ulehčuje práci srdce, neboť je usnadněný návrat krve z velkého oběhu, a dýchání čistého a parami nasyceného vzduchu těsně nad hladinou vody přispívá k dobrému prokrvení plic. Tlak vody na hrudní stěnu napomáhá výdechu, činí ho účinnějším a nutí svalstvo hrudníku k intenzivnější práci. Samo ponoření těla do vody o teplotě 18–30 °C zpravidla vyvolá pokles tepové frekvence a pravidelné plavání vede k správné pohyblivosti hrudního koše a udržení pružnosti plicní hmoty. Plavání rovněž působí příznivě na látkovou přeměnu v těle. Zvýšená tepelná vodivost je při plavání pro lidský organismus příznivá, protože teplo vyrobené pohybem ve vodě není odváděno potem a neztěžuje tak krevní oběh [7].

3 Bazénová technologie

3.1 Bazénová voda

Podstata obnovy kvality vody v bazénech spočívá na recyklaci vody a použitých chemikáliích, včetně vody ze zdroje, v rámci recirkulace. Pro soudobá řešení recirkulačních systémů bazénů se preferují zdroje s kvalitou vody pitné (vodovodní sítě, podzemní voda) a v krajních případech s kvalitou vody užitkové. V ostatních případech je nutné vodu ze zdroje upravovat (primární úprava vody).

Voda ze zdroje plní v rámci recirkulačního systému několik funkcí, a to jako voda napouštěcí, doplňková, ředící, sloužící k udržování chloridů z těl návštěvníků na předepisované mezi chloridů.

V rámci recirkulačních systémů se posuzuje bazénová voda při dimenzování intenzity recirkulace a stupeň zákalu při bilancování (potřebě vody) na chloridy. Požadavky na snížení zákalu při provozu bazénů jsou mnohem vyšší než v případě požadavků na pitnou vodu. Tedy s hodnotami zákalu pitné vody nelze bazény provozovat, voda je neprůhledná, matná. Důležitý je také dlouhodobý poznatek, že má-li mít voda v bazénech přirozenou barvu (lehce bledě modrou), musí být obklady bazénové vany křídově bílé. Každá sebemenší barevná odchylka, i sebeslabší, zeslabuje vizuální účinek jiskrnosti a pastelové modře [13].

3.2 Recirkulační systém

Recirkulačním systémem se rozumí soustava zařízení, tvořící jeden provozní celek, charakterizovaný trvalým koloběhem vody mezi objekty tohoto zařízení. Soustava zařízení u plaveckých areálů se skládá z části stavební, strojní a technologické, doplňkových zařízení a recirkulačního spojovacího potrubí. Část stavební tvoří čerpací jímka s retenčním prostorem, akumulací nádrž a konstrukce budovy úpravní s potřebnými stavebními detaily a vlastními bazény. Ve výjimečných případech obsahuje i přepouštěcí nádrž. Část strojní obsahuje čerpadla recirkulační, dávkovací, zrychlovací, dmychadla, kompresory, ponorné vysavače a ATS (automatická tlaková stanice). Část technologická se skládá ze zařízení na mechanické předčištění bazénové vody, zařízení pro koagulační rychlofiltraci, úpravu reakce vody a její zabezpečení proti enormnímu rozvoji biocenózy, zdravotní zabezpečení vody a pro ohřev respektive dohřívání vody. Mezi doplňková zařízení patří měřicí a registrační aparatury (registrace

zákalu vody – surové a filtrátu – pH a zbytkového aktivního chloru před a za filtrem, měření průtoku, eventuálně registrace redox potenciálu).

Koloběh vody mezi jednotlivými objekty a zařízeními je umožněn recirkulačním potrubím, které se skládá z gravitační (sací) a výtlačné části. Gravitační potrubí propojuje bazény, přes čerpací jímku a lapače vlasů, s čerpadly, výtlačné potrubí propojuje čerpadla přes rychlofiltry a výměníky tepla s bazény.

V rámci tohoto systému, během jeho provozu, se uplatňují vlivy zhoršující kvalitu recirkulované vody, např. znečištění od návštěvníků bazénů, přínos znečištění z vodního zdroje, a vlivy zlepšující tuto kvalitu, jako je funkce technologického zařízení, ředící vody, biologického a zdravotního zabezpečení.

Vztah mezi negativně a pozitivně působícími faktory recirkulačního systému regulujeme intenzitou recirkulace tak, aby byla mezi nimi buď „výpočtová“ stabilita (rovnováha), nebo „lokální nestabilní stav“ s kolísáním kvality pod žádanou mez. Intenzita recirkulace je tím nižší, čím jsou účinnější pozitivní faktory a čím jsou méně výrazné faktory působící negativně.

Pomocí stálého koloběhu vody mezi jednotlivými objekty recirkulačního systému lze, pokud to je potřeba, v předprovozní době bazénovou vodu upravit na žádaný stupeň kvality a během provozu příslušnou intenzitou recirkulace udržovat standardní kvalitu po všech stránkách [12].

3.2.1 Potrubí recirkulačního systému

Soustavu lze rozdělit na jednotlivé okruhy:

- gravitační potrubí – potrubí spojující přelivné žlábký s akumulací nádrží;
- sací potrubí – délka potrubí je měřena od místa dnového odběru až po zaústění potrubí v místech za akumulací jímku a před čerpadlem;
- výtlačné potrubí – potrubím protéká celkové cirkulační množství vody a potrubí je počítáno v délce od čerpadla až po rozvod do trysek [6].

3.2.2 Řešení recirkulačních systémů sestav bazénů

Existují dvě základní modifikace:

- recirkulační systémy separované,
- recirkulační systémy centrální.

Recirkulační systémy separované

U těchto systémů má každý jednotlivý bazén svůj vlastní recirkulační okruh. Kvality vody jednotlivých bazénů se nemísí, lze u nich vyžadovat různé kvality, zvláště teploty a nesynchronní úplnou výměnu. Dimenzování těchto systémů je tedy stejné jako u bazénů jednotlivých. Jako společné mohou mít pouze chemické hospodářství a dávkování chemikálií, pokud je možné z dispozičních důvodů. Nemohou mít společná čerpadla (nejvýše dispozičně soustředěna), filtry, ohřev a potrubí. Toto řešení je v každém případě provozně i investičně náročnější [12].

Recirkulační systémy centrální

Tyto systémy v praxi převažují, neboť jsou úspornější investičně i provozně. Bazény jsou v rámci recirkulace zásobovány vodou stejné kvality a regulace diferencovaných teplot v jednotlivých bazénech je obtížnější. Bazény jsou napojeny na společná potrubí a mají společné stavební, strojní a technologická zařízení [12].

3.2.3 Strojní zařízení

Recirkulační systém musí být pro provoz strojním zařízením vybaven:

- recirkulační čerpadla,
- dávkovací čerpadla,
- kompresory a dmyhadla,
- zrychlovací čerpadla,
- ponorná čerpadla,
- ponorné vysavače,
- hydroforová stanice [13].

3.3 Recirkulační úpravna vody

3.3.1 Provoz recirkulační úpravny vody

Řádný provoz úpravny lze zajistit pouze neustálou kontrolou všech parametrů, které charakterizují kvantitu a zvláště kvalitu bazénové vody na různých úsecích recirkulačního systému.

Měřicí technikou se sleduje/kontroluje:

- průtok,
- zákal,
- pH,
- chlor,
- redox potenciál,
- velikost dávky chemikálií,
- teplota.

Průtočné množství

Eviduje se přítok vody ze zdroje – za účelem kontroly přídavné vody – a recirkulované množství – za účelem nastavení dávkování (nemusí být průběžné).

Zákal

Jedná se o výchozí kritérium celého recirkulačního systému. Nejlepší variantou je měření před a za filtrem, měření kvality vodního zdroje a také počáteční kvality před zahájením provozu.

pH

Reakce vody spolu se zbytkovým chlorem významně ovlivňuje vodní prostředí a jeho působení na sliznice a pokožku návštěvníků.

Chlor

Registrace zbytkového chloru před a za filtry, a to kontinuální, může zajistit optimální poměry pro zdravotní zabezpečení – pouze však v případě, že je realizován správný výměnný systém, správná velikost filtrační plochy a recirkuluje se odpovídající množství vody.

Redox potenciál (ORP)

Jedná se o doplňkové měření chemického potenciálu oxidačních reakcí jako celku vyjádřených v [mV]. Například při pH = 7 je hodnota ORP = 700 mV [13].

Dávkování chemikálií

Představuje nepřirozený zásah do vlastností vody, proto musí být minimalizován.

Jde o chemickou úpravu vody a nesprávným dávkováním lze kvalitu upravované vody zhoršit. Je nutné znát kvalitu upravované vody, zvolit správnou chemikálii a určit dávku a nastavení dávkovacího čerpadla.

Teplota

Reguluje se dle účelu a využití bazénu [13].

3.3.2 Složení recirkulační úpravny bazénové vody

- 1) akumulární jímka,
- 2) lapače hrubých mechanických nečistot,
- 3) cirkulační čerpadla,
- 4) koagulační filtrace,
- 5) temperace vody,
- 6) hygienické zabezpečení vody,
- 7) korekce pH vody,
- 8) odstraňování pravých roztoků,
- 9) výměnný systém vody v bazénu [34].

3.3.3 Stanovení intenzity recirkulace vodyPlavecké bazény

Úpravna vody musí mít potřebnou kapacitu, která vyplývá z objemu bazénu a intenzity recirkulace. Intenzitu recirkulace je možno stanovit orientačně podle hloubek bazénu:

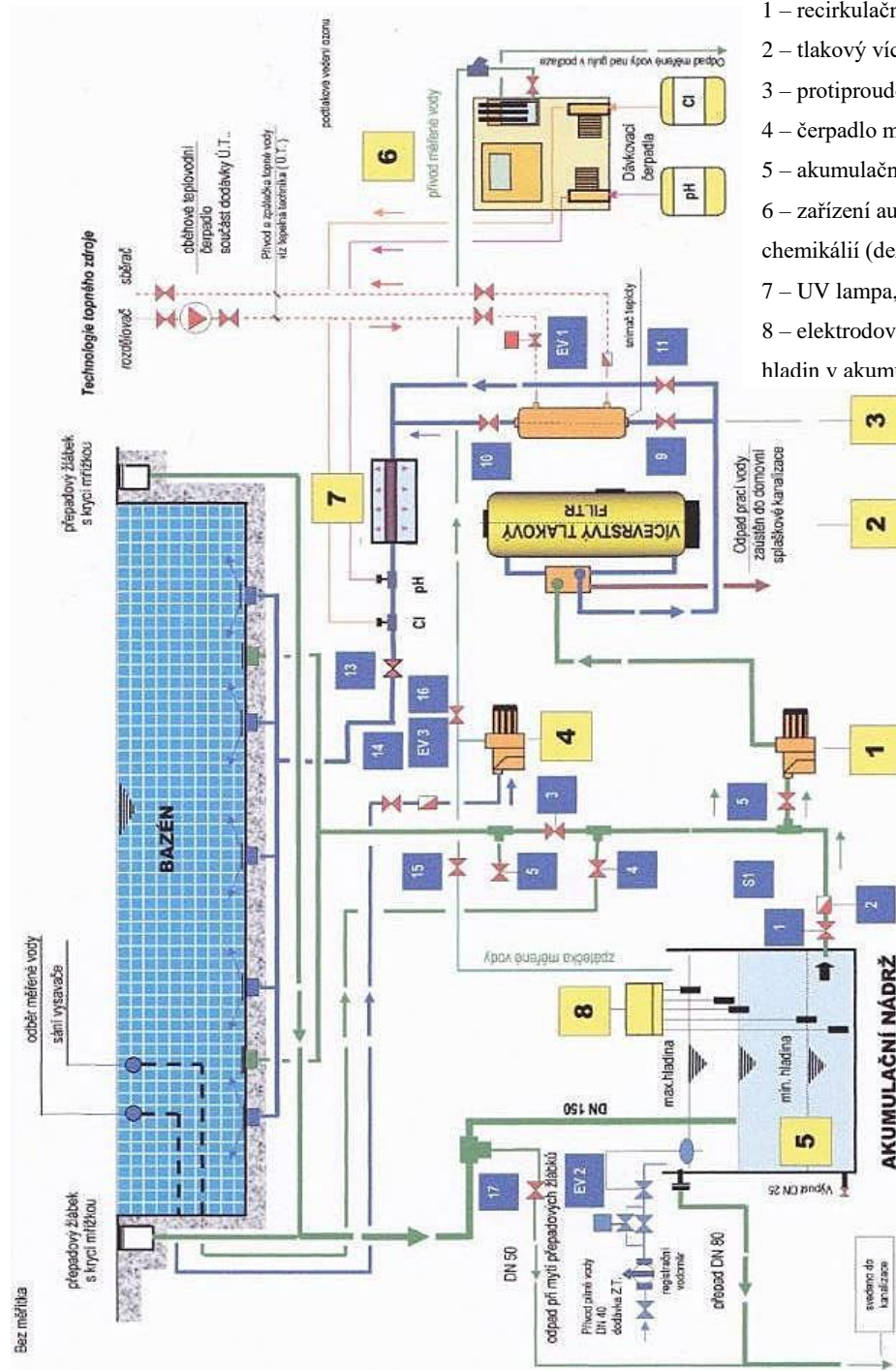
Hloubka bazénu h_B [m]		0,5	1,0	2,0	3,0	3,5	4,5
Kryté bazény	Teoretická doba zdržení T [h]	2,0	3,0	5,0	6,0	6,5	7,0
Nekryté bazény		2,0	3,5	8,0	8,0	8,0	8,0

Tab. 3.1 – Intenzita recirkulace dle vyhlášky 238/2011 Sb. [3]

Teoretické doby zdržení vody či doby výměny vody (intenzity recirkulace) T se týkají jmenovitého výkonu úpravny včetně všech čerpacích agregátů a jejich rezerv. Potřebné recirkulované množství vody v $[\text{m}^3/\text{h}]$ je orientačně určeno podílem z objemu bazénu a teoretické doby zdržení vody. Upřesňuje se výpočtem, ve kterém je zahrnuta návštěvnost, typ bazénu a požadovaná jakost vody [3, 12].

4 Technologie úpravy vody

Voda v bazénu musí být z hygienických důvodů soustavně upravována trvalým přečerpáváním přes tlakové rychlofiltry. Kromě této koagulační rychlofiltrace je potřeba dodávat do cirkulačního okruhu čerstvou vodu v množství 1/10 obsahu bazénu denně. Technologické schéma bazénu je patrné z následujícího obr. 4.1 [11].



Obr. 4.1 – Technologické schéma bazénu [26]

4.1 Lapač vlasů

Voda, která odtéká z bazénu k další úpravě, ať přes přepadové žlábků (vertikální recirkulace) či odběrem ze dna (horizontální recirkulace), obsahuje kromě vlasů také různé tkaniny z plavek. Aby se zabránilo zanášení oběžných kol recirkulačních čerpadel, je nutné instalovat do sacího potrubí lapač vlasů. Jedná se o uzavřenou válcovou nádobu, opatřenou uvnitř vyjímatelným sítem. Voda přichází osou nádoby axiálně a odvádí se bočně z obvodového mezikruží vytvořeného mezi sítem uvnitř a pláštěm nádoby. Lapač vlasů lze instalovat horizontálně i vertikálně tak, aby byl odtok vody vždy z nejvyššího místa. Dojde tak k odstranění nebezpečí vzniku vzduchového polštáře, který by ovlivňoval chod čerpadla [11].

4.2 Recirkulační čerpadla

Voda, odtékající z bazénu, se přečerpává trvale přes úpravnu zpět do bazénu. Pro tento účel jsou horizontální čerpadla instalovaná v nátokové dispozici nejvýhodnější. Díky této úpravě lze navrhnout sací potrubí bez sacího či vtokového koše, jejichž síta by se ucpávala vlasy. Na začátku sacího potrubí je umístěn vtokový kus. Lapače vlasů se osazují na sací potrubí. Technologická zařízení úpravy vody jsou situována do suterénních prostor bazénového provozu. Při tomto umístění jsou de facto hladiny v bazénu a tlakových rychlofiltrech ve stejné úrovni, čerpadla překonávají v podstatě pouze odpory v potrubí okruhu bazén – úpravna – bazén a vlastního filtru.

V případě vertikální recirkulace, kdy odtok vody z bazénu je akumulován v sací jímce, je dopravní výška čerpadel proti horizontální recirkulaci větší o geodetickou výšku hladin bazénu a sací jímky. Vzhledem k vyšším průtočným rychlostem v potrubí a výkonech tlakových rychlofiltrů a celkových odporech včetně lapače vlasů jsou pro recirkulaci nejvýhodnější horizontální odstředivá jednostupňová spirální čerpadla [11].

Dané problematice je podrobněji věnována samostatná kapitola 5 Čerpadla na straně 29.

4.3 Filtrační zařízení

Zákal je způsoben koloidními i partikulárními částicemi rozpuštěnými ve vodě. Průhlednost vody je závislá právě na zákalu. Částice, které zákal způsobují, lze

za určitých podmínek zachytit na filtračním zařízení. Pro efektivní odstranění zákalu a zbarvení vody je však nutné přidávat chemii. Pro kontaktní rychlofiltraci se jako hlavní čířící chemikálie používá síran hlinitý. Čířením se v jednodušové separaci na filtrech odstraní koloidní částice včetně organických látek, které byly do vody vneseny lidmi. V závislosti na vstupních parametrech se navrhuje filtrační rychlost, která se běžně pohybuje v rozmezí 25–40 m/h. Čím větší je rychlost filtrace, tím nižší je účinnost filtru, a naopak. Rovněž platí, že čím menší je rychlost filtrace, tím větší jsou náklady na pořízení a provoz filtru. Návrh filtru ovlivňuje mnoho faktorů, s kterými se musí počítat. Jsou jimi návštěvnost, filtrační rychlost, plocha filtru, velikost filtru, náplň filtru, recirkulované množství či materiál filtru. Kapacita filtru musí být vždy navržena pro maximální zatížení. Zpravidla se navrhuje 2 filtry [6].

Dané problematice je podrobněji věnována samostatná kapitola 6 Filtrace na straně 51.

4.4 Dávkování chemikálií

Upravovaná voda z bazénu má v podstatě stále stejnou kvalitu, její úprava je proto jednodušší než u úpravy pitné vody. Nastavená dávka koagulantu je neměnná. Dávkování chemikálií se běžně provádí plunžerovými dávkovacími čerpadly. Změna dávky je nastavována počtem otáček a délkou plunžeru.

Roztoky chemikálií (síran hlinitý, soda, síran měďnatý) se připravují v rozpouštěcích nádržích, dimenzovaných na dobu 24 hodin, jelikož recirkulační úprava vody probíhá bez ohledu na provoz bazénu celých 24 hodin [11].

4.5 Dezinfekce vody v bazénu

První napuštění bazénu se provádí z vodovodní sítě či jiného zdroje charakteru pitné vody nebo surové vody na kvalitu pitné vody upravené. Znečištění vody po bakteriologické stránce je zapříčiněno samotnými návštěvníky a stykem vody s nesterilním ovzduším.

Mezi nejběžnější dezinfekční prostředky patří chlór, ve formě plynné nebo kapalné jako chlornan sodný. Chloramoniace, tj. dávkování chlóru a čpavku, která je běžná ve vodárenství, není u bazénových vod povolena. Jako další způsob dezinfekce s lepšími oxidačními účinky než chlór je dávkování chlordioxidu – kysličníku

chloričitého, který vzniká míšením chloritanu sodného s roztokem chlórové vody přímo v úpravně. Tento způsob výroby není rozšířen, neboť je nutné rozšíření přístrojové techniky a jsou kladeny vyšší nároky na kvalifikaci obsluhovatele.

V technologii úpravy vody lze použít také ozón, který má proti ostatním oksylichovadlům řadu výhod. Jedná se o nejsilnější oksylichovadlo, tzv. zbytkový ozón se na rozdíl od chlóru v průběhu několika minut rozpadá na kyslík, tudíž nepůsobí organolepticky a má značně lepší dezinfekční účinky než chlór. Nevýhodou tohoto způsobu je ekonomika – investiční a provozní náklady, údržba a opravy.

Oligodynamické a elektrokatadynisační účinky dezinfekce jsou rovněž nákladné.

Dezinfekce jódem je oproti chlóru nevyvolává žádné zápachy ani příchutě či dráždění očí koupajících se návštěvníků. Jod způsobuje příjemné modrozelené zbarvení vody. Jodové reziduum je mnohem méně závislé na počtu koupajících se než chlorové reziduum, které se může rychle měnit na mnohem méně účinné chloraminové reziduum, zatímco jodové reziduum není ovlivňováno čpavkem vneseným do vody koupajícími se [11].

4.6 Přívod a odběr vody z bazénu

Používají se dva druhy přívodů, do boků podélných stěn a do dna. Ve většině případů jsou zavedeny přívody tryskami z boků. Pouze u přístupného dna, zejména u ocelových bazénů, je přívod řešen dnem, šachtovitě rozmístěnými vpustěmi.

Odběr je řešen taktéž dvěma způsoby, z hladiny a ze dna. Hlavní výhoda odběru vody z hladiny v úrovni ochozu je ta, že veškeré plovoucí nečistoty jsou odváděny žlabem přes lapač nečistot na recirkulační čerpadla a filtry a zpět do bazénu. Odběrový otvor se doporučuje překrýt vypouklou mříží, neboť hrozí nebezpečí přísátí. Odběr vody ze dna je řešený v podélné ose buď šachticemi, nebo kanálem překrytým prefabrikovanými deskami. Tím se dostanou do recirkulačního okruhu i nečistoty vznášené pod hladinou.

Nečistoty, které ulpěly na stěnách a hlavně na dně bazénu, se odsávají luxem. Nevýhoda tohoto zařízení je ta, že vrací vodu mimo nečistot zachycených v silonovém vaku zpět do bazénu, včetně koloidních částic. Lepším způsobem je vodu odvádět do odtokových žlabů a na filtry [11].

4.7 Zdroj vody pro bazény

Pro napouštění při zahájení provozu, k výměně celého obsahu jednou až dvakrát do roka, k doplňování ztrát výparem, praním filtrů, splachováním ochozů atd. se využívá voda z vodovodní sítě. V případě vlastního zdroje vody je třeba hygienické i kvantitativní prověření [11].

4.8 Provoz

Úpravný recirkulačních vod jsou zpravidla navrhovány pro 24hodinový nepřetržitý provoz. Požadavek na nerovnoměrné dávkování chemikálií odpadá, neboť průtok vody úpravnou je dán výkonem recirkulačního čerpadla [11].

4.9 Ohřev vody pro bazény

Zpravidla je zajištěn pomocí uzavřeného tepelného okruhu, na který je dalším okruhem napojen bazén, nebo se jedná o přímý ohřev bazénové vody. V případě ohřevu bazénové vody pomocí uzavřeného tepelného okruhu je primární okruh vytápěn pomocí nafty, plynu nebo pevných paliv. Přenos tepla na sekundární okruh, ve kterém cirkuluje bazénová voda, je zprostředkován různými výměníky. Mezi nejpoužívanější patří trubkové nebo deskové výměníky. V případě ohřevu bazénové vody přímým ohřevem existuje jen jeden okruh a voda je ohřívána přímo. V tomto případě je ohřev zajišťován pomocí elektrické energie. Alternativním zdrojem bývají solární kolektory nebo tepelná čerpadla. Výměníky by měly být schopny ohřát bazénovou vodu o 0,5 °C/h. Pokud se jedná o ohřev vody bazénu po napouštění zdrojovou vodou, stačí potom 0,25 °C/h. Ohřívá-li se voda rychleji, zvyšují se náklady a problémy spojené s překotným ohřevem některých materiálů.

Při ohřevu vody v bazénu je nutné se držet těchto zásad:

- umístění výměníku by mělo být co nejbližší k vstupním tryskám do bazénu a vždy před dávkovačem dezinfekčního činidla a korektoru pH;
- výměník musí být napojen tak, aby přítok upravené vody z filtru byl do spodní části výměníku a odtok na vstupní bazénové trysky byl nahoře;
- výměník musí mít integrovaný termostat, aby nedošlo k překročení maximální teploty bazénové vody;

- nádoba elektrického výměníku musí být uzemněna a v případě přerušení proudění vody musí být jištěn výměník i jeho spoje, aby nedošlo k jeho poškození.

V dnešní době se v aquacentrech klade stále více důraz na zajištění vyšší teploty bazénové vody. Návštěvníci se více potí, tím narůstá znečištění a rychleji se pomnožují vnesené mikroorganismy, usazující se na filtru. Zvyšuje se také nárůst chloraminů. Díky vyšší teplotě vody se zvyšuje i vzdušná vlhkost a kondenzace vody, která je příčinou koroze. Použitím mixážních ventilů a zařízení lze zajistit rozdílné teploty v různých bazénech. Doporučuje se však ke každému bazénu navrhnout vlastní výměník včetně regulace teploty [6].

V protiproudových ohřívačích prochází buď veškerá voda, která se potom přehřívá pouze o teplotní ztráty a o dohřátí dopuštěné vody z vodovodní sítě (zdroje) – 10 % obsahu bazénu, nebo se ohřívá pouze část vody na vyšší teplotu; tato voda se poté v mixážní baterii směšuje na potřebnou teplotu jednotlivých bazénů. Druhý způsob ohřevu vody je výhodnější.

Ztráty tepla vody jsou relativně nízké, protože armaturní i montážní chodby jsou vyhřáté. Teplota v hale je přibližně o 2 °C vyšší než teplota vody, pohyb vzduchu v hale je malý, tudíž ztráty tepla vody jsou v rozmezí asi 1 až 2 °C/den. U otevřených bazénů závisí požadavek na ohřev vody v sezóně na směru a intenzitě větru [11].

4.10 Akumulační nádrž

Retenční nádrž plní kromě expanzní funkce i další jiné, především akumulace vody před procesem její úpravy. Voda je odebírána z bazénu z úrovně hladiny za pomoci přelivných žlábků. Tyto žlábků musí v návaznosti na odtokové potrubí zajišťovat kontinuální odvod vody do čerpací jímky po celou dobu provozu a musí zachytit i maximální nárazové průtoky. Na tyto průtoky musí být retenční nádrž dimenzována, neboť by nedostatečná kapacita způsobovala zbytečné ztráty vody. Z toho vyplývá otázka, zda nejsou malé ztráty vody na úkor velikosti jímky v konečném důsledku ekonomicky výhodnější [6].

5 Čerpadla

5.1 Typy čerpadel

Čerpadla lze rozlišovat dle několika způsobů, jedním z nich je dělení čerpadel podle způsobu dopravy vody:

- **hydrodynamická** – odstředivá (radiální, diagonální), axiální, obvodová, labyrintová, kombinovaná;
- **hydrostatická** – rotační, peristaltická, kombinovaná, s kmitavým pohybem;
- **ostatní** – proudová, plynotlaká, zdvižná, elektromagnetická, mamutová [17].

Většinu čerpadel, užívaných v bazénové technice, představují čerpadla odstředivá, která jsou poháněna elektromotorem. Detaily vybavení čerpadel často rozhodují o jejich životnosti. Vedle možných vzniklých problémů v odstředivých čerpadlech jako je kavitace či koroze je třeba minimalizovat také vibrace a hluk podmíněné chybnou konstrukcí zařízení nebo nepříznivým provozem čerpadla.

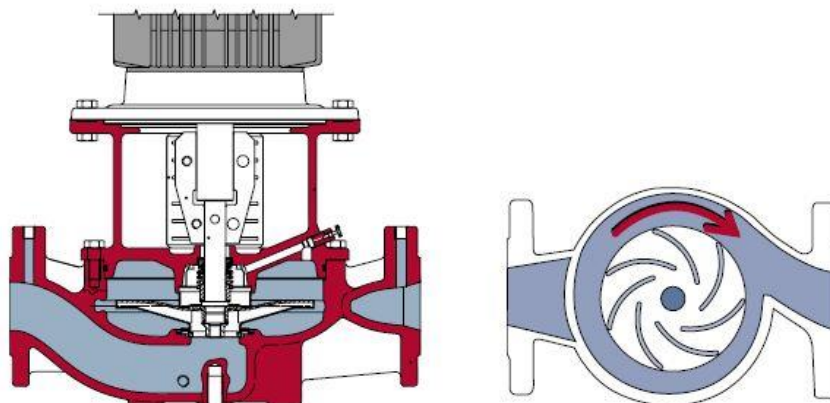
Čerpadla zajišťují výměnu vody v bazénu a její průtok skrz filtr. Představují hlavní hnací článek celého systému. Díky nim může voda v systému cirkulovat a být upravována. Různé typy čerpadel a jejich použití se liší v závislosti na typu a velikosti bazénu. U veřejných bazénů je potřeba překonávat tlakové ztráty na filtru a v potrubních rozvodech čerpadlem o vyšším výkonu. Na sacím potrubí mají čerpadla lapač nečistot, tzv. lapač vlasů, což je perforovaná nádoba sloužící k zachycení mechanických nečistot.

Umísťují se tak, aby mohla zajišťovat tzv. pasivní sání. Tedy jeho sací potrubí je zatopeno vodou. Čerpadlo musí být umístěno pod úrovní hladiny v akumulární jímce nebo v bazénu. Kdyby bylo čerpadlo umístěno nad hladinou vody v nádrži, došlo by k aktivnímu sání a vznikly by ztráty na sacím potrubí takového stupně, že by mohlo dojít k přetržení vodního paprsku a k narušení cirkulace vody [6].

5.1.1 Hydrodynamická čerpadla – odstředivá čerpadla

Tato čerpadla pracují převážně s kinetickou energií kapaliny. Kapalina vstupuje do čerpadla přes sací trysku. Rotující oběžné kolo odstředivého čerpadla předává mechanickou energii vodě proudící skrz oběžné kolo (obr. 5.1). Částice vody jsou v oběžném kole zrychlovány odstředivou silou, je jim předávána kinetická energie. Udělováním kinetické energie kapalině je kapalina hnána k vnějšímu obvodu kola

a v důsledku toho vzniká na vstupu do oběžného kola podtlak. Rozdílem tlaku působícího na hladinu v sací nádrži a tlaku na vstupu do oběžného kola dochází k nasávání kapaliny do čerpadla. Ve spirále čerpadla se dodaná energie transformuje z kinetické energie na tlakovou. Výsledkem práce čerpadla je tlakový rozdíl v kapalině před a za čerpadlem [14, 29].



Obr. 5.1 – Řezy hydrodynamickým čerpadlem [21]

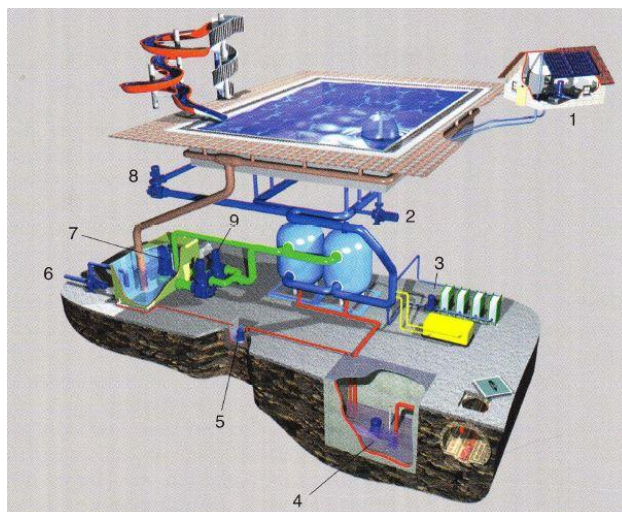
Dle vstupu a výstupu kapaliny do oběžného kola lze rozdělit čerpadla na radiální, diagonální a axiální (obr. 5.2).



Obr. 5.2 – Čerpadlo – radiální, diagonální, axiální [21]

5.1.2 Odstředivá čerpadla v bazénové technice

Na následujícím schématickém zobrazení (obr. 5.3) lze prezentovat široké použití odstředivých čerpadel v bazénové technice.



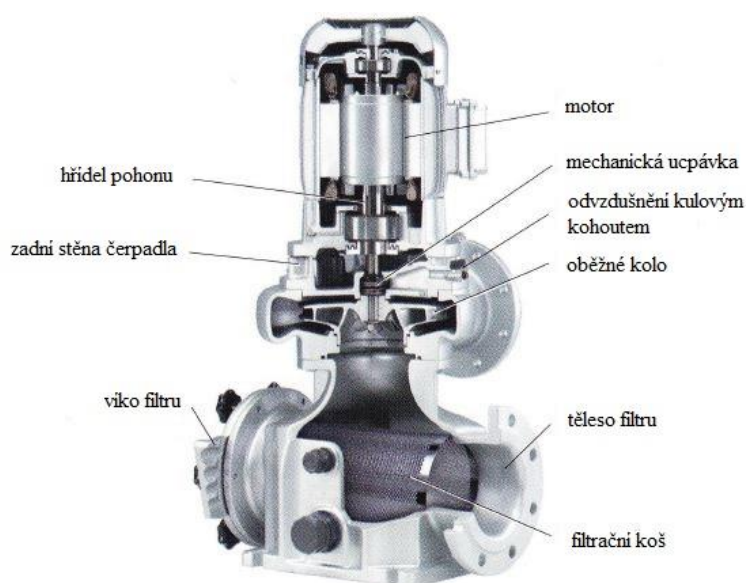
Obr. 5.3 – Čerpadla v různých zařízeních bazénu [8]

Legenda

1 – čerpadlo solárního ohřevu, 2 – čerpadlo atrakcí, 3 – čerpadlo výměníku tepla, 4 – čerpadlo kalové, 5 – čerpadlo k odvodnění sklepních prostor, 6 – čerpadlo k doplnění čerstvé vody, 7 – oběhové čerpadlo jako ponorné čerpadlo, 8 – oběhové čerpadlo s výměníkem tepla, 9 – oběhové čerpadlo s integrovaným vlasovým filtrem

5.1.3 Oběhová čerpadla k úpravě vody ve velkých bazénech

Úprava vody je nezbytná pro řádný provoz bazénu a vyžaduje odpovídající vysoké náklady. Podstatnou součástí úpravy vody je cirkulace bazénové vody za tímto účelem speciálně vyvinutými čerpadly (obr. 5.4) [11].



Obr. 5.4 – Oběhové čerpadlo bazénové vody s integrovaným předfiltrem [8]

K dopravě surové vody nahromaděné v akumulární nádrži se používají vertikálně postavená oběhová čerpadla vybavená integrovaným předfiltrem k zachycení vlasů a vláken. V případě, že je čerpadlo situováno přímo u akumulární nádrže, je třeba pro optimální využití nádrže dbát na nízkou stavební výšku čerpadla, to znamená na malý výškový rozdíl mezi vstupem sání do předfiltru a výstupem výtlaku z tělesa čerpadla [8].

5.1.4 Čerpadla pro atrakce

Tato čerpadla hrají podstatnou roli v rámci bazénové techniky vedle oběhových čerpadel užívaných k úpravě vody. Z konstrukčního hlediska jsou čerpadla používaná na atrakce provedená zpravidla jako bloková čerpadla (obr. 5.5), která se vyznačují vysokým cirkulačním výkonem při nízké náročnosti na prostor. Dbá se na konstrukci procesní se snadnou údržbou, aby se umožnila jednoduchá výměna výměnné sady bez uvolnění hrdla sání i výtlaku z potrubního systému. Výměnná sada sestává z blokového motoru, zadní stěny čerpadla, oběžného kola a mechanické ucpávky. Hrdla výtlaku umožňují různé polohy a poskytují optimální možnosti uspořádání [8].



Obr. 5.5 – Blokové čerpadlo pro atrakce s procesní konstrukcí [8]

5.2 Hydraulický návrh čerpadel

5.2.1 Základní parametry

Průtok čerpadla

- je objem kapaliny dodané čerpadlem za jednotku času (čerpané množství).
- označení a jednotky: $Q_{\check{c}}$ [l/s] nebo [m³/s]

Optimální průtok

- je průtok čerpadla v bodě optimální účinnosti při otáčkách n .
- označení a jednotky: Q_{opt} [l/s] nebo [m³/s]

Jmenovitý (návrhový) průtok čerpadla

- označení a jednotky: Q_n [l/s] nebo [m³/s]

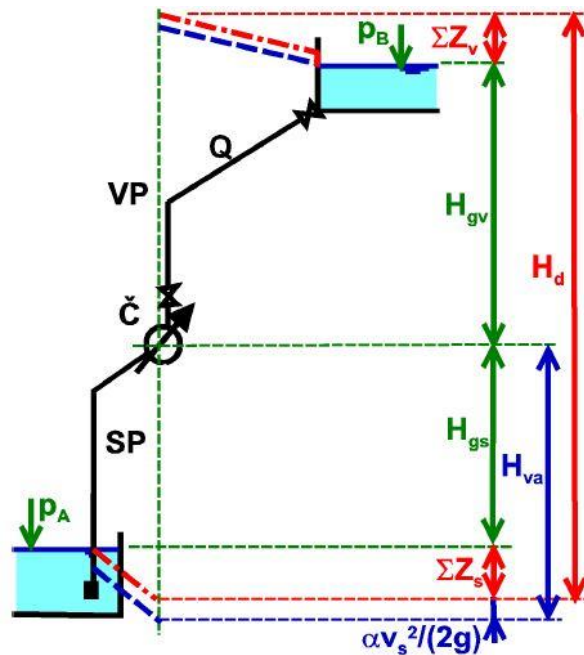
Dopravní výška čerpadla

- je rozdíl celkové energie čerpané kapaliny při výstupu z čerpadla a při vstupu do něho, vztažený na jednotku tíhy čerpané kapaliny.
- Na obr. 5.6 je patrné schéma s vyznačením výšek.
- označení a jednotky: H_d [m]

Geodetická výška (geodetický spád)

- je rozdíl mezi minimální hladinou v sací nádrži a maximální hladinou ve výtlačné nádrži [13, 14].
- označení a jednotky: H_g [m]
- vzorec:

$$H_g = H_{gs} + H_{gv} \quad (5.1)$$



Obr. 5.6 – Schéma s vyznačením výšek [29]

Geodetická výška na sací straně

- je rozdíl mezi minimální hladinou v sací nádrži a osou čerpadla (má zápornou hodnotu, je-li hladina v sací nádrži níže než osa čerpadla a naopak).
- označení a jednotky: H_{gs} [m]

Geodetická výška na výtlačné straně

- je rozdíl mezi osou čerpadla a maximální hladinou ve výtlačné nádrži (má kladnou hodnotu, je-li hladina ve výtlačné nádrži výše než osa čerpadla a naopak).
- označení a jednotky: H_{gv} [m]

Specifická (měrná) energie

- je energie potřebná na jednotku čerpané kapaliny.
- Specifická energie Y má rozměr [$J/kg = m^2/s^2$] a veličina dopravní výška H_d [m] je rovněž specifická energie, neboť platí následující vztah, který vyplývá z úpravy *Bernoulliho rovnice* o zachování energie [13, 14]:

$$H_d = Z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (5.2)$$

- kde Z ... celková ztráta (ztrátová výška) [m],
 p ... tlak v kapalině [Pa],
 ρ ... hustota dopravované kapaliny [kg/m³],
 g ... tíhové zrychlení [m/s²],
 v ... rychlost proudění kapaliny [m/s],
 α ... součinitel kinetické energie (Coriolisovo číslo) [-],
 (pro běžné technické výpočty potrubí $\alpha \approx 1,0$).

$$gH_d = gZ + \frac{p}{\rho} + \frac{\alpha v^2}{2} = Y \quad (5.3)$$

- Stále více je používána místo dopravní výšky čerpadla tzv. specifická neboli měrná energie čerpadla Y .
- označení a jednotky: Y [J/kg]
- vzorec:

$$Y = g \cdot H_d \quad (5.4)$$

Optimální specifická (měrná) energie čerpadla

- je měrná energie čerpadla v bodě optimální účinnosti při otáčkách n .
- označení a jednotky: Y_{opt} [J/kg]
- vzorec: vztah (5.4) lze vyjádřit jako vztah (5.5)

$$Y \approx 10 \cdot H_d \quad (5.5)$$

Příkon čerpadla

- je výkon přenesený hnacím zařízením na hřídel čerpadla.
- označení a jednotky: $P = P_{in}$ [W]
- vzorec:

$$P_{in} = \frac{1}{\eta} \rho g H_d Q = \frac{1}{\eta} \rho Y Q = \frac{P_{out}}{\eta} \quad (5.6)$$

Výkon čerpadla (užitečný výkon čerpadla)

- je výkon odevzdaný čerpadlem čerpané kapalině protékající výstupním průřezem čerpadla [13, 14].

- označení a jednotky: $P_{out} = P_2$ [W]
- vzorec:

$$P_{out} = \rho g H_d Q = \rho Y Q \quad (5.7)$$

Účinnost čerpadla

- udává poměrné využití příkonu čerpadla.
- označení a jednotky: η [-]
- vzorec:

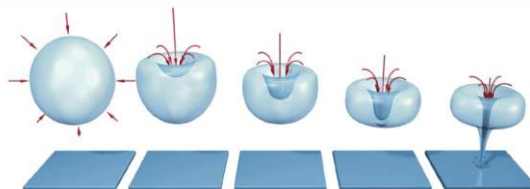
$$\eta = \frac{P_{out}}{P} \quad (5.8)$$

Otáčky

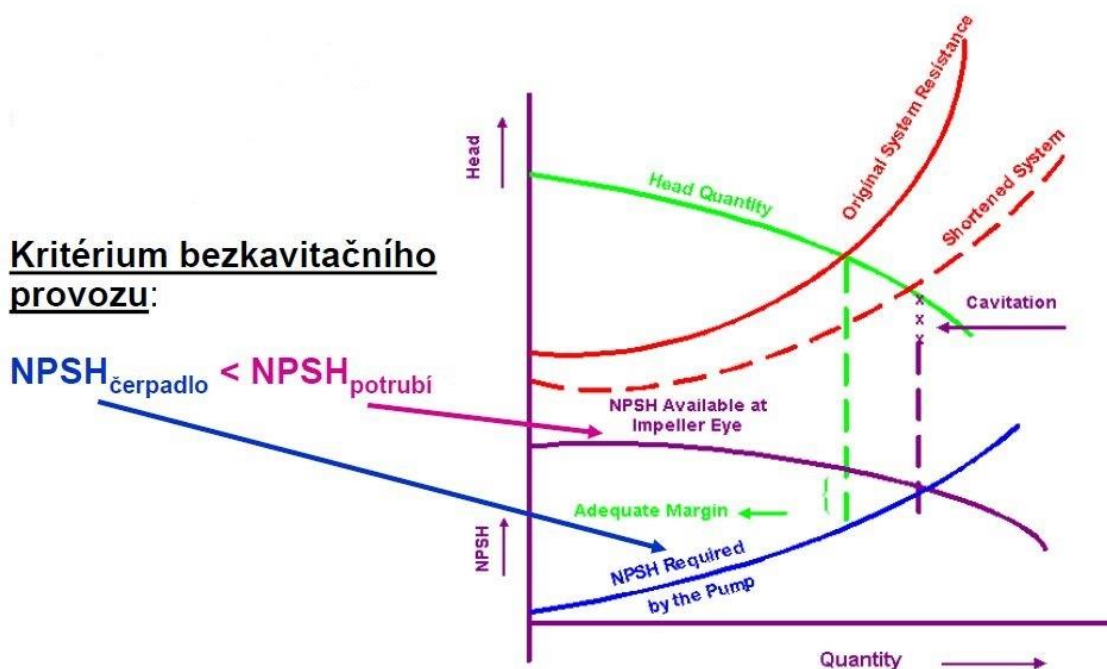
- představují otáčky hřídele čerpadla za jednotku času.
- označení a jednotky: n [1/min]

Sací schopnost čerpacího systému

- je parametr, který charakterizuje sací stranu čerpacího systému včetně vstupní strany čerpadla od sacího hrdla až k oběžnému kolu. Daný parametr souvisí s jevem nazývaným kavitace (obr. 5.7). Kavítace je tvorba dutin vyplněných parou v proudící kapalině a nastává v místě poklesu tlaku na tlak nasycených par. Tento jev je doprovázený hlukem, vibracemi a následně kavitační erozí materiálu.
- označení: $NPSH$ (*Net Positive Suction Head*) [13, 14]
- Na obr. 5.8 a 5.9 je znázorněna kavitační charakteristika čerpadla.



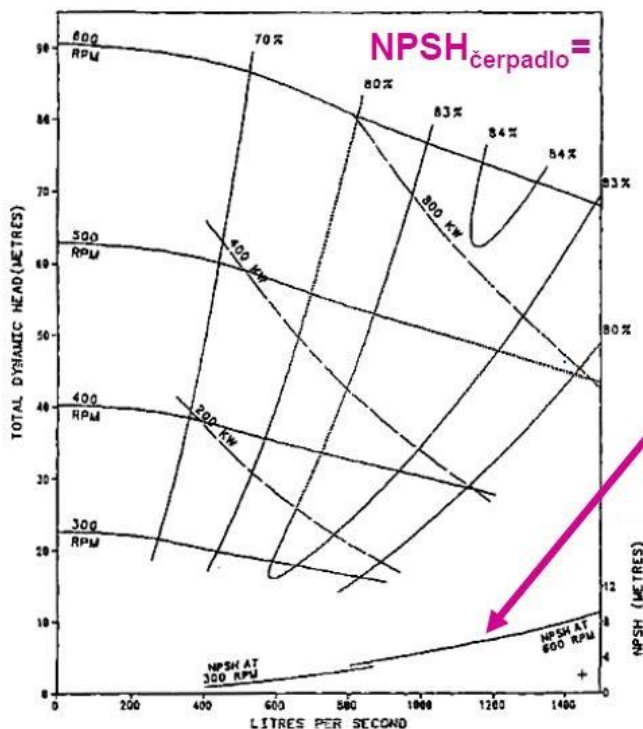
Obr. 5.7 – Kavítace [15]



Obr. 5.8 – Kavitační charakteristika čerpadla 1 [29]

Poznámka

$H_c - H_{va} =$ rezerva energetické výšky nad kavitačním prahem k dispozici v sacím potrubí na vstupu do čerpadla = $NPSH_{\text{potrubí}}$, kde H_c je podtlaková výška nasycených par a H_{va} je podtlaková výška na vstupu do čerpadla = vakuometrická výška [29]



minimální energetická výška na vstupu do čerpadla vyžadovaná čerpadlem pro zajištění jeho bezkavitačního provozu.

Je specifická pro každé čerpadlo, tzn. je to jeho charakteristika:

Obr. 5.9 – Kavitační charakteristika čerpadla 2 [29]

Vzhledem k využití výpočetní techniky k matematickému modelování proudění (simulační modely) je potřeba naměřit dostatečný počet hodnot, aby bylo možné mezi těmito hodnotami bez velkých chyb interpolovat, nebo naměřené hodnoty aproximovat vhodným funkčním modelem. Jestliže se charakteristiky aproximují polynomy, platí:

- **H-Q závislost**, tj. vztah mezi dopravní výškou a průtokem: **polynom 2. stupně**

$$H = a_0 + a_1 \cdot Q + a_2 \cdot Q^2 \quad (5.9)$$

- **η -Q závislost**, tj. vztah mezi účinností a průtokem: **polynom 3. stupně**

$$\eta = b_0 + b_1 \cdot Q + b_2 \cdot Q^2 + b_3 \cdot Q^3 \quad (5.10)$$

- **P-Q závislost**, tj. vztah mezi příkonem a průtokem: **polynom 3. stupně**

$$P = c_0 + c_1 \cdot Q + c_2 \cdot Q^2 + c_3 \cdot Q^3 \quad (5.11)$$

Krouticí moment na hřídeli pro úhlovou rychlost otáčení vypočteme ze vztahu:

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{\rho g Q H 60}{\eta 2 \pi N} = \frac{9,549 \rho g Q H}{\eta N} \quad (5.12)$$

Pro zvolený typ čerpadla je možné na základě zákonů podobnosti *Brada – Bláha* (1992) počítat základní hydrodynamické parametry čerpadla H , Q , P , M i pro jiné otáčky. Zákony podobnosti (= *zákony afinity*) parametrů čerpadla mají následující tvary:

$$\frac{H}{N^2} = idem \quad (5.13)$$

$$\frac{Q}{N} = idem \quad (5.14)$$

$$\frac{P}{N^3} = idem \quad (5.15)$$

$$\frac{M}{N^2} = idem \quad (5.16)$$

neboli

$$\frac{Q_{n_1}}{Q_{n_2}} = \frac{n_1}{n_2} \quad (5.17)$$

$$\frac{H_{n_1}}{H_{n_2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (5.18)$$

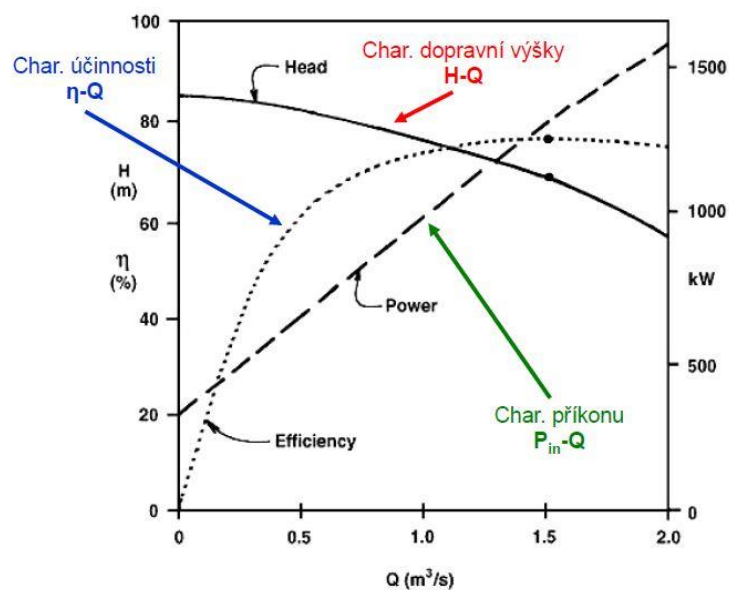
$$\frac{P_{n_1}}{P_{n_2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (5.19)$$

$$\frac{\eta_{n_1}}{\eta_{n_2}} = 1 \quad (5.20)$$

S pomocí zákonů afinity lze transformovat body charakteristik o otáčkách n_1 na body charakteristik o otáčkách n_2 [5, 10, 29].

5.2.2 Charakteristika čerpadla

Každé čerpadlo má své specifické/pracovní křivky, tzv. charakteristiky. U čerpadel se měří ve zkušebně závislost čerpaného množství Q na dopravní výšce H (nebo měrné energii Y) a vynáší se jako tzv. H-Q (Y-Q) křivka (obr. 5.10). Dále se vynáší závislost Q na výkonu P , tj. křivka výkonu P-Q, závislost Q na účinnosti (křivka účinnosti) či závislost Q na sací schopnosti čerpacího systému (křivka NPSH). Součástí technické dokumentace jsou dodávány výrobci charakteristiky k jednotlivým typům čerpadel [14].



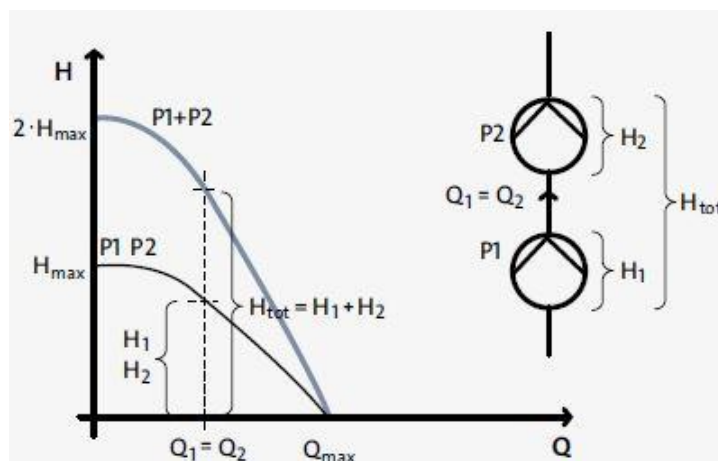
Obr. 5.10 – Obecný průběh charakteristik odstředivého radiálního čerpadla [29]

Pro zvýšení některého z provozních parametrů čerpadla (Q či H) se volí sériové či paralelní zapojení čerpadel.

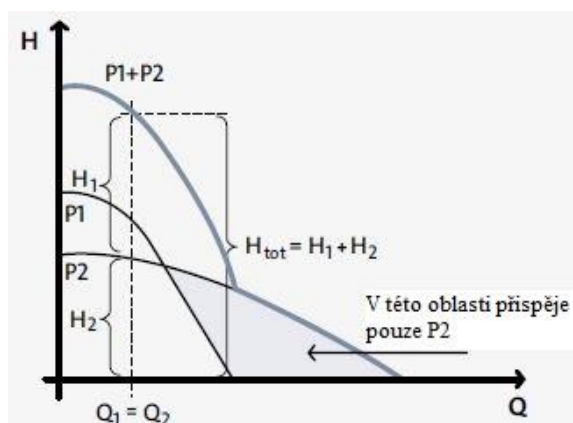
5.2.2.1 Sériové zapojení

Při sériovém uspořádání čerpadel, kdy jsou čerpadla zapojena za sebou, se sčítají jejich dopravní výšky H při stejném průtoku Q (obr. 5.11). Toto uspořádání se využívá tam, kde je potřeba zvýšit dopravní výšku H . Při volbě tohoto uspořádání je nutné

zohlednit fakt, že následující čerpadlo má na sání tlak, který je roven výtlačnému tlaku čerpadla předchozího. Obecně lze řešit problém zvýšení tlaku čerpadla čerpadlem víceúrovňovým. V praxi se používají nejčastěji dvě stejná čerpadla. Na obr. 5.11 a 5.12 je znázorněno sériové zapojení čerpadel a průběh H-Q křivky při sériovém zapojení čerpadel [14].



Obr. 5.11 – Průběh H-Q křivky pro dvě čerpadla při sériovém zapojení se stejnými výkonnostními křivkami a schéma sériového zapojení čerpadel [21]

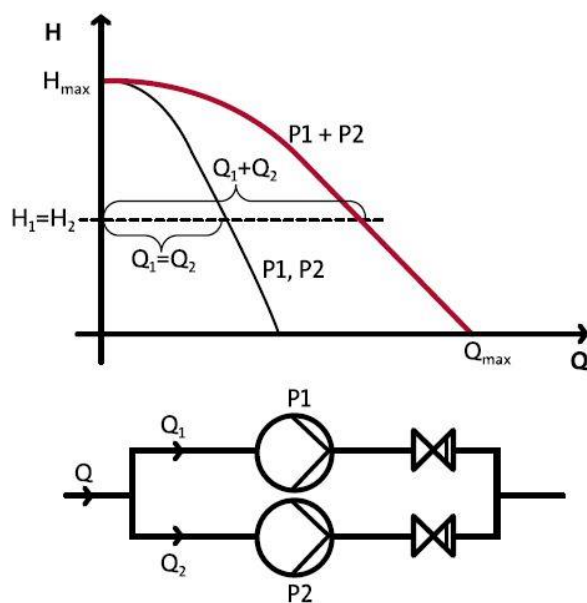


Obr. 5.12 – Průběh H-Q křivky pro dvě čerpadla při sériovém zapojení s rozdílnými výkonnostními křivkami [21]

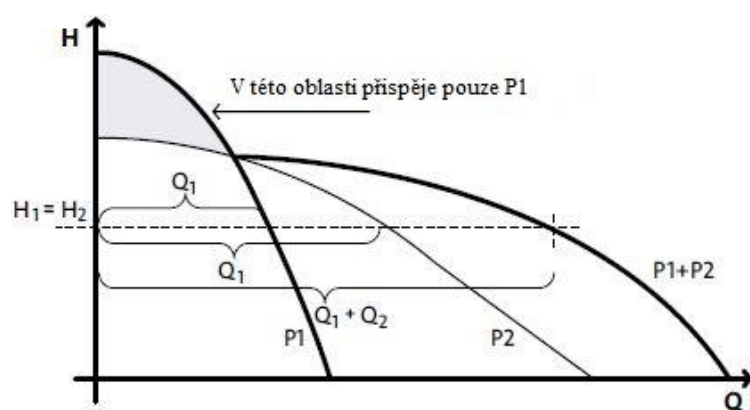
5.2.2.2 Paralelní zapojení

V případě řazení čerpadel paralelně se sčítají jejich průtoky při konstantním tlaku. Sečtením příslušných průtoků při stejné dopravní výšce získáme charakteristiku paralelně zapojených čerpadel (obr. 5.13). Je nutné si uvědomit, že při rostoucím

průtoku rostou i tlakové ztráty potrubí a skutečný provozní bod leží na vyšší úrovni dopravní výšky (tlaku). Tím dochází k menšímu vzrůstu průtoku, než by se očekávalo při prostém sečtení původních průtoků. V praxi se používají nejčastěji dvě stejná čerpadla. Na obr. 5.13 a 5.14 je znázorněno paralelní zapojení čerpadel a průběh H-Q křivky při paralelním zapojení čerpadel [14].



Obr. 5.13 – Průběh H-Q křivky pro dvě čerpadla při paralelním zapojení se stejnými výkonnostními křivkami a schéma paralelního zapojení čerpadel [21]



Obr. 5.14 – Průběh H-Q křivky pro dvě čerpadla při paralelním zapojení s rozdílnými výkonnostními křivkami [21]

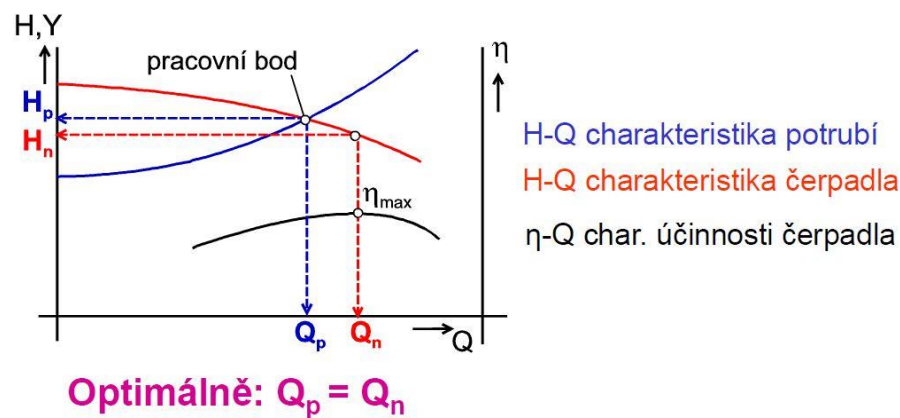
5.2.3 Charakteristika potrubí

Je závislost průtoku Q na tlakových ztrátách v daném potrubí. Jedná se o křivku vyjadřující průběh ztrát tlakové výšky [m] dle vztahu:

$$h_z = \chi Q^2 \quad (5.21)$$

kde χ ... odporový součinitel [–],
 Q ... průtok [m^3/s].

Analytickým vyjádřením vztahu (5.21) je kvadratická parabola, ze které se používá pouze jedna polovina, viz obr. 5.15 [14].



Obr. 5.15 – Jednotlivé charakteristiky a možnost optimalizace pracovního bodu [29]

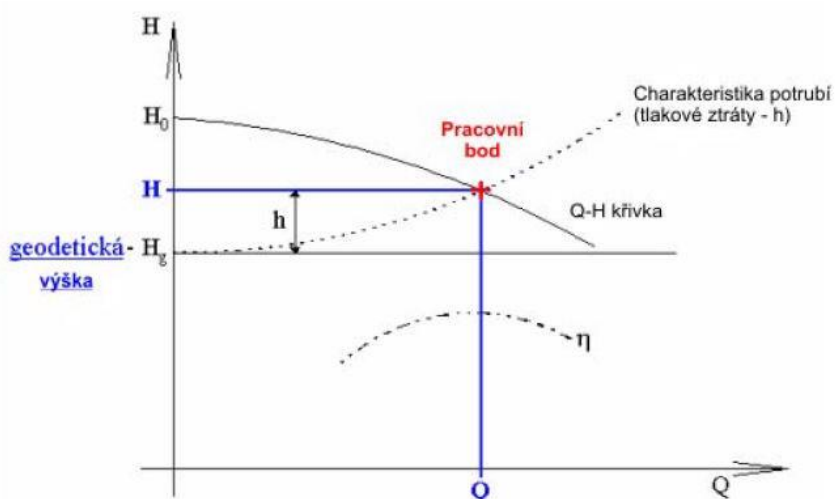
Při grafickém i numerickém řešení je většinou třeba počítat se složeným potrubím, což je soustava potrubí různých délek, světlostí a materiálů navzájem propojených. Závislost H-Q charakteristik lze spočítat použitím *Bernoulliho rovnice* a *Darcy-Weisbachova vztahu* při formulaci tlakových ztrát [14].

5.2.4 Pracovní bod čerpadla

V případě posuzování vhodnosti určitého typu čerpadla pro daný čerpací systém je potřeba znát charakteristiky čerpadla i potrubí. Průsečík H-Q charakteristiky čerpadla s charakteristikou potrubí je tzv. pracovní/provozní bod hydraulického systému. Pracovní bod je bod, který určuje jednoznačně správnost návrhu celého hydraulického systému. Tento bod se má nacházet v optimální oblasti křivky účinnosti, jinak není návrh ekonomický [14].

Grafické stanovení pracovního bodu

Při tomto stanovení se vynese charakteristika potrubí do grafu H-Q křivky čerpadla, kde průsečík křivek je pracovní bod čerpadla. Charakteristika potrubí se vynáší od geodetické výšky H_g . Hodnota dopravní výšky čerpadla při nulovém průtoku, tj. při uzavřeném výtlačném potrubí, se nazývá závěrný bod čerpadla H_0 [14].



Obr. 5.16 – Grafické stanovení pracovního bodu čerpadla [14]

Změnou provozních parametrů lze změnit parametry čerpadla:

a) kvalitativní změna parametrů

- počet otáček,
- natáčení lopatek oběžného kola,
- natáčení lopatek rozváděcího kola,
- natočení oběžného kola,

b) kvantitativní změna parametrů

- škrcením průtoku uzávěrem na výtlačném potrubí,
- změnou počtu otáček,
- přerušením čerpání,
- obtokem.

5.3 Hydraulické ztráty v přímém potrubí

Čerpadlo musí do systému dodat takové množství energie, které je potřeba na překonání výškového rozdílu hladin v obou nádržích a všech ztrát. Rozlišují se dva druhy hydraulických ztrát:

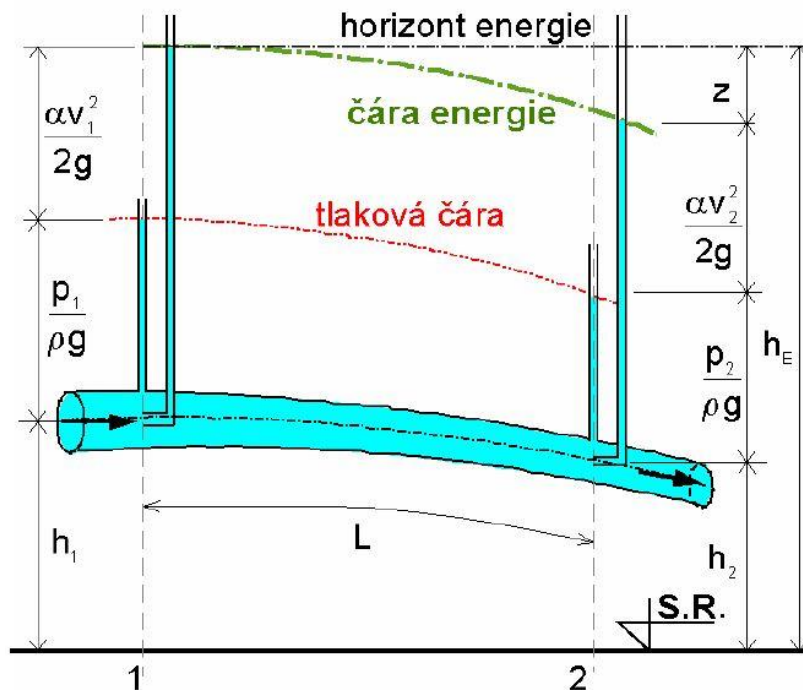
- **ztráty třením Z_t** , které vznikají po celé délce proudu (a jsou jí úměrné), způsobují je vnitřní síly v proudící vazké tekutině a tečným napětím u tuhé stěny vedení, tj. třením mezi jednotlivými vrstvami vazké tekutiny a třením o stěny;
- **ztráty místní Z_m** , které jsou způsobeny deformací rychlostního pole při změně průtočného průřezu nebo směru proudění, vytvářením nebo rozpadem vírů při obtékání překážek či při průtoku prvky tuhého vedení; index i označení místní ztráty se mění podle jejího druhu, např. rozšířením průtoku Z_r , ztráta vtokem Z_v , apod. [4].

Celková ztráta se stanoví (i za cenu určitých nepřesností) jako prostý součet všech dílčích ztrát třením a ztrát místních, tj.:

$$Z = \sum Z_t + \sum Z_i \quad (5.22)$$

Každá deformace rychlostního pole prvkem, který způsobuje místní ztrátu, ovlivňuje v dalším navazujícím úseku ztrátu třením i další místní ztráty, pokud jsou poruchové prvky v blízkosti.

Hydraulická ztráta, ztrátová výška mezi dvěma průřezy 1 – 2 při ustáleném proudění, je vyjádřena *Bernoulliho rovnicí* (obr. 5.17) součtem rozdílů polohových, tlakových a rychlostních výšek ve vstupním průřezu 1 a výstupním průřezu 2 uvažovaného úseku potrubí [4].



Obr. 5.17 – Bernoulliho rovnice pro potrubí [23]

$$\begin{aligned}
 Z &= \left(h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right) - \left(h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) = \\
 &= (h_1 - h_2) + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g} = \\
 &= \Delta h + \frac{\Delta p}{\rho g} + \frac{\Delta(\alpha v^2)}{2g}
 \end{aligned} \tag{5.23}$$

Ztráty třením i ztráty místní se vyjadřují součinitelem tlakového součinitele ξ [-] a rychlostní výšky [m]:

$$Z_t = \xi_t \frac{v^2}{2g} \tag{5.24}$$

$$Z_i = \xi_i \frac{v^2}{2g} \tag{5.25}$$

$$Z = \sum \xi_t \frac{v^2}{2g} + \sum \xi_i \frac{v^2}{2g} \tag{5.26}$$

Ztráta třením v kruhovém potrubí je přímo úměrná jeho délce L [m] a nepřímo úměrná jeho průměru D [m]. Součinitel tření ξ_t [-] se vyjádří výrazem:

$$\xi_t = \lambda \frac{L}{D} \tag{5.27}$$

Poté vztah (5.24) přejde na rovnici *Darcyho–Weisbachovu*:

- pro ztrátu třením

$$Z_t = \lambda \frac{L v^2}{D 2g} \quad (5.28)$$

kde λ ... součinitel tření [-],
 L ... délka potrubí [m],
 D ... vnitřní průměr potrubí [m],
 v ... průřezová rychlost [m/s],
 g ... tíhové zrychlení [m/s²],

- a pro hydraulický sklon

$$i_B = \frac{Z_t}{L} = \lambda \frac{L v^2}{D 2g} \quad (5.29)$$

Součinitel tření λ [-] obecně závisí na dvou bezrozměrných hydraulických charakteristikách:

- Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (5.30)$$

kde ν ... kinematická viskozita [m²/s],
 ρ ... hustota dopravované kapaliny [kg/m³],
 μ ... dynamická viskozita [Pa · s],

- relativní drsnost potrubí Δ/D [-].

Platí tedy vztah:

$$\lambda = \lambda \left(Re, \frac{\Delta}{D} \right) \quad (5.31)$$

kde Δ ... absolutní (hydraulická) drsnost [m].

Ztráty třením

Pro ztrátu třením a tím i pro součinitele třením λ bylo vymezeno pět charakteristických oblastí: lineární, kritická, hydraulicky hladkého potrubí, přechodná a kvadratická (oblast hydraulicky drsného potrubí).

Za hydraulicky hladká potrubí lze uvažovat potrubí, která byla vyráběná jako technicky hladká, tj. z materiálů jako jsou plasty, hliník, měď, sklo či mosaz. V hydraulicky hladkém potrubí se uvažuje jen vazkost a λ závisí jen na Re , tj.:

$$\lambda = \lambda(Re) \quad (5.32)$$

U potrubí z plastů (PVC, PE) je hydraulická drsnost Δ [0,000001 – 0,000003] m pro nová potrubí, po delším provozu Δ [0,000001 – 0,0000015] m [4].

Místní ztráty

Jsou to ztráty, které vznikají v tvarovkách, armaturách a dalších částech potrubí, v nichž se mění velikost nebo směr rychlosti proudění. Je charakteristické zvýšení fluktuací rychlostí a tlaku, odtržení proudu od stěny, vytváření úplavů, přenos turbulentních vírů a jejich rozpad. Zvětšené turbulentní tečné napětí se projevuje zvětšením odporů proti pohybu. Podtlaky, které vznikají v oblasti úplavu, doprovází jev zvaný kavitace.

Skutečný průběh čáry energie se v oblasti ovlivněné odporem schematizuje a celá místní ztráta se umísťuje do jednoho průřezu. Od místní ztráty se zpravidla počítá příslušná část ztráty třením. Délka tvarovky se zahrne do celkové délky přímých částí potrubí.

Mezi tlakovým poklesem Δp_i a místní ztrátou Z_i platí vztah:

$$\frac{\Delta p_i}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + Z_i \quad (5.33)$$

čili

$$Z_i = \frac{\Delta p_i}{\rho g} + \frac{\alpha(v_1^2 - v_2^2)}{2g} \quad (5.34)$$

Je-li potrubí před odporem a za odporem stejného průměru D , je $v_1 = v_2 = v$ a platí:

$$Z_i = \frac{\Delta p_i}{\rho g} \quad (5.35)$$

Při měření tlakového rozdílu je třeba uvážit, že v bezprostřední blízkosti odporu je tlakové pole deformováno v důsledku změn bodových rychlostí [4].

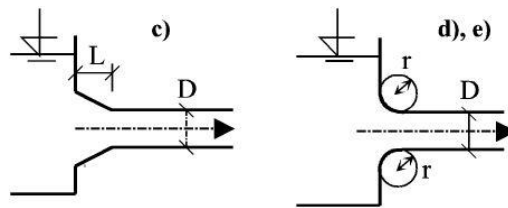
Součinitelé vybraných místních ztrát jsou uvedeny v následujících tabulkách tab. 5.1 až tab. 5.6.

D [mm]	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
ξ_k	8,0	7,0	6,4	6,0	5,2	4,4	3,7	3,4	3,1	2,5

Tab. 5.1 – Ztrátový součinitel sacího koše se zpětnou klapkou o průměru D [mm] [4]

Typ vtoku	Platnost	ξ_v
a) Potrubí zasahuje do nádrže		0,8 - 1,0
b) Ostrá vstupní hrana		0,50
c) Seříznutá vstupní hrana	$L/D \cong 0,1$	0,25
d) Zaoblená vstupní hrana	$r/D \cong 0,06$	0,20
e) Kruhově zaoblený vtok	$r = 0,2.D$	0,11
Výtok do velké nádrže		1,00

Tab. 5.2 – Součinitel ztráty vtokem do potrubí a výtokem do velké nádrže [4]



Obr. 5.18 – Typ vtoků; komplement k Tab. 5.2 [4]

uzávěr	klapka	šoupě	ventil
otevření [%]	ξ_u	ξ_u	ξ_u
0	100000	100000	100000
10	2499	190	6756
20	203,08	30	624
30	50,02	10,5	122,4
40	21,67	4,3	50
50	10,11	2,06	24
60	5,06	0,98	13,79
70	3,52	0,44	9,4
80	2,56	0,15	7,16
90	1,44	0,06	5,57
100	0,56	0,03	4,95

Tab. 5.3 – Průtokové charakteristiky vnitřních uzávěrů podle Tullise (1989) [4]

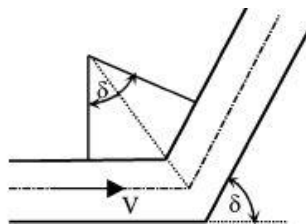
δ	15°	30°	45°	60°	90°
ξ_s hladké potrubí	0,04	0,13	0,24	0,47	1,13
ξ_s drsné potrubí	0,06	0,17	0,32	0,68	1,27

Tab. 5.4 – Ztrátový součinitel ostrých kolen podle Thomy [4]

Poznámka

Platnost pro $Re > 2 \cdot 10^5$.

TEORETICKÁ ČÁST



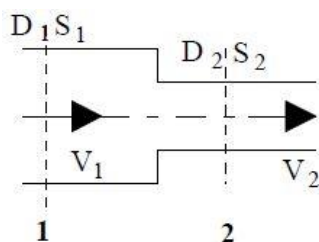
Obr. 5.19 – Schéma kolene; komplement k Tab. 5.4 [26]

S_2/S_1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10
D_2/D_1	0,950	0,890	0,830	0,775	0,710	0,630	0,550	0,450	0,320
ξ_z	0,010	0,062	0,100	0,164	0,220	0,270	0,310	0,340	0,360

Tab. 5.5 – Součinitel ztráty náhlým zúžením průřezu dle Tullise [4]

Poznámka

Součinitel ξ_z vztažen k průměru D_2 .



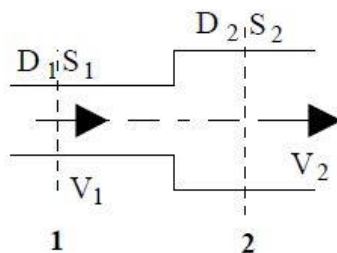
Obr. 5.20 – Schéma náhlého zúžení průřezu; komplement k Tab. 5.5 [4]

D_2/D_1	1,00	1,20	1,25	1,33	1,50	1,67	2,00	2,50	3,00
S_2/S_1	1,00	1,44	1,56	1,78	2,25	2,78	4,00	6,25	9,00
ξ_r	0,00	0,19	0,32	0,60	1,56	3,17	9,00	27,60	64,00

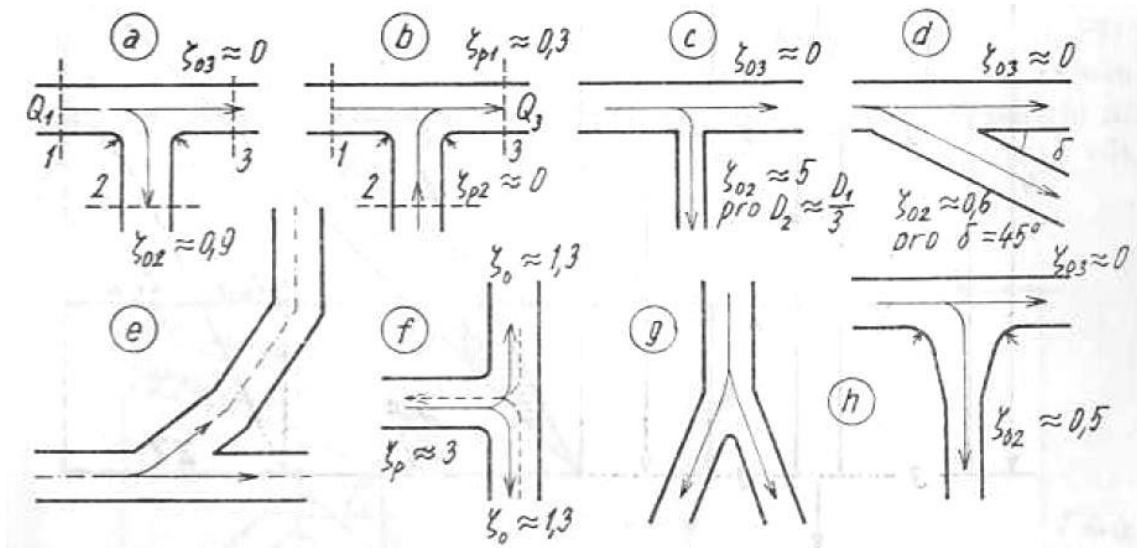
Tab. 5.6 – Součinitel ztráty náhlým rozšířením průřezu K_r (Bordova ztráta) [4]

Poznámka

Součinitel ξ_r vztažen k průměru D_2 .



Obr. 5.21 – Schéma náhlého rozšíření průřezu; komplement k Tab. 5.6 [4]



Obr. 5.22 – Orientační údaje ztrátových součinitelů některých tvarovek [4]

Poznámka

Pro $Q_2/Q_1 \approx 0,1$ až $0,5$ a pro $D_2 \approx D_1 = D_3$

6 Filtrace

6.1 Typy filtrů

Obecně mají všechny filtry stejnou konstrukci. Liší se ale výškou, tvarem, materiálem, filtračním médiem a konstrukčním provedením. Filtry se dělí na gravitační a tlakové. Gravitační (tzv. otevřené) filtry se vyskytují pouze u starších provozů a postupně se nahrazují filtry tlakovými. Tlakové (tzv. uzavřené) filtry musí být řešeny konstrukčně tak, aby splňovaly řadu provozních požadavků, tj. maximální provozní tlaky, měření tlaku, automatické odzdušnění a průzor. K jejich výrobě se používají materiály jako šedá ocel, ušlechtilá ocel, polypropylen a laminát. Filtry představují nádoby obsahující filtrační materiál a dle něho se rozdělují na filtry:

- pískové;
- náplavové;
- kartušové, látkové, pěnové (molitanové).

V privátních bazénech se především používají filtry kartušové, látkové či pěnové. Byť se jedná o levnější variantu, jejich obsluha je v porovnání s filtry pískovými mnohem pracnější. Pro bazény ve veřejných provozech se využívají filtry pískové, především díky své účinnosti a jednoduchosti [6].

6.1.1 Pískové filtry

Jedná se o tlakovou nádobu naplněnou křemičitým filtračním pískem zrnění 1 až 2 mm, přes který je voda filtrována (obr. 6.1). Minimální výška filtrační vrstvy filtrů u veřejných provozů se doporučuje 1,0 m a pohybuje se přibližně až do výšky 1,7 m. Písková vrstva postupně zachytává mechanické nečistoty a na spodu filtru je pomocí filtračních hlavic odebírána přefiltrovaná voda. Životnost pískové filtrační vrstvy je přibližně 10–20 let. Filtr bývá jednovrstvý nebo vícevrstvý a vrstvy a frakce jsou voleny dle provozních potřeb. Filtr je ovládán, tj. přepínání z filtrace na praní atd., za pomoci šesticestného ventilu nebo armaturní sestavy. Armaturní filtrační sestava se většinou navrhuje u veřejných provozů. Ovládání filtru může být ruční nebo automatické. Složitější konstrukce pískových filtrů se projevuje na jejich vyšší pořizovací ceně. Ta je však kompenzována nižšími provozními náklady, jelikož není nutná častá výměna filtračního materiálu.

Dispozice s tlakovými rychlofiltry má pouze jednu modifikaci, a to bazén – lapač vlasů – čerpadlo – tlakový filtr – bazén. Čerpadlo musí být chráněno proti mechanickému poškození nebo ucpávání vláknitými partikulami sítím lapačem vlasů. Pokud jsou použita kalová čerpadla, mechanické předčištění odpadá. Je tomu pouze v případě, že je tlakový rychlofiltr protékán shora dolů. V případě instalace dvousměrných filtrů, musí být nainstalovány lapače vlasů.

Tlakový filtr má vyšší účinnost, neboť nezvyšuje relativní vlhkost vzduchu ve strojovně a rozšíření plaveckého areálu nečiní velké potíže.

Sací výška je negativní, což vyžaduje určité snížení polohy základů agregátů a to takové, aby bylo možné nátokem vody v jímce odvodu skříň čerpadla [6].



Obr. 6.1 – Pískový filtr výrobce MMC [16]

6.1.2 Náplavné filtry

Představují jeden z nejvýraznějších procesů v technologii úpravy pitné vody v posledních desítkách let. Jejich snadná konstrukční variabilita umožňuje jejich využití pro prakticky veškeré druhy vod pitných a užitkových obsahujících železo, mangan, sirovodík, vody recirkulační a chladicí a dokonce i znečištěné olejem a ropnými produkty.

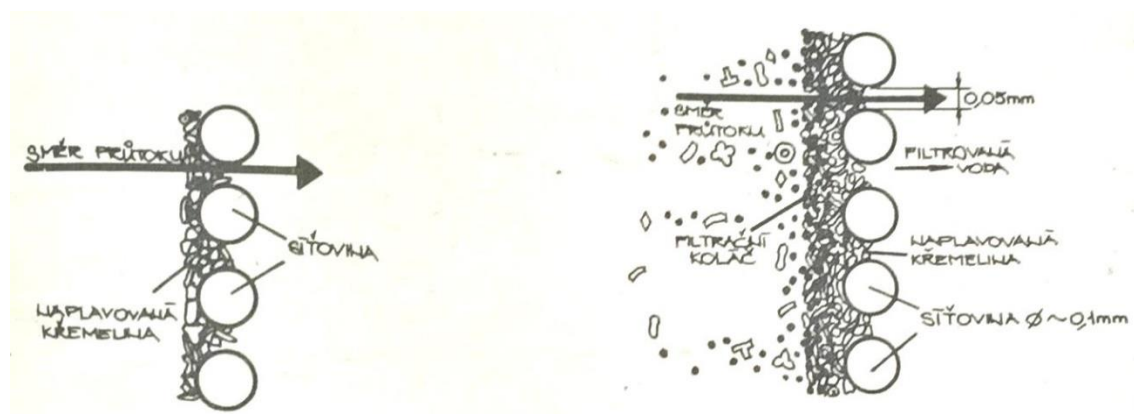
Oproti ostatním technologiím je jejich výhodou jejich několikanásobně menší hmotnost a možnost odstraňování většiny patogenních látek, odolných i dezinfekci chlorem, tedy pro biologický efekt bez dávkování koagulantů.

Základem náplavné (křemelinové, diatomitové) filtrace je rozsivkovitá zemina – diatomit, vzniklá před miliony let odumíráním mikroskopických řas v mořských i sladkovodních vodách (obr. 6.2). Fosilní rozsivky se vyskytují jako mikroskopické

schránky diatomitů o rozměrech od 0,001 do 0,1 mm. Jsou uloženy ve vrstvách, které dosahují tloušťek až několik set metrů. Každá takováto usazenina je značně porézní hmota složená z téměř čistého kysličníku křemičitého. Rozmanitost tvarů je charakteristická pro diatomitovou hmotu. Těžší se zeminými stroji a mořská křemelina je vhodnější než sladkovodní pro houbovitou strukturu a kulovitější tvar.

Dle literatury mohou být beztlakové, lépe však tlakové (nízkotlakové) nebo vakuové filtry. Vrstva křemeliny se zachycuje na jemných sítích z nerezové oceli nebo umělých hmot, která je podepřena nosným skeletem. Na čistá síta se naplavuje 50% roztok křemeliny (přibližně 5 kg na 10 m² plochy filtru). Během 3 až 5 minut se na síte zachytí vrstva 1,5 až 3,0 mm vysoká. V průběhu filtrace se přidává další křemelina. Na 1 mg zákalu se přidává 3,0 až 10,0 mg křemeliny na celkovou tloušťku 10,0 až 20,0 mm.

Filtrační cyklus představuje až 100 provozních hodin. Při postupném zanášení filtru dosahuje ztráta tlaku 10,0 až 25,0 m. Praní filtru se provádí dle velikosti plochy filtru zpětným proudem čisté vody po dobu 5 až 15 minut, přičemž se filtrační hmota odstraní do odpadu. Spotřeba prací vody činí přibližně 0,25 % z upravené vody během 1 cyklu. Filtrační rychlosti se pohybují v rozmezí 2,5 až 15,0 m³/m²/h. Vzhledem k tomu, že při každém praní filtru je nutná obměna filtračního materiálu, patří tento typ filtrů k provozně dražším a u nás se běžně nepoužívá [11].



Obr. 6.2 – Schéma náplavných filtrů [11]

6.1.3 Kartušové, pěnové a látkové filtry

Jsou filtry, které mají uvnitř obalu vložku z kartušového (obr. 6.3), pěnového či látkového materiálu, která zachycuje mechanické nečistoty různé velikosti. Filtrační vložku lze vyjmout a čistí se proplachem vodou mimo nádobu filtru. Vložka má

omezenou životnost, ale lze ji vyměnit. Jednoduchá konstrukce těchto filtrů se projevuje na nižší pořizovací ceně. Je však nutné zhodnotit četnost výměny vložky a tím i odraz výměny na provozních nákladech. Podstatnou nevýhodou je velmi malá kalová kapacita, jsou tedy použitelné pouze u málo zatížených bazénů, jako jsou rodinné bazény či Whirlpool [6].



Obr. 6.3 – Kartušový filtr [18]

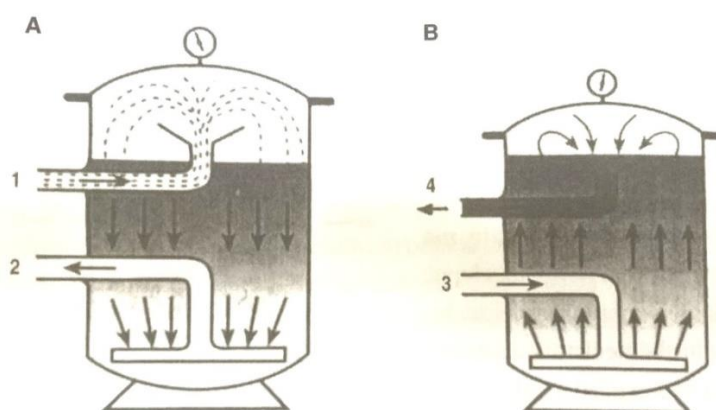
6.1.4 Filtry na principu membránové filtrace

Membránové procesy představují separační techniky, využívající k separacím polopropustné membrány, které umožňují průchod malých molekul, zatímco velké molekuly zůstanou před membránou. Mezi membránové procesy patří reverzní osmóza (hyperfiltrace), ultrafiltrace a mikrofiltrace. Vysoká finanční náročnost membránových procesů posouvá jejich větší uplatnění dále do budoucnosti [6].

6.2 Praní filtrů

Různorodost filtračních náplní souvisí s rozdílnou frekvencí praní. Účinnost praní filtru je ovlivněna průtokem, ten musí být takový, aby došlo k dokonalému odstranění všech nečistot. Filtry lze prát vodou, u větších filtrů i vzduchem. Existují však i filtry, u kterých lze obrátit směr průtoku vody pomocí uzávěru. Voda je běžně filtrována shora dolů, ale při speciálním praní je směr vody opačný a prací voda přiváděna shodou pod mezidno. Přes filtrační hlavice je poté vedena náplň filtru směrem nahoru a odváděna vrchem do kanalizace. Praní filtru (obr. 6.4) se provádí vodou z bazénu pomocí recirkulačních čerpadel. Při praní filtru vodou je potřeba velké množství vody, tomu se dá vyhnout praním filtru vzduchem. Vzduch způsobuje posuv jednotlivých zrn

písku, která se o sebe otírají, a tím uvolňují nečistoty na nich zachycené. Stlačený vzduch lze zajistit dmychadlem o výtlaku přibližně 5 m vodního sloupce. Potřeba pracího vzduchu pro filtr je přibližně v rozmezí 60–90 m³/m² za hodinu. Pere se vzduchem přibližně 5 minut, poté asi po dobu 10 minut vzduchem a vodou, dopírá se vodou opět asi 5 minut. Skutečná doba praní filtru však závisí na stupni znečištění filtru. Obvykle se filtry perou 1x za 2 dny a prací voda představuje asi 2 % obsahu bazénu [6, 11].



Obr. 6.4 – Základní funkční schéma tlakového uzavřeného rychlofiltru [9]

Legenda

A – normální provoz

1 – znečištěná voda z bazénu, 2 – upravená voda

B – praní filtru

3 – prací voda ev. včetně pracího vzduchu, 4 – špinavá prací voda

6.3 Kontrola filtrů

Alespoň jednou ročně by se měl každý filtr důkladně zkontrolovat. Zkontrolovat by se měla filtrační náplň, materiál filtru, konstrukce, usazení uvnitř filtru, funkce šesticestného ventilu, případně armatur atd. Výměna filtračního materiálu se provádí v závislosti na typu a provozních podmínkách. Mezi faktory ovlivňující životnost náplně lze zařadit recirkulované množství vody, teplotu vody, kvalitu vody, návštěvnost bazénu, počet praní, způsob čištění filtru, umístění filtru, typ filtračního média, typ filtru a celkový provoz chemického hospodářství [6].

B. PRAKTICKÁ ČÁST

7 Vybraný bazénový provoz

7.1 Charakteristika bazénového provozu

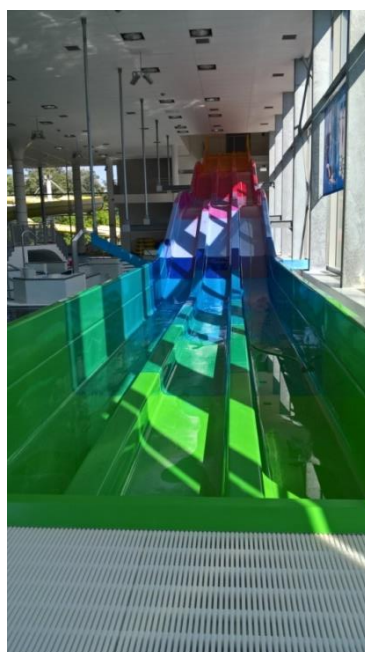
Vybraný bazénový provoz není na základě sjednaných podmínek s provozovatelem jmenován. Roční návštěvnost daného provozu čítá okolo 450 tisíc návštěvníků. Po modernizaci provozu přivítal areál první návštěvníky v červnu 2012. Součástí vybraného bazénového provozu je 50m nerezový bazén, který disponuje závodními nášlapnými bloky od firmy Omega, používanými na světových a evropských soutěžích. V bazénovém komplexu je k dispozici zóna Aqua, jejíž součástí je proud divokého kanálu (obr. 7.1), umělé vlnobití s balonem WOW, 34 m dlouhá troj skluzavka (obr. 7.2 a 7.3), 102 m dlouhý tobogán „Megaslide“, který umožňuje jízdu na jedno nebo dvou člunu (obr. 7.4 a obr. 7.5). Část tobogánu je situována ve venkovní části a jízda na tobogánu končí v rekreačním bazénu, v kterém jsou k dispozici další prvky jako masážní trysky, vodopád či vodní chrliče. Nejmenší návštěvníci mohou využít brouzdaliště vodními zvířátky, jako je delfin a vodní ježek. Pro děti je k dispozici také dětská skluzavka a interaktivní vodní ucpávka. Odpočinout si a relaxovat je možné ve dvou propojených masážních vířivkách. Pro aktivní návštěvníky je připraven skokanský bazén s horolezeckou stěnou. V bazénovém komplexu lze nalézt moderní wellness pro milovníky saun a relaxace. Lze navštívit klasickou finskou saunu a několik druhů lázní – solná lázeň s vůní moře, turecká lázeň s orientální atmosférou, Kneippova lázeň pro úlevu nohou, bylinná lázeň prospěšná pro dýchací cesty. Sněhová komora, s udržovanou teplotou $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, teplá infrakabina či thajské masáže představují další možnost relaxace. Pro zdravé opálení lze využít sluneční louku. Součástí bazénu je také letní pláž s víceúčelovým bazénem s hloubkou od 120 do 160 cm. Bazén je vybaven různými atrakcemi, např. skluzavka či tobogán v délce skoro 100 m. Součástí víceúčelového bazénu je vodní chrlič, vlnobití, šplhací síť a vodní masážní lůžka. Pro neplavce je v bazénu umístěna vodní číše s hloubkou 95 cm. Dětské hřiště a pískoviště, brouzdaliště se skluzavkami a pumpou s otočným vědrem jsou také součástí venkovní letní pláže. Relaxaci v bazénu lze také skombinovat s pohybovou aktivitou ve fitness s několika zónami. Nedílnou součástí daného provozu je také plavecká škola, která pořádá kurzy plavání pro všechny věkové kategorie či instituce.



Obr. 7.1 – Divoký kanál a umělé vlnobití [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 7.2 – Troj skluzavka a venkovní část tobogánu [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 7.3 – Troj skluzavka [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 7.4 – Pohled do tobogánu [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 7.5 – Dojezdová dráha tobogánu [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

7.2 Rozdělení postupu měření

Daná diplomová práce je zaměřena na 3 okruhy recirkulace:

- okruh 1: Tobogán – atrakce,
- okruh 2: Recirkulační úprava vody tobogánu a troj skluzavky,
- okruh 3: Divoký kanál – atrakce.

Okruhy recirkulace – tobogán a divoký kanál – byly vybrány proto, že je lze zařadit mezi jedny z největších potenciálních nebezpečí v daném bazénovém provozu.

V každém okruhu bylo provedeno experimentální měření jednotlivých parametrů, kterému je podrobněji věnována samostatná kapitola 8 Měření na vybraném bazénu na straně 74. Naměřené hodnoty byly následně vyhodnoceny.

7.3 Stručný popis provozu

7.3.1 Bazénový provoz obecně

Jednotlivé bazény jsou zapojeny každý samostatně na vlastní úpravnu vody s vlastní akumulací nádrží, čerpáním, koagulační filtrací a dávkováním chemikálií. Voda je napouštěna z veřejného vodovodu a z předupravené říční (vodní tok Chrudimka, hydrologické pořadí 1-03-03-109) a studniční vody (3 studniční vrty) do akumulací nádrže. Z akumulací nádrže je čerpadly s předfiltry čerpána na úpravnu vody.

Na předfiltrech jsou zachycovány vlasy a drobné nečistoty. Součástí samotné úpravy vody jsou filtry, chemické hospodářství pro koagulaci, pro úpravu pH (dávkování kyseliny či zásady) a hygienické zabezpečení vody (dávkování chloru).

Za účelem dosažení vysokého filtračního účinku zahrnuje úprava vody dávkování koagulantu. Koagulant je dávkován prostřednictvím dávkovacího membránového čerpadla. Výtlač roztoku koagulantu je přes vstřikovací a uzavírací ventil, zaústěný do společného cirkulačního potrubí ihned za čerpadly do výtlačku na filtry.

Regenerace náplně filtrů se provádí bazénovou vodou. Odpadní voda, která vzniká z praní, je čerpána do jímky, z které je přečerpávána na jednotku rekuperace pro využití zbytkového tepla. Manipulace při praní se provádí pomocí ruční ovládací 5ventilové baterie osazené pomocí podpěr na filtru. Pro zvýšení kvality praní a menší spotřebu prací vody se využívá kombinace praní vodou a vzduchem. Provoz filtru je nepřetržitý. Kolem filtru je pomocí uzávěrů vytvořený obtok pro odstavení jednotky např. při poruše nebo vyčerpávání bazénu.

Čistá voda z filtru je zavedena na výměníky pro její ohřev na zvolenou teplotu.

K dezinfekci vody chlorací je jako doplněk u některých bazénů použita oxidace pomocí ozonu. Podle druhu bazénů je použita buď plná, nebo částečná ozonizace – 50 % cirkulujícího množství, která pomáhá odbourávat nežádoucí vedlejší produkty chlorace a její dezinfekcí snížit dávkování chloru na minimum. Ozonizace rovněž snižuje zápach způsobený chloraminy a snižuje zákal vody.

Dále je pro dezinfekci použito UV záření. Jsou navrženy středotlaké lampy s výkonem podle průtočného množství. UV lampa je vybavena středotlakými UV zářiči s rozsahem vlnového spektra se zvýšenou účinností vlnových délek odpovídajících jednotlivým chloraminům.

Kvalita vody v bazénu je udržovaná filtrací vody, jejím hygienickým zabezpečením dávkováním ozonu UV zářením, chloru a dávkováním chemikálií pro úpravu \pm pH.

Na potrubí je osazený indukční průtokoměr pro kontinuální měření množství recirkulované vody s registrací. Z úpravny natéká ohřátá voda dnovými tryskami do bazénu, kde je z hladiny sbírána přelivnými žlábkami a potrubím odváděna zpět do akumulčních jímek. Z akumulčních jímek je čerpána zpět na úpravnu a do bazénu. Na sání čerpadel jsou připojeny dnové trysky pro možnost odběru vody ze dna bazénu a pro přisávání vody při recirkulaci a možnost vyčerpání bazénu.

Napouštění a vypouštění bazénu je prováděno 1x za rok. Recirkulace vody je nepřetržitá. Odpouštění a dopouštění systému je prováděno denně. Napouštění a dopouštění recirkulačních systémů je prováděno přímo ze zdroje. Vypouštění bazénu je možné realizovat pouze po odvětrání chlóru, buď gravitačně, nebo čerpáním do systému dešťové kanalizace. Odpady z praní filtrů jsou svedeny do akumulční jímkou odpadních vod a přes rekuperační výměník čerpány do jednotné kanalizace.

Uložení a materiál potrubí

Potrubí v objektu úpravny vody a bazénu jsou z PVC-U. Spoje potrubí jsou slepované lepidlem na PVC.

Potrubí v objektu je uloženo na konzolách z pozinkovaných profilových nosníků a připevněno pomocí plastových klemů (svorek) ke konzolám. Konzoly jsou do stěn připevněny kotvami do betonu.

7.3.2 Recirkulační úpravna vody, atrakce – tobogán, troj skluzavka

Recirkulační okruh je napouštěn z rozvodu předupravené vody uvnitř budovy potrubím do akumulční nádrže. Množství napouštěné i dopouštěné vody je snímáno indukčním průtokoměrem s registrací proteklého množství. Nádrž je vybavena dnovou výpustí do odpadu. Vstup do nádrže je otvorem ve stěně pod stropem nádrže plastovými dveřmi.

Z akumulční nádrže bazénu je bazénová voda vedena sacím potrubím s uzavírací a zpětnou kulovou klapkou k trojici oběhových čerpadel s integrovaným předfiltrem v počtu 2+1, každé o výkonu $Q = 40 \text{ m}^3/\text{hod}$ pro $H = 16,5 \text{ m}$. Každé sací potrubí je

opatřeno uzavírací klapkou. U každého čerpadla je na samostatném výtlaku osazena zpětná a uzavírací klapka.

Na společné části výtlaku od čerpadel před filtry je zaústěno dávkování koagulantu pro vyvločkování nerozpuštěných, zejména koloidních látek. Voda s koagulantem dále natéká na dvojici laminátových filtrů \varnothing 1200 mm s filtrační náplní křemičitého písku. Výška filtrační náplně je 1,2 m. Praní filtrů je po přestavění ruční baterie armatur prováděno cirkulačními čerpadly bazénovou vodou a vzduchem z dmyhadla. Odpadní voda, která vzniká z praní, je čerpána do jímky, z které je přečerpávána na jednotku rekuperace pro využití zbytkového tepla. Manipulace při praní se provádí pomocí ruční ovládací 5ventilové baterie osazené pomocí podpěr na filtru. Čistota odpadní vody je sledovaná pomocí průhledítka na potrubí a odběrem ze vzorkovacího kohoutu. Pro zvýšení kvality praní a menší spotřebu prací vody se využívá kombinace praní vodou a vzduchem. Za tímto účelem je ve strojovně osazena dvojice dmyhadel se společným rozvodným vzduchovým potrubím zaústěným na přívod k jednotlivým filtrům. U každého filtru je na vzduchovém potrubí osazena zpětná a uzavírací klapka a ventil pro případné odvodnění potrubí. Pro odvzdušnění filtru je na každém v jeho horní části osazený automatický odvzdušňovací ventil, který je osazený i v nejvyšším místě obtokového potrubí filtrů. Kolem filtru je pomocí uzávěrů vytvořený obtok pro odstavení jednotky např. při poruše nebo vyčerpání bazénu.

Vyčištěná voda je z filtrů vedena na ohřev vody, tvořený dvěma trubkovými výměníky tepla o výkonu 2×88 kW s obtokem. Mezi oběma odbočkami k výměníku je osazená regulační klapka, pro možnost nastavení množství vody na výměník a dvojice manometrů pro měření diferenčního tlaku. V běžném provozu je část vody vedena přes obtok, část vody přes výměníky. Voda vedená výměníky je ohřátá tak, aby po smísení s vodou z obtoku byla automaticky teplota na vstupu do bazénu na požadované úrovni 26 °C. Snímání teploty je v místě společného výtlaku za ohřevem. Kolem výměníků je pomocí uzávěrů vytvořený obtok pro odstavení jednotky např. při poruše nebo vyčerpávání bazénu.

Přítok upravené vody je zaústěný zpět do akumulární nádrže.

Upravená voda je z akumulární nádrže nasávána dvěma recirkulačními čerpadly, každé o výkonu $Q = 254$ m³/hod pro $H = 16,0$ m, čerpajícími vodu na tobogán. Další čerpadlo o výkonu $Q = 105$ m³/hod pro $H = 16,0$ m čerpá vodu na troj skluzavku. Sací potrubí jsou opatřena uzavírací klapkou. U každého čerpadla je na samostatném výtlaku

osazena zpětná a uzavírací klapka. Z dojezdových bazének těchto atrakcí je voda gravitačně svedena zpět do akumulární nádrže tobogánu a troj skluzavky.

Vypouštění recirkulace včetně akumulární nádrže je řešeno částečně gravitačně a částečně vyčerpáním do dešťové kanalizace. Alternativně lze bazén vyčerpat cirkulačními čerpadly do jednotné kanalizace.

Ve dně akumulární jímky je v její nejnižší části snížený prostor pro osazení přenosného ponorného čerpadla pro odčerpání zbytku vody ze dna.

7.3.3 Rekreační bazén

Rekreační bazén má stejně jako okruh tobogánu a troj skluzavky dva okruhy – recirkulační okruh pro úpravu bazénové vody a okruh recirkulace vody pro atrakce.

Konstrukci rekreačního bazénu tvoří betonové stěny a dno s obkladem. Rekreační bazén je rozdělen na tyto části:

- mělká část (obr. 7.6 a obr. 7.7) lichoběžníkového tvaru, která je vybavena hydromasážními tryskami s přísáváním vzduchu, širokým chrličem, masážním chrličem a vodopádem ze stěny,
- proud divokého kanálu (obr. 7.8) s hloubkou vody 1,2 m,
- umělé vlnobití s balonem (obr. 7.8) v kruhovém bazénu $\varnothing 7,0$ m.

Předmětem zájmu dané práce je pouze okruh atrakce divokého kanálu. Tento okruh je symetrický, jedná se o dva samostatné okruhy recirkulace vody. Z atrakce divokého kanálu je bazénová voda vedena sacím potrubím s uzavírací klapkou k oběhovému čerpadlu s integrovaným předfiltrem v počtu 2, každé o výkonu $Q = 370 \text{ m}^3/\text{hod}$ pro $H = 10,0$ m. U každého čerpadla je na samostatném výtlaku osazena uzavírací klapka, zpětná klapka osazena nebyla. Na každé čerpadlo je vedena voda ze čtyř sacích otvorů čtvercového tvaru, jejichž nátok je tvořen mřížkou. Sací otvory jsou umístěné ve stěně po obvodu bazénu (obr. 7.9). Voda je každým čerpadlem čerpána zpět do bazénu prostřednictvím čtyř vtokových otvorů kruhového tvaru, osazených ve stěně po obvodu bazénu v nice. Součástí okruhu atrakce divokého kanálu není akumulární nádrž. Sací prvky musí být zkonstruovány a instalovány tak, aby se omezila možnost zachycení návštěvníka. Konstrukce vtokových otvorů nejsou opatřeny mřížkou, nebezpečí tedy není vyloučeno.

Teplota vody v rekreačním bazénu – divokém kanálu je na vstupu do bazénu udržována na požadované úrovni $28 \text{ }^\circ\text{C}$.



Obr. 7.6 – Mělká část rekreačního bazénu – pohled 1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 7.7 – Mělká část rekreačního bazénu – pohled 2 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 7.8 – Divoký kanál a umělé vlnobití [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 7.9 – Sací otvory a vtokový otvor [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

7.4 Bazénová technologie

V řešených okruzích jsou nainstalována vertikální monobloková čerpadla řady BADU ® Block výrobce SPECK Pumpen umožňující vynikající cirkulační výkon s minimálními nároky na prostor. Motor čerpadla je třífázový, povrchově chlazený a zajišťuje tichý provoz. Jedná se o samonasávací, jednostupňová čerpadla. Konstrukce čerpadla umožňuje snadnou demontáž pohonné jednotky bez demontáže potrubí. Díky nízké rychlosti motoru dochází k tichému chodu čerpadla s velmi malým opotřebením. Spirálová skříň má vyměnitelné opotřebitelné kroužky odolné proti korozi. Uzavřené oběžné kolo je individuálně vyvážené. Čerpadla jsou vhodná pro bazénový provoz, provoz bazénových atrakcí a filtraci vody [31, 32, 33].

V souladu s nařízením EU 4/2014 (dříve EU 640/2009), směrnicí EU 2009/125/ES, spolu s normou ČSN EN 60034-30-1 došlo k zavedení požadavků na účinnost elektromotorů. Nové třídy účinnosti s označením IE (*International Efficiency*) stanovuje pro asynchronní motory v ČR norma ČSN EN 60034-30-1 takto:

- IE1 standardní účinnost (Standard),
- IE2 zvýšená účinnost (High),
- IE3 velká účinnost (Premium),
- IE4 velmi velká účinnost (Super Premium).

Od 1. ledna 2017 u motorů s výkony 0,75 až 375 kW musí být dodržena zákonem stanovená minimální účinnost IE3, alternativně IE2 u motorů řízených z měničů frekvence [1].

7.4.1 Okruh 1: Tobogán – atrakce

7.4.1.1 Čerpadla pro atrakci

V okruhu jsou nainstalována 2 vertikální monobloková čerpadla BADU ® Block 125/250 výrobce SPECK Pumpen zapojená paralelně (obr. 7.10).



Obr. 7.10 – Dvě čerpadla BADU ® Block 125/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Motor

Každý motor i tělo čerpadla je opatřeno výkonnostním štítkem (obr. 7.11). Frekvence napájecího napětí je 50 Hz. Čerpadlo lze použít pro kmitočty 50 Hz až 60 Hz. Jmenovitý výkon motoru je 15 kW, jmenovitá rychlost je 1460 min^{-1} a účinník $\cos\phi$ je 0,85. Počet pólů: 4 [24].



Obr. 7.11 – Štítek motoru BADU ® Block 125/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Tělo čerpadla

V názvu čerpadla BADU ® Block 125/250 jsou uvedena dvě čísla – číslo 125 je jmenovitý průměr výtlačného hradla [mm] a číslo 250 je jmenovitý průměr oběžného kola [mm].

Maximální průtok, pro který je možné použít daný typ čerpadla, je 363 m³/h, maximální dopravní výška je 24 m a výkon na hřídeli P2 v rozmezí 11 – 37 kW [32].

Dané čerpadlo je použito pro čerpaný průtok 254 m³/h, dopravní výšku 16 m a otáčky čerpadla 1450 1/min (obr. 7.12).



Obr. 7.12 – Štítek těla čerpadla BADU ® Block 125/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

7.4.2 Okruh 2: Recirkulační úpravna vody tobogánu a troj skluzavky

Součástí recirkulační úpravny vody jsou 3 (v počtu 2+1 rezervní) oběhová vertikální čerpadla a 2 pískové filtry (obr. 7.13).



Obr. 7.13 – Úpravna vody tobogánu a troj skluzavky [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

7.4.2.1 Oběhová čerpadla k úpravě vody

V okruhu jsou nainstalována 3 (v počtu 2+1 rezervní) oběhová vertikální čerpadla BADU ® Block 65/250 výrobce SPECK Pumpen zapojená paralelně (obr. 7.14).



Obr. 7.14 – Tři čerpadla BADU ® Block 65/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Motor

Každý motor i tělo čerpadla je opatřeno výkonnostním štítkem (obr. 7.15). Frekvence napájecího napětí je 50 Hz. Čerpadlo lze použít pro kmitočet 50 Hz až 60 Hz. Jmenovitý výkon motoru je 4 kW, jmenovitá rychlost je 1445 min^{-1} a účinník $\cos\phi$ je 0,82. Počet pólů: 4 [24].



Obr. 7.15 – Štítek motoru BADU ® Block 65/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Tělo čerpadla

V názvu čerpadla BADU ® Block 65/250 jsou uvedena dvě čísla – číslo 65 je jmenovitý průměr výtlačného hradla [mm] a číslo 250 je jmenovitý průměr oběžného kola [mm].

Maximální průtok, pro který je možné použít daný typ čerpadla, je 84 m³/h, maximální dopravní výška je 23 m a výkon na hřídeli P2 v rozmezí 3 – 11 kW [31].

Dané čerpadlo je použito pro čerpaný průtok 40 m³/h, dopravní výšku 16,5 m a otáčky čerpadla 1450 1/min (obr. 7.16).



Obr. 7.16 – Štítek těla čerpadla BADU ® Block 65/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

7.4.2.2 Pískové filtry

Součástí recirkulační úpravy vody jsou 2 pískové filtry typu HP253012075 tehdejšího výrobce MMC (nový název výrobce DAQUA) s DN 1200 paralelně uspořádané (obr. 7.17). Vrstvená polyesterová pryskyřice vyztužená skleněnými vlákny složená ze dvou eliptických konvexních den a pláštěm tvoří samotný filtr. Radiální a axiální navíjení vláken polyesterové pryskyřice a skleněného vlákna umožňuje vyrovnání tlakového namáhání. Pro případnou kontrolu, plnění filtru či přístup k zařízení je horní zakřivená část filtru opatřena víkem DN 400.

Jedná se o tlakové uzavřené rychlofiltry s křemičitou pískovou náplní a výškou filtračního materiálu 1,2 m. Obecně platí, že čím vyšší vrstva filtračního materiálu je, tím větší je kalová kapacita filtru a tím se prodlužuje pracovní fáze filtru (interval mezi dvěma praními filtračního materiálu). Maximální průtok filtrem je 33 m³/h. Maximální provozní tlak do 2,5 bar.

Filtrační rychlost je nezbytný parametr, který odpovídá o kvalitě filtrování. Zpravidla se udává v $[m^3/hod/m^2]$. Filtrační rychlost u navržených pískových filtrů je uvedena $500 l/min/m^2$ a může být rozdílná v závislosti na použitém čerpadle. Filtrační rychlost lze vypočítat z podílu průtoku filtrem $Q [m^3/hod]$ a filtrační plochy $S [m^2]$ daného filtru. Filtrační plocha S daného filtru je $1,13 m^2$ [16].

Filtr je ovládán za pomoci armaturní sestavy, která se většinou navrhuje u veřejných provozů, a jejíž ovládání je uvedeno v projektové dokumentaci a schematicky zobrazeno na filtru. Armaturní sestava je ovládána pomocí 5ventilové baterie a ovládání filtru je ruční.



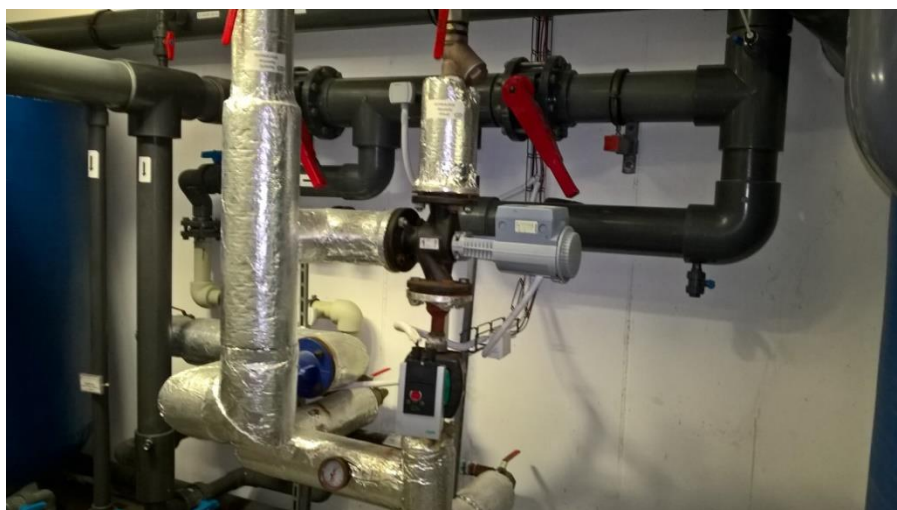
Obr. 7.17 – Pískové filtry [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

7.4.2.3 Ohřev vody

Pro vytápění bazénové vody z recirkulační úpravy vody jsou instalovány dva trubkové tepelné výměníky VÁGNER POOL typ OVB 300, 88 kW (obr. 7.18). Tepelné výměníky jsou zkonstruovány tak, aby byl přenos tepla z primárního okruhu na sekundární okruh efektivní (obr. 7.19). V běžném provozu je část vody vedena přes obtok, část vody přes výměníky. Výměníky jsou vyrobeny z nerezového materiálu, který zaručuje odolnost i vůči agresivní vodě.



Obr. 7.18 – Trubkový tepelný výměník [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 7.19 – Ohřev bazénové vody [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

7.4.3 Okruh 3: Divoký kanál – atrakce

7.4.3.1 Čerpadlo pro atrakci

Atrakce divokého kanálu je symetrická, jedná se o dva samostatné okruhy, viz kapitola 7.3.3 Rekreační bazén. Na základě symetričnosti je tento okruh zaměřen pouze na jedno čerpadlo.

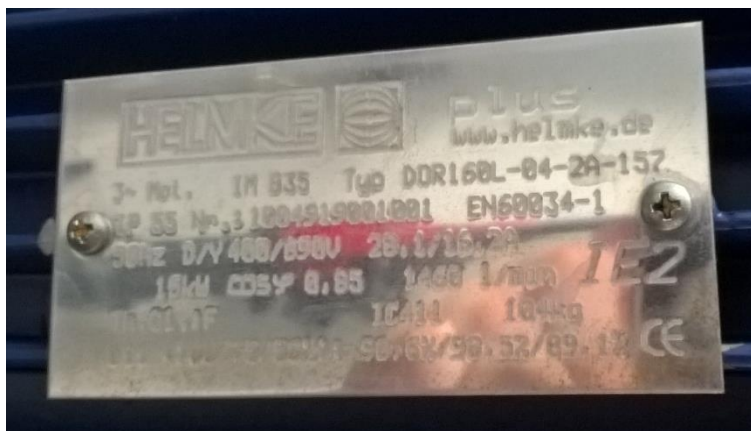
V okruhu je nainstalováno vertikální monoblokové čerpadlo BADU ® Block 150/250 výrobce SPECK Pumpen (obr. 7.20).



Obr. 7.20 – Čerpadlo BADU® Block 150/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Motor

Každý motor i tělo čerpadla je opatřeno výkonnostním štítkem (obr. 7.21). Frekvence napájecího napětí je 50 Hz. Čerpadlo lze použít pro kmitočet 50 Hz až 60 Hz. Jmenovitý výkon motoru je 15 kW, jmenovitá rychlost je 1460 min^{-1} a účinník $\cos\varphi$ je 0,85. Počet pólů: 4 [24].



Obr. 7.21 – Štítek motoru BADU® Block 150/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Tělo čerpadla

V názvu čerpadla BADU ® Block 150/250 jsou uvedena dvě čísla – číslo 150 je jmenovitý průměr výtlačného hradla [mm] a číslo 250 je jmenovitý průměr oběžného kola [mm].

Maximální průtok, pro který je možné použít daný typ čerpadla, je 593 m³/h, maximální dopravní výška je 23 m a výkon na hřídeli P2 v rozmezí 15 – 45 kW [33].

Dané čerpadlo je použito pro čerpaný průtok 370 m³/h, dopravní výšku 10 m a otáčky čerpadla 1450 1/min (obr. 7.22).



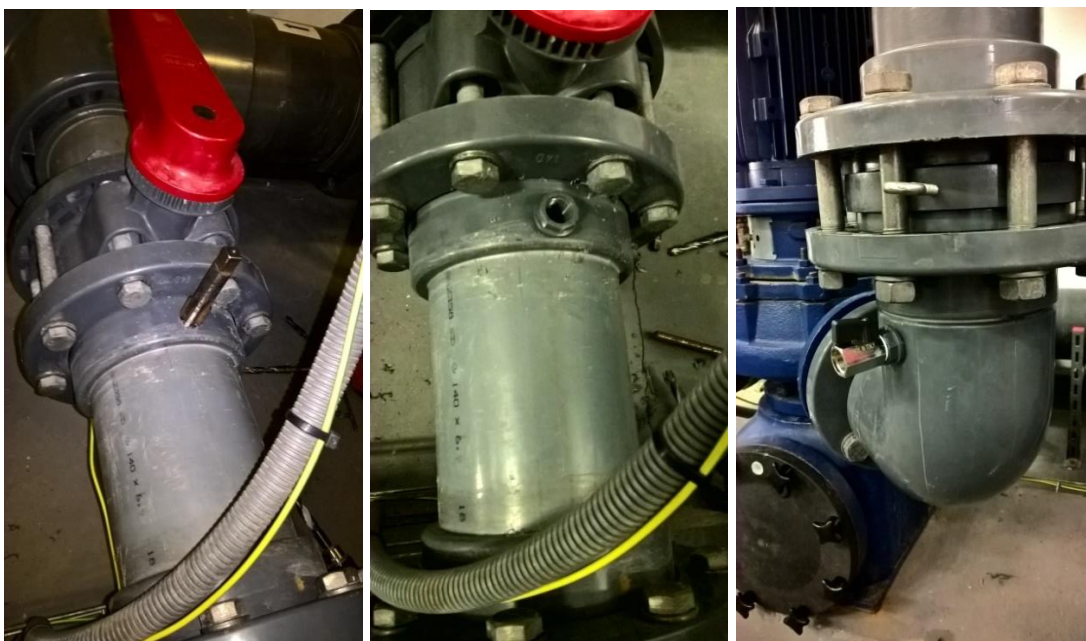
Obr. 7.22 – Štítek těla čerpadla BADU ® Block 150/250 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

8 Měření na vybraném bazénu

Vybraný bazénový provoz byl za účelem měření navštíven opakovaně. V rámci vypouštění bazénu, které je prováděno 1x za rok, byly změřeny rozměry sacích a vtokových otvorů, jejich rozteče a dispozice v bazénu, osazeny fitinky pro tlaková čidla apod. Dále byly změřeny potřebné vzdálenosti (např. jednotlivých úseků potrubí), byla zaznamenána bazénová technologie (např. typy čerpadel, filtrů apod.). Vlastní měření jednotlivých parametrů bylo prováděno za provozu, převážně v ranních či večerních hodinách, tedy v době s předpokládanou nejnižší návštěvností.

8.1 Pomůcky k měření

Před vlastním měřením bylo potřeba vyřezat závity v potrubí pro osazení fitinek (obr. 8.1) v průřezech, v kterých byla následně provedena měření. Na fitinky (obr. 8.2) byla poté v rámci měření namontována tlaková čidla (obr. 8.12). K vyřezávání vnitřních závitů v potrubí byl použit závitník upevněný do vratidla (obr. 8.3 a obr. 8.4). Utěsnění šroubového spoje bylo provedeno pomocí teflonové pásky (obr. 8.5), která byla navíjena na vnější závit ve směru šroubování a utahována tak, aby ho kopírovala. Lepené plochy na potrubí a fitince byly očištěny a štětcem na ně byla v podélném směru nanesena souvislá a rovnoměrná vrstva lepidla *Griffon Uni 100* (obr. 8.6) odpovídající podmínkám, které povolují jeho použití při zásobování pitnou vodou potrubím PVC-U.



Obr. 8.1 – Osazení fitinky [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.2 – Fitinka

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.3 – Závitník

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.4 – Závitník upevněný do vratidla [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.5 – Teflonová páska

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.6 – Lepidlo

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

K měření vzdáleností byl použit laserový dálkoměr *Leica Disto A5* (obr. 8.7) s přesností u vzdáleností do 30 m maximální odchylkou $\pm 1,5$ mm.



Obr. 8.7 – Laserový dálkoměr
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Průtok vody a její rychlost byly měřeny ručním ultrazvukovým průtokoměrem *Handheld Ultrasonic Flow Meter (LRF-2000H)* (obr. 8.8) vhodným pro měření s vysokou přesností. Přesnost přístroje je ± 1 %, linearita je 0,5 % a opakovatelnost je 0,2 %. Je použitelný pro široký rozsah měření pro potrubí od DN15 do DN6000.

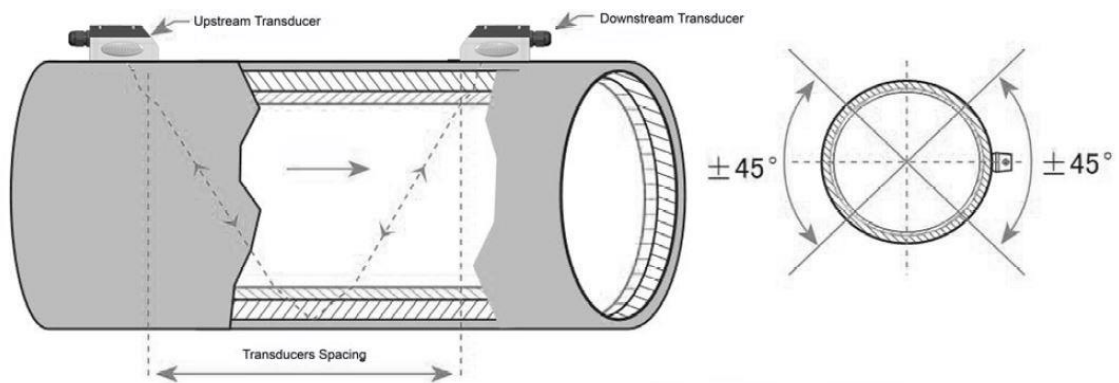


Obr. 8.8 – Ultrazvukový průtokoměr
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Funguje na principu vysílání ultrazvukového signálu ve formě impulsu ve směru a proti směru proudění měřené kapaliny. Využívá časový rozdíl při průchodu impulsů v obou směrech šíření [27].

Pro měření ultrazvukovým průtokoměrem byla vybrána metoda V, která je nejběžnější a používá se pro potrubí od DN15 do DN200. Princip metody V spočívá

ve vysílání ultrazvukového signálu ve formě impulsu ve tvaru písmene V (obr. 8.9) ve směru a proti směru proudění měřené kapaliny. Na základě zadaného průměru potrubí do přístroje je stanoven vnitřní odstup magnetických snímačů.



Obr. 8.9 – Metoda V [28]

K měření ultrazvukovým průtokoměrem je potřeba pár magnetických snímačů (obr. 8.10). Byl použit pár snímačů střední velikosti TM-1 použitelný pro potrubí od DN50 do DN700 pro připojení snímačů na konektory ultrazvukového průtokoměru. Jeden snímač je označen modrou značkou a popisem DN (= *downstream*) pro snímání po proudu a druhý snímač je označen červenou barvou a popisem UP (= *upstream*) pro snímání proti proudu. Snímače se potírají speciální pastou *Couplant 15.119 MHT*, která usnadňuje přenos zvuku mezi měřičem a zkoušeným potrubím. Jedná se o pastu, která na snímači nezasychá a snadno se odstraňuje hadříkem.



Obr. 8.10 – Magnetické snímače a speciální pasta [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Pro měření tlaku byl použit ruční vodotěsný měřicí přístroj *GREISINGER GMH 5155* (obr. 8.11). Jedná se o model s připojením pro dva snímače tlaku. Přesnost přístroje je $\pm 0,1 \%$ FS ± 1 číslice [19].



Obr. 8.11 – Tlakoměr

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Možným příslušenstvím přístroje na měření tlaku *GREISINGER GMH 5155* je tlakový snímač z nerezové oceli *GREISINGER MSD*. Měření byla provedena na 3 okruzích recirkulace, které jsou popsány v kapitole 8.2 Vlastní měření na straně 80. K měření tlaku byly použity 2 druhy tlakových snímačů. Jedním snímačem byl *GREISINGER MSD 10 BRE* (obr. 8.12) pro měření relativního tlaku v rozsahu od 0,00 do 10,00 bar rel. Tento snímač byl použit pro všechna měření na okruhu 1 a okruhu 3, na okruhu 2 byl použit pro snímání tlaku pouze na výtlačném potrubí. Druhým snímačem byl *GREISINGER MSD -1/3 BRE* (obr. 8.13) pro měření relativního tlaku v rozsahu od $-1000,00$ do $+3000,00$ mbar rel. Tento snímač byl použit pouze na okruhu 2 pro snímání tlaku na sacím potrubí. Přesnost obou senzorů je $\pm 0,2 \%$ FS v případě hystereze a linearity a $\pm 0,02 \%$ FS/K (TK pro nulový bod a strmost) [20].



Obr. 8.12 – Tlakový snímač MSD 10 BRE

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.13 – Tlakový snímač MSD -1/3 BRE

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Příkon čerpadla byl měřen třífázovým wattmetrem *Lutron Power Analyzer DW-6092* (obr. 8.14). Přesnost přístroje je dána měřeným parametrem (AC proud, AC napětí, zdánlivý výkon, jalový výkon apod.) [30]. Příslušenstvím přístroje jsou klešťové sondy a měřicí šňůry (obr. 8.15).



Obr. 8.14 – Wattmetr

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.15 – Zapojené klešťové sondy
a měřicí šňůry

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

8.2 Vlastní měření

Měření bylo v rámci dané diplomové práce zaměřeno na 3 okruhy recirkulace:

- okruh 1: Tobogán – atrakce,
- okruh 2: Recirkulační úpravna vody tobogánu a troj skluzavky,
- okruh 3: Divoký kanál – atrakce.

Na těchto okruzích byly měřeny následující parametry: průtok Q , rychlost v , příkon čerpadla P , tlakové ztráty v potrubí.

8.2.1 Okruh 1: Tobogán – atrakce

Z obr. 8.16 je patrný pohled na soustavu potrubí – čerpadlo troj skluzavky, tj. čerpadlo v popředí, a na soustavu potrubí – 2 čerpadla tobogánu, tj. 2 čerpadla v pozadí. V řešeném okruhu tobogán jsou nainstalována 2 vertikální monobloková čerpadla BADU ® Block 125/250 výrobce SPECK Pumpen zapojená paralelně (obr. 8.17). Tlaková čidla byla osazena na sací a výtlačné potrubí, na výtlačné potrubí byl osazen pár magnetických snímačů a byly měřeny již zmiňované požadující parametry v několika místech a za několika stavů.



Obr. 8.16 – Pohled na soustavu skluzavky a tobogánu [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.17 – Označení soustavy tobogánu [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Čerpadlo 1 – sání S1, výtlačk V1

První měření na atrakci tobogán bylo provedeno za chodu čerpadla 1, označení Č 1 (obr. 8.17), tobogánu, tedy stav Č 1 zapnuto, Č 2 vypnuto.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno TČ1S1 (obr. 8.18) a bylo umístěno 51 cm nad podlahou. Čidlo na výtlačném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno TČ1V1 (obr. 8.19) a bylo umístěno 155 cm nad podlahou. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném TPV0 (obr. 8.20). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v následujících polohách:

- **poloha -** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 90° (obr. 8.21)
 - čerpadlo je vypnuto, tlaková čidla na sání a výtlačku jsou otevřena,
 - výtlačk je otevřen,
- **poloha 0** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 90° (obr. 8.21)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlačku jsou otevřena,
 - výtlačk je otevřen, průtok vody je 100 %,
- **poloha 1** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 60° (obr. 8.22)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlačku jsou otevřena,
 - výtlačk se uzavírá posunem páky, průtok vody je $\approx 97,5$ %,
- **poloha 2** – páka uzavírací klapky a je pod úhlem 30° (obr. 8.23)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlačku jsou otevřena,

- výtlak se uzavírá posunem páky, průtok vody je $\approx 63\%$,
- **poloha 3** – páka uzavírací klapky a je pod úhlem 0° (obr. 8.24)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlaku jsou otevřena,
 - výtlak se uzavřel posunem páky, průtok vody je $\approx 10\%$.

Poznámka

Průtok vody v jednotlivých polohách je stanoven dle měřených hodnot na dané atrakci.



Obr. 8.18 – Tlakové čidlo na sání TČ1S1

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.19 – Tlakové čidlo na výtlaku TČ1V1

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.20 – Místo měření TPV0 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.21 – Poloha - (90°)/Poloha 0 (90°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.22 – Poloha 1 (60°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.23 – Poloha 2 (30°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.24 – Poloha 3 (0°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.1 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{\text{g, TČ1S1}}$	$H_{\text{g, TČ1V1}}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
-	0,00	0,87	10,10	0,00	0,00
0	234,46	0,18	11,40	1,95	4,41
1	232,99	0,18	11,30	1,94	4,35
2	146,02	0,52	10,50	1,21	3,44
3	15,95	0,84	10,70	0,13	1,17

Tab. 8.1 – Čerpadlo 1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{\text{g, TČ1S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{\text{g, TČ1V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném hrdle čerpadla (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Čerpadlo 2 – sání S2, výtlač V2

Druhé měření bylo provedeno za chodu čerpadla 2, označení Č 2 (obr. 8.17), tobogánu, tedy stav Č 1 vypnuto, Č 2 zapnuto.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno TČ2S2 (obr. 8.25) a bylo umístěno 51 cm nad podlahou. Čidlo na výtlačném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno TČ2V2 (obr. 8.26) a bylo umístěno 155 cm nad podlahou. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném TPV (obr. 8.27 a obr. 8.28). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v polohách, které se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo 1 – sání S1, výtlač V1.

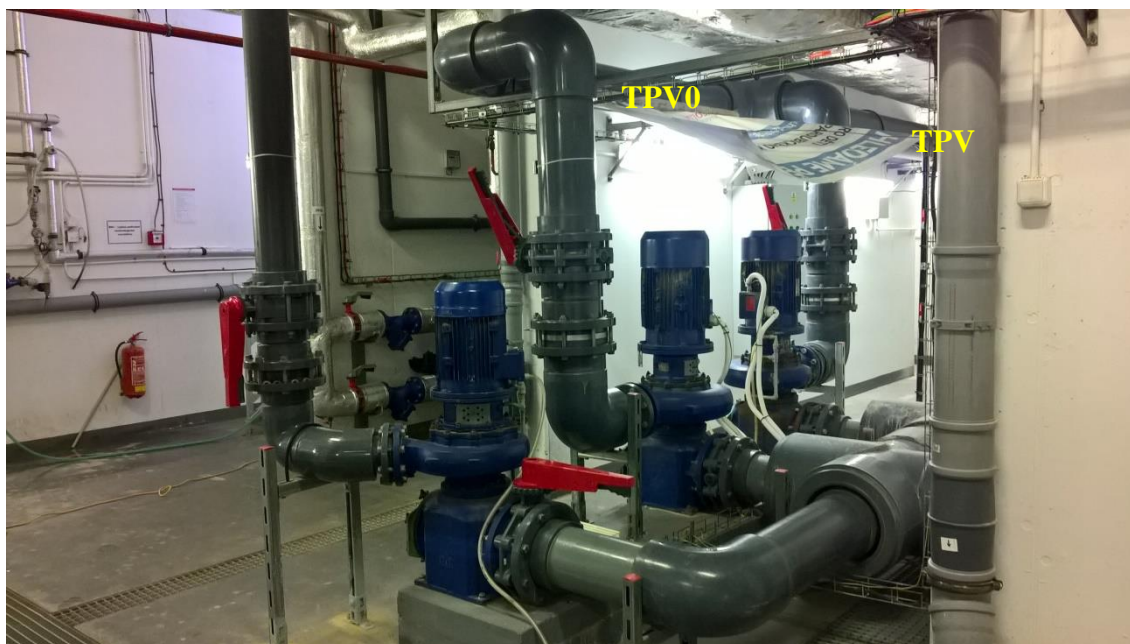
Při tomto měření nebylo provedeno měření příkonu čerpadla z důvodu nepřístupnosti do svorkovnice daného čerpadla.



Obr. 8.25 – Tlakové čidlo na sání TČ2S2
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.26 – Tlakové čidlo na výtlaku TČ2V2
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.27 – Označení míst měření [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.28 – Místo měření TPV [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.2 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{TČ2S2}}$	$H_{g, \text{TČ2V2}}$	v
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]
-	0,00	1,12	1,40	0,00
0	183,53	0,20	11,10	0,74
1	179,91	0,25	10,90	0,72
2	109,18	0,55	10,20	0,43
3	9,35	0,92	10,40	0,04

Tab. 8.2 – Čerpadlo 2 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

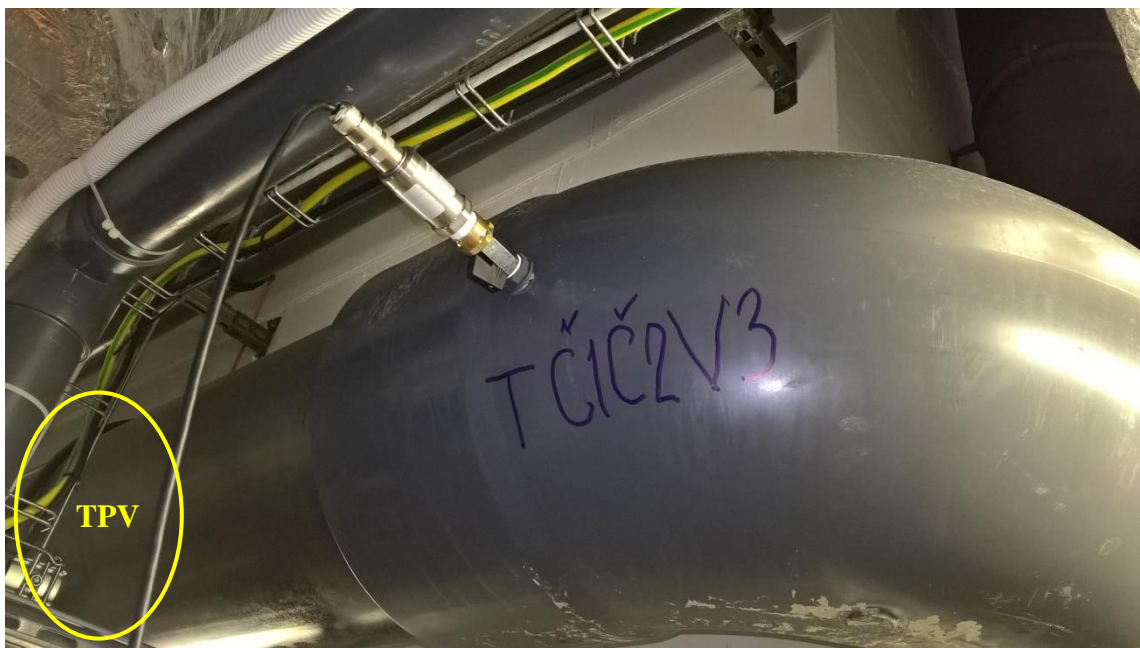
$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{TČ2S2}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{TČ2V2}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném hrdle čerpadla (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí

Čerpadlo 2 – výtlač V2, výtlač V3

Třetí měření bylo provedeno za chodu čerpadla 2, označení Č 2 (obr. 8.17), tobogánu, tedy stav Č 1 vypnuto, Č 2 zapnuto.

Čidlo na výtlačném hrdle čerpadla 2 bylo označeno TČ2V2 (obr. 8.26) a bylo umístěno 155 cm nad podlahou. Čidlo na výtlačném potrubí v koleni bylo označeno TČ1Č2V3 (obr. 8.29) a bylo umístěno 221 cm nad podlahou. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném TPV (obr. 8.27 a obr. 8.28). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v polohách, které se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo 1 – sání S1, výtlač V1.

Při tomto měření již bylo umožněno měřit příkon čerpadla.



Obr. 8.29 – Tlakové čidlo na výtlaču TČ1Č2V3 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.3 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{\text{g, TČ2V2}}$	$H_{\text{g, TČ1Č2V3}}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
-	0,00	6,33	7,00	0,00	0,00
0	167,49	10,48	11,20	0,67	10,66
1	209,33	10,44	10,80	0,83	10,61
2	94,77	10,20	10,20	0,38	9,29
3	13,40	10,00	10,50	0,05	6,40

Tab. 8.3 – Čerpadlo 2 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{\text{g, TČ2V2}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{\text{g, TČ1Č2V3}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Poznámka

Na obr. 8.29 je pro orientaci kolene vyznačeno místo měření TPV.

Čerpadlo 1 – výtlač V4

Čtvrté měření bylo provedeno za chodu čerpadla 1, označení Č 1 (obr. 8.17), tobogánu, tedy stav Č 1 zapnuto, Č 2 vypnuto.

Za čidlem na výtlačném potrubí v kolenu TČ1Č2V3 vede potrubí směrem vzhůru v délce 12,1 m, viz obr. 8.30. Poté je potrubí vedeno mimo strojovnu (obr. 8.31). Měření bylo provedeno na výtlačném potrubí, které je vedeno mimo strojovnu, těsně před vypouštěním cirkulované vody do dráhy tobogánu, což je patrné z obr. 8.32 a obr. 8.33.

Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu bylo označeno TČ1Č2V4 (obr. 8.34). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném TPV1 (obr. 8.33). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v poloze 0, která se shoduje s polohou uvedenou v odstavci Čerpadlo 1 – sání S1, výtlač V1.



Obr. 8.30 – Označení čidla TČ1Č2V3
pro orientaci

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



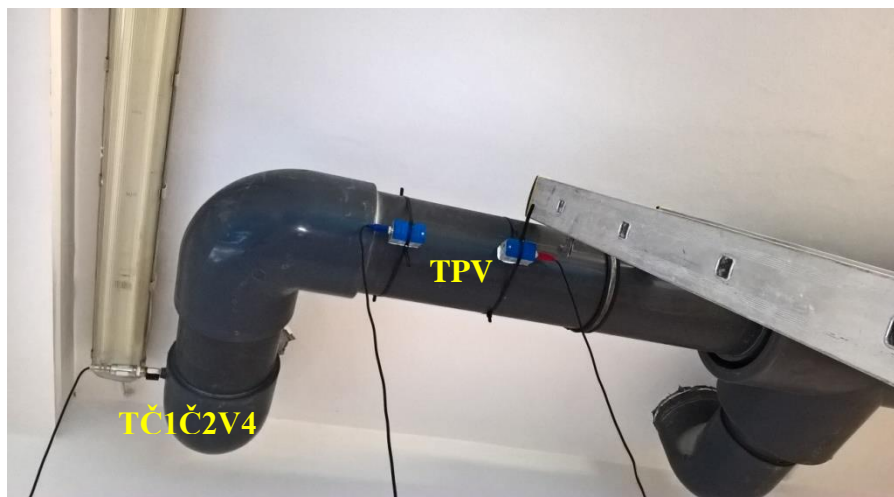
Obr. 8.31 – Výtlačné potrubí tobogánu
mimo strojovnu 1

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.32 – Výtlačné potrubí tobogánu mimo strojovnu 2

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.33 – Místo měření TPVI [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.34 – Tlakové čidlo na výtlačku TC1Č2V4 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z Tab. 8.4 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$ [m ³ /hod]	$H_{g, \text{TC1Č2V4}}$ [m v. sl.]	v [m/s]
0	196,68	1,13	1,64

Tab. 8.4 – Čerpadlo 1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{TC1Č2V4}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu, v – rychlost vody ve výtlačném potrubí

Čerpadlo 1 i 2 – sání S2, výtlak V2

Páté měření bylo provedeno za chodu čerpadla 1, označení Č 1 (obr. 8.17), i čerpadla 2, označení Č 2 (obr. 8.17), tobogánu, tedy stav Č 1 zapnuto, Č 2 zapnuto.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno TČ2S2 (obr. 8.25) a bylo umístěno 51 cm nad podlahou. Čidlo na výtlacném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno TČ2V2 (obr. 8.26) a bylo umístěno 155 cm nad podlahou. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném TPV (obr. 8.27 a obr. 8.28). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny na obou čerpadlech při stejných polohách (obr. 8.35). Polohy se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo 1 – sání S1, výtlak V1.



Obr. 8.35 – Stejně polohy na obou čerpadlech [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.5 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{\text{g, TČ2S2}}$	$H_{\text{g, TČ2V2}}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
0	435,44	11,51	12,10	1,73	10,40
1	414,53	11,39	11,90	1,65	10,31
2	269,28	10,59	10,60	1,08	9,08
3	27,12	10,02	10,50	0,11	6,24

Tab. 8.5 – Čerpadlo 1 i 2 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{\text{g, TČ2S2}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{\text{g, TČ2V2}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném hrdle čerpadla (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Poznámka

Příkon čerpadla byl měřen na čerpadle 2.

Ověření příkonu čerpadla 1

V okruhu jsou instalována 2 vertikální monobloková čerpadla BADU ® Block 125/250 výrobce SPECK Pumpen. Vzhledem k rozdílným hodnotám příkonu čerpadel, které byly změřeny, bylo provedeno ověření příkonu čerpadla 1.

Šesté měření bylo provedeno za chodu čerpadla 1, označení Č 1 (obr. 8.17), tobogánu, tedy stav Č 1 zapnuto, Č 2 vypnuto.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno TČ2S2 (obr. 8.25) a bylo umístěno 51 cm nad podlahou. Čidlo na výtlačném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno TČ2V2 (obr. 8.26) a bylo umístěno 155 cm nad podlahou. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném TPV (obr. 8.27 a obr. 8.28). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v poloze 0, která se shoduje s polohou uvedenou v odstavci Čerpadlo 1 – sání S1, výtlač V1.

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.6 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{\text{g, TČ2S2}}$	$H_{\text{g, TČ2V2}}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
0	242,65	10,46	11,10	0,96	4,46

Tab. 8.6 – Čerpadlo 1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{\text{g, TČ2S2}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{\text{g, TČ2V2}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném hrdle čerpadla (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

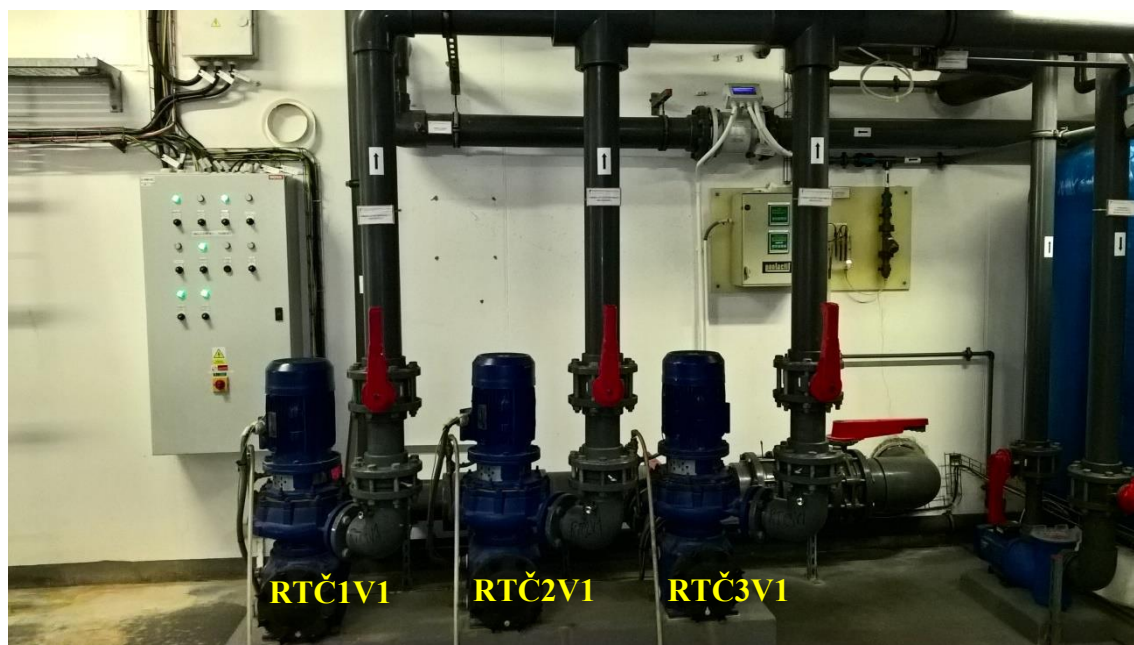
Z výsledných hodnot je patrné, že měření bylo provedeno správně, neboť bylo koncipováno tak, aby bylo v maximální míře porovnatelné s předchozími měřeními a hodnoty byly vypovídající. Bylo prováděno vždy stejnou měřicí aparaturou. Naměřené hodnoty se s ověřovanými hodnotami příliš neliší.

8.2.2 Okruh 2: Recirkulační úpravná vody tobogánu a troj skluzavky

Z obr. 8.36 je patrný pohled na soustavu recirkulační úpravný. V okruhu jsou nainstalována 3 (v počtu 2+1 rezervní) oběhová vertikální čerpadla BADU ® Block 65/250 výrobce SPECK Pumpen zapojená paralelně (obr. 8.37 a obr. 8.38). Součástí recirkulační úpravný vody jsou 2 pískové filtry typu HP253012075 tehdejšího výrobce MMC (nový název výrobce DAQUA) s DN 1200 paralelně uspořádané. Tlaková čidla byla osazena na sací a výtlačné potrubí, na výtlačné potrubí byl osazen pár magnetických snímačů a byly měřeny již zmiňované požadující parametry v několika místech a za několika stavů.



Obr. 8.36 – Pohled na soustavu recirkulační úpravný [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.37 – Označení soustavy úpravny 1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.38 – Označení soustavy úpravny 2 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Čerpadlo 3 – sání S1, výtlač V1

- Sání S1 otevřeno, postupné uzavírání výtlaču V1

První měření na okruhu bylo provedeno za chodu čerpadla 3, označení Č 3 (obr. 8.37), tedy stav Č 3 zapnuto, Č 1 a Č 2 vypnuto.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno RTČ1S1 (obr. 8.38). Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno RTČ1V1 (obr. 8.37). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v následujících polohách klapky na výtlačném potrubí:

- **poloha -** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 90° (obr. 8.40)
 - čerpadlo je vypnuto, tlaková čidla na sání a výtlaču jsou otevřena,
 - výtlač je otevřen,
- **poloha 0** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 90° (obr. 8.40)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlaču jsou otevřena,
 - výtlač je otevřen, průtok vody je 100 %,
- **poloha 1** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 60° (obr. 8.41)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlaču jsou otevřena,
 - výtlač se uzavírá posunem páky, průtok vody je $\approx 97,5 \%$,
- **poloha 2** – páka uzavírací klapky a je pod úhlem 30° (obr. 8.42)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlaču jsou otevřena,
 - výtlač se uzavírá posunem páky, průtok vody je $\approx 76 \%$,
- **poloha 3** – páka uzavírací klapky a je pod úhlem 0° (obr. 8.43)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlaču jsou otevřena,
 - výtlač se uzavřel posunem páky, průtok vody je 0 %.

Poznámka

Průtok vody v jednotlivých polohách je stanoven dle měřených hodnot na daném okruhu.



Obr. 8.39 – Místo měření RTV1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.40 – Poloha - (90°)/Poloha 0 (90°)
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.41 – Poloha 1 (60°)
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.42 – Poloha 2 (30°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.43 – Poloha 3 (0°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Množství upravené vody na vtoku do akumulární nádrže je měřeno indukčním průtokoměrem *Flomag 3000* s registrací (obr. 8.44), který je v kompaktním provedení s přírubovým snímačem. Jedná se o průtokoměr, který umožňuje oboustranné měření průtoku kapalin v uzavřeném potrubí.



Obr. 8.44 – Indukční průtokoměr [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.7 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{RTČ3S1}}$	$H_{g, \text{RTČ3V1}}$	v	P_{in}	Q_{upr}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]	[m ³ /hod]
-	0,00	0,48	0,30	0,00	0,00	0,00
0	48,11	0,17	9,80	1,04	4,10	57,53
1	47,92	0,22	10,40	1,04	4,06	57,53
2	32,08	0,39	14,00	0,70	3,54	57,53
3	0,00	0,54	16,50	0,00	2,05	57,53

Tab. 8.7 – Hodnoty pro RTČ3S1-RTČ3V1 (výtlak) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ3S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{RTČ3V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtláčném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtláčném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla, Q_{upr} – měřený průtok osazeným indukčním průtokoměrem

- Výtlak V1 zavřen, postupné uzavírání sání S1

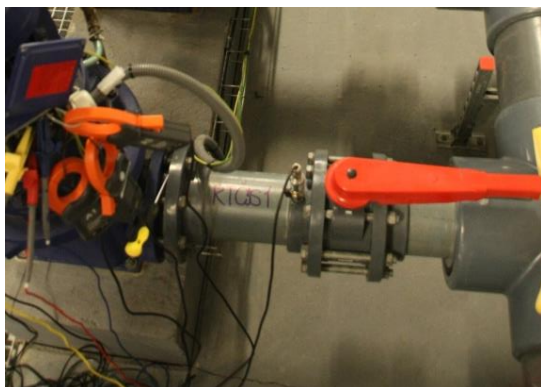
Druhé měření na okruhu bylo provedeno za chodu čerpadla 3, označení Č 3 (obr. 8.37), tedy stav Č 3 zapnuto, Č 1 a Č 2 vypnuto, a při zcela uzavřeném výtláčném potrubí, tj. poloha 3.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno RTČ1S1 (obr. 8.38). Čidlo na výtláčném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno RTČ1V1 (obr. 8.37). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v následujících polohách klapky na sacím potrubí:

- **poloha 0** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 90° (obr. 8.45)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlaku jsou otevřena,
 - sání je otevřeno,
- **poloha 1** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 45° (obr. 8.46)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlaku jsou otevřena,
 - sání se uzavírá posunem páky,
- **poloha 2** – páka uzavírací klapky a je pod úhlem 0° (obr. 8.47)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlaku jsou otevřena,
 - sání se uzavřelo posunem páky.

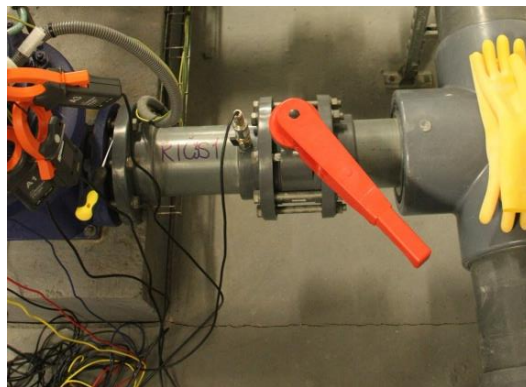
Poznámka

Průtok vody v jednotlivých polohách je stanoven dle měřených hodnot na daném okruhu.



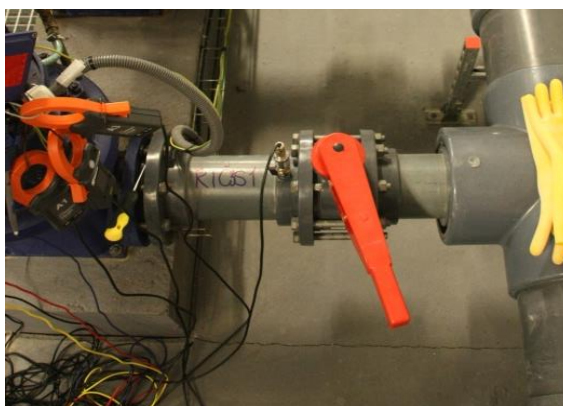
Obr. 8.45 – Poloha 0 (90°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.46 – Poloha 1 (45°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.47 – Poloha 2 (0°) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.8 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$ [m ³ /hod]	$H_{g, \text{RTČ3S1}}$ [m v. sl.]	$H_{g, \text{RTČ3V1}}$ [m v. sl.]	v [m/s]	P_{in} [kW]	Q_{upr} [m ³ /hod]
1	49,27	-2,39	8,80	1,07	4,01	51,09
2	3,36	-8,31	1,90	0,07	2,18	3,59

Tab. 8.8 – Hodnoty pro RTC3S1-RTČ3V1 (sání) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ3S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{RTČ3V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla, Q_{upr} – měřený průtok osazeným indukčním průtokoměrem

Čerpadlo 2 – sání S1, výtlak V1

- Sání S1 otevřeno, postupné uzavírání výtlaku V1

Třetí měření na okruhu bylo provedeno za chodu čerpadla 2, označení Č 2 (obr. 8.37), tedy stav Č 2 zapnuto, Č 1 a Č 3 vypnuto.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno RTČ2S1 (obr. 8.38). Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno RTČ2V1 (obr. 8.37). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v polohách, které se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo 3 – sání S1, výtlak V1 ☞ Sání S1 otevřeno, postupné uzavírání výtlaku V1.

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.9 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{RTČ2S1}}$	$H_{g, \text{RTČ2V1}}$	v	P_{in}	Q_{upr}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]	[m ³ /hod]
-	0,00	0,61	0,40	0,00	0,00	0,00
0	42,10	0,38	12,60	0,91	3,34	44,09
1	40,93	0,36	12,80	0,89	3,31	43,10
2	34,24	0,41	13,70	0,74	3,24	37,51
3	0,00	0,57	16,70	0,00	2,67	0,00

Tab. 8.9 – Hodnoty pro RTČ2S1-RTČ2V1 (výtlak) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ2S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{RTČ2V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla, Q_{upr} – měřený průtok osazeným indukčním průtokoměrem

- Výtlak V1 zavřen, postupné uzavírání sání S1

Čtvrté měření na okruhu bylo provedeno za chodu čerpadla 2, označení Č 2 (obr. 8.37), tedy stav Č 2 zapnuto, Č 1 a Č 3 vypnuto, a při zcela uzavřeném výtlačném potrubí, tj. poloha 3.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno RTČ2S1 (obr. 8.38). Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno RTČ2V1 (obr. 8.37). Pár

magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v polohách, které se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo 3 – sání S1, výtlak V1 ☞ Výtlak V1 zavřen, postupné uzavírání sání S1.

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.10 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{RTČ2S1}}$	$H_{g, \text{RTČ2V1}}$	v	P_{in}	Q_{upr}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]	[m ³ /hod]
1	41,25	-0,56	12,10	0,90	3,34	42,96
2	2,54	-8,15	1,80	0,06	2,68	0,00

Tab. 8.10 – Hodnoty pro RTČ2S1-RTČ2V1 (sání) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ2S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{RTČ2V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtláčném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtláčném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla, Q_{upr} – měřený průtok osazeným indukčním průtokoměrem

Čerpadlo 1 – sání S1, výtlak V1

- Sání S1 otevřeno, postupné uzavírání výtlaku V1

Páté měření na okruhu bylo provedeno za chodu čerpadla 1, označení Č 1 (obr. 8.37), tedy stav Č 1 zapnuto, Č 2 a Č 3 vypnuto.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno RTČ1S1 (obr. 8.38). Čidlo na výtláčném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno RTČ1V1 (obr. 8.37). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v polohách, které se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo 3 – sání S1, výtlak V1 ☞ Sání S1 otevřeno, postupné uzavírání výtlaku V1.

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.11 vytvořené v programu MS Excel.

PRAKTICKÁ ČÁST

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{RTČ1S1}}$	$H_{g, \text{RTČ1V1}}$	v	P_{in}	Q_{upr}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]	[m ³ /hod]
-	0,00	0,57	0,30	0,00	0,00	0,00
0	52,97	-1,22	9,20	1,15	4,09	53,48
1	50,68	-1,09	9,70	1,01	4,04	51,79
2	39,87	-0,53	12,50	0,87	3,67	40,95
3	0,00	0,57	17,00	0,00	2,05	0,00

Tab. 8.11 – Hodnoty pro RTČ1S1-RTČ1V1 (výtlak) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ1S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{RTČ1V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlacném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlacném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla, Q_{upr} – měřený průtok osazeným indukčním průtokoměrem

- Výtlak V1 zavřen, postupné uzavírání sání S1

Šesté měření na okruhu bylo provedeno za chodu čerpadla 1, označení Č 1 (obr. 8.37), tedy stav Č 1 zapnuto, Č 2 a Č 3 vypnuto, a při zcela uzavřeném výtlacném potrubí, tj. poloha 3.

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno RTČ1S1 (obr. 8.38). Čidlo na výtlacném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno RTČ1V1 (obr. 8.37). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v polohách, které se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo 3 – sání S1, výtlak V1 ⇨ Výtlak V1 zavřen, postupné uzavírání sání S1.

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.12 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{RTČ1S1}}$	$H_{g, \text{RTČ1V1}}$	v	P_{in}	Q_{upr}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]	[m ³ /hod]
1	49,09	-3,67	8,20	1,07	3,95	49,47
2	8,06	-9,12	2,00	0,18	2,32	7,74

Tab. 8.12 – Hodnoty pro RTČ1S1-RTČ1V1 (sání) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ1S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{RTČ1V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla, Q_{upr} – měřený průtok osazeným indukčním průtokoměrem

Čerpadlo 1 a 2 – sání S1, výtlak V1

Sedmé měření na okruhu bylo provedeno za chodu čerpadla 1, označení Č 1 (obr. 8.37), i čerpadla 2, označení Č 2 (obr. 8.37), tedy stav Č 1 a Č 2 zapnuto, Č 3 vypnuto.

1) Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno RTČ1S1 (obr. 8.38 a obr. 8.50). Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno RTČ1V1 (obr. 8.37). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v poloze 0, která se shoduje s polohou uvedenou v odstavci Čerpadlo 3 – sání S1, výtlak V1 ☞ Sání S1 otevřeno, postupné uzavírání výtlačku V1.

- Nejprve bylo provedeno měření, kdy bylo výtlačné potrubí čerpadla Č 1 plně otevřeno, tj. poloha 0, a zároveň výtlačné potrubí čerpadla Č 2 zavřeno, tj. poloha 3 (obr. 8.48).



Obr. 8.48 – Čerpadlo Č 1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

- Poté bylo provedeno měření, kdy bylo výtláčné potrubí čerpadla Č 1 plně otevřeno, tj. poloha 0, a zároveň výtláčné potrubí čerpadla Č 2 otevřeno, tj. poloha 0 (obr. 8.49).



Obr. 8.49 – Čerpadlo Č 1 i Č 2 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.13 vytvořené v programu MS Excel.

Čerpadlo	Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{RTČ1S1}}$	$H_{g, \text{RTČ1V1}}$	v	P_{in}
		[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
Č 1	0	54,98	-0,18	9,70	1,19	4,10
Č 1 i Č 2	0	68,96	-0,03	12,90	1,50	3,69

Tab. 8.13 – Hodnoty pro RTČ1S1-RTČ1V1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

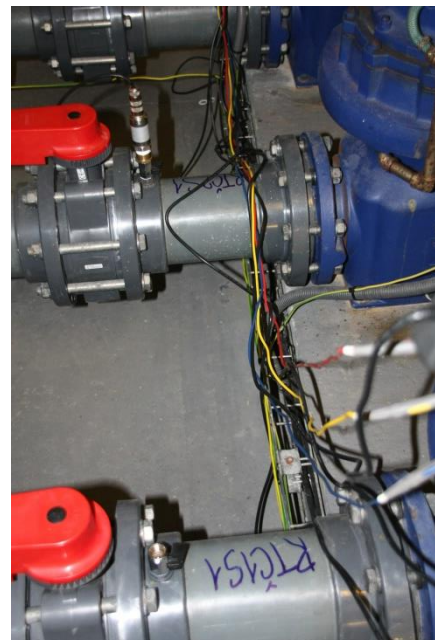
Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ1S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{RTČ1V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

- 2) Dále bylo čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, zaměněno za čidlo označené RTČ2S1 (obr. 8.38 a obr. 8.51). Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo zaměněno za čidlo označené RTČ2V1 (obr. 8.37). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v poloze 0, která se shoduje s polohou uvedenou v odstavci Čerpadlo 3 – sání S1, výtlak V1 ☞ Sání S1 otevřeno, postupné uzavírání výtlačku V1.



Obr. 8.50 – Čidla RTČ1S1-RTČ1V1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.51 – Čidla RTČ2S1-RTČ2V1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.14 vytvořené v programu MS Excel.

Čerpadlo	Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{RTČ2S1}}$	$H_{g, \text{RTČ2V1}}$	v	P_{in}
		[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
Č 1 i Č 2	0	68,88	0,28	12,80	1,50	3,69

Tab. 8.14 – Hodnoty pro RTČ2S1-RTČ2V1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ2S1}}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, \text{RTČ2V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

- 3) Následně bylo čidlo ze sacího potrubí osazeno na výtlačné potrubí v kolenu, označené RTČ2V1 (obr. 8.37). Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, označené RTČ1V1 (obr. 8.37), bylo ponecháno. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření označeném RTV1 (obr. 8.39). Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny na obou čerpadlech při stejných polohách (obr. 8.52 až obr. 8.55). Polohy se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo 3 – sání S1, výtlak V1 ☞ Výtlak V1 zavřen, postupné uzavírání sání S1.



Obr. 8.52 – Poloha 0 (90°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.53 – Poloha 1 (60°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.54 – Poloha 2 (30°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.55 – Poloha 3 (0°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.15 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, \text{RTČ1V1}}$	$H_{g, \text{RTČ2V1}}$	v
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]
0	68,84	14,82	12,80	1,50
1	59,78	14,98	14,00	1,30
2	13,02	16,54	16,30	0,28
3	0,00	17,00	16,75	0,00

Tab. 8.15 – Hodnoty pro RTČ1V1-RTČ2V1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, \text{RTČ1V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu, $H_{g, \text{RTČ2V1}}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu, v – rychlost vody ve výtlačném potrubí

8.2.3 Okruh 3: Divoký kanál – atrakce

Atrakce divokého kanálu je symetrická, jedná se o dva samostatné okruhy, viz kapitola 7.3.3 Rekreační bazén. Na základě symetričnosti je tento okruh zaměřen pouze na jedno čerpadlo.

V okruhu je nainstalováno vertikální monoblokové čerpadlo BADU ® Block 150/250 výrobce SPECK Pumpen (obr. 8.56). Tlaková čidla byla osazena na sací a výtlačné potrubí, na výtlačné potrubí byl osazen pár magnetických snímačů a byly měřeny již zmiňované požadující parametry v několika místech a za několika stavů.



Obr. 8.56 – Pohled na soustavu divokého kanálu [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Čerpadlo – sání S1, výtlač V1 (1. měření)

Čidlo na sacím potrubí, tj. dolní čidlo, bylo označeno 1DKS1 (obr. 8.58). Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno 1DKV1 (obr. 8.59). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření patrném z obr. 8.57. Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v následujících polohách:

- **poloha -** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 90° (obr. 8.60)
 - čerpadlo je vypnuto, tlaková čidla na sání a výtlačku jsou otevřena,
 - výtlač je otevřen,
- **poloha 0** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 90° (obr. 8.60)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlačku jsou otevřena,
 - výtlač je otevřen, průtok vody je 100 %,
- **poloha 1** – páka uzavírací klapky je pod úhlem 45° (obr. 8.61)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlačku jsou otevřena,
 - výtlač se uzavírá posunem páky, průtok vody je $\approx 70\%$,
- **poloha 2** – páka uzavírací klapky a je pod úhlem 0° (obr. 8.62)
 - čerpadlo je zapnuto, tlaková čidla na sání a výtlačku jsou otevřena,
 - výtlač se uzavřel posunem páky, průtok vody je $\approx 1,2\%$.

Poznámka

Průtok vody v jednotlivých polohách je stanoven dle měřených hodnot na dané atrakci.



Obr. 8.57 – Místo měření 1
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.58 – Tlakové čidlo na sání 1DKS1
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.59 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.60 – Poloha - (90°)/Poloha 0 (90°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.61 – Poloha 1 (45°)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.62 – Poloha 2 (0°) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.16 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, 1DKS1}$	$H_{g, 1DKV1}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
-	0,00	3,81	3,50	0,00	0,00
0	395,44	2,40	8,70	2,46	9,18
1	301,63	2,93	12,80	1,88	8,85
2	7,46	3,78	19,70	0,05	7,30

Tab. 8.16 – Hodnoty 1. měření [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, 1DKS1}$ – tlak vodního sloupce v sacím hrdle čerpadla (měřeno dolním čidlem), $H_{g, 1DKV1}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Čerpadlo – sání S2, výtlač V1 (2. měření)

Čidlo na sacím potrubí v kolenu, tj. horní čidlo, bylo označeno 1DKS2 (obr. 8.63, obr. 8.64 a obr. 8.65). Čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. dolní čidlo, bylo označeno 1DKV1 (obr. 8.59). Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření patrném z obr. 8.57. Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v polohách, které se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo – sání S1, výtlač V1 (1. měření).



Obr. 8.63 – Označení čidla 1DKS2
pro orientaci
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.64 – Sací potrubí
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.65 – Tlakové čidlo na sání 1DKS2 (detail) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.17 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$ [m ³ /hod]	$H_{g, 1DKS2}$ [m v. sl.]	$H_{g, 1DKV1}$ [m v. sl.]	v [m/s]	P_{in} [kW]
-	0,00	1,09	3,50	0,00	0,00
0	395,45	0,41	8,80	2,46	9,18
1	219,53	0,82	16,40	1,37	8,64
2	43,99	1,07	14,40	0,27	0,00

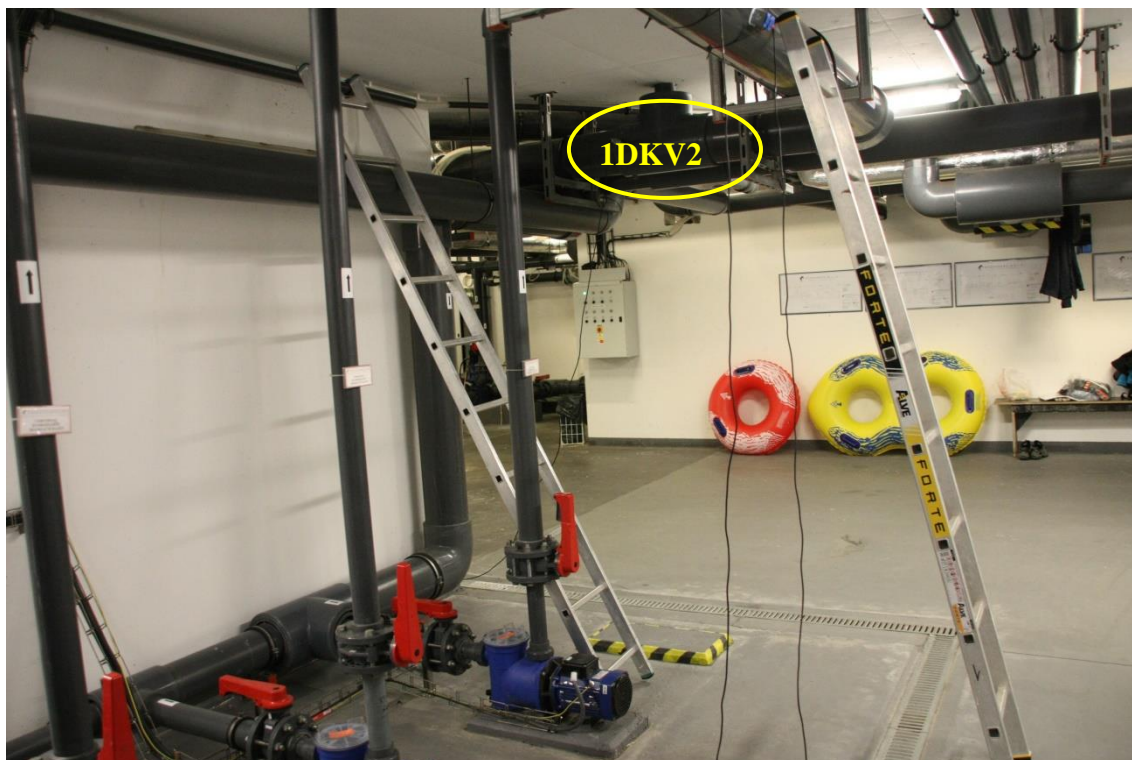
Tab. 8.17 – Hodnoty 2. měření [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, 1DKS2}$ – tlak vodního sloupce v sacím potrubí v kolenu (měřeno dolním čidlem), $H_{g, 1DKV1}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Čerpadlo – výtlač V1, výtlač V2 (3. měření)

První čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. dolní čidlo, bylo označeno 1DKV1 (obr. 8.59). Druhé čidlo na výtlačném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno 1DKV2 (obr. 8.65 a obr. 8.66) a bylo osazeno na T-kus za odbočku výtlačku V2, kterým je cirkulovaná voda atrakce čerpána zpět do bazénu. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření patrném z obr. 8.57. Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v polohách, které se shodují s polohami uvedenými v odstavci Čerpadlo – sání S1, výtlač V1 (1. měření).



Obr. 8.66 – Označení čidla 1DKV2 pro orientaci [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.67 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV2 (detail) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.18 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, 1DKV2}$	$H_{g, 1DKV1}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
-	0,00	1,91	3,50	0,00	0,00
0	397,40	6,76	8,70	2,47	9,17
1	284,86	4,48	13,50	1,77	8,76
2	0,00	1,90	17,10	0,00	7,22

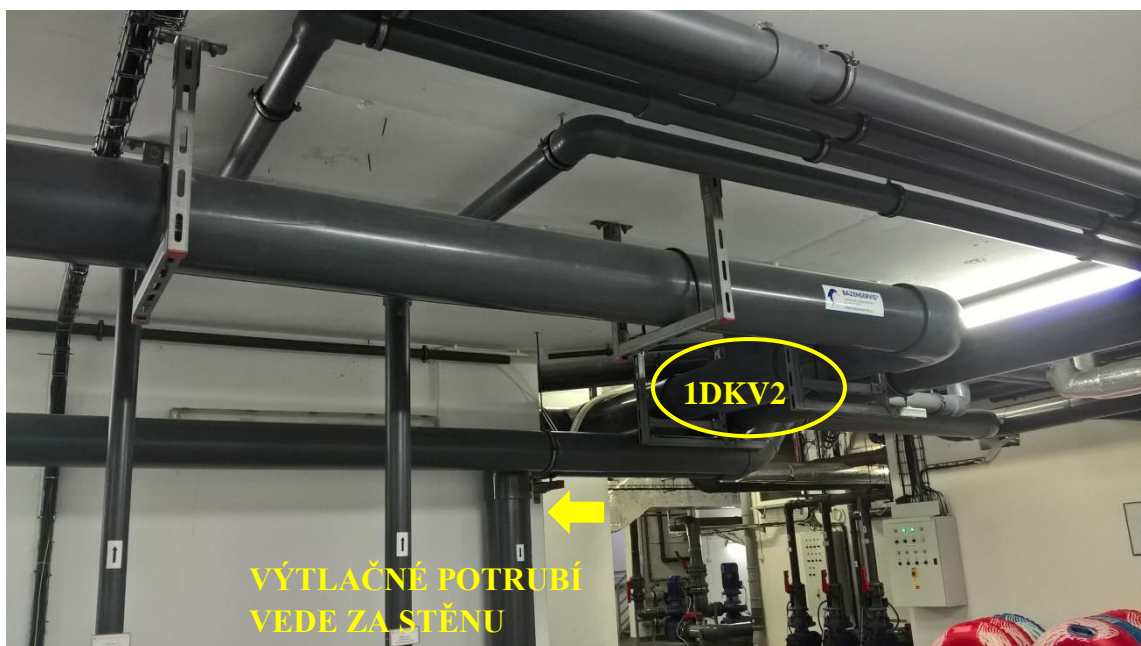
Tab. 8.18 – Hodnoty 3. měření [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, 1DKV2}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí na T-kusu (měřeno horním čidlem) $H_{g, 1DKV1}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno dolním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Čerpadlo – výtlač V1, výtlač V3 (4. měření)

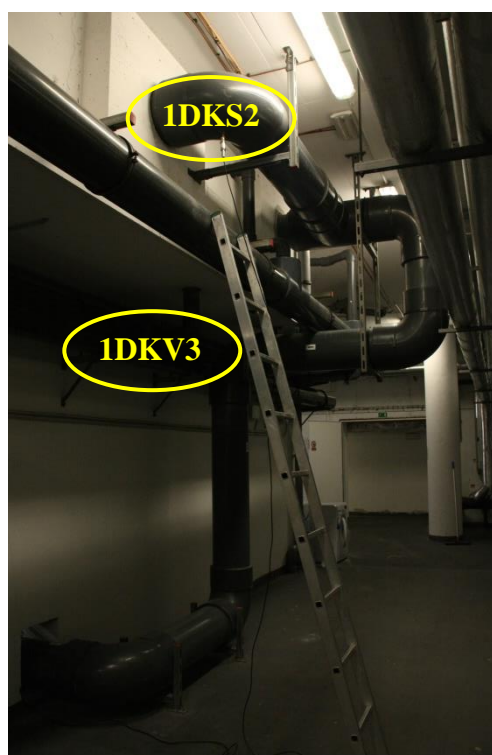
První čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. dolní čidlo, bylo označeno 1DKV1 (obr. 8.59). Druhé čidlo na výtlačném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno 1DKV3 (obr. 8.68 až obr. 8.72) a bylo osazeno v kolenu na odbočce výtlačku V3, kterým je cirkulovaná voda atrakce čerpána zpět do bazénu. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření patrném z obr. 8.57. Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v poloze 0, která se shoduje s polohou uvedenou v odstavci Čerpadlo – sání S1, výtlač V1 (1. měření).



Obr. 8.68 – Výtlačné potrubí [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.69 – Výtláčné potrubí [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.70 – Označení čidla 1DKV3
pro orientaci
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.71 – Tlakové čidlo 1DKV3
[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.72 – Tlakové čidlo na výtlačku 1DKV3 (detail) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.19 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, 1DKV3}$	$H_{g, 1DKV1}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
-	0,00	1,83	3,50	0,00	0,00
0	395,67	4,20	8,80	2,46	9,19

Tab. 8.19 – Hodnoty 4. měření [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, 1DKV3}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu na odbočce (měřeno horním čidlem), $H_{g, 1DKV1}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno dolním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Čerpadlo – výtlač V1, výtlač V4 (5. měření)

První čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. dolní čidlo, bylo označeno 1DKV1 (obr. 8.59). Druhé čidlo na výtlačném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno 1DKV4 (obr. 8.74) a bylo osazeno na T-kus za odbočku výtlačku V3, kterým je cirkulovaná voda atrakce čerpána zpět do bazénu. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření patrném z obr. 8.73. Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v poloze 0, která se shoduje s polohou uvedenou v odstavci Čerpadlo – sání S1, výtlač V1 (1. měření).



Obr. 8.73 – Místo měření 2 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.74 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV4 (detail) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.20 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, 1DKV4}$	$H_{g, 1DKV1}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
-	0,00	1,91	3,50	0,00	0,00
0	202,35	6,63	8,70	1,26	9,23

Tab. 8.20 – Hodnoty 5. měření [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, 1DKV4}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí na T-kusu (měřeno horním čidlem), $H_{g, 1DKV1}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno dolním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Čerpadlo – výtlak V1, výtlak V5 (6. měření)

První čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. dolní čidlo, bylo označeno 1DKV1 (obr. 8.59). Druhé čidlo na výtlačném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno 1DKV5 (obr. 77) a bylo osazeno v kolenu na odbočce výt laku V5, kterým je cirkulovaná voda atrakce čerpána zpět do bazénu. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření patrném z obr. 8.75 a 8.76. Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v poloze 0, která se shoduje s polohou uvedenou v odstavci Čerpadlo – sání S1, výtlak V1 (1. měření).



Obr. 8.75 – Místo měření 3 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.76 – Označení místa měření 3 pro orientaci [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.77 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV5 (detail) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.21 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, 1DKV5}$	$H_{g, 1DKV1}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
-	0,00	1,92	3,50	0,00	0,00
0	302,92	5,34	8,70	1,88	9,27

Tab. 8.21 – Hodnoty 6. měření [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, 1DKV5}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu na odbočce (měřeno horním čidlem), $H_{g, 1DKV1}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno dolním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

Čerpadlo – výtlač V1, výtlač V6 (7. měření)

První čidlo na výtlačném potrubí v kolenu, tj. dolní čidlo, bylo označeno 1DKV1 (obr. 8.59). Druhé čidlo na výtlačném potrubí, tj. horní čidlo, bylo označeno 1DKV6 (obr. 8.79 až obr. 8.81) a bylo osazeno v kolenu na výtlačku V6, kterým je cirkulovaná voda atrakce čerpána zpět do bazénu. Pár magnetických snímačů byl umístěn v místě měření patrném z obr. 8.78. Vnitřní odstup snímačů střední velikosti TM-1 byl ultrazvukovým průtokoměrem stanoven na základě zadaného průměru potrubí. Jednotlivé parametry byly měřeny v poloze 0, která se shoduje s polohou uvedenou v odstavci Čerpadlo – sání S1, výtlač V1 (1. měření).



Obr. 8.78 – Místo měření 4 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.79 – Označení čidla 1DKV6 pro orientaci 1 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.80 – Označení čidla 1DKV6 pro orientaci 2 [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Obr. 8.81 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV6 (detail) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Zjištěné hodnoty z individuálního měření jsou patrné z tab. 8.22 vytvořené v programu MS Excel.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$H_{g, 1DKV6}$	$H_{g, 1DKV1}$	v	P_{in}
	[m ³ /hod]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[m/s]	[kW]
-	0,00	1,92	3,50	0,00	0,00
0	101,80	6,14	8,70	1,64	9,13

Tab. 8.22 – Hodnoty 7. měření [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Legenda

$Q_{\text{měř}}$ – měřený průtok, $H_{g, 1DKV6}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno horním čidlem), $H_{g, 1DKV1}$ – tlak vodního sloupce ve výtlačném potrubí v kolenu (měřeno dolním čidlem), v – rychlost vody ve výtlačném potrubí, P_{in} – příkon čerpadla

9 Vyhodnocení měření a diskuze

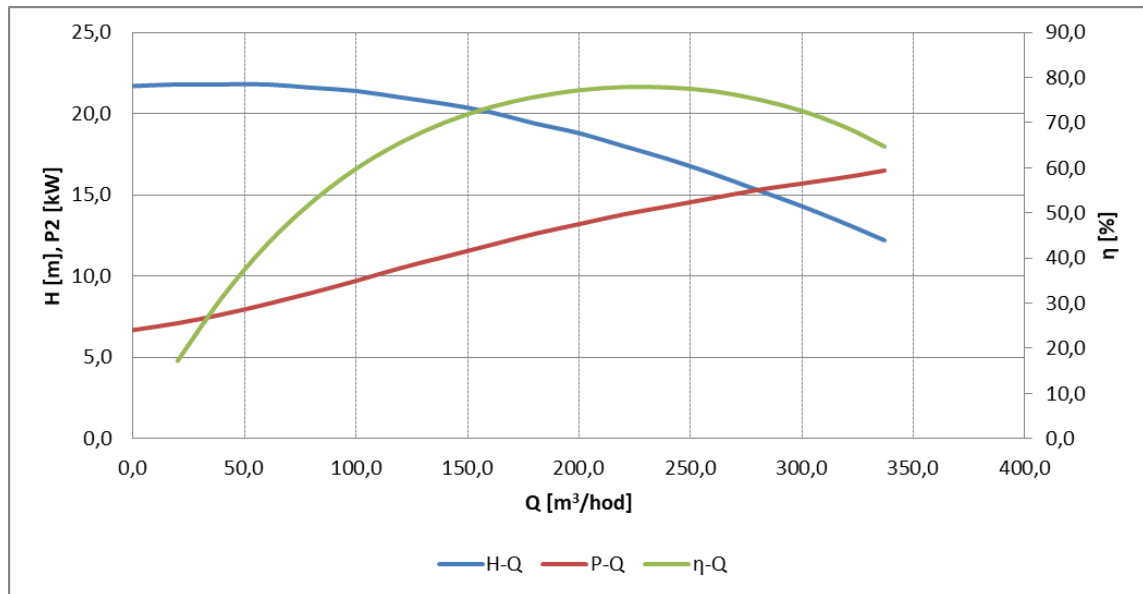
9.1 Okruh 1: Tobogán – atrakce

V okruhu jsou nainstalována 2 vertikální monobloková čerpadla BADU ® Block 125/250 výrobce SPECK Pumpen zapojená paralelně. V názvu čerpadla BADU ® Block 125/250 jsou uvedena dvě čísla – číslo 125 je jmenovitý průměr výtlačného hradla [mm] a číslo 250 je jmenovitý průměr oběžného kola [mm]. Výrobce nabízí pro každý typ čerpadla možnost volby jiného průměru oběžného kola. S tím souvisí i různé charakteristiky čerpadla. Dané čerpadlo je použito pro čerpaný průtok 254 m³/h, dopravní výšku 16 m a otáčky čerpadla 1450 1/min. Těmto parametrům odpovídá dle výrobce čerpadla průměr oběžného kola 252 mm.

Hodnoty charakteristik čerpadla byly získány prostřednictvím softwaru *Spaix(R) PumpSelector – BADU® Select V2.2.3, verze 2.5, © 2008* a jsou uvedeny v následující tab. 9.1, graficky potom na následujícím grafu graf 9.1.

i	H	Q	P2	η
	[m v. sl.]	[m ³ /hod]	[kW]	[%]
1	21,70	0	6,68	
2	21,80	20	7,10	17,2
3	21,80	40	7,64	31,3
4	21,80	60	8,27	42,9
5	21,60	80	8,96	52,2
6	21,40	100	9,71	59,8
7	21,00	120	10,50	65,6
8	20,60	140	11,20	70,1
9	20,10	160	11,90	73,4
10	19,40	180	12,60	75,7
11	18,80	200	13,20	77,2
12	18,00	220	13,80	77,9
13	17,20	240	14,30	77,8
14	16,30	260	14,80	77,0
15	15,30	280	15,30	75,2
16	14,30	300	15,70	72,6
17	13,20	320	16,10	68,9
18	12,20	337	16,50	64,7

Tab. 9.1 – Hodnoty charakteristik (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Graf 9.1 – Charakteristiky čerpadla (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

- 1) Z výsledků naměřených hodnot je patrné, že se snižující se dopravní výškou se také snižuje čerpané množství vody. Při vynesení závislosti čerpaného množství Q na dopravní výšce H do grafu je průběh křivky patrnější – křivka svým tvarem odpovídá H-Q charakteristice potrubí, nikoliv H-Q charakteristice čerpadla.
- 2) V případě páky uzavírací klapky na výtlaku v poloze 3, kdy je výtlak zcela uzavřen, docházelo k průtoku vody $\approx 10\%$. Při měření průtoku hodnoty v přístroji oscilují, přístroj hodnoty průměruje. Po nějaké chvíli se hodnoty ustalovaly, avšak neblížily se nulovým hodnotám. To může být způsobeno např. mírným pootočením klapky (vlivem provozu), neboť došlo i k naměření nejvyšší hodnoty průtoku vody ne při plně otevřeném výtlaku (poloha 0).
- 3) Při měření příkonu čerpadla, dosahovaly hodnoty v případě čerpadla Č 1 hodnot kolem 4 kW. U čerpadla Č 2 byly naměřeny hodnoty mnohem vyšší, pohybovaly se kolem 10 kW. Pro interpretaci výsledků bylo měření u čerpadla Č 1 zopakováno, hodnoty se nijak výrazně nelišily.
- 4) Nebylo provedeno měření příkonu před hlavním stykačem u rozvaděče. Příkon čerpadel byl měřen na samotné svorkovnici, tím byla do měření vnesena nejistota.
- 5) Jedním z cílů měření příkonu bylo sledování účinnosti elektrických motorů čerpadel, neboť je v současné době trendem snižování spotřeby elektrické energie. Motor odebírá energii ze sítě. V elektrickém motoru čerpadla vznikají ztráty (při přeměně

forem energie) a účinnost motoru na těchto ztrátách závisí. Účinnost je poměr mezi mechanickým výkonem na hřídeli a elektrickým příkonem.

- 6) Vzhledem k stejnému typu čerpadel lze předpokládat, že čerpadlo Č 1 nebylo při instalaci správně zapojeno.
- 7) Na základě tohoto zjištění nebylo možné s naměřenými hodnotami numericky pracovat.

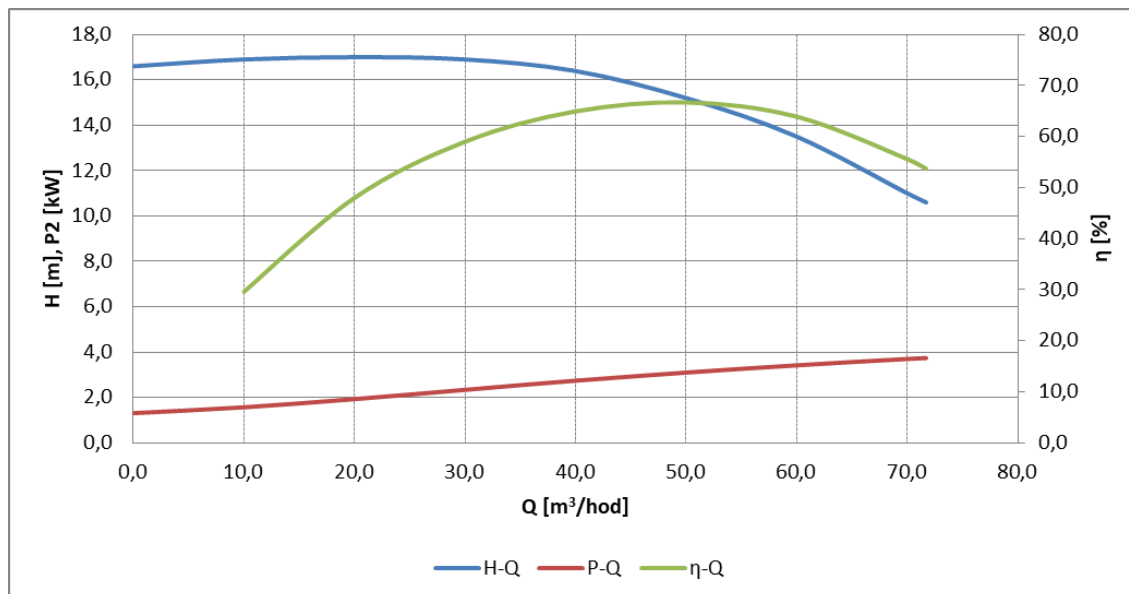
9.2 Okruh 2: Recirkulační úpravna vody tobogánu a troj skluzavky

V okruhu jsou nainstalována 3 (v počtu 2+1 rezervní) oběhová vertikální čerpadla BADU® Block 65/250 výrobce SPECK Pumpen zapojená paralelně. V názvu čerpadla BADU® Block 65/250 jsou uvedena dvě čísla – číslo 65 je jmenovitý průměr výtlačného hradla [mm] a číslo 250 je jmenovitý průměr oběžného kola [mm]. Výrobce nabízí pro každý typ čerpadla možnost volby jiného průměru oběžného kola. S tím souvisí i různé charakteristiky čerpadla. Dané čerpadlo je použito pro čerpaný průtok $40 \text{ m}^3/\text{h}$, dopravní výšku 16,5 m a otáčky čerpadla 1450 1/min. Těmito parametry odpovídá dle výrobce čerpadla průměr oběžného kola 220 mm.

Hodnoty charakteristik čerpadla byly získány prostřednictvím softwaru *Spaix(R) PumpSelector – BADU® Select V2.2.3, verze 2.5, © 2008* a jsou uvedeny v následující tab. 9.2, graficky potom na následujícím grafu graf 9.2.

i	H	Q	P2	η
	[m v. sl.]	[m ³ /hod]	[kW]	[%]
1	16,60	0	1,31	
2	16,90	10	1,57	29,6
3	17,00	20	1,93	48,0
4	16,90	30	2,34	59,0
5	16,40	40	2,74	64,9
6	15,20	50	3,10	66,7
7	13,50	60	3,42	63,9
8	11,00	70	3,70	55,6
9	10,60	72	3,74	53,7

Tab. 9.2 – Hodnoty charakteristik (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

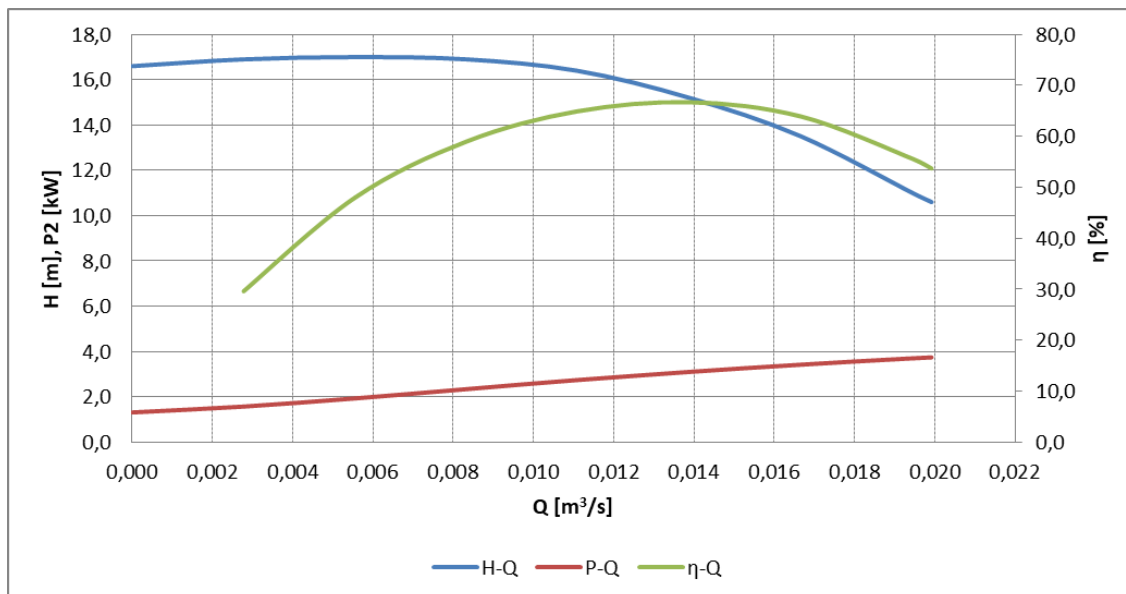


Graf 9.2 – Charakteristiky čerpadla (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Pro přehlednost byly hodnoty průtoku Q [m^3/hod] v tab. 9.3 převedeny na Q [m^3/s] a následně graficky zobrazeny v grafu graf 9.3.

i	H	Q	P2	η
	[m v. sl.]	[m^3/s]	[kW]	[%]
1	16,60	0,000	1,31	
2	16,90	0,003	1,57	29,6
3	17,00	0,006	1,93	48,0
4	16,90	0,008	2,34	59,0
5	16,40	0,011	2,74	64,9
6	15,20	0,014	3,10	66,7
7	13,50	0,017	3,42	63,9
8	11,00	0,019	3,70	55,6
9	10,60	0,020	3,74	53,7

Tab. 9.3 – Hodnoty charakteristik (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Graf 9.3 – Charakteristiky čerpadla (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Graficky (graf 9.4) byly znázorněny pouze H-Q charakteristiky jednotlivých čerpadel, jejichž hodnoty jsou uvedeny v tab. 9.4 až tab. 9.6.

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$Q_{\text{měř}}$	H_g	H
	[m ³ /hod]	[m ³ /s]		
-	0,00	0,000	0,27	0,27
0	52,97	0,015	10,42	10,60
1	50,68	0,014	10,79	10,97
2	39,87	0,011	13,03	13,21
3	0,00	0,000	16,43	16,61

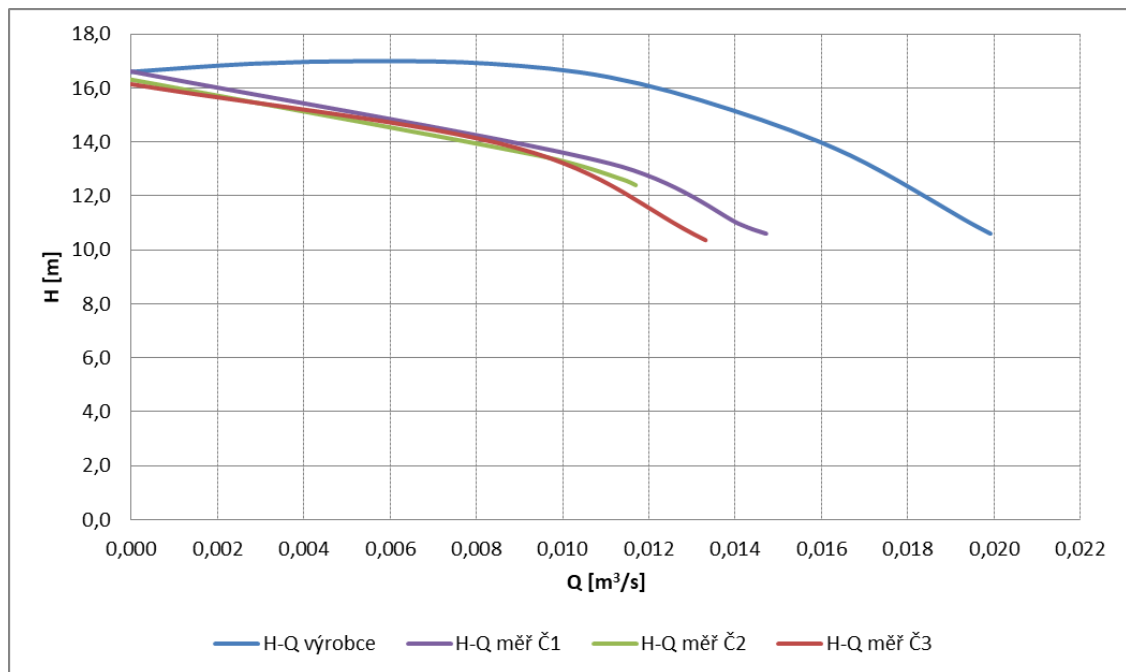
Tab. 9.4 – Hodnoty H-Q charakteristiky Č 1 (změřeno) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$Q_{\text{měř}}$	H_g	H
	[m ³ /hod]	[m ³ /s]		
-	0,00	0,000	0,21	0,21
0	42,10	0,012	12,22	12,40
1	40,93	0,011	12,44	12,62
2	34,24	0,010	13,29	13,47
3	0,00	0,000	16,13	16,31

Tab. 9.5 – Hodnoty H-Q charakteristiky Č 2 (změřeno) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$Q_{\text{měř}}$	H_g	H
	[m ³ /hod]	[m ³ /s]	[m v. sl.]	[m v. sl.]
-	0,00	0,000	0,18	0,18
0	48,11	0,013	9,63	9,81
1	47,92	0,013	10,18	10,36
2	32,08	0,009	13,61	13,79
3	0,00	0,000	15,96	16,14

Tab. 9.6 – Hodnoty H-Q charakteristiky Č 3 (změřeno) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Graf 9.4 – Srovnání charakteristik čerpadel [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

- 1) Nebylo provedeno měření příkonu před hlavním stykačem u rozvaděče. Příkon čerpadel byl měřen na samotné svorkovnici, tím byla do měření vnesena nejistota.
- 2) Při prvním měření na čerpadle Č 3 během postupného uzavírání výtlačného potrubí ukazoval osazený indukční průtokoměr *Flomag 3000* na vtoku do akumulární nádrže pro všechny polohy stále stejné množství upravené vody, tj. 57,53 m³/hod. Po nějaké chvíli, kdy bylo výtlačné potrubí uzavřeno, začal indukční průtokoměr ukazovat následující hodnoty průtoku: 54,81 m³/hod, 52,97 m³/hod a 39,06 m³/hod. Poté bylo uzavíráno i sací potrubí. Indukční průtokoměr ukazoval hodnotu 51,09 m³/hod při již z části uzavřeném sacím potrubí.
- 3) Po konzultaci s vedoucím diplomové práce byla práce numericky zaměřena na okruh 3: Divoký kanál – atrakce, neboť je v daném okruhu nainstalováno

nejvýkonnější čerpadlo BADU® Block 150/250 výrobce SPECK Pumpen. Proto je v tomto okruhu jen okrajově zmíněno pár poznatků.

9.3 Okruh 3: Divoký kanál – atrakce

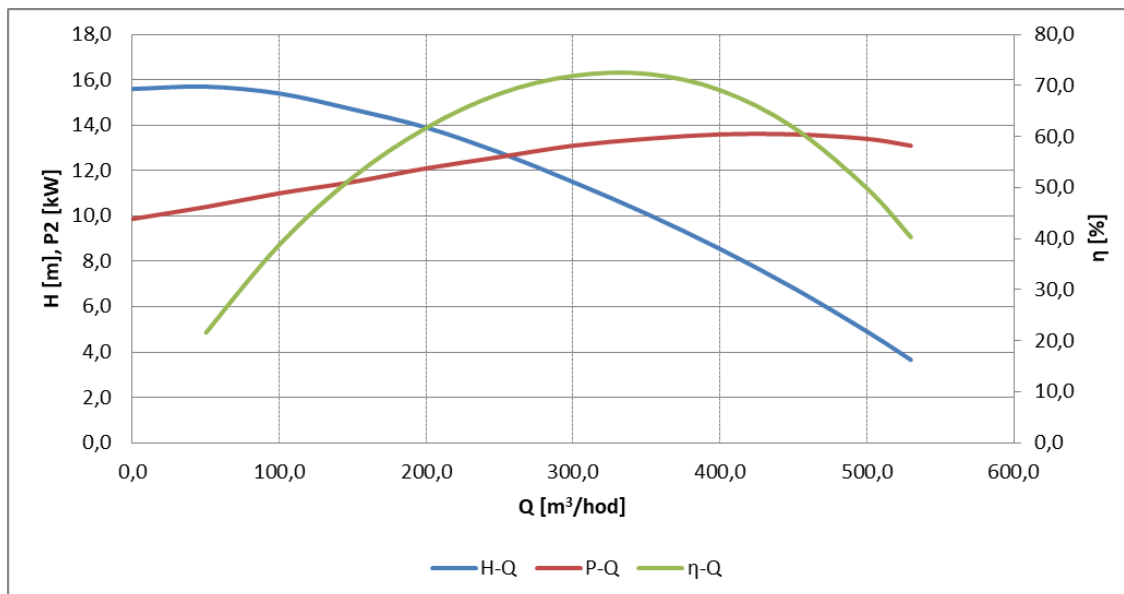
Atrakce divokého kanálu je symetrická, jedná se o dva samostatné okruhy, viz kapitola 7.3.3 Rekreační bazén. Na základě symetričnosti je tento okruh zaměřen pouze na jedno čerpadlo.

V okruhu je nainstalováno vertikální monoblokové čerpadlo BADU® Block 150/250 výrobce SPECK Pumpen. V názvu čerpadla BADU® Block 150/250 jsou uvedena dvě čísla – číslo 150 je jmenovitý průměr výtlačného hradla [mm] a číslo 250 je jmenovitý průměr oběžného kola [mm]. Výrobce nabízí pro každý typ čerpadla možnost volby jiného průměru oběžného kola. S tím souvisí i různé charakteristiky čerpadla. Dané čerpadlo je použito pro čerpaný průtok $370 \text{ m}^3/\text{h}$, dopravní výšku 10,0 m a otáčky čerpadla 1450 1/min. Těmto parametrům odpovídá dle výrobce čerpadla průměr oběžného kola 220 mm.

Hodnoty charakteristik čerpadla byly získány prostřednictvím softwaru *Spaix(R) PumpSelector – BADU® Select V2.2.3, verze 2.5, © 2008* a jsou uvedeny v následující tab. 9.7, graficky potom na následujícím grafu graf 9.5.

i	H	Q	P2	η
	[m v. sl.]	[m ³ /hod]	[kW]	[%]
1	15,60	0	9,87	
2	15,70	50	10,40	21,6
3	15,40	100	11,00	38,8
4	14,70	150	11,50	52,0
5	13,90	200	12,10	61,7
6	12,80	250	12,60	68,4
7	11,50	300	13,10	71,9
8	10,70	330	13,30	72,5
9	10,10	350	13,40	72,3
10	8,55	400	13,60	69,1
11	6,83	450	13,60	61,8
12	4,91	500	13,40	49,9
13	3,66	530	13,10	40,3

Tab. 9.7 – Hodnoty charakteristik (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



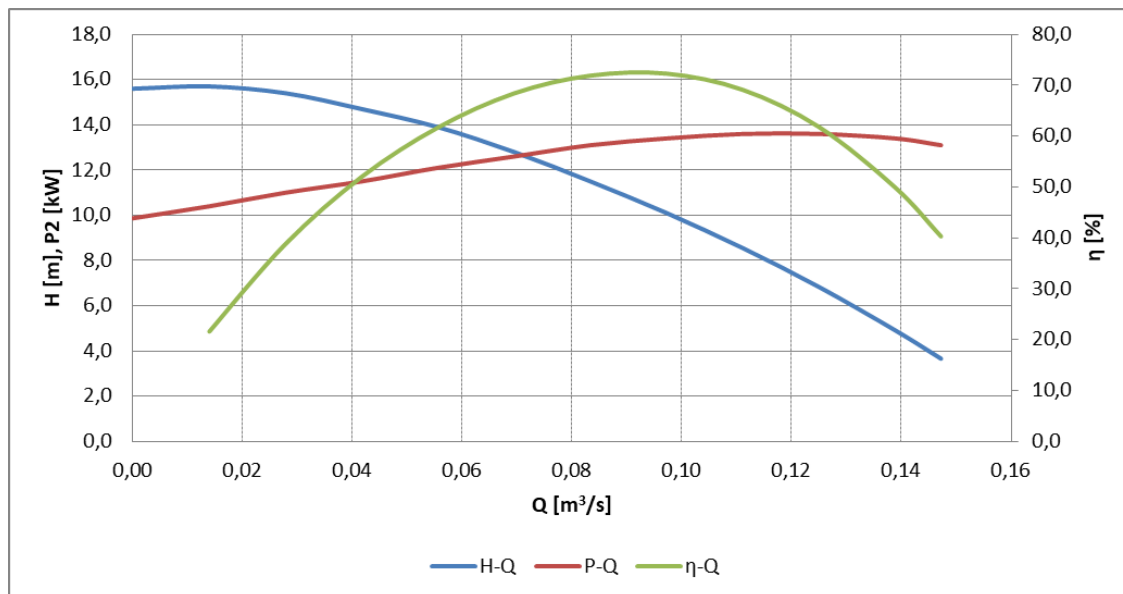
Graf 9.5 – Charakteristiky čerpadla (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Po konzultaci s vedoucím diplomové práce byla práce numericky zaměřena na tento okruh.

Pro přehlednost a potřeby výpočtu byly hodnoty průtoku Q [m³/hod] v tab. 9.8 převedeny na Q [m³/s] a následně graficky zobrazeny v grafu graf 9.6.

i	H	Q	P2	η
	[m v. sl.]	[m ³ /s]	[kW]	[%]
1	15,60	0,000	9,87	
2	15,70	0,014	10,40	21,6
3	15,40	0,028	11,00	38,8
4	14,70	0,042	11,50	52,0
5	13,90	0,056	12,10	61,7
6	12,80	0,069	12,60	68,4
7	11,50	0,083	13,10	71,9
8	10,70	0,092	13,30	72,5
9	10,10	0,097	13,40	72,3
10	8,55	0,111	13,60	69,1
11	6,83	0,125	13,60	61,8
12	4,91	0,139	13,40	49,9
13	3,66	0,147	13,10	40,3

Tab. 9.8 – Hodnoty charakteristik (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

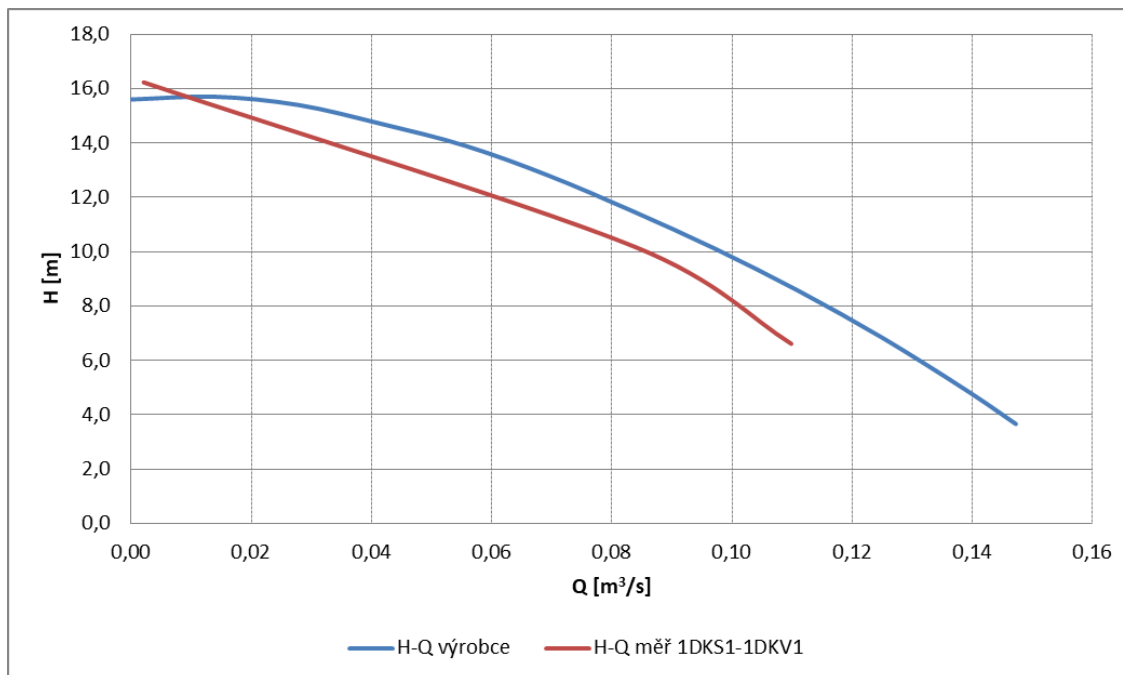


Graf 9.6 – Charakteristiky čerpadla (výrobce) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Naměřené hodnoty z tab. 8.16 v odstavci Čerpadlo – sání S1, výtlač V1 (1. měření) byly dále zpracovány a jsou uvedeny v následující tabulce tab. 9.9, graficky jsou potom H-Q charakteristiky čerpadla porovnány na následujícím grafu graf 9.7.

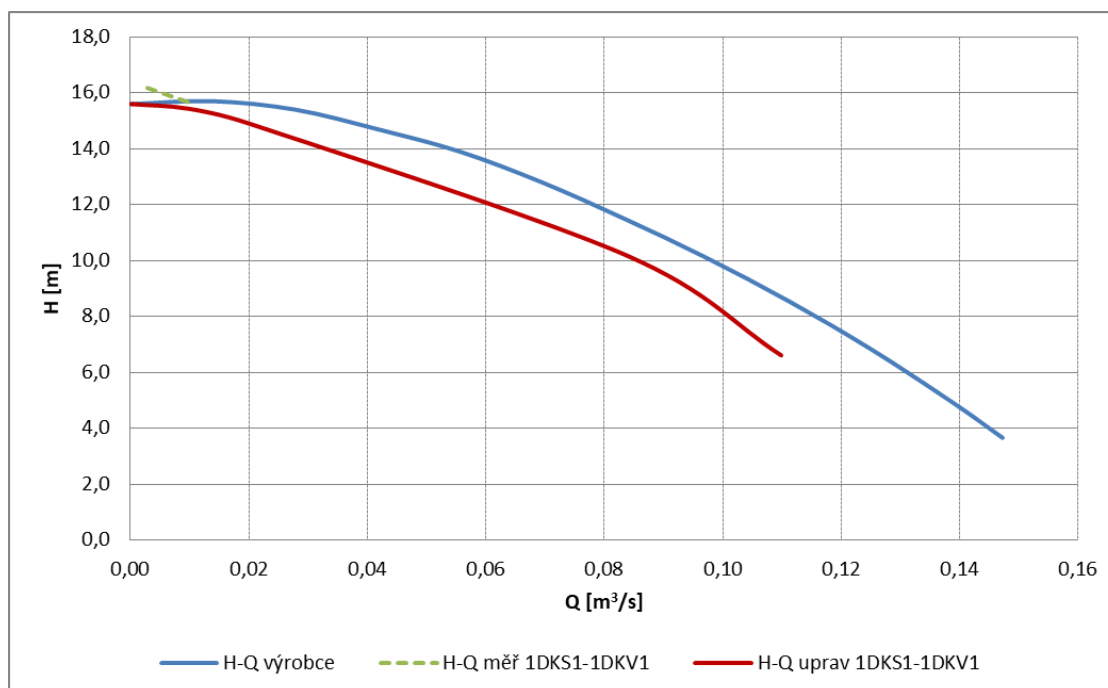
Poloha	$Q_{\text{měř}}$	$Q_{\text{měř}}$	H_g	H
	[m ³ /hod]	[m ³ /s]	[m v. sl.]	[m v. sl.]
-	0,00	0,000	0,31	0,31
0	395,44	0,110	6,30	6,61
1	301,63	0,084	9,87	10,18
2	7,46	0,002	15,92	16,23

Tab. 9.9 – Hodnoty H-Q charakteristiky (změřeno) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



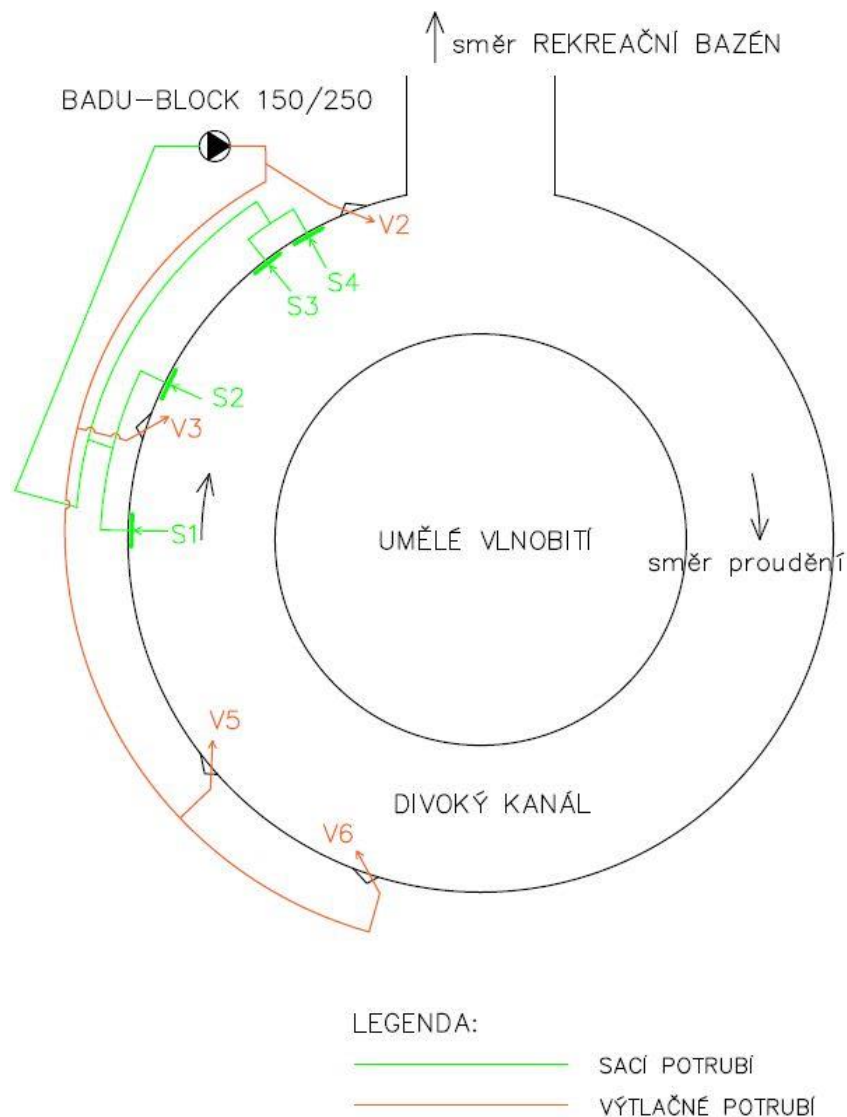
Graf 9.7 – Srovnání charakteristik čerpadla [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Z výsledků je patrné, že při uzavřeném výtlačném potrubí přesahují naměřené hodnoty (křivka) křivku stanovenou výrobcem, což není možné, tuto situaci lze přisoudit chybnému měření. Změřená H-Q charakteristika čerpadla byla proto upravena (graf 9.8).



Graf 9.8 – Úprava charakteristiky čerpadla [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Čerpadlo musí při daném průtoku překonat spád hladin, ale také vzniklé ztráty na sacím a výtlačném potrubí. Pro posouzení vhodnosti typu čerpadla pro daný čerpací systém je potřeba znát charakteristiky čerpadla i potrubí. Charakteristika čerpadla dodaná výrobcem a změřená je vynesena v grafu graf 9.8. Charakteristika potrubí vyjadřuje energii, kterou systém vyžaduje na překonání geodetického rozdílu hladin a všech ztrát. Pro stanovení pracovního bodu, což je bod, který určuje správnost návrhu celého hydraulického systému, je třeba vynést charakteristiku potrubí. Ta byla numericky řešena jako soustava potrubí různých délek a světlostí. Charakteristika potrubí daného hydraulického systému nebyla projektantem dodána, nemohla s ní být srovnána.



Obr. 9.1 – Označení divokého kanálu [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Schéma divokého kanálu je orientačního charakteru (obr. 9.1). Sací prvky jsou číslovány po směru proudění vody v divokém kanálu, označení není totožné s označením, které bylo použito v měření. Označení vtokových otvorů je totožné s označením, které bylo použito v měření.

Legislativa v České republice neukládá povinnost výrobcí dokládat pro sací či vtokové otvory technické listy. Nelze zjistit technické provedení zastavěného potrubí. To je důvodem stanovení délky některých úseků včetně prvků (tvarovky, technické parametry potrubí) kvalifikovaným odhadem.

Pro splnění rizika zachycení v důsledku sání musí být rychlost vody na jednotlivých odtocích (sací prvky) $\leq 0,5$ m/s a kromě toho musí být splněn alespoň jeden z bodů v normě uvedených. Vzhledem k tomu, že okruh cirkulace vody atrakce divoký kanál nedisponuje akumulací nádrží, byl vybrán požadavek na splnění vícenásobného sacího odtokového systému. Pro splnění požadavku je třeba, aby vzdálenost mezi nejbližšími body obvodu sacích prvků byla ≥ 2 m, proto je předpokládáno zdvojené sání. Hydraulický výpočet ztrátových výšek (VYP_1) byl zprvu proveden pouze v rámci měřeného úseku, v kterém bylo patrné technické provedení. Poté byl výpočet (VYP_2) proveden pro nejdelší trasu cirkulace vody na daném okruhu, tedy od sacího prvku S4 po vtokový prvek V6. Rychlost vody na vtokových místech pro vodní atrakce musí být $\leq 15,0$ m/s [37].

Zdvojené sání je uvažováno z toho důvodu, že vzdálenost mezi vnějšími okraji mříží sacích prvků S1 a S2 je 160 cm a vzdálenost mezi vnějšími okraji mříží sacích prvků S3 a S4 je 14 cm, proto jsou sací prvky S1 a S2 uvažovány jako jedno sání a to samé platí pro sací otvory S3 a S4. Vzdálenost mezi vnějšími okraji mříží sacích prvků S2 a S3 je 270 cm, čímž je splněn požadavek dle normy ČSN EN 13451-3+A3.

V tab. 9.10 uveden seznam prvků a jednotlivých úseků recirkulačního systému. Místní ztráty a hodnoty jejich součinitelů jsou uvedeny v tab. 9.11 pro (VYP_1) a v tab. 9.12 pro (VYP_2).

PRAKTICKÁ ČÁST

Sací potrubí								
Úsek	Potrubí				Tvarovka	Armatura	Poznámka	
	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]				
1 - 2	125	115,4	4,8	0,5	stěnová tryska			
	125	115,4	4,8		koleno 90°			
	250	235,4	7,3		T-kus		přípoj 125/250	
přípoj				0,5			125/250	
2 - 3	250	235,4	7,3	4,0			250/315	
3 - 4	315	291,0	12,0	0,8	koleno 90°			
	315	291,0	12,0				vč. spoje	
	315	291,0	12,0		T-kus		přípoj 250/315	
přípoj				4,1			2x125/250 a 250/315	
4 - 5	315	291,0	12,0	0,2	koleno 90°			
	315	291,0	12,0					
	315	291,0	12,0		koleno 90°			
	315	291,0	12,0					
	315	291,0	12,0		koleno 90°			
	315	291,0	12,0					
	315	291,0	12,0		0,8			
5 - 6	315	291,0	12,0	0,9	koleno 90°		redukce 315/280	
	280	266,2	6,9			klapka s přírubou		
Čerpadlo BADU-BLOCK 150/250								
Výtlačné potrubí								
Úsek	Potrubí				Tvarovka	Armatura	Poznámka	
	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]				
1 - 2	250	235,4	7,3	0,8	koleno 90°			
	250	235,4	7,3			klapka s přírubou		
	250	235,4	7,3					
	250	235,4	7,3		koleno 90°			
	250	235,4	7,3		4,0			
	250	235,4	7,3			koleno 90°		
	250	235,4	7,3		0,5			
odbočka V2				2,1			redukce 250/110 (odbočka V2) 250/110 a 110/75	
2 - 3	250	235,4	7,3	4,6				
	250	235,4	7,3		koleno 90°			
	250	235,4	7,3		T-kus		redukce 250/110 (odbočka V3)	
odbočka V3				2,9			250/110 a 110/75	
3 - 4	250	235,4	7,3	4,7				
	250	235,4	7,3		T-kus		redukce 250/110 (odbočka V5) a 250/160	
odbočka V5				3,3			250/110 a 110/75	
4 - 5	160	147,6	6,2	4,0	koleno 90°			
	160	147,6	6,2					
	160	147,6	6,2		koleno 90°			
	160	147,6	6,2		1,3			
	160	147,6	6,2			koleno 90°		redukce 160/110
5 - 6	110	101,6	4,2	1,0	2x koleno 90°			
	63	58,2	2,4			stěnová tryska		vtok V6

Poznámka

Úsek stanoven kvalifikovaným odhadem.

Tab. 9.10 – Výčet prvků a úseků recirkulačního systému [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

PRAKTICKÁ ČÁST

Místní ztráta	Počet		ξ	Poznámka
	Sací potrubí	Výtlačné potrubí	[-]	
T-kus	1	3	0,000	přímý směr
zúžení průřezu	1	-	0,063	redukce 315/280; dle Tullise
	-	1	0,264	redukce 250/160; dle Tullise
	-	1	0,234	redukce 160/110; dle Tullise
klapka	1	1	0,560	uzávěř otevřen na 100 %
koleno 90°	6	7	1,130	ostré koleno (podle Thomy, pro hladké potrubí a 90°)

Tab. 9.11 – Seznam místních ztrát (VYP_1) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Místní ztráta	Počet		ξ	Poznámka
	Sací potrubí	Výtlačné potrubí	[-]	
T-kus	2	3	0,000	přímý směr
zúžení průřezu	1	-	0,063	redukce 315/280; dle Tullise
	-	1	0,264	redukce 250/160; dle Tullise
	-	1	0,234	redukce 160/110; dle Tullise
rozšíření průřezu	1	-	0,355	250/315
klapka	1	1	0,560	uzávěř otevřen na 100 %
koleno 90°	7	8	1,130	ostré koleno (podle Thomy, pro hladké potrubí a 90°)
vtok	1	-	1,000	DN 125
odtok	-	1	1,500	DN 63

Tab. 9.12 – Seznam místních ztrát (VYP_2) [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Hodnota hustoty vody ρ a kinematické viskozity vody ν je pro danou teplotu uvažována při tlaku 10^5 Pa (tab. 9.13). Hydraulická drsnost potrubí byla stanovena pro PVC potrubí po delším provozu.

T =	28	°C
$\rho =$	996,23	kg/m ³
$\nu =$	8,41E-07	m ² /s
g =	9,81	m/s ²
$\Delta =$	0,0013	mm

Tab. 9.13 – Vstupní parametry [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Za hydraulicky hladká potrubí lze uvažovat potrubí, která byla vyráběná jako technicky hladká, tj. z materiálů jako jsou plasty, hliník, měď, sklo či mosaz. Plastové potrubí ve vybraném bazénovém provozu je možné uvažovat jako hydraulicky hladké.

V hydraulicky hladkém potrubí se uvažuje jen vazkost a λ závisí jen na Re . Pro výpočet součinitele třením byla vybrána empirická rovnice pro hydraulicky hladké potrubí dle *Altšula*, jejíž tvar je následující:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,82 \cdot \log \frac{Re}{100} + 2 \quad (9.1)$$

Platnost rovnice (9.1) je v rozmezí $2,5 \cdot 10^3 < Re < 10^{12}$ [26].

Výpočet byl proveden pro zvolené průtoky a dílčí výpočty jsou uvedené v tabulkách, které jsou součástí tabulkové přílohy, viz příloha 1 až příloha 3 pro VYP_1 a viz příloha 4 až příloha 7 pro VYP_2.

Fotografie naměřených hodnot jsou součástí obrazové přílohy, viz příloha 12 až příloha 51.

Výsledné charakteristiky čerpadla a potrubí jsou uvedeny v následujících tab. 9.14 (VYP_1) a tab. 9.15 (VYP_2), graficky potom na následujícím grafu graf. 9.9.

Q	Q	charakteristika čerpadla		charakteristika potrubí	
		H_{ξ}	η	$\Sigma Z = \Sigma Z_s + \Sigma Z_v$	H_p
[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m]	[%]	[m]	[m]
0	0,000	15,60		0,000	3,81
50	0,014	15,70	21,6	0,043	3,853
100	0,028	15,40	38,8	0,170	3,980
150	0,042	14,70	52,0	0,378	4,188
200	0,056	13,90	61,7	0,668	4,478
250	0,069	12,80	68,4	1,039	4,849
300	0,083	11,50	71,9	1,491	5,301
350	0,097	10,10	72,3	2,023	5,833
400	0,111	8,55	69,1	2,637	6,447
450	0,125	6,83	61,8	3,331	7,141
500	0,139	4,91	49,9	4,105	7,915
530	0,147	3,66	40,3	4,608	8,418

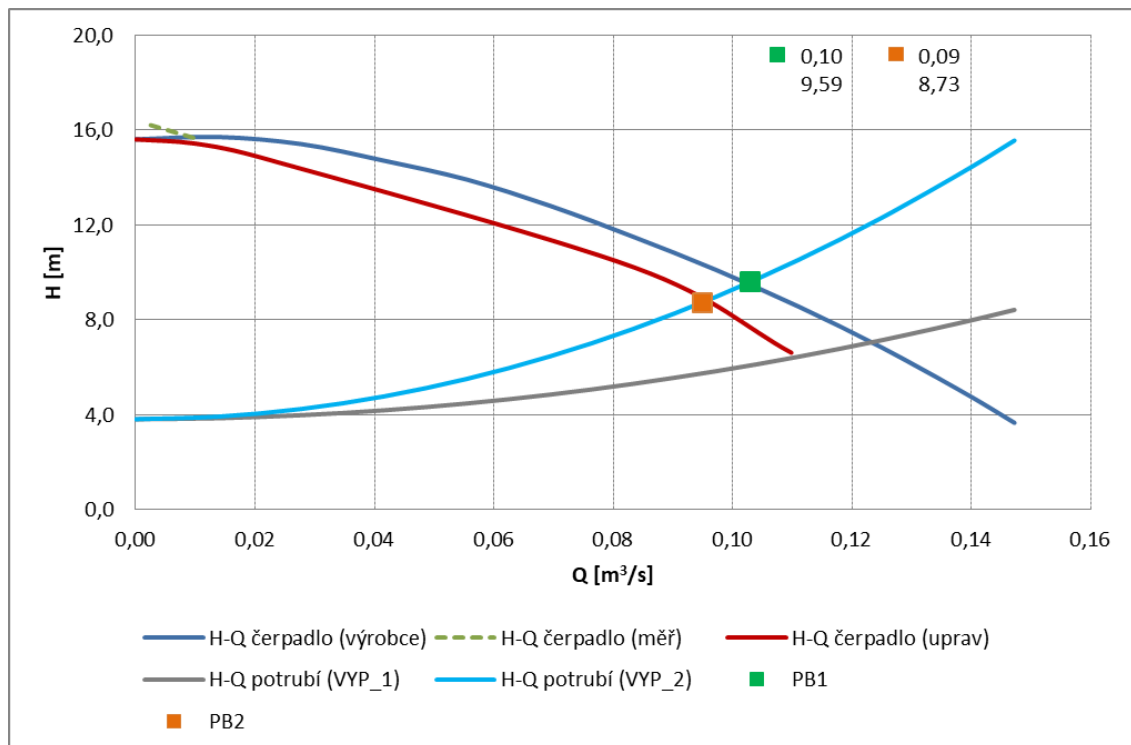
Tab. 9.14 – Výsledné charakteristiky čerpadla a potrubí (VYP_1)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

Q	Q	charakteristika čerpadla		charakteristika potrubí	
		H _č	η	ΣZ = ΣZ _s + ΣZ _v	H _p
[m ³ /h]	[m ³ /s]	[m]	[%]	[m]	[m]
0	0,000	15,60		0,000	3,81
50	0,014	15,70	21,6	0,111	3,921
100	0,028	15,40	38,8	0,434	4,244
150	0,042	14,70	52,0	0,966	4,776
200	0,056	13,90	61,7	1,705	5,515
250	0,069	12,80	68,4	2,651	6,461
300	0,083	11,50	71,9	3,803	7,613
350	0,097	10,10	72,3	5,161	8,971
400	0,111	8,55	69,1	6,723	10,533
450	0,125	6,83	61,8	8,490	12,300
500	0,139	4,91	49,9	10,462	14,272
530	0,147	3,66	40,3	11,743	15,553

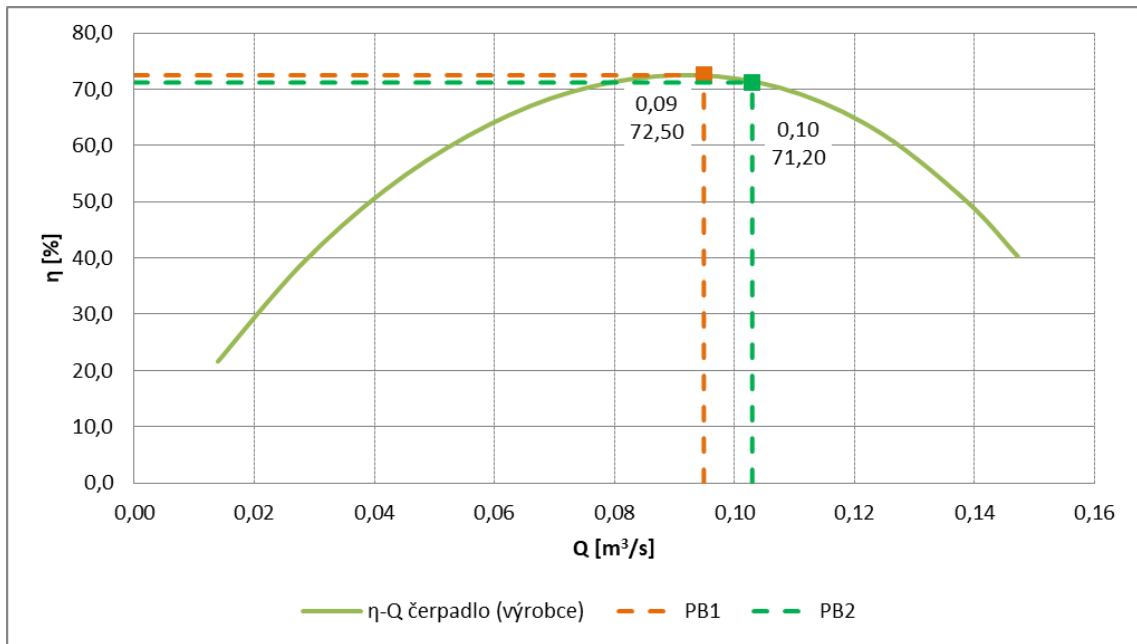
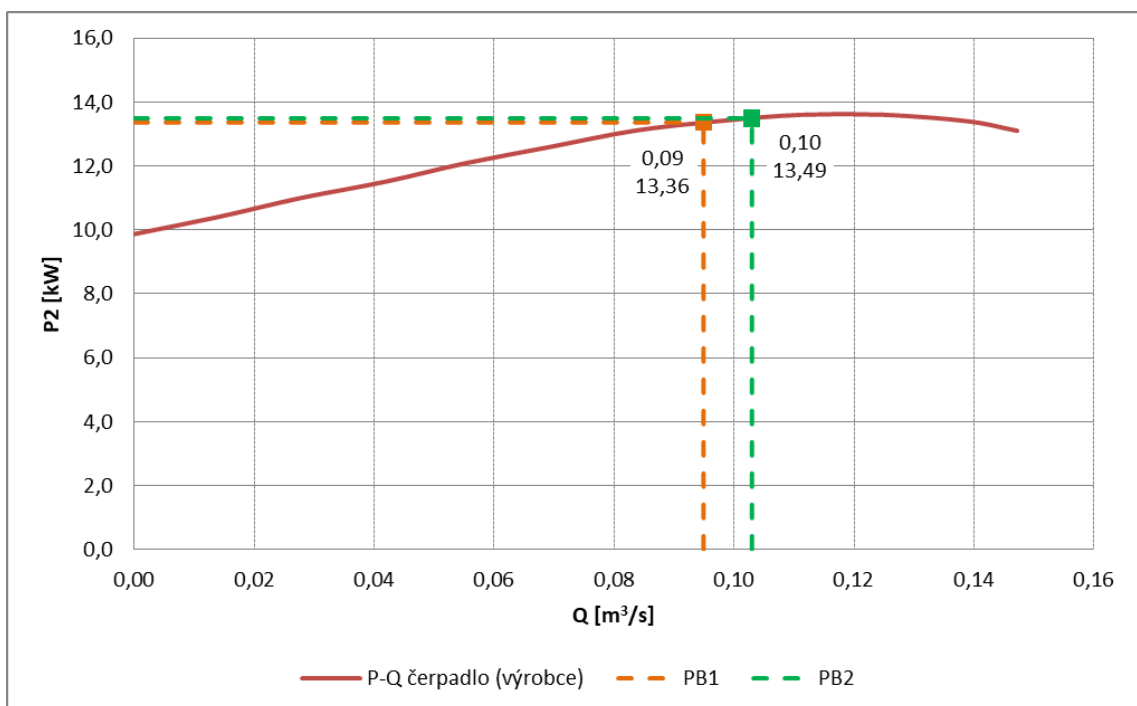
Tab. 9.15 – Výsledné charakteristiky čerpadla a potrubí (VYP_2)

[ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]



Graf 9.9 – Výsledné charakteristiky čerpadla [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

PRAKTICKÁ ČÁST

Graf 9.10 – η - Q charakteristika čerpadla [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]Graf 9.11 – P - Q charakteristika čerpadla [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.]

- 1) Pracovní bod se má nacházet v optimální oblasti křivky účinnosti, jinak není návrh ekonomický → pracovní bod PB1 ($Q = 0,10 \text{ m}^3/\text{s} = 370,7 \text{ m}^3/\text{hod}$ a $H = 9,59 \text{ m v. sl.}$) a pracovní bod PB2 ($Q = 0,09 \text{ m}^3/\text{s} = 341,7 \text{ m}^3/\text{hod}$ a $H = 8,73 \text{ m v. sl.}$). PB1 se od hodnot, pro které hodnoty bylo dané čerpadlo použito, příliš neliší. Z výsledných

hodnot, dle PB2, je patrné, že došlo k snížení tlakové výšky (o 0,86 m) i průtoku (o $0,0081 \text{ m}^3/\text{s} = 29,0 \text{ m}^3/\text{hod}$). Za současného stavu však čerpadlo pracuje při maximální účinnosti (graf 9.10) a s nižším výkonem (graf 9.11).

- 2) Nebylo provedeno měření příkonu před hlavním stykačem u rozvaděče. Příkon čerpadel byl měřen na samotné svorkovnici, tím byla do měření vnesena nejistota.
- 3) Nutno podotknout, že spotřeba energie závisí na hustotě dopravované kapaliny. Křivky výkonu dodané výrobcem jsou obecně založeny na kapalině o hustotě $\rho \cong 1000 \text{ kg/m}^3$, což odpovídá teplotě $4 \text{ }^\circ\text{C}$ při tlaku 10^5 Pa . Výkon naměřený na kapalinách s jinou hustotou by měl být převeden [22].

10 Závěr

Vodní hospodářství umělých bazénů musí být řešeno nejen účelně, esteticky, s ohledem na hygienické požadavky, ale i ekonomicky.

10.1 Okruh 1: Tobogán – atrakce

- 1) Lze konstatovat, že současný stav je nevhodný.
- 2) Doporučuji provést kontrolu zapojení čerpadel.
- 3) Z dojezdových bazénků atrakcí tobogánu a troj skluzavky je voda gravitačně svedena zpět do akumulární nádrže. Přítok vody do akumulární nádrže je proveden přibližně naproti vstupu do akumulární nádrže (příloha 8 až příloha 11) jen o něco výše, tj. v blízkosti sacího potrubí (příloha 9 a příloha 11). Z akumulární nádrže bazénu je bazénová voda vedena sacím potrubím s uzavírací a zpětnou kulovou klapkou k trojici oběhových čerpadel s integrovaným předfiltrem v počtu 2+1 (příloha 9 a příloha 10). Příklad upravené vody je zaústěn zpět do akumulární nádrže. Upravená voda je z akumulární nádrže nasávána dvěma čerpadly, čerpajícími vodu na tobogán. Další čerpadlo čerpá vodu na troj skluzavku. Nutno podotknout, že přítok vody z dojezdových bazénků atrakcí je mnohem blíže sacímu potrubí pro atrakce než přítok upravené vody.

- Lze polemizovat nad tím, zda je návrh vhodný, zda sací potrubí nenasává převážně množství vody z dojezdových bazénků.
- Tím může docházet k zatížení sacího potrubí a následně čerpadla vlivem provzdušněného přitékajícího proudu vody, probublávání nádrže a vzniku vírů. Nasávání vzduchu může způsobit následné chvění konstrukce a kavitaci. Je možné (po 5 letech provozu) přisoudit $\approx 10\%$ množství protékající vody při zcela uzavřeném výtlačku i tomuto návrhu.
- Pro toto tvrzení je potřeba provést analýzu a posoudit podtlaky v sacím potrubí u sacího hrdla čerpadla, tj. na základě pracovního bodu soustavy potrubí – čerpadlo (pro daný průtok Q a dopravní výšku H) stanovit z výpočtu ztrátových výšek na sacím potrubí rychlost v sacím potrubí v_s a odpovídající ztráty ΣZ_s . Poté dle *Bernoulliho rovnice* pro hladinu v sací jímnici (akumulární nádrži) a profil na sacím potrubí před čerpadlem posoudit funkčnost systému z hlediska podtlaků.

- Snížení dopravní výšky, snížení průtoku, snížení celkové účinnosti, mechanické porušení oběžného kola čerpadla, difuzoru, zvyšování hluku či vibrací, to jsou důsledky kavitace.

10.2 Okruh 2: Recirkulační úpravna vody tobogánu a troj skluzavky

- 1) Ze srovnání jednotlivých H-Q charakteristik čerpadel (graf 9.4) vyplývá značný rozptyl od H-Q charakteristiky čerpadla stanovené výrobcem.
- 2) Doporučuji provést kontrolu osazeného indukčního průtokoměru *Flomag 3000* vzhledem k registrovaným hodnotám.

10.3 Okruh 3: Divoký kanál – atrakce

- 1) Jak již bylo řečeno, nelze zjistit technické provedení zastavěného potrubí. To je důvodem stanovení délky některých úseků včetně prvků (tvarovky, technické parametry potrubí) kvalifikovaným odhadem. Z výsledných hodnot, dle PB2, je patrné, že za současného stavu pracuje čerpadlo při maximální účinnosti. Vzhledem k odhadu zejména délky úseků a místních ztrát v některých úsecích, které značně ovlivňují výsledek, byla na základě tohoto faktu provedena numerická analýza s uvažováním různých variací možného provedení. Výsledné hodnoty možného provedení byly vyhodnoceny jako nejpříjemnější. Závěrem lze předpokládat, že důvodem může být návrh čerpadla, které bylo pro danou soustavu navrženo předdimenzované. Atrakce divokého kanálu je symetrická, čili jedná se o dva samostatné okruhy, dvě stejná čerpadla – pravděpodobně předdimenzovaná. Nelze opomenout fakt, že se jedná o vodní atrakci, průtok a rychlost vody v divokém kanálu hrají důležitou roli z hlediska bezpečnosti pro návštěvníka, stejně tak rychlost na sacích a vtokových prvcích.
- 2) Během provozu (5 let) došlo k snížení křivky čerpadla, došlo ke zvýšení účinnosti o 1,3 % a ke snížení výkonu o 0,13 kW. Toto lze přisoudit pravděpodobně návrhu recirkulačního čerpadla či výrobku čerpadla. Změnou pracovního bodu došlo také k snížení tlakové výšky i průtoku. Se snížením průtoku úzce souvisí snížení rychlosti vody, což je zejména pro vodní atrakce a obecně v bazénovém provozu neopomenutelný parametr. S tím také souvisí dodržení intenzity recirkulace vody v případě recirkulační úpravy vody. V případě atrakce je třeba posuzovat pouze

- bezpečnostní hledisko. U bazénů s vodními atrakcemi je nezbytné zvýšit intenzitu recirkulace s ohledem na úbytky aktivního chloru v bazénové vodě jeho únikem do ovzduší [3]. Tedy i tak bude splněna doba výměny vody. Vzhledem k bezpečnostním požadavkům, které jsou na bazénové provozy dle norem kladeny, je třeba vzít v potaz, zda v původním návrhu nebyly rychlosti příliš vysoké a nepředstavovaly pro návštěvníka nebezpečí. Neboť ve vodních atrakcích či obecně v bazénovém provozu může u návštěvníka dojít i k zraněním, která jsou neslučitelná s životem – utonutí, přisátí části těla, vlasů apod. k sacímu prvku vlivem podtlaku aj.
- 3) Cena kWh elektřiny je pro daný provoz 3,60 Kč. Úspora energie za rok činí 4 100 Kč na 1 čerpadlo. Za předpokladu stejného druhého čerpadla, činí úspora energie 8 200 Kč/rok. Uvážíme-li, že čerpadla běží v daném režimu 5 let, potom bylo možné dosáhnout úspory provozních nákladů ve výši 41 000 Kč na 2 čerpadla.
 - 4) Legislativa v České republice neukládá povinnost výrobcí dokládat pro sací či vtokové otvory technické listy, tento nedostatek doporučuji stanovit jako povinnost. Dokumentace skutečného provedení stavby by měla být užitečná pro provozování stavebního objektu, neboť slouží jako základ pro tvorbu provozní dokumentace a tedy i dobře provozovaného a užívaného objektu v průběhu jeho životního cyklu. Tedy, aby mohla být dokumentace v praxi dobře využita, měla by být co nejlépe zpracována.

Seznam použité literatury a zdrojů

Normy a standardy

- [1] ČSN EN 60034-30-1. *Točivé elektrické stroje – Část 30-1: Třídy účinnosti střídavých motorů provozovaných ze sítě (IE kód)*. Praha: Český normalizační institut, 2014. Třídící znak 35 0000.
- [2] ČSN EN 13451-3+A3. *Vybavení plaveckých bazénů – Část 3: Další specifické bezpečnostní požadavky a zkušební metody pro vtoky a odtoky vody a vodní atrakce*. Praha: Český normalizační institut, 2016. Třídící znak 94 0915.
- [3] Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. In: Sběrka zákonů České republiky. 25. 08. 2011.

Monografické publikace

- [4] KOLÁŘ, Václav, Cyril PATOČKA a Jiří BÉM. *Hydraulika*. Praha: SNTL, 1983. 474 s.
- [5] SAUNUS, Christoph. *Schwimmbäder: Planung – Ausführung – Betrieb*. Düsseldorf: Krammer, 2005. 800 s. ISBN 3-88382-082-2.
- [6] ŠTASTNÝ, Bohumil. *Stavba a provoz bazénů*. Praha: Arch, 2003. 137 s. ISBN 80-86165-56-6.

Příručky

- [7] LHOTÁKOVÁ, Zdeňka. *Bazény*. 2. vyd. Brno: ERA, 2005. 119 s. ISBN 80-7366-015-6.
- [8] KORUPP, Sascha. *Bazénová čerpadla*. Herborner Pumpenfabrik. Moderní průmysl. 57 s.
- [9] ŠRYTR, Petr. *Bazény*. 2. přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004. Profi&hobby. 108 s. ISBN 80-247-0850-7.

Vysokoškolská skripta

- [10] HAVLÍK, Vladimír a Ivana MAREŠOVÁ. *Hydraulika 10: příklady*. Vyd. 2. Praha: ČVUT, 2001. 243 s. ISBN 80-01-02403-2.

- [11] OŠLEJŠEK, Jiří. *Vodárenství a balneotechnika*. Brno: Ediční středisko Vysokého učení technického, 1979. 331 s.
- [12] SKLENÁŘ, Jaroslav. *Balneotechnika I*. Praha: ČVUT, 1994. 166 s. ISBN 80-01-01124-0.
- [13] SKLENÁŘ, Jaroslav. *Balneotechnika II*. Praha: ČVUT, 1992. 220 s. ISBN 80-01-00806-1.
- [14] TUHOVČÁK, L. – ADLER, P. – KUČERA, T. – RACLAVSKÝ, J. *Vodárenství – B. Doprava vody*. Brno: ÚVHO FAST VUT, 2006. 252 s.

Webové stránky

- [15] *Cavitation* [online]. © 2012. [cit.2017-10-15]. Dostupné z: <<http://eswt.net/cavitation/>>.
- [16] DAQUA. *Filtre bobiné composite plancher* [online]. © 2018. [cit.2017-10-12]. Dostupné z: <<http://daqua.fr/bassins-collectifs/filtres-bobines-collecteurs/>>.
- [17] *Druhy a rozdělení čerpadel* [online]. © 2010. [cit.2017-10-08]. Dostupné z: <<http://druhy-cerpadel.cz/>>.
- [18] EVA.cz. *Filtr kartušový náhradní* [online]. © 1991 – 2018. [cit.2017-10-12]. Dostupné z: <<http://daqua.fr/bassins-collectifs/filtres-bobines-collecteurs/>>.
- [19] JSP. *GREISINGER Handheld Double-Pressure-Meter water-proof, with data logger GMH 5155 – Operating Manual* [online]. © 2016. [cit.2017-10-15]. Dostupné z: <http://www.jsp.cz/files/edoc/d_2205-003_gmh5155_manual_en.pdf>.
- [20] GREISINGER. *Snímač tlaku MSD 10 BRE* [online]. © 2016. [cit.2017-10-15]. Dostupné z: <<https://greisinger.cz/>>.
- [21] GRUNDFOS. *Pump handbook* [online]. © 2016. [cit.2017-10-15]. Dostupné z: <<http://cz.grundfos.com/nav/search.html?q=p%C5%99%C3%ADru%C4%8Dka>>.
- [22] GRUNDFOS. *The Centrifugal Pump* [online]. © 2016. [cit.2017-10-15]. Dostupné z: <http://machining.grundfos.com/media/16620/the_centrifugal_pump.pdf>.

- [23] HAVLÍK, Aleš a Tomáš PICEK. *4. přednáška – Hydraulika potrubí* [online]. © 2018. [cit.2017-10-20]. Dostupné z: <http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke_stazeni/prednasky/HY2V_04_Hydraulika_potrubi.pdf>.
- [24] HELMKE plus. *Three-phase squirrel cage motors low voltage, Frame size 63-355, DOR series* [online]. © 2018. [cit.2017-10-20]. Dostupné z: <https://www.helmke.de/fileadmin/user_upload/Broschueren/Helmke_H-Plus_catalog_IE3_en.pdf>.
- [25] JELIGOVÁ, H. – ŠAŠEK, J. – KOŽÍŠEK, F. – CHLUPÁČOVÁ, M. *Zdravotní a hygienická rizika z bazénových vod a prostředí bazénů* [online]. © 2008. [cit.2017-10-08]. Dostupné z: <<http://docplayer.cz/8043879-Zdravotni-a-hygienicka-rizika-z-bazenovych-vod-a-prostredi-bazenu.html>>.
- [26] LAGUNAGOLD. *Technologické schéma* [online]. © 2018. [cit.2017-10-10]. Dostupné z: <<http://www.lagunagold.cz/page/9-schema-zapojeni-bazenove-technologie/>>.
- [27] LongRun. *Handheld Ultrasonic Flow Meter LRF-2000H* [online]. © 2003. [cit.2017-10-20]. Dostupné z: <<http://www.ultrasonicscn.com/Products/Ultrasonic-flow-meter/Handheld-Ultrasonic-Flow-Meter.html>>.
- [28] LongRun. *Handheld Ultrasonic Flow Meter LRF-2000H, User Manual* [online]. © 2003. [cit.2017-10-20]. Dostupné z: <<http://www.ultrasonicscn.com/Download/User-manual/LRF-2000H%20User%20Manual.pdf>>.
- [29] MATOUŠEK, Václav. *9. přednáška – Čerpání a doprava potrubím* [online]. © 2008. [cit.2017-10-15]. Dostupné z: <http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Users/Matousek/MujWeb_soubory/Page437.htm>.
- [30] MICRONIX. *Třífázový analyzátor výkonu LUTRON DW-6092* [online]. © 2013. [cit.2017-10-24]. Dostupné z: <<https://eshop.micronix.cz/data/cz/att/002/3844-4525.pdf>>.
- [31] SPECK Pumpen. *BADU® Block 65/250* [online]. © 2018. [cit.2017-10-22]. Dostupné z: <<https://www.speck-pumps.com/en/badu/badu-22>>.

- public/filter-circulation-pumps/badu-block/badu-block-65/1139/badu-block-65/250?c=40092>.
- [32] SPECK Pumpen. *BADU® Block 125/250* [online]. © 2018. [cit.2017-10-22]. Dostupné z: <<https://www.speck-pumps.com/en/badu/badu-public/filter-circulation-pumps/badu-block/badu-block-125/1250/badu-block-125/250?c=40088>>.
- [33] SPECK Pumpen. *BADU® Block 150/250* [online]. © 2018. [cit.2017-10-22]. Dostupné z: <<https://www.speck-pumps.com/en/badu/badu-public/filter-circulation-pumps/badu-block/badu-block-150/1272/badu-block-150/250?c=40096>>.
- [34] ŠMÍD, Milan. *Bazénové technologie pro koupaliště, hotelové bazény a lázeňské provozy* [online]. © 23. 06. 2011. [cit.2017-10-08]. Dostupné z: <http://www.aprcz.cz/pages/osveta/technologie/bazenove_technologie_tisk.pdf>.

Seznam použitých zkratek

1DKS	Divoký kanál – sání
1DKV	Divoký kanál – výtlak
AC	Alternating current (Střídavý proud/napětí)
ATS	Automatická tlaková stanice
DN	Diameter Nominal (Jmenovitá světlost potrubí)
IE	International Efficiency (Třída účinnosti)
NPSH	Net Positive Suction Head (Sací schopnost čerpacího systému)
ORP	Oxidation-reduction potential (Oxidačně redukční potenciál)
PB	Pracovní bod
PE	Polyethylen
PVC	Polyvinylchlorid
PVC-U	Polyvinylchlorid neměkčený
RTČ _j S _i	Recirkulace tobogánu – čerpadlo – sání
RTČ _k V _i	Recirkulace tobogánu – čerpadlo – výtlak
RTV _i	Recirkulace tobogánu – výtlak
SDR	Standard Dimensions Ratio (Standardní rozměrový poměr)
TČS	Tobogán – čerpadlo – sání
TČV	Tobogán – čerpadlo – výtlak
TČČV	Tobogán – čerpadlo – čerpadlo – výtlak
TPV	Tobogán – potrubí – výtlak
UV	Ultraviolet (Ultrafialové záření)

Seznam použitých obrázků

<i>Obr. 4.1 – Technologické schéma bazénu [26]</i>	23
<i>Obr. 5.1 – Řezy hydrodynamickým čerpadlem [21]</i>	30
<i>Obr. 5.2 – Čerpadlo – radiální, diagonální, axiální [21]</i>	30
<i>Obr. 5.3 – Čerpadla v různých zařízeních bazénu [8]</i>	31
<i>Obr. 5.4 – Oběhové čerpadlo bazénové vody s integrovaným předfiltrem [8]</i>	31
<i>Obr. 5.5 – Blokové čerpadlo pro atrakce s procesní konstrukcí [8]</i>	32
<i>Obr. 5.6 – Schéma s vyznačením výšek [29]</i>	34
<i>Obr. 5.7 – Kavitace [15]</i>	36
<i>Obr. 5.8 – Kavitační charakteristika čerpadla 1 [29]</i>	37
<i>Obr. 5.9 – Kavitační charakteristika čerpadla 2 [29]</i>	37
<i>Obr. 5.10 – Obecný průběh charakteristik odstředivého radiálního čerpadla [29]</i>	39
<i>Obr. 5.11 – Průběh H-Q křivky pro dvě čerpadla při sériovém zapojení se stejnými výkonnostními křivkami a schéma sériového zapojení čerpadel [21]</i>	40
<i>Obr. 5.12 – Průběh H-Q křivky pro dvě čerpadla při sériovém zapojení s rozdílnými výkonnostními křivkami [21]</i>	40
<i>Obr. 5.13 – Průběh H-Q křivky pro dvě čerpadla při paralelním zapojení se stejnými výkonnostními křivkami a schéma paralelního zapojení čerpadel [21]</i>	41
<i>Obr. 5.14 – Průběh H-Q křivky pro dvě čerpadla při paralelním zapojení s rozdílnými výkonnostními křivkami [21]</i>	41
<i>Obr. 5.15 – Jednotlivé charakteristiky a možnost optimalizace PB [29]</i>	42
<i>Obr. 5.16 – Grafické stanovení pracovního bodu čerpadla [14]</i>	43
<i>Obr. 5.17 – Bernoulliho rovnice pro potrubí [23]</i>	45
<i>Obr. 5.18 – Typ vtoku; komplement k Tab. 5.2 [4]</i>	48
<i>Obr. 5.19 – Schéma kolene; komplement k Tab. 5.4 [26]</i>	49
<i>Obr. 5.20 – Schéma náhlého zúžení průřezu; komplement k Tab. 5.5 [4]</i>	49
<i>Obr. 5.21 – Schéma náhlého rozšíření průřezu; komplement k Tab. 5.6 [4]</i>	49
<i>Obr. 5.22 – Orientační údaje ztrátových součinitelů některých tvarovek [4]</i>	50
<i>Obr. 6.1 – Pískový filtr výrobce MMC [16]</i>	52
<i>Obr. 6.2 – Schéma náplavných filtrů [11]</i>	53
<i>Obr. 6.3 – Kartušový filtr [18]</i>	54
<i>Obr. 6.4 – Základní funkční schéma tlakového uzavřeného rychlofiltru [9]</i>	55
<i>Obr. 5.1 – Řezy hydrodynamickým čerpadlem [21]</i>	30

<i>Obr. 5.1 – Řezy hydrodynamickým čerpadlem [21]</i>	30
<i>Obr. 5.1 – Řezy hydrodynamickým čerpadlem [21]</i>	30
<i>Obr. 5.1 – Řezy hydrodynamickým čerpadlem [21]</i>	30
<i>Obr. 5.1 – Řezy hydrodynamickým čerpadlem [21]</i>	30
<i>Obr. 5.1 – Řezy hydrodynamickým čerpadlem [21]</i>	30

Všechna práva vyhrazena ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.

<i>Obr. 9.1 – Označení divokého kanálu</i>	133
--------------------------------------------------	-----

Seznam použitých fotografií

Všechna práva vyhrazena ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.

<i>Obr. 7.1 – Divoký kanál a umělé vlnobití</i>	58
<i>Obr. 7.2 – Troj skluzavka a venkovní část tobogánu</i>	58
<i>Obr. 7.3 – Troj skluzavka</i>	58
<i>Obr. 7.4 – Pohled do tobogánu</i>	59
<i>Obr. 7.5 – Dojezdová dráha tobogánu</i>	59
<i>Obr. 7.6 – Mělká část rekreačního bazénu – pohled 1</i>	64
<i>Obr. 7.7 – Mělká část rekreačního bazénu – pohled 2</i>	64
<i>Obr. 7.8 – Divoký kanál a umělé vlnobití</i>	64
<i>Obr. 7.9 – Sací otvory a vtokový otvor</i>	65
<i>Obr. 7.10 – Dvě čerpadla BADU ® Block 125/250</i>	66
<i>Obr. 7.11 – Štítek motoru BADU ® Block 125/250</i>	66
<i>Obr. 7.12 – Štítek těla čerpadla BADU ® Block 125/250</i>	67
<i>Obr. 7.13 – Úpravna vody tobogánu a troj skluzavky</i>	67
<i>Obr. 7.14 – Tři čerpadla BADU ® Block 65/250</i>	68
<i>Obr. 7.15 – Štítek motoru BADU ® Block 65/250</i>	68
<i>Obr. 7.16 – Štítek těla čerpadla BADU ® Block 65/250</i>	69
<i>Obr. 7.17 – Pískové filtry</i>	70
<i>Obr. 7.18 – Trubkový tepelný výměník</i>	71
<i>Obr. 7.19 – Ohřev bazénové vody</i>	71
<i>Obr. 7.20 – Čerpadlo BADU ® Block 150/250</i>	72
<i>Obr. 7.21 – Štítek motoru BADU ® Block 150/250</i>	72
<i>Obr. 7.22 – Štítek těla čerpadla BADU ® Block 150/250</i>	73
<i>Obr. 8.1 – Osazení fitinky</i>	74
<i>Obr. 8.2 – Fitinka</i>	75
<i>Obr. 8.3 – Závitník</i>	75
<i>Obr. 8.4 – Závitník upevněný do vratidla</i>	75
<i>Obr. 8.5 – Teflonová páska</i>	75
<i>Obr. 8.6 – Lepidlo</i>	75
<i>Obr. 8.7 – Laserový dálkoměr</i>	76
<i>Obr. 8.8 – Ultrazvukový průtokoměr</i>	76
<i>Obr. 8.9 – Metoda V</i>	77

<i>Obr. 8.10 – Pár magnetických snímačů a speciální pasta</i>	77
<i>Obr. 8.11 – Tlakoměr</i>	78
<i>Obr. 8.12 – Tlakový snímač MSD 10 BRE</i>	79
<i>Obr. 8.13 – Tlakový snímač MSD -1/3 BRE</i>	79
<i>Obr. 8.14 – Wattmetr</i>	79
<i>Obr. 8.15 – Zapojené klešťové sondy a měřicí šňůry</i>	79
<i>Obr. 8.16 – Pohled na soustavu skluzavky a tobogánu</i>	80
<i>Obr. 8.17 – Označení soustavy tobogánu</i>	81
<i>Obr. 8.18 – Tlakové čidlo na sání TČ1S1</i>	82
<i>Obr. 8.19 – Tlakové čidlo na výtlaku TČ1V1</i>	82
<i>Obr. 8.20 – Místo měření TPV0</i>	82
<i>Obr. 8.21 – Poloha - (90°)/Poloha 0 (90°)</i>	83
<i>Obr. 8.22 – Poloha 1 (60°)</i>	83
<i>Obr. 8.23 – Poloha 2 (30°)</i>	83
<i>Obr. 8.24 – Poloha 3 (0°)</i>	83
<i>Obr. 8.25 – Tlakové čidlo na sání TČ2S2</i>	85
<i>Obr. 8.26 – Tlakové čidlo na výtlaku TČ2V2</i>	85
<i>Obr. 8.27 – Označení míst měření</i>	85
<i>Obr. 8.28 – Místo měření TPV</i>	86
<i>Obr. 8.29 – Tlakové čidlo na výtlaku TČ1Č2V3</i>	87
<i>Obr. 8.30 – Označení čidla TČ1Č2V3 pro orientaci</i>	89
<i>Obr. 8.31 – Výtláčné potrubí tobogánu mimo strojovnu 1</i>	89
<i>Obr. 8.32 – Výtláčné potrubí tobogánu mimo strojovnu 2</i>	89
<i>Obr. 8.33 – Místo měření TPV1</i>	90
<i>Obr. 8.34 – Tlakové čidlo na výtlaku TČ1Č2V4</i>	90
<i>Obr. 8.35 – Stejně polohy na obou čerpadlech</i>	91
<i>Obr. 8.36 – Pohled na soustavu recirkulační úpravny</i>	93
<i>Obr. 8.37 – Označení soustavy úpravny 1</i>	94
<i>Obr. 8.38 – Označení soustavy úpravny 2</i>	94
<i>Obr. 8.39 – Místo měření RTV1</i>	96
<i>Obr. 8.40 – Poloha - (90°)/Poloha 0 (90°)</i>	96
<i>Obr. 8.41 – Poloha 1 (60°)</i>	96
<i>Obr. 8.42 – Poloha 2 (30°)</i>	97
<i>Obr. 8.43 – Poloha 3 (0°)</i>	97

<i>Obr. 8.44 – Indukční průtokoměr</i>	97
<i>Obr. 8.45 – Poloha 0 (90°)</i>	99
<i>Obr. 8.46 – Poloha 1 (45°)</i>	99
<i>Obr. 8.47 – Poloha 2 (0°)</i>	99
<i>Obr. 8.48 – Čerpadlo Č 1</i>	104
<i>Obr. 8.49 – Čerpadlo Č 1 i Č 2</i>	104
<i>Obr. 8.50 – Čidla RTČ1S1-RTČ1V1</i>	105
<i>Obr. 8.51 – Čidla RTČ2S1-RTČ2V1</i>	105
<i>Obr. 8.52 – Poloha 0 (90°)</i>	106
<i>Obr. 8.53 – Poloha 1 (60°)</i>	106
<i>Obr. 8.54 – Poloha 2 (30°)</i>	107
<i>Obr. 8.55 – Poloha 3 (0°)</i>	107
<i>Obr. 8.56 – Pohled na soustavu divokého kanálu</i>	108
<i>Obr. 8.57 – Místo měření 1</i>	109
<i>Obr. 8.58 – Tlakové čidlo na sání 1DKS1</i>	109
<i>Obr. 8.59 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV1</i>	109
<i>Obr. 8.60 – Poloha - (90°)/Poloha 0 (90°)</i>	110
<i>Obr. 8.61 – Poloha 1 (45°)</i>	110
<i>Obr. 8.62 – Poloha 2 (0°)</i>	110
<i>Obr. 8.63 – Označení čidla 1DKS2 pro orientaci</i>	111
<i>Obr. 8.64 – Sací potrubí</i>	111
<i>Obr. 8.65 – Tlakové čidlo na sání 1DKS2 (detail)</i>	112
<i>Obr. 8.66 – Označení čidla 1DKV2 pro orientaci</i>	113
<i>Obr. 8.67 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV2 (detail)</i>	113
<i>Obr. 8.68 – Výtláčné potrubí</i>	114
<i>Obr. 8.69 – Výtláčné potrubí</i>	115
<i>Obr. 8.70 – Označení čidla 1DKV3 pro orientaci</i>	115
<i>Obr. 8.71 – Tlakové čidlo 1DKV3</i>	115
<i>Obr. 8.72 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV3 (detail)</i>	116
<i>Obr. 8.73 – Místo měření 2</i>	117
<i>Obr. 8.74 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV4 (detail)</i>	117
<i>Obr. 8.75 – Místo měření 3</i>	118
<i>Obr. 8.76 – Označení místa měření 3 pro orientaci</i>	119
<i>Obr. 8.77 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV5 (detail)</i>	119

<i>Obr. 8.78 – Místo měření 4</i>	<i>120</i>
<i>Obr. 8.79 – Označení čidla 1DKV6 pro orientaci 1</i>	<i>121</i>
<i>Obr. 8.80 – Označení čidla 1DKV6 pro orientaci 2</i>	<i>121</i>
<i>Obr. 8.81 – Tlakové čidlo na výtlaku 1DKV6 (detail)</i>	<i>122</i>

Seznam použitých grafů

Všechna práva vyhrazena ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.

<i>Graf 9.1 – Charakteristiky čerpadla (výrobce)</i>	124
<i>Graf 9.2 – Charakteristiky čerpadla (výrobce)</i>	126
<i>Graf 9.3 – Charakteristiky čerpadla (výrobce)</i>	127
<i>Graf 9.4 – Srovnání charakteristik čerpadel</i>	128
<i>Graf 9.5 – Charakteristiky čerpadla (výrobce)</i>	130
<i>Graf 9.6 – Charakteristiky čerpadla (výrobce)</i>	131
<i>Graf 9.7 – Srovnání charakteristik čerpadla</i>	132
<i>Graf 9.8 – Úprava charakteristiky čerpadla</i>	132
<i>Graf 9.9 – Výsledné charakteristiky čerpadla</i>	138
<i>Graf 9.10 – η-Q charakteristika čerpadla</i>	139
<i>Graf 9.11 – P-Q charakteristika čerpadla</i>	139

Seznam použitých tabulek

<i>Tab. 3.1 – Intenzita recirkulace dle vyhlášky 238/2011 Sb. [3]</i>	21
<i>Tab. 5.1 – Ztrátový součinitel sacího koše se zpětnou klapkou o průměru D [mm] [4]</i>	47
<i>Tab. 5.2 – Součinitel ztráty vtokem do potrubí a výtokem do velké nádrže [4]</i>	48
<i>Tab. 5.3 – Průtokové charakteristiky vnitřních uzávěrů podle Tullise (1989) [4]</i>	48
<i>Tab. 5.4 – Ztrátový součinitel ostrých kolen podle Thomy [4]</i>	48
<i>Tab. 5.5 – Součinitel ztráty náhlým zúžením průřezu dle Tullise [4]</i>	49
<i>Tab. 5.6 – Součinitel ztráty náhlým rozšířením průřezu K_r (Bordova ztráta) [4]</i>	49

Všechna práva vyhrazena ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.

<i>Tab. 8.1 – Čerpadlo 1</i>	84
<i>Tab. 8.2 – Čerpadlo 2</i>	86
<i>Tab. 8.3 – Čerpadlo 2</i>	88
<i>Tab. 8.4 – Čerpadlo 1</i>	90
<i>Tab. 8.5 – Čerpadlo 1 i 2</i>	92
<i>Tab. 8.6 – Čerpadlo 1</i>	93
<i>Tab. 8.7 – Hodnoty pro RTČ3S1-RTČ3V1 (výtlak)</i>	98
<i>Tab. 8.8 – Hodnoty pro RTČ3S1-RTČ3V1 (sání)</i>	99
<i>Tab. 8.9 – Hodnoty pro RTČ2S1-RTČ2V1 (výtlak)</i>	100
<i>Tab. 8.10 – Hodnoty pro RTČ2S1-RTČ2V1 (sání)</i>	101
<i>Tab. 8.11 – Hodnoty pro RTČ1S1-RTČ1V1 (výtlak)</i>	102
<i>Tab. 8.12 – Hodnoty pro RTČ1S1-RTČ1V1 (sání)</i>	103
<i>Tab. 8.13 – Hodnoty pro RTČ1S1-RTČ1V1</i>	105
<i>Tab. 8.14 – Hodnoty pro RTČ2S1-RTČ2V1</i>	106
<i>Tab. 8.15 – Hodnoty pro RTČ1V1-RTČ2V1</i>	107
<i>Tab. 8.16 – Hodnoty 1. měření</i>	110
<i>Tab. 8.17 – Hodnoty 2. měření</i>	112
<i>Tab. 8.18 – Hodnoty 3. měření</i>	114
<i>Tab. 8.19 – Hodnoty 4. měření</i>	116
<i>Tab. 8.20 – Hodnoty 5. měření</i>	118
<i>Tab. 8.21 – Hodnoty 6. měření</i>	120
<i>Tab. 8.22 – Hodnoty 7. měření</i>	122
<i>Tab. 9.1 – Hodnoty charakteristik (výrobce)</i>	123

<i>Tab. 9.2 – Hodnoty charakteristik (výrobce)</i>	125
<i>Tab. 9.3 – Hodnoty charakteristik (výrobce)</i>	126
<i>Tab. 9.4 – Hodnoty H-Q charakteristiky Č 1 (změřeno)</i>	127
<i>Tab. 9.5 – Hodnoty H-Q charakteristiky Č 2 (změřeno)</i>	127
<i>Tab. 9.6 – Hodnoty H-Q charakteristiky Č 3 (změřeno)</i>	128
<i>Tab. 9.7 – Hodnoty charakteristik (výrobce)</i>	129
<i>Tab. 9.8 – Hodnoty charakteristik (výrobce)</i>	130
<i>Tab. 9.9 – Hodnoty H-Q charakteristiky (změřeno)</i>	131
<i>Tab. 9.10 – Výčet prvků a úseků recirkulačního systému</i>	135
<i>Tab. 9.11 – Seznam místních ztrát (VYP_1)</i>	136
<i>Tab. 9.12 – Seznam místních ztrát (VYP_2)</i>	136
<i>Tab. 9.13 – Vstupní parametry</i>	136
<i>Tab. 9.14 – Výsledné charakteristiky čerpadla a potrubí (VYP_1)</i>	137
<i>Tab. 9.15 – Výsledné charakteristiky čerpadla a potrubí (VYP_2)</i>	138

Přílohy

Seznam příloh

Všechna práva vyhrazena ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2017.

Tabulková příloha

Příloha 1	Výpočet ztrátových výšek na sacím potrubí (VYP_1)
Příloha 2	Výpočet ztrátových výšek na výtlačném potrubí – 1. část (VYP_1)
Příloha 3	Výpočet ztrátových výšek na výtlačném potrubí – 2. část (VYP_1)
Příloha 4	Výpočet ztrátových výšek na sacím potrubí – 1. část (VYP_2)
Příloha 5	Výpočet ztrátových výšek na sacím potrubí – 2. část (VYP_2)
Příloha 6	Výpočet ztrátových výšek na výtlačném potrubí – 1. část (VYP_2)
Příloha 7	Výpočet ztrátových výšek na výtlačném potrubí – 2. část (VYP_2)

Fotografická příloha

Příloha 8	Čerpadla tobogánu a troj skluzavky (vlevo), recirkulační úprava vody (vpravo)
Příloha 9	Popis dispozice 1
Příloha 10	Popis dispozice 2
Příloha 11	Sací potrubí tobogánu a troj skluzavky
Příloha 12	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha -
Příloha 13	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha -
Příloha 14	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 0
Příloha 15	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 0
Příloha 16	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 1
Příloha 17	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 1
Příloha 18	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 2
Příloha 19	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 2
Příloha 20	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha -
Příloha 21	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha -
Příloha 22	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 0
Příloha 23	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 0
Příloha 24	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 1
Příloha 25	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 1
Příloha 26	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 2
Příloha 27	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 2

Příloha 28	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha -
Příloha 29	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha -
Příloha 30	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 0
Příloha 31	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 0
Příloha 32	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 1
Příloha 33	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 1
Příloha 34	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 2
Příloha 35	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 2
Příloha 36	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV3, Poloha -
Příloha 37	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV3, Poloha -
Příloha 38	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV3, Poloha 0
Příloha 39	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV3, Poloha 0
Příloha 40	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV4, Poloha -
Příloha 41	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV4, Poloha -
Příloha 42	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV4, Poloha 0
Příloha 43	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV4, Poloha 0
Příloha 44	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV5, Poloha -
Příloha 45	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV5, Poloha -
Příloha 46	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV5, Poloha 0
Příloha 47	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV5, Poloha 0
Příloha 48	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV6, Poloha -
Příloha 49	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV6, Poloha -
Příloha 50	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV6, Poloha 0
Příloha 51	Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV6, Poloha 0

Příloha 1

- Výpočet ztrátových výšek na sacím potrubí (VYP_1)

Úsek	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]	Δ/D [-]	Q [m ³ /h]	Q [m ³ /s]	S [m ²]	v [m/s]	v ² /2g [m]	R _e [-]	λ [-]	Z _t [m]	Z _m [m]	ΣZ_t [m]	ΣZ_m [m]	ΣZ_s [m]
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	0	0,000	0,067	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	0	0,000	0,056	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	25	0,007	0,067	0,104	0,0006	36138	0,0226	1,73E-04	0,004	0,000	0,006	0,006
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	50	0,014	0,056	0,250	0,0032	79009	0,0189	2,03E-04	0,002	0,000	0,006	0,006
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	50	0,014	0,067	0,209	0,0022	72276	0,0193	5,90E-04	0,015	0,001	0,022	0,024
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	100	0,028	0,056	0,499	0,0127	158018	0,0163	7,02E-04	0,007	0,003	0,050	0,053
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	75	0,021	0,067	0,313	0,0050	108413	0,0177	1,22E-03	0,034	0,003	0,050	0,053
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	150	0,042	0,056	0,749	0,0286	237027	0,0151	1,46E-03	0,016	0,004	0,089	0,094
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	100	0,028	0,067	0,418	0,0089	144551	0,0166	2,04E-03	0,061	0,004	0,089	0,094
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	200	0,056	0,056	0,998	0,0508	316036	0,0143	2,45E-03	0,028	0,007	0,139	0,146
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	125	0,035	0,067	0,522	0,0139	180689	0,0159	3,05E-03	0,095	0,007	0,139	0,146
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	250	0,069	0,056	1,248	0,0794	395045	0,0137	3,67E-03	0,044	0,009	0,201	0,210
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	150	0,042	0,067	0,626	0,0200	216827	0,0153	4,23E-03	0,137	0,009	0,201	0,210
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	300	0,083	0,056	1,497	0,1143	474054	0,0132	5,12E-03	0,064	0,012	0,273	0,286
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	175	0,049	0,067	0,731	0,0272	252965	0,0149	5,59E-03	0,186	0,012	0,273	0,286
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	350	0,097	0,056	1,747	0,1555	553063	0,0129	6,77E-03	0,087	0,016	0,357	0,373
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	200	0,056	0,067	0,835	0,0356	289103	0,0145	7,12E-03	0,243	0,016	0,357	0,373
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	400	0,111	0,056	1,996	0,2031	632072	0,0126	8,64E-03	0,114	0,020	0,452	0,471
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	225	0,063	0,067	0,940	0,0450	325240	0,0142	8,81E-03	0,308	0,020	0,452	0,471
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	450	0,125	0,056	2,246	0,2571	711081	0,0123	1,07E-02	0,144	0,024	0,558	0,582
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	250	0,069	0,067	1,044	0,0556	361378	0,0139	1,07E-02	0,380	0,024	0,558	0,582
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	500	0,139	0,056	2,496	0,3174	790091	0,0121	1,30E-02	0,178	0,026	0,627	0,653
2 - 3	315	291,0	12,0	4,0	4,30E-06	265	0,074	0,067	1,107	0,0624	383061	0,0138	1,18E-02	0,427	0,026	0,627	0,653
3 - 4	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	530	0,147	0,056	2,645	0,3566	837496	0,0120	1,44E-02	0,200	0,026	0,627	0,653

Příloha 2

- Výpočet ztrátových výšek na výtlačném potrubí - 1. část (VYP_1)

Úsek	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]	Δ/D [-]	Q [m ³ /h]	Q [m ³ /s]	S [m ²]	v [m/s]	$v^2/2g$ [m]	R_e [-]	λ [-]	Z_t [m]	Z_m [m]	ΣZ_t [m]	ΣZ_m [m]	ΣZ_v [m]
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	0	0,000	0,044	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	0	0,000	0,044	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	0	0,000	0,044	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	0	0,000	0,017	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	50	0,014	0,044	0,320	0,0052	89525	0,0184	0,002	0,021	0,006	0,032	0,037
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	38	0,010	0,044	0,240	0,0029	67144	0,0196	0,001	0,003	0,006	0,032	0,037
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	25	0,007	0,044	0,160	0,0013	44763	0,0215	0,001	0,000	0,006	0,032	0,037
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	13	0,003	0,017	0,203	0,0021	35695	0,0226	0,002	0,008	0,006	0,032	0,037
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	100	0,028	0,044	0,638	0,0208	178693	0,0159	0,006	0,082	0,019	0,127	0,146
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	75	0,021	0,044	0,479	0,0117	134020	0,0169	0,005	0,013	0,019	0,127	0,146
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	50	0,014	0,044	0,319	0,0052	89347	0,0184	0,002	0,001	0,019	0,127	0,146
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	25	0,007	0,017	0,406	0,0084	71247	0,0193	0,006	0,030	0,019	0,127	0,146
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	150	0,042	0,044	0,957	0,0467	268040	0,0147	0,013	0,185	0,039	0,286	0,325
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	113	0,031	0,044	0,718	0,0263	201030	0,0156	0,010	0,030	0,039	0,286	0,325
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	75	0,021	0,044	0,479	0,0117	134020	0,0169	0,004	0,003	0,039	0,286	0,325
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	38	0,010	0,017	0,609	0,0189	106871	0,0177	0,012	0,068	0,039	0,286	0,325
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	200	0,056	0,044	1,277	0,0831	357387	0,0139	0,022	0,328	0,066	0,508	0,574
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	150	0,042	0,044	0,957	0,0467	268040	0,0147	0,017	0,053	0,066	0,508	0,574
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	100	0,028	0,044	0,638	0,0208	178693	0,0159	0,007	0,005	0,066	0,508	0,574
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	50	0,014	0,017	0,812	0,0336	142495	0,0167	0,020	0,122	0,066	0,508	0,574
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	250	0,069	0,044	1,596	0,1298	446733	0,0134	0,034	0,513	0,099	0,794	0,893
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	188	0,052	0,044	1,197	0,0730	335050	0,0141	0,025	0,082	0,099	0,794	0,893
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	125	0,035	0,044	0,798	0,0324	223367	0,0153	0,010	0,009	0,099	0,794	0,893
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	63	0,017	0,017	1,015	0,0525	178118	0,0160	0,030	0,190	0,099	0,794	0,893
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	300	0,083	0,044	1,915	0,1869	536080	0,0130	0,047	0,738	0,138	1,143	1,281
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	225	0,063	0,044	1,436	0,1051	402060	0,0136	0,035	0,119	0,138	1,143	1,281
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	150	0,042	0,044	0,957	0,0467	268040	0,0147	0,014	0,012	0,138	1,143	1,281
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	75	0,021	0,017	1,218	0,0756	213742	0,0154	0,042	0,274	0,138	1,143	1,281

Příloha 3

– Výpočet ztrátových výšek na výtlačném potrubí – 2. část (VYP_1)

Úsek	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]	Δ/D [-]	Q [m ³ /h]	Q [m ³ /s]	S [m ²]	v [m/s]	v ² /g [m]	R _e [-]	λ [-]	Z _t [m]	Z _m [m]	ΣZ_t [m]	ΣZ_m [m]	ΣZ_v [m]
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	350	0,097	0,044	2,234	0,2543	625427	0,0126	0,062	1,005	0,182	1,556	1,738
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	263	0,073	0,044	1,675	0,1431	469070	0,0133	0,047	0,162			
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	175	0,049	0,044	1,117	0,0636	312713	0,0143	0,018	0,017			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	88	0,024	0,017	1,421	0,1028	249366	0,0149	0,055	0,373			
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	400	0,111	0,044	2,553	0,3322	714774	0,0123	0,079	1,312	0,232	2,032	2,264
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	300	0,083	0,044	1,915	0,1869	536080	0,0130	0,060	0,211			
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	200	0,056	0,044	1,277	0,0831	357387	0,0139	0,023	0,022			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	100	0,028	0,017	1,623	0,1343	284989	0,0146	0,070	0,487			
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	450	0,125	0,044	2,872	0,4205	804120	0,0121	0,098	1,661	0,287	2,572	2,859
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	338	0,094	0,044	2,154	0,2365	603090	0,0127	0,074	0,267			
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	225	0,063	0,044	1,436	0,1051	402060	0,0136	0,029	0,028			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	113	0,031	0,017	1,826	0,1700	320613	0,0142	0,087	0,616			
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	500	0,139	0,044	3,191	0,5191	893467	0,0118	0,119	2,050	0,348	3,175	3,523
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	375	0,104	0,044	2,393	0,2920	670100	0,0124	0,090	0,330			
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	250	0,069	0,044	1,596	0,1298	446733	0,0134	0,035	0,034			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	125	0,035	0,017	2,029	0,2099	356237	0,0140	0,105	0,761			
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	530	0,147	0,044	3,383	0,5832	947075	0,0117	0,132	2,304	0,387	3,568	3,955
2-3	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	398	0,110	0,044	2,537	0,3281	710306	0,0123	0,100	0,371			
3-4	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	265	0,074	0,044	1,691	0,1458	473537	0,0132	0,039	0,038			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	133	0,037	0,017	2,151	0,2358	377611	0,0138	0,117	0,855			

Příloha 4

- Výpočet ztrátových výšek na sacím potrubí - 1. část (VYP_2)

Úsek	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]	Δ/D [-]	Q [m ³ /h]	Q [m ³ /s]	S [m ²]	v [m/s]	$v^2/2g$ [m]	R _e [-]	λ [-]	Z _t [m]	Z _m [m]	ΣZ_t [m]	ΣZ_m [m]	ΣZ_s [m]
1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	0	0,000	0,010	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	0	0,000	0,044	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	0	0,000	0,067	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	0	0,000	0,067	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	0	0,000	0,056	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	13	0,003	0,010	0,332	0,0056	45564	0,0214	5,20E-04	0,012	0,002	0,029	0,030
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	25	0,007	0,044	0,160	0,0013	44673	0,0215	4,74E-04	0,000	0,000	0,000	0,000
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	25	0,007	0,067	0,104	0,0006	36138	0,0226	3,53E-05	0,001	0,001	0,001	0,001
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	50	0,014	0,067	0,209	0,0022	72276	0,0193	4,70E-04	0,010	0,010	0,010	0,010
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	50	0,014	0,056	0,250	0,0032	79009	0,0189	2,03E-04	0,006	0,006	0,006	0,006
1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	25	0,007	0,010	0,664	0,0225	91127	0,0183	1,78E-03	0,048	0,006	0,115	0,121
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	50	0,014	0,044	0,319	0,0052	89347	0,0184	1,62E-03	0,002	0,002	0,002	0,002
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	50	0,014	0,067	0,209	0,0022	72276	0,0193	1,21E-04	0,003	0,003	0,003	0,003
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	100	0,028	0,067	0,418	0,0089	144551	0,0166	1,62E-03	0,040	0,040	0,040	0,040
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	100	0,028	0,056	0,499	0,0127	158018	0,0163	7,02E-04	0,022	0,022	0,022	0,022
1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	38	0,010	0,010	0,996	0,0506	136691	0,0168	3,69E-03	0,108	0,012	0,258	0,270
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	75	0,021	0,044	0,479	0,0117	134020	0,0169	3,35E-03	0,004	0,004	0,004	0,004
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	75	0,021	0,067	0,313	0,0050	108413	0,0177	2,49E-04	0,006	0,006	0,006	0,006
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	150	0,042	0,067	0,626	0,0200	216827	0,0153	3,37E-03	0,090	0,090	0,090	0,090
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	150	0,042	0,056	0,749	0,0286	237027	0,0151	1,46E-03	0,050	0,050	0,050	0,050
1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	50	0,014	0,010	1,328	0,0899	182255	0,0159	6,19E-03	0,191	0,020	0,459	0,479
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	100	0,028	0,044	0,698	0,0208	178693	0,0159	5,63E-03	0,007	0,007	0,007	0,007
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	100	0,028	0,067	0,418	0,0089	144551	0,0166	4,17E-04	0,010	0,010	0,010	0,010
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	200	0,056	0,067	0,835	0,0356	289103	0,0145	5,66E-03	0,161	0,161	0,161	0,161
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	200	0,056	0,056	0,998	0,0508	316036	0,0143	2,45E-03	0,089	0,089	0,089	0,089
1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	63	0,017	0,010	1,660	0,1404	227819	0,0152	9,25E-03	0,299	0,080	0,717	0,747
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	125	0,035	0,044	0,798	0,0324	223367	0,0153	8,41E-03	0,012	0,012	0,012	0,012
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	125	0,035	0,067	0,522	0,0139	180689	0,0159	6,23E-04	0,016	0,016	0,016	0,016
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	250	0,069	0,067	1,044	0,0556	361378	0,0139	8,48E-03	0,251	0,251	0,251	0,251
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	250	0,069	0,056	1,248	0,0794	395045	0,0137	3,67E-03	0,139	0,139	0,139	0,139
1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	75	0,021	0,010	1,992	0,2022	273382	0,0147	1,29E-02	0,431	0,042	1,032	1,074
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	150	0,042	0,044	0,957	0,0467	268040	0,0147	1,17E-02	0,017	0,017	0,017	0,017
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	150	0,042	0,067	0,626	0,0200	216827	0,0153	8,65E-04	0,023	0,023	0,023	0,023
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	300	0,083	0,067	1,253	0,0800	433654	0,0135	1,18E-02	0,362	0,362	0,362	0,362
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	300	0,083	0,056	1,497	0,1143	474054	0,0132	5,12E-03	0,200	0,200	0,200	0,200

Příloha 5

- Výpočet ztrátových výšek na sacím potrubí - 2. část (VYP_2)

Úsek	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]	Δ/D [-]	Q [m ³ /h]	Q [m ³ /s]	s [m ²]	v [m/s]	v ² /2g [m]	R _e [-]	λ [-]	Z _t [m]	Z _m [m]	ΣZ _t [m]	ΣZ _m [m]	ΣZ _s [m]
1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	88	0,024	0,010	2,324	0,2752	318946	0,0143	1,70E-02	0,586	0,056	1,404	1,460
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	175	0,049	0,044	1,117	0,0636	312713	0,0143	1,55E-02	0,023			
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	175	0,049	0,067	0,731	0,0272	252965	0,0149	1,14E-03	0,031			
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	350	0,097	0,067	1,462	0,1089	505929	0,0131	1,56E-02	0,492			
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	350	0,097	0,056	1,747	0,1555	553063	0,0129	6,77E-03	0,273			

1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	100	0,028	0,010	2,656	0,3595	364510	0,0139	2,16E-02	0,766	0,071	1,834	1,906
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	200	0,056	0,044	1,277	0,0831	357387	0,0139	1,97E-02	0,029			
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	200	0,056	0,067	0,835	0,0356	289103	0,0145	1,45E-03	0,040			
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	400	0,111	0,067	1,671	0,1423	578205	0,0128	1,99E-02	0,643			
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	400	0,111	0,056	1,996	0,2031	632072	0,0126	8,64E-03	0,356			

1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	113	0,031	0,010	2,988	0,4550	410073	0,0136	2,68E-02	0,969	0,088	2,322	2,410
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	225	0,063	0,044	1,436	0,1051	402060	0,0136	2,44E-02	0,037			
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	225	0,063	0,067	0,940	0,0450	325240	0,0142	1,80E-03	0,051			
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	450	0,125	0,067	1,879	0,1800	650481	0,0125	2,47E-02	0,814			
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	450	0,125	0,056	2,246	0,2571	711081	0,0123	1,07E-02	0,451			

1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	125	0,035	0,010	3,320	0,5617	455637	0,0133	3,25E-02	1,196	0,107	2,866	2,973
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	250	0,069	0,044	1,596	0,1298	446733	0,0134	2,95E-02	0,046			
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	250	0,069	0,067	1,044	0,0556	361378	0,0139	2,18E-03	0,063			
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	500	0,139	0,067	2,088	0,2223	722756	0,0123	2,99E-02	1,005			
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	500	0,139	0,056	2,496	0,3174	790091	0,0121	1,30E-02	0,556			

1-2	125	115,4	4,8	0,5	1,08E-05	133	0,037	0,010	3,519	0,6311	482975	0,0132	3,61E-02	1,344	0,119	3,221	3,340
2-3	250	235,4	7,3	4,0	5,31E-06	265	0,074	0,044	1,691	0,1458	473537	0,0132	3,28E-02	0,052			
3-4	315	291,0	12,0	0,8	4,30E-06	265	0,074	0,067	1,107	0,0624	383061	0,0138	2,42E-03	0,071			
4-5	315	291,0	12,0	3,2	4,30E-06	530	0,147	0,067	2,214	0,2497	766122	0,0122	3,33E-02	1,129			
5-6	280	266,2	6,9	0,9	4,70E-06	530	0,147	0,056	2,645	0,3566	837496	0,0120	1,44E-02	0,625			

Příloha 6

- Výpočet ztrátových výšek na výtlačném potrubí - 1. část (VYP_2)

Úsek	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]	Δ/D [-]	Q [m ³ /h]	Q [m ³ /s]	S [m ²]	v [m/s]	$v^2/2g$ [m]	R_e [-]	λ [-]	z_t [m]	z_m [m]	Σz_t [m]	Σz_m [m]	Σz_v [m]
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	0	0,000	0,044	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	0	0,000	0,044	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	0	0,000	0,044	0,000	0,0000	0	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	13	0,003	0,017	0,203	0,0021	35695	0,0226	0,002	0,008	0,000	0,000	0,000
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	13	0,003	0,008	0,429	0,0094	51856	0,0208	0,010	0,035	0,000	0,000	0,000
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	50	0,014	0,044	0,320	0,0052	89525	0,0184	0,002	0,021	0,015	0,066	0,081
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	38	0,010	0,044	0,240	0,0029	67144	0,0196	0,001	0,001	0,015	0,066	0,081
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	25	0,007	0,044	0,160	0,0013	44763	0,0215	0,001	0,001	0,015	0,066	0,081
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	13	0,003	0,017	0,203	0,0021	35695	0,0226	0,002	0,008	0,015	0,066	0,081
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	13	0,003	0,008	0,429	0,0094	51856	0,0208	0,010	0,035	0,015	0,066	0,081
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	100	0,028	0,044	0,638	0,0208	178693	0,0159	0,006	0,082	0,051	0,262	0,313
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	75	0,021	0,044	0,479	0,0117	134020	0,0169	0,004	0,003	0,051	0,262	0,313
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	50	0,014	0,044	0,319	0,0052	89347	0,0184	0,002	0,006	0,051	0,262	0,313
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	25	0,007	0,017	0,406	0,0084	71247	0,0193	0,006	0,030	0,051	0,262	0,313
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	25	0,007	0,008	0,857	0,0374	103505	0,0178	0,033	0,141	0,051	0,262	0,313
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	150	0,042	0,044	0,957	0,0467	268040	0,0147	0,013	0,185	0,106	0,589	0,696
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	113	0,031	0,044	0,718	0,0263	201030	0,0156	0,008	0,007	0,106	0,589	0,696
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	75	0,021	0,044	0,479	0,0117	134020	0,0169	0,005	0,013	0,106	0,589	0,696
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	38	0,010	0,017	0,609	0,0189	106871	0,0177	0,012	0,068	0,106	0,589	0,696
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	38	0,010	0,008	1,285	0,0841	155257	0,0164	0,068	0,316	0,106	0,589	0,696
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	200	0,056	0,044	1,277	0,0831	357387	0,0139	0,022	0,328	0,178	1,048	1,226
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	150	0,042	0,044	0,957	0,0467	268040	0,0147	0,014	0,012	0,178	1,048	1,226
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	100	0,028	0,044	0,638	0,0208	178693	0,0159	0,008	0,023	0,178	1,048	1,226
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	50	0,014	0,017	0,812	0,0336	142495	0,0167	0,020	0,122	0,178	1,048	1,226
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	50	0,014	0,008	1,713	0,1496	207010	0,0155	0,114	0,562	0,178	1,048	1,226
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	250	0,069	0,044	1,596	0,1298	446733	0,0134	0,034	0,513	0,267	1,637	1,904
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	188	0,052	0,044	1,197	0,0730	335050	0,0141	0,021	0,019	0,267	1,637	1,904
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	125	0,035	0,044	0,798	0,0324	223367	0,0153	0,012	0,037	0,267	1,637	1,904
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	63	0,017	0,017	1,015	0,0525	178118	0,0160	0,030	0,190	0,267	1,637	1,904
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	63	0,017	0,008	2,141	0,2337	258762	0,0148	0,171	0,879	0,267	1,637	1,904
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	300	0,083	0,044	1,915	0,1869	536080	0,0130	0,047	0,738	0,371	2,358	2,729
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	225	0,063	0,044	1,436	0,1051	402060	0,0136	0,029	0,028	0,371	2,358	2,729
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	150	0,042	0,044	0,957	0,0467	268040	0,0147	0,017	0,053	0,371	2,358	2,729
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	75	0,021	0,017	1,218	0,0756	213742	0,0154	0,042	0,274	0,371	2,358	2,729
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	75	0,021	0,008	2,570	0,3366	310515	0,0143	0,237	1,265	0,371	2,358	2,729

Příloha 7

- Výpočet ztrátových výšek na výtlačném potrubí - 2. část (VYP_2)

Úsek	d [mm]	DN [mm]	t [mm]	L [m]	Δ/D [-]	Q [m ³ /h]	Q [m ³ /s]	S [m ²]	v [m/s]	v ² /g [m]	R _e [-]	λ [-]	Z _t [m]	Z _m [m]	ΣZ _t [m]	ΣZ _m [m]	ΣZ _v [m]
1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	350	0,097	0,044	2,234	0,2543	625427	0,0126	0,062	1,005	0,491	3,209	3,700
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	263	0,073	0,044	1,675	0,1431	469070	0,0133	0,038	0,038			
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	175	0,049	0,044	1,117	0,0636	312713	0,0143	0,022	0,072			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	88	0,024	0,017	1,421	0,1028	249366	0,0149	0,055	0,373			
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	88	0,024	0,008	2,998	0,4581	362267	0,0139	0,314	1,722			

1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	400	0,111	0,044	2,553	0,3322	714774	0,0123	0,079	1,312	0,626	4,192	4,818
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	300	0,083	0,044	1,915	0,1869	536080	0,0130	0,048	0,049			
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	200	0,056	0,044	1,277	0,0831	357387	0,0139	0,029	0,094			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	100	0,028	0,017	1,623	0,1343	284989	0,0146	0,070	0,487			
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	100	0,028	0,008	3,426	0,5983	414020	0,0136	0,400	2,250			

1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	450	0,125	0,044	2,872	0,4205	804120	0,0121	0,098	1,661	0,775	5,305	6,080
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	338	0,094	0,044	2,154	0,2365	603090	0,0127	0,060	0,062			
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	225	0,063	0,044	1,436	0,1051	402060	0,0136	0,035	0,119			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	113	0,031	0,017	1,826	0,1700	320613	0,0142	0,087	0,616			
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	113	0,031	0,008	3,855	0,7573	465772	0,0133	0,495	2,847			

1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	500	0,139	0,044	3,191	0,5191	893467	0,0118	0,119	2,050	0,939	6,550	7,489
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	375	0,104	0,044	2,393	0,2920	670100	0,0124	0,073	0,077			
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	250	0,069	0,044	1,596	0,1298	446733	0,0134	0,043	0,147			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	125	0,035	0,017	2,029	0,2099	356237	0,0140	0,105	0,761			
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	125	0,035	0,008	4,283	0,9349	517525	0,0130	0,600	3,515			

1-2	250	235,4	7,3	4,5	5,31E-06	530	0,147	0,044	3,383	0,5832	947075	0,0117	0,132	2,304	1,044	7,359	8,403
2-3	250	235,4	7,3	4,7	5,31E-06	398	0,110	0,044	2,537	0,3281	710306	0,0123	0,081	0,087			
3-4	250	235,4	7,3	5,8	5,31E-06	265	0,074	0,044	1,691	0,1458	473537	0,0132	0,048	0,165			
4-5	160	147,6	6,2	5,3	8,47E-06	133	0,037	0,017	2,151	0,2358	377611	0,0138	0,117	0,855			
5-6	110	101,6	4,2	5,0	1,23E-05	133	0,037	0,008	4,540	1,0504	548576	0,0129	0,667	3,950			

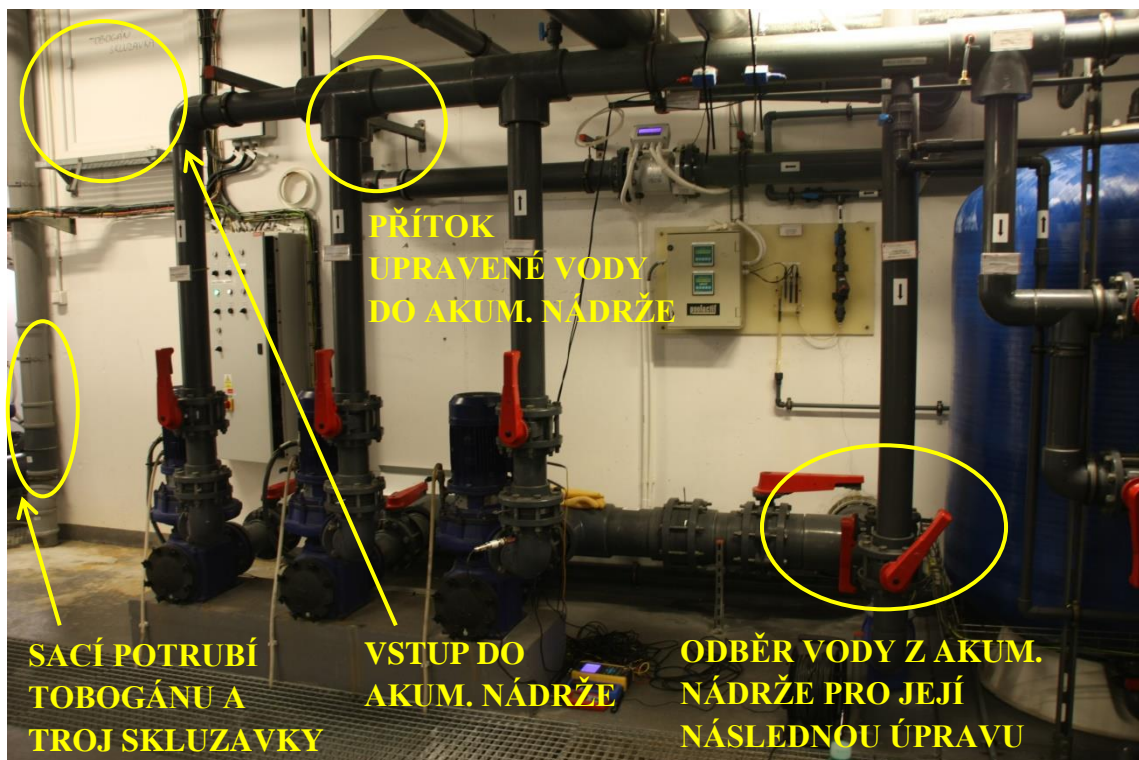
Příloha 8

– Čerpadla tobogánu a troj skluzavky (vlevo), recirkulační úpravna vody (vpravo)



Příloha 9

– Popis dispozice 1



Příloha 10

– Popis dispozice 2



Příloha 11

– Sací potrubí tobogánu a troj skluzavky



Příloha 12

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha -



Příloha 13

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha -



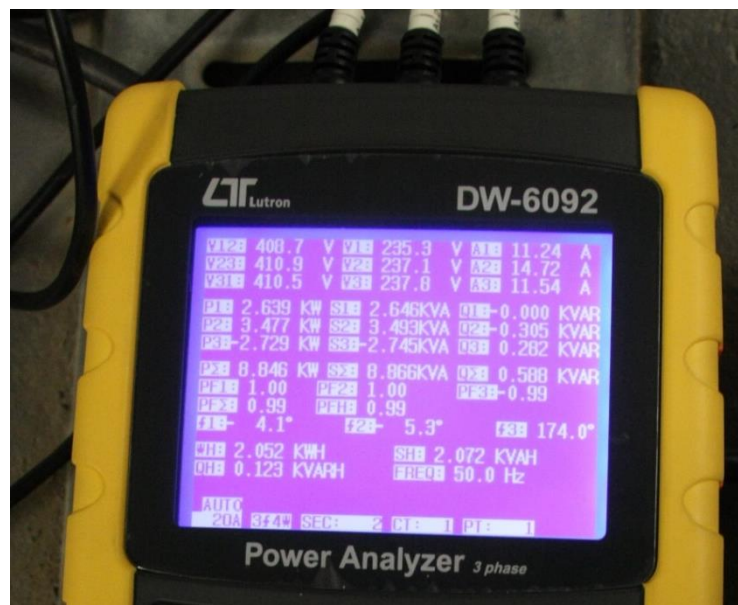
Příloha 16

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 1



Příloha 17

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 1



Příloha 18

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 2



Příloha 19

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKS1-1DKV1, Poloha 2



Příloha 20

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha -



Příloha 21

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha -



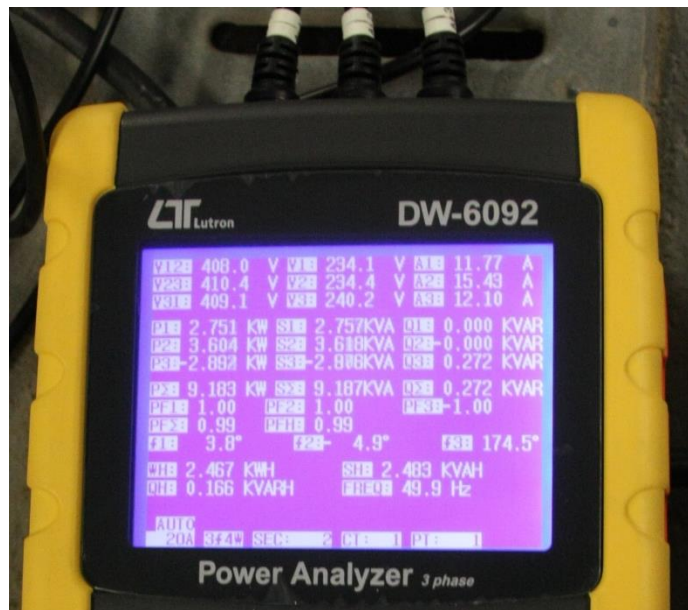
Příloha 22

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 0



Příloha 23

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 0



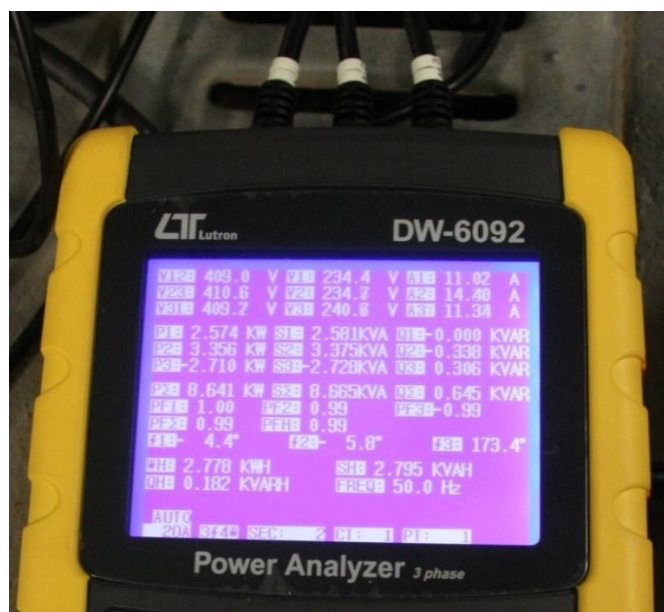
Příloha 24

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 1



Příloha 25

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKS2, Poloha 1



Příloha 28

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha -



Příloha 29

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha -



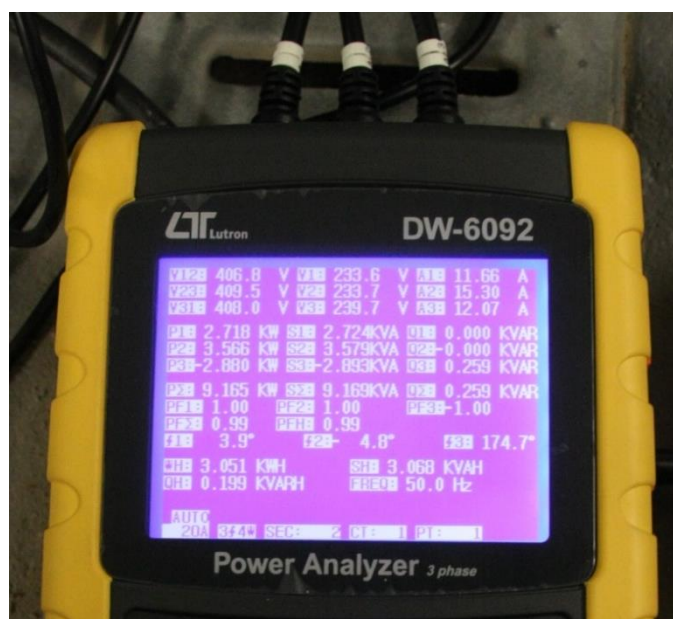
Příloha 30

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 0



Příloha 31

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 0



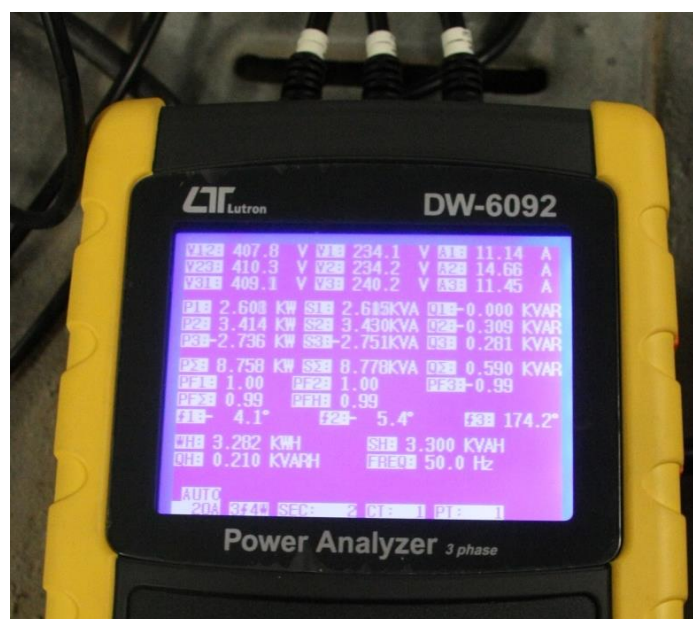
Příloha 32

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 1



Příloha 33

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 1



Příloha 34

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 2



Příloha 35

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV2, Poloha 2



Příloha 36

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV3, Poloha -



Příloha 37

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV3, Poloha -



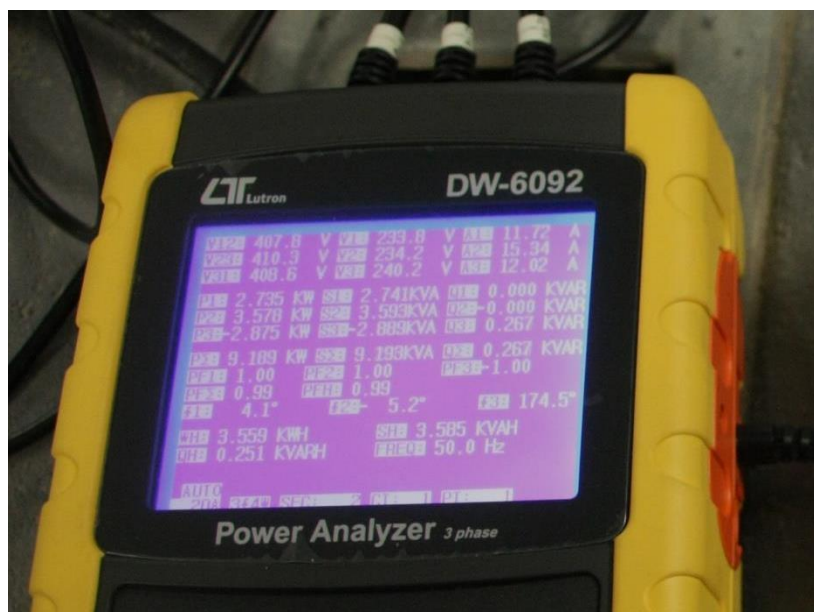
Příloha 38

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV3, Poloha 0



Příloha 39

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV3, Poloha 0



Příloha 40

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV4, Poloha -



Příloha 41

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV4, Poloha -



Příloha 42

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV4, Poloha 0



Příloha 43

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV4, Poloha 0



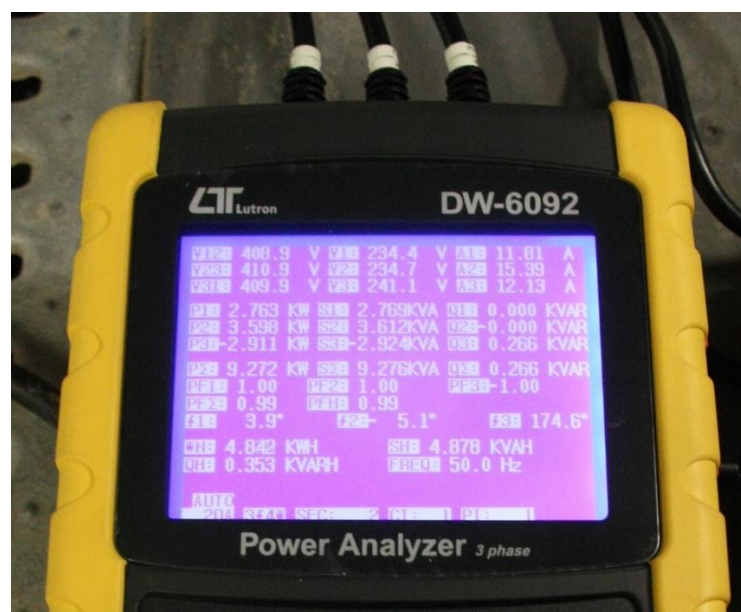
Příloha 46

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV5, Poloha 0



Příloha 47

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV5, Poloha 0



Příloha 48

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV6, Poloha -



Příloha 49

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV6, Poloha -



Příloha 50

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty Q, v, H, čidla 1DKV1-1DKV6, Poloha 0



Příloha 51

– Okruh 3: Pohled na měřené hodnoty P, čidla 1DKV1-1DKV6, Poloha 0

