



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NAVRHOVÁNÍ ČERPACÍCH STANIC PRO DOPRAVU ODPADNÍCH VOD

DESIGN OF SEWAGE PUMPING STATIONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LEOŠ KÁDA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Leoš Káda

Název Navrhování čerpacích stanic pro dopravu
odpadních vod

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2012

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

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

Podklady a literatura

- [1] GRUNDFOS. The Sewage Pumping Handbook. In: GRUNDFOS.COM [online]. [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: <http://dk.grundfos.com/content/dam/Global%20Site/Industries%20%26%20solutions/waterutility/pdf/sewage-handbook.pdf>.
- [2] MALANÍK, S. Čerpací stanice na odpadní vody (s nepřímou separací pevných látek před oběžným kolem čerpadla). In: VAKINFO [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: <http://www.vakinfo.cz/konference-sovak-2009/cerpaci-stanice-na-odpadni-vody>.
- [3] BRADA, K.; HLAVÍNEK, P. Čerpadla ve vodním hospodářství. Brno: Ústav vodního hospodářství obcí, FAST, VUT v Brně, 2004. 195 s. ISBN: 80-86020-43- 6.
- [4] BRADA, K.; HLAVÍNEK, P. Ponorná čerpadla se zapouzdřeným (mokrým) elektropohonem. In Městské vody 2011. 1. Brno: ARDEC s.r.o., 2011. s. 225-228. ISBN: 978-80-86020-73- 0.
- [5] GARR, M. J, et al. Pumping Station Design, 3rd Edition. ELSEVIER. 2008. ISBN-10: 1856175138
- [6] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení.

Zásady pro vypracování

Předmětem bakalářské práce bude zpracování nových poznatků a informací z oblasti navrhování čerpacích stanic pro dopravu odpadních vod. Práce se bude skládat ze dvou částí. V první části bakalář provede rešerši z dané problematiky – rozdělení čerpadel, vybavení čerpacích stanic a způsoby navrhování. V druhé části bakalář aplikuje získané poznatky na případové studii návrhu čerpací stanice pro dopravu odpadních vod. Požadované výstupy: technická zpráva, hydrotechnické výpočty, výkresová dokumentace dle pokynů vedoucího BP.

Předepsané přílohy

.....
doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce je navrhování čerpacích stanic pro dopravu odpadních vod. Cílem této práce je seřadit současné základní znalosti v oblasti návrhu čerpacích stanic, jejího vybavení a obohatit je novými trendy a technologiemi.

Klíčová slova

čerpadlo, oběžné kolo, jímka, separace, pracovní bod, odpadní voda, kal.

Abstract

Theme of bachelor thesis is Design of Sewage Pumping Stations. Main purpose of this theme is create basic reference book for design of sewage pumping stations. Next intention of this thesis is to bring the newest information on both submersible pumps and pumping stations.

Keywords

pump, impeller, sump, separation, waste water, operating point

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

KÁDA, Leoš. *Navrhování čerpacích stanic pro dopravu odpadních vod*. Brno, 2013. 55 s., 3 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 23.5.2013

.....
podpis autora
Leoš Káda

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jaroslavovi Raclavskému, Ph.D. za ochotu a velmi přínosné rady.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	ČERPACÍ STANICE PRO DOPRAVU ODPADNÍCH VOD	4
2.1	Názvosloví	4
2.2	související normy	4
2.3	KONSTRUKCE OBJEKTU ČERPACÍ STANICE [5]	5
2.3.1	Povinné náležitosti ČS	5
2.3.2	Vybavení ČS	5
2.3.3	Požadavky vlastníků stokové sítě na ČS	7
2.3.4	Vlastní komentář	8
2.4	ČERPADLA	9
2.4.1	Hydrodynamická čerpadla.....	9
2.4.2	Čerpadla pro dopravu kalové vody	11
2.4.3	Systémy se separací pevných látek	14
2.4.4	Vlastní komentář	15
2.4.5	Hydraulický návrh čerpací techniky.....	18
2.4.6	Energetická náročnost čerpací techniky	24
2.4.7	Armatury	26
2.4.8	Hydraulický ráz.....	29
2.5	PNEUMATICKÁ DOPRAVA ODPADNÍCH VOD	30
2.5.1	Princip funkce pneumatické dopravy OV	30
3	NÁVRH ČERPADEL V ČS NEPASICE A ČS BLEŠNO.....	32
3.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	32
3.1.1	Stávající stav	32
3.1.2	Výhledový stav.....	32
3.1.3	Návrh řešení	32
3.1.4	Závěr	34
3.2	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	35
3.2.1	Stanovení velikosti čerpací jímky ČS Nepasice	35
3.2.2	Stanovení tlakových ztrát Nepasice – Svinary	36
3.2.3	Stanovení rozměrů podtlakových nádob ČS Blešno	37
3.2.4	Stanovení tlakových ztrát ČS Blešno	38
3.2.5	Pracovní body navržených čerpadel	39
3.2.6	Posouzení zdržení OV ve výtlačném řadu.....	40
4	ZÁVĚR.....	41
5	POUŽITÁ LITERATURA	43
	SEZNAM TABULEK	45
	SEZNAM OBRÁZKŮ	46

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	47
SEZNAM PŘÍLOH.....	48
SUMMARY.....	49

1 ÚVOD

Tématem bakalářské práce je navrhování čerpacích stanic pro dopravu odpadních vod. Problematika čerpacích stanic je značně široká a zasahuje rovněž do celé řady jiných oborů, zejména do oboru strojírenství. Cílem této práce je seřadit současné základní znalosti v oblasti návrhu čerpacích stanic, jejího vybavení a obohatit je novými trendy a technologiemi.

Čerpací stanice pro dopravu odpadních vod je objekt sloužící k přečerpávání splašků do jiné výškové úrovně kanalizace nebo jiné čerpací jámky v případě. Dále může pracovat v rámci čistírny odpadních vod nebo jako součást tlakových či podtlakových kanalizačních systémů.

První část této práce je zaměřena na konstrukční zásady budování samotného objektu čerpací stanice včetně všech součástí, jako je manipulační komora, čerpací jámka, přívodní potrubí, výtlačné potrubí. Dalším důležitým bodem první části je rozřídění vybraných současných požadavků některých vlastníků a provozovatelů stokových sítí na vybavení ČS. V další části této kapitoly je řešena problematika obecného rozdělení čerpadel, jejich konstrukce a způsoby osazení v čerpacích jámkách. Po zmíněném obecném rozdělení je možné přistoupit k samotnému návrhu čerpadel. Je zde popsán základní způsob stanovení pracovního bodu čerpací soustavy a seřídění vybraných charakteristik potřebných pro správné navržení čerpadla.

Druhá část práce je věnována praktickému využití získaných informací. Jde o návrh čerpadel do stávající čerpací stanice Nepasice, jejíž čerpadla již nejsou vyhovující. Dále je předmětem řešení přečerpávání odpadních vod z podtlakové stanice Blešno do sběrného výtlačného řadu.

2 ČERPACÍ STANICE PRO DOPRAVU ODPADNÍCH VOD

Tato část práce je zaměřena na současný stav poznání řešené problematiky. Je zde popsán způsob navrhování jak samotné konstrukce čerpací stanice, tak jejího vybavení. Dále jsou v této kapitole rozčleněny požadavky, které jsou na čerpací stanice kladeny.

Čerpací stanice je v kanalizačním systému chápána jako objekt budovaný na stokové síti. Jsou kladeny vysoké požadavky na jejich spolehlivost a správnost návrhu. Čerpání totiž představuje 20% celosvětové spotřeby elektrické energie.

2.1 NÁZVOSLOVÍ [2]

- a) armaturní komora: je to objekt čerpací stanice, v němž jsou umístěny armatury. Armatury jsou zařízení na potrubí umožňující jejich regulaci a funkci. Do armaturních komor umísťujeme šoupátka, montážní vložky, odvzdušňovací ventily, redukce a zpětné klapky. U malých čerpacích stanic pro dopravu OV jsou armatury přímo v jímce na max. hladinou;
- b) čerpadlo: je to stroj, který mění mechanickou energii kapaliny na energii hydrodynamickou;
- c) pohon čerpadla: je zařízení, které dodává čerpadlu mechanickou energii. Nejčastěji jsou to elektromotory. Zřídka se osazují spalovací motory;
- d) čerpací soustava: je skupina čerpadel čerpajících do společného hydraulického systému (výtláčeného řadu);
- e) pracovní bod čerpací soustavy: průsečík Q-H křivky s charakteristikou potrubí viz. kap.2.4.5;
- f) sací jímka: oddělený prostor pro umístění sacího potrubí, sacích košů, popř. vtokových košů. Bývá umístěna pod čerpací stanicí nebo vedle ní.

2.2 SOUVISEJÍCÍ NORMY

ČSN EN 752 – Odvodňovací systémy vně budov

ČSN 75 6101 – Stokové sítě a kanalizační přípojky

ČSN EN ISO 17769-1 - Kapalinová čerpadla a čerpací zařízení

ČSN 11 0000 - Rozdělení a terminologie čerpadel

2.3 KONSTRUKCE OBJEKTU ČERPACÍ STANICE [5]

Čerpací stanice musí být přístupné po zpevněných komunikacích a je nutné v okolí čerpací stanice vymezit a vybudovat manipulační prostor pro obslužnou techniku. Dále je vhodné objekt oplotit. Obecně se čerpací stanice navrhují dle ČSN EN 752. Následně je nutné dodržovat upřesňující požadavky z pohledu potřeb a technologických možností vlastníka a provozovatele kanalizace, které je třeba respektovat při návrhu všech čerpacích stanic. V současné době se čerpací stanice navrhují výhradně s automatickým provozem a s dálkovou kontrolou z místa dispečinku.

2.3.1 Povinné náležitosti ČS

Přesné požadavky na budování ČS si specifikuje každý vlastník a provozovatel stokové sítě. Tyto informace lze nalézt v technických standardech dané společnosti, pro kterou se čerpací stanice bude budovat. Vybrané názorné požadavky jsou pak uvedeny v kap. 2.3.3

2.3.2 Vybavení ČS [5]

Vnitřní vybavení ČS se doporučuje z nerezavějících materiálů. Dále by měla být vybavena řídicím systémem a přenosem dat. U větších ČS se doporučuje umístit i hygienické zařízení a WC.

Čerpací stanice je tvořena následujícími objekty:

- čerpací jímka;
- manipulační komora;
- přívodní potrubí (na vtoku musí být osazen česlicový koš);
- výtlačné potrubí.

Strojní vybavení ČS tvoří:

- čerpadla;
- zvedací zařízení pro čerpadla;
- armatury a ovládací prvky;
- příslušné úseky sacího a výtlačného potrubí.

Čerpací jímka:

Musí být umístěna níže, než je přívodní potrubí. Kapacita jímky je dimenzována tak, aby nedocházelo ke zbytečně častému spouštění čerpadel. Ideální je navrhnout jímku tak, aby čerpadla byla spouštěna dle doporučení výrobce. Jímka musí být dále řešena jako vodotěsná a staticky posouzená tak, aby nedošlo k jejímu vyplavení spodní vodou. Dno jímky musí být vyspádováno směrem k čerpadlu.

Vstup do jímky bývá řešen vetknutým nerezovým žebříkem. Nad maximální hladinou bývá podesta, nad níž je vyvedeno potrubí a umístěny armatury.

Manipulační komora:

Její návrh je závislý na volbě osazení čerpací techniky. Pokud je čerpací technika umístěna v suché jímce, pak je manipulační komora přímo v prostoru suché jímky. V případě mokré jímky, je nutné vybudovat manipulační komoru. Ideálně nad úrovní terénu. Manipulační komora musí být vybavena zařízením pro zdvihání čerpadel a armatur.

Výtlačné potrubí:

Dimenze výtlačného potrubí se navrhuje dle kap. 2.2.4

Návrh výtlačného potrubí musí dle ČSN EN 752 obsahovat: [4]

- volbu trasy;
- volbu průměru;
- podtlaky a přetlaky, jakož i vnější zařízení;
- volbu materiálu;
- osově síly;
- objekty vyústění výtlačných potrubí;
- opatření pro omezení zahřívání odpadních vod;
- prostor pro armatury;
- celkové náklady

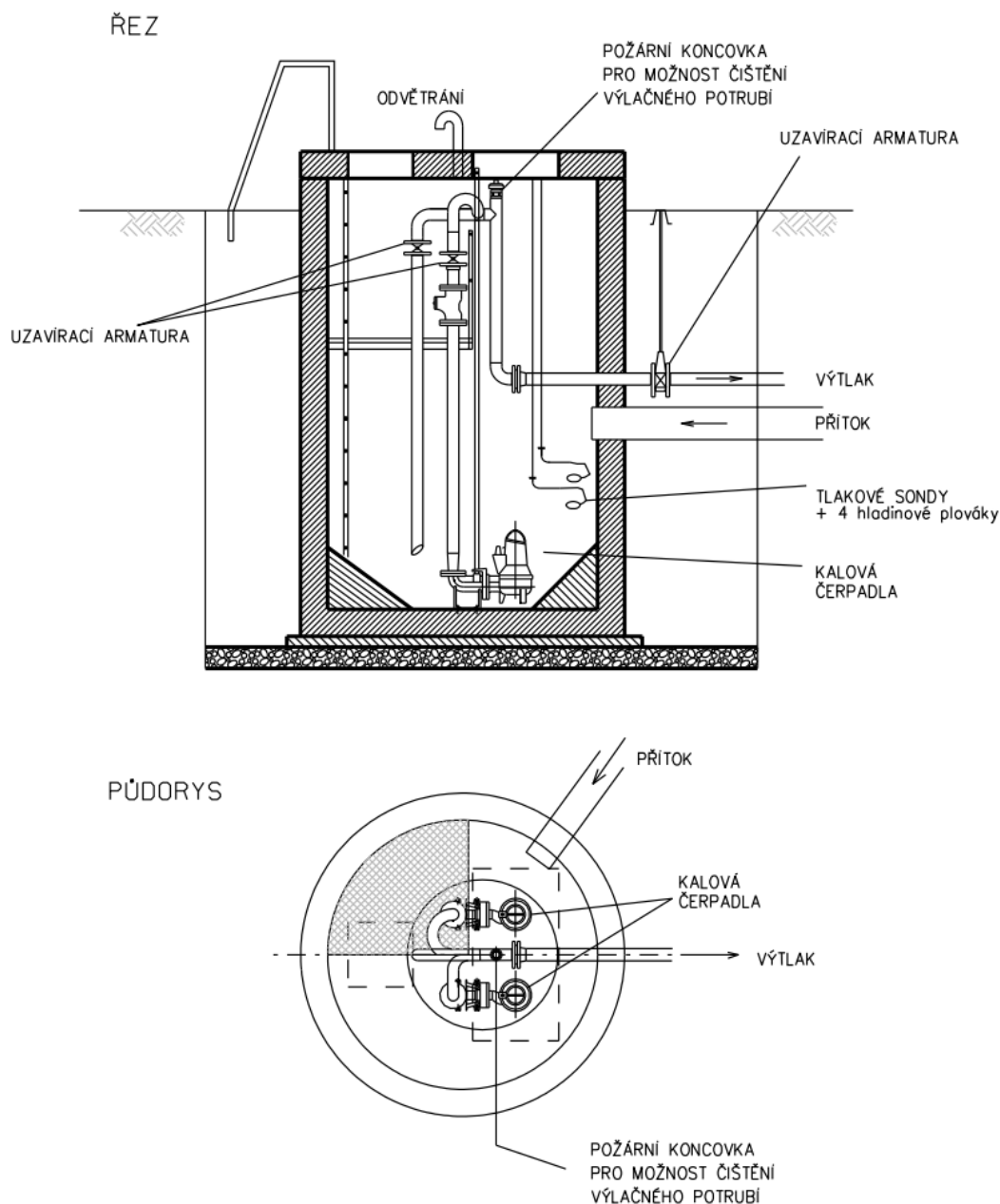
Napojení na elektrickou síť:

Čerpací stanice musí být připojena na elektrickou síť. Návrh jističů a zásuvek souvisí s volenou čerpací technikou a také velikostí ČS. Jaké bude jištění a kde budou umístěny zásuvky (ve sloupku či v jímce) je nutné zkonzultovat v provozovateli.

Signalizace chodu:

Minimální rozsah nutných přenosů k provozovateli [5]:

- čerpadlo 1 – chod, porucha;
- čerpadlo 2 - chod porucha;
- max.hladina provozní;
- max.hladina porucha;
- ztráta napětí;
- sdružená porucha;
- vstup do objektu.



Obr.2.1 Vzorové vybavení malé kanalizační čerpací stanice

2.3.3 Požadavky vlastníků stokové sítě na ČS

V tabulce Tab.2.1 Vybrané požadavky z technických standart jsou znázorněny rozdílné požadavky vlastníků stokové sítě na provádění a vybavení čerpacích stanic. Požadavky jsou obecně závazné a jakékoliv změny je třeba konzultovat s příslušným zástupcem. Rozdíly v požadavcích vycházejí zejména z místních podmínek, stavu a způsobu provozu stávající stokové sítě a objektů na ní umístěných.

Tab.2.1 Vybrané požadavky z technických standartů

TECHNICKÉ STANDARTY			
	H.Králové	Brno	Praha
ČERPACÍ STANICE			
objekt ČS	nadzemní, podzemní	nadzemní	nadzemní, podzemní
umístění čerpadel	suchá jímka se separací	-	suchá, mokrá, separace
výrobce	STRATE, WILO	-	-
min. průchodnost oběžným kolem	65 mm	-	65 mm
rezerva %	100	100	-
spínání čerpadel	tlak.hladinový spínač	tlak.hladinový spínač + chránička	tlak.hladinový spínač
havarijní rezerva	5-10 h Q_{24}	24 h Q_{24}	5-10 h Q_{24}
připojení na mobilní zdroj energie	-	-	400 V, min 32 A
jističe	-	16A	-
VÝTLAK			
materiál	GGG, PVC, HDPE, PP	GGG	GGG, PEHD 100
min. DN	80	100	80
min. rychlost [$m \cdot s^{-1}$]	1,0	1,0	do DN300: 0,8-1,5 nad DN300: 0,8-2,0
min sklon ‰	-	-	3

2.3.4 Vlastní komentář

V této kapitole je naznačen směr kterým se navrhování ČS ubírá a jak se může lišit v závislosti na lokalitě, kde má být ČS vystavěna. Jak bylo již zmíněno, tak důležitými faktory jsou zejména odlišnosti morfologie území a také stávající způsob provozování vodovodů a kanalizací. Dalším důležitým faktorem jsou i zkušenosti zaměstnanců v provozu, kteří svými doporučujícími návrhy mohou vytvářet právě tyto rozdíly. V oblasti čerpací techniky je do jisté míry zastoupen i marketingový vliv společností vyrábějící čerpací techniku. Nicméně je v zájmu všech provozních společností volit co možná nejspolehlivější čerpadla od zavedených výrobců čerpadel.

2.4 ČERPADLA [1]

Dle základního principu fyzikálního fungování čerpadel jsou k dispozici tyto dva typy čerpací techniky:

- a) Čerpadla hydrostatická: u tohoto typu čerpadel přeměna mechanické energie na energii hydrodynamickou probíhá pomocí pístu, který se pohybuje přímočaře vratně, nebo rotuje. Použití hydrostatických čerpadel ve vodním hospodářství pro dopravu odpadních vod není vhodné;
- b) Čerpadla hydrodynamická: přeměna mechanické energie na energii hydraulickou probíhá nepřímo pomocí oběžného kola. Tento princip využívá změnu kinetické energie kapaliny. Pro návrh k použití ve vodním hospodářství jsou hydrodynamická čerpadla vhodná.

2.4.1 Hydrodynamická čerpadla

Rozdělení:

Odstředivá: čerpadla dopravují kapalinu točivým pohybem oběžného kola. Kapalina proudí oběžným kolem proti výtoku a pohybuje se odstředivě. Tato čerpadla se dále dělí na:

- a) Radiální: kapalina vstupuje do oběžného kola axiálně, tzn. rovnoběžně s osou a vystupuje z oběžného kola kolmo na osu otáčení, tzn. radiálně (viz Obr.2.2 Průřez horizontálním čerpadlem. Kapalina je oběžným kolem na vstupní straně nasávána a na výstupní vytlačována. Čerpadla dosahují vysokých výtlaků. Pro dosažení větších tlaků lze přidávat stupně;
- b) Axiální: oběžné kolo má tvar vrtule se dvěma až čtyřmi lopatkami. Kapalina vstupuje do oběžného kola axiálně, stejně i vystupuje. Jsou vhodná pro dopravu větších objemů kapaliny do menších výšek;
- c) Diagonální: využívá principu radiálních i axiálních čerpadel. Kapalina vstupuje do oběžného kola axiálně a vystupuje z něj uhlopříčně, tzn. diagonálně.

Další parametr čerpadla je poloha osy hřídele:

- a) Vertikální;
- b) Horizontální.

Dle počtu stupňů:

- a) Jednostupňové;
- b) Vícestupňové.

Dle počtu proudů v oběžném kole:

- a) Jednoproudé;

b) Dvouproudé.

Dle typu elektromotoru:

- a) Suchý;
- b) Suchý v ponorném čerpadle;
- c) Zapouzdřený s mokrým rotorem.

Dle průtoku:

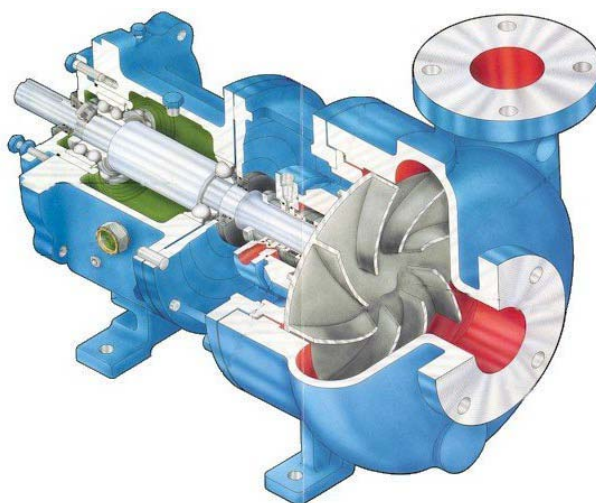
- a) s konstantním průtokem (průtok lze měnit při konstantních otáčkách);
- b) s měnitelným průtokem.

Dle směru proudění:

- a) jednosměrné;
- b) obousměrné (směr proudění lze měnit změnou otáčení oběžného kola);
- c) reverzní (směr proudění lze měnit beze změny směru otáčení).

Dle čerpané kapaliny:

- a) na čistou vodu;
- b) voda s obsahem tuhých částic (kaly a vodní suspenze).



Obr.2.2 Průřez horizontálním čerpadlem [zdroj: www.th.all.biz]

2.4.2 Čerpadla pro dopravu kalové vody

Kalovou vodu s obsahem splaškových vod i písku nelze čerpat běžným čerpadlem na čistou vodu. Nečistoty by ucpávaly lopatky oběžných kol, vlákna by se namotávala na hřídel oběžného kola. Písek v důsledku své abrazivní schopnosti by vydřel oběžné kolo z normálního materiálu. Z tohoto důvodu byly vyvinuty speciální typy kalových čerpadel, lišící se zejména provedením oběžného kola.

Oběžná kola

V současnosti je na trhu nabízeno velké množství druhů oběžných kol pro dopravu OV. Výběr vhodného oběžného kola je pro konečný efektivní návrh velice důležitý krok. Níže jsou uvedena nejzákladnější oběžná kola. Další většinou pracují na jejich principu.

- S otevřeným lopatkovým oběžným kolem: běžně jsou instalovány pouze dvě lopatky (vyjíměčně více), které jsou zesílené u vstupu kapaliny. Nečistoty na lopatkách neudrží. Tato kola jsou vhodná pro dopravu odpadních vod s obsahem pevných látek a dlouhých vláken, hrubozrnných pevných látek a s obsahem zachyceného plynu nebo vzduchu;
- Kanálová oběžná kola: jsou vhodná pro dopravu vod s obsahem pevných látek, dlouhých vláken bez obsahů plynů. Jsou vyráběna v těchto verzích: jednokanálová nebo vícekanálová a otevřená nebo uzavřená;
- Šroubová oběžná kola: rozšíření od vstupu k výstupu vytváří účinek tzv. difúze, čímž je získán potřebný tlak.
- Oběžná kola s mēlnícím zařízením: oběžné kolo je navíc opatřeno předsazenými noži, které hrubé nečistoty rozmělní na části o velikosti cca 7mm. Ucpávání čerpadla a potrubního systému je tedy sníženo na minimum. Mnohem důležitější však je, že čerpadlo s řezacím zařízením je ideální pro čerpací systémy s malými průměry potrubí, v nichž je v běžném případě nižší průtok.



Obr.2. 3 Vybrané základní typy oběžných kol čerpadel pro odpadní vody [1]

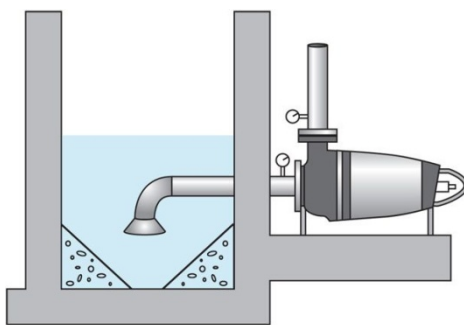


Obr.2.4 Sestava oběžného kola s mělnicím zařízením [13]

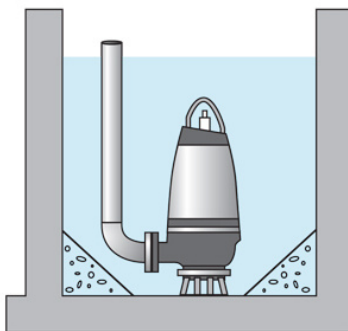
Způsoby osazení čerpadel

Z hlediska osazení čerpadel v čerpací stanici lze rozlišovat 3 základní způsoby osazení: [5]

- a) v suché jímce - při suché instalaci nejsou čerpadla ponořena do čerpané kapaliny, ale jsou instalována v jímce viz. Obr.2.5 Příklad osazení čerpadla v suché jímce [8];
- b) v mokré jímce - čerpací vybavení je ponořeno v odpadní vodě viz. Obr.2.6 Příklad osazení čerpadla v mokré jímce [9];
- c) v suché jímce se separací pevných látek – viz.kap.2.4.3.



Obr.2.5 Příklad osazení čerpadla v suché jímce [8]



Obr.2.6 Příklad osazení čerpadla v mokré jímce [9]

2.4.3 Systémy se separací pevných látek

Výše zmiňovanými čerpadly odpadní voda prochází přímo, to s sebou nese celou řadu nevýhod. Jedná se zejména o zanášení oběžných kol a následné ucpání čerpadla, dále k obrusu v důsledku abrazivního charakteru čerpaného média. Dalším problémem je navíjení dlouhých vláken na hřídel oběžného kola.

Kvůli zvýšení životnosti čerpací techniky jsou vyvíjeny systémy se separací pevných látek. Systémy se separací pevných látek pracují na následujícím principu.: Z odpadní vody při nátoku do ČS jsou pevné látky oddělovány v separátoru a prozatímne uloženy ve sběrné nádrži. Do čerpadel natéká hrubě předčištěná voda. V nádrži je osazen hydrostatický spínač a při naplnění nádrže dojde k sepnutí čerpadel. Čerpací agregát čerpá vodu bez pevných látek ze sběrné nádrže k výtlačnému potrubí. V důsledku zvýšení tlaku v separátoru pevných látek se přívodní klapka zavře samočinně. Odpadní voda opět sebere pevné látky v separátoru. Čerpáním OV do výtlačného potrubí se separátor propláchně. Jakmile dojde k dosažení minimální hladiny čerpací agregát se vypne. Přívodní klapka se samočinně otevře a dojde opět k nátoku. Výhodou těchto systémů je zejména absence přímého kontaktu čerpadel s hrubými nečistotami a nedochází tak k výraznému poškození čerpadel. Další výhodou je značné usnadnění servisu čerpadel, protože nejsou zanesena. Dále je značně snížen zápach v objektu čerpací stanice.

V současné době jsou na trhu 3 dominantní výrobci těchto systémů. Tyto systémy se v několika detailech liší. Z toho důvodu je níže rozpracováno jejich porovnání.

STRATE Awalift

Výkony systémů Awalift se pohybují od 0,3 – 800 m³/h

Sběrná nádrž je provedena ze speciální litiny

KSB AmaDS³ [6]

Výkony systémů KSB AmaDS³ se pohybují od 6 – 80 m³/h

Sběrná nádrž je provedena z nerezové oceli.

Wilo EMUport

Nejpodstatnější rozdíl oproti dvěma předcházejícím systémům, spočívá zejména v materiálovém provedení stanice. Systémy jsou prováděny z materiálu PE-HD.

Dále je vedle zpětných klapek využitý i samočinný kulový uzávěr.

Výkony se pohybují od 6-410m³/h

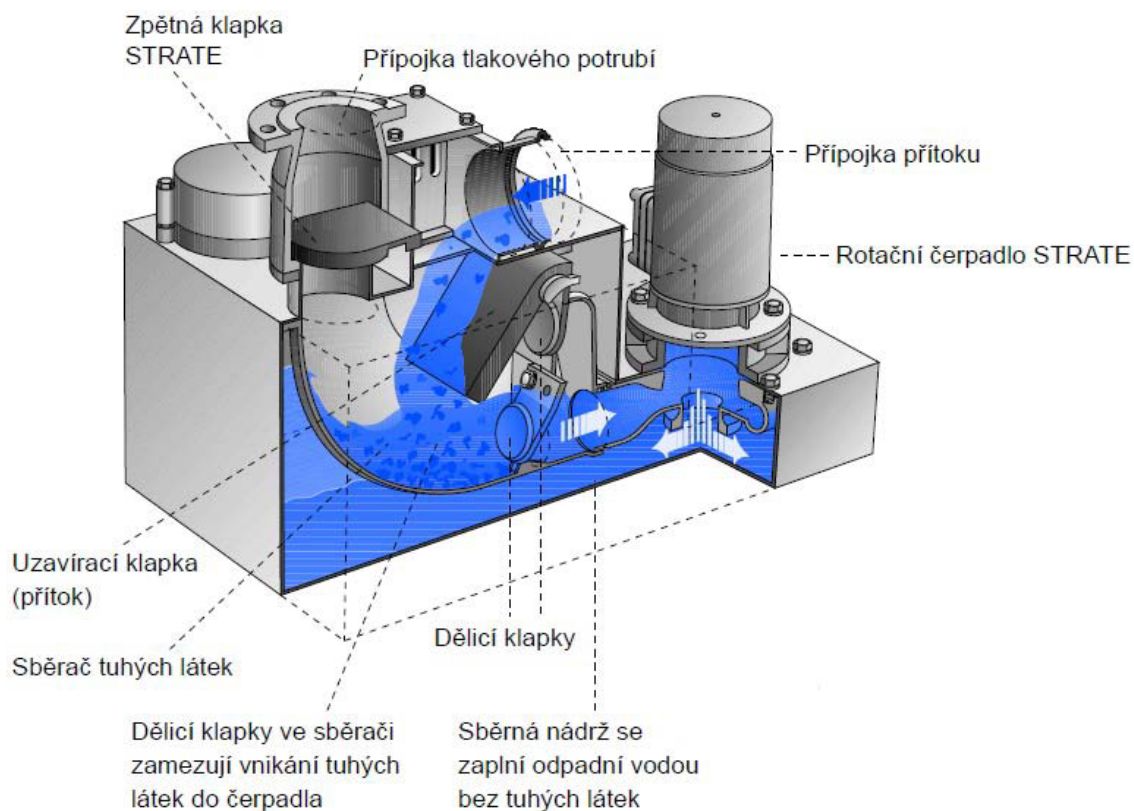
Tab.2.2 Srovnání systémů se separací pevných látek od různých výrobců

SYSTÉMY SE SEPARACÍ PEVNÝCH LÁTEK			
malé ČS	STRATE AwaLift	WILO EMUport	KSB AmaDS ³
Q _{max} [m ³ /h]	6	6	6
rozměry [mm]	1015x820	nezjištěno	1350x1050
průměr šachty [mm]	1800	1500	nezjištěno
objem nádrže [l]	205	260	220
max. doprav.výška [m]	37	25	85
střední ČS			
Q _{max} [m ³ /h]	36	30	32
rozměry [mm]	1250x1500	nezjištěno	1450x1900
průměr šachty [mm]	2400	2000	nezjištěno
objem nádrže [l]	950	1070	710
max. doprav.výška [m]	96	50	85
velké ČS			
Q _{max} [m ³ /h]	80	80	80
rozměry [mm]	1400x2000	nezjištěno	1950x2300
průměr šachty [mm]	4000	2000	nezjištěno
objem nádrže [l]	2400	2090	2400
max. doprav.výška [m]	130	70	85

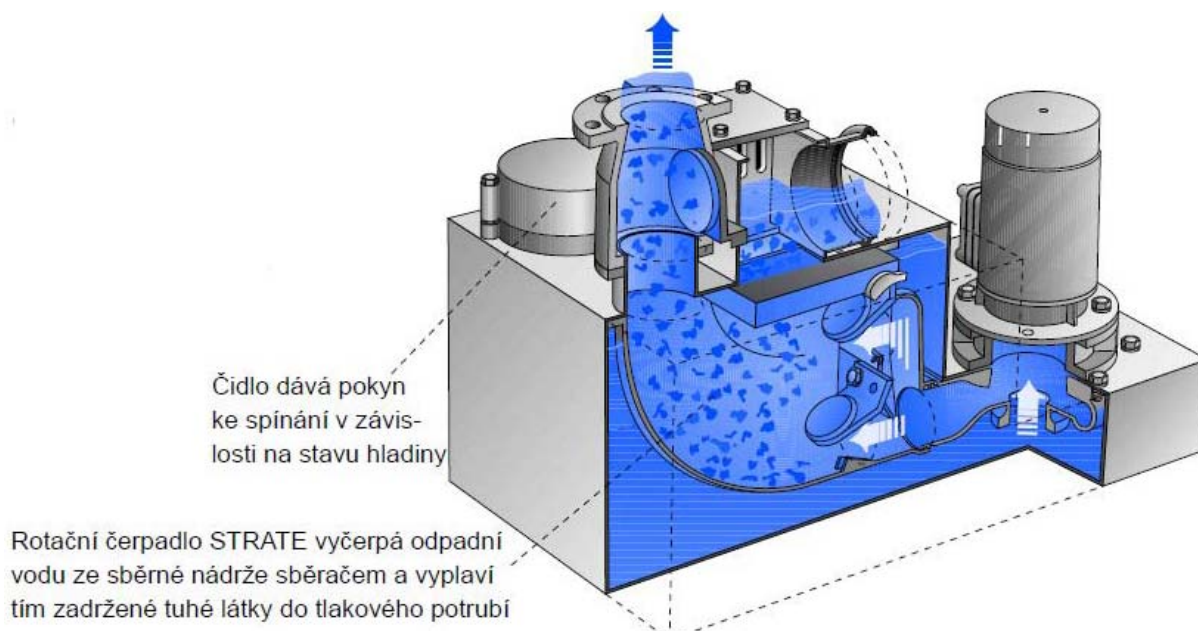
2.4.4 Vlastní komentář

Porovnáním, jednotlivých výrobců systému se separací pevných látek, jsem se snažil dosáhnout usnadnění výběru při navrhování. Za nejdůležitější parametr považuji právě rozměry jednotlivých systémů. Při potřebě instalovat systém se separací do stávající jímky, bude právě tento údaj rozhodovat. Dopravní výšky se pak dají měnit v závislosti na charakteristikách čerpadel, která budou na systému použita.

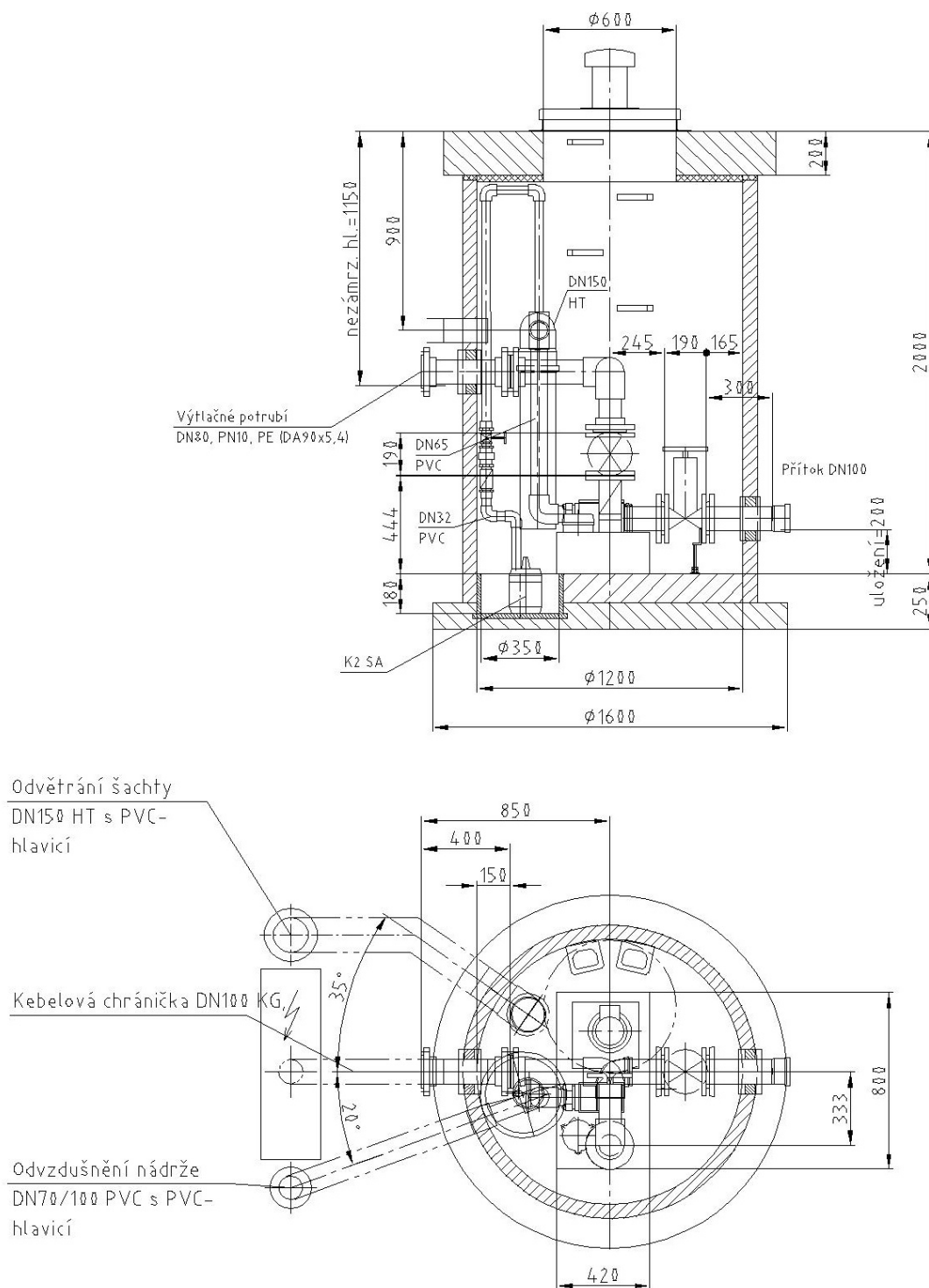
Co se týče systému, tak jsem přesvědčen o jeho vysokém potenciálu právě z hlediska menší pravděpodobnosti poruch. Vyšší spolehlivost je jistě jedním z hlavních požadavků všech provozovatelů.



Obr.2.7 Princip plnění [6]



Obr.2.8 Princip čerpání [6]



Obr.2.9 Příklad osazení systému se separací v jímce (STRATE Awalift) [6]

2.4.5 Hydraulický návrh čerpací techniky

Pro efektivní a hospodárný provoz čerpací stanice je nutné navrhnout vhodnou čerpací techniku. Pro správný návrh je nutné zohlednit místní podmínky a druh odpadních vod. Dále ceny elektrické energie a poplatky za jističe. Je třeba porovnat, zda není vhodnější zvolit menší čerpadla ve větším počtu oproti menšímu počtu výkonnějších čerpadel, která vyžadují vyšší rozběhový proud.

Základní označení [18]

Q_n: čerpané návrhové množství

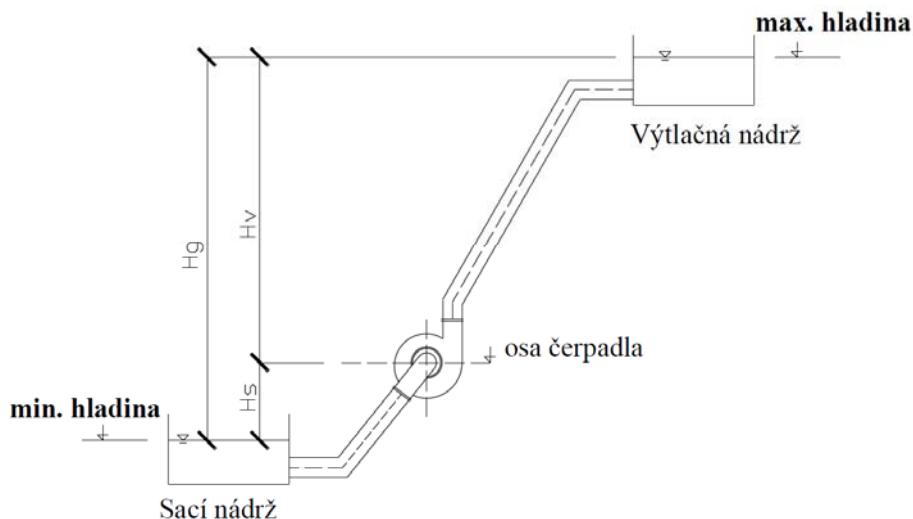
Q_č: průtok čerpadla je objem čerpaného média dodávané čerpadlem za jednotku času (čerpané množství)

Q_{opt}: optimální průtok čerpadlem v bodě optimální účinnosti při otáčkách „n“

H: dopravní výška

H_g: geodetická dopravní výška je rozdíl mezi minimální hladinou v sací jímce a maximální hladinou ve výtlačné jímce

H_s: geodetická dopravní výška na sací straně. V oboru dopravu kalové vody se čerpadla se sáním navrhují zcela výjimečně.



Obr.2.10 Schéma s označením dopravních výšek

Základní parametry [18]

Y: Měrná energie. Je to energie potřebná na jednotku čerpané kapaliny

Y_{OPT}: Optimální měrná energie v bodě optimální účinnosti při otáčkách „n“

$$Y = g \cdot H \quad (2.1)$$

kde g ... gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$],

H ... dopravní výška čerpadla [m].

P: Příkon čerpadla. Výkon přenesený hnacím zařízením na hřídel čerpadla.

$$P = \frac{\rho \cdot Q \cdot Y}{\eta}, \quad (2.2)$$

kde η ... účinnost [-],

ρ ... objemová hmotnost čerpaného média [],

Q ... čerpané množství [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$].

P_n: Užitečný výkon čerpadla. Výkon, který předá čerpadlo kapalině.

$$\eta = \frac{P_n}{P}, \quad (2.3)$$

kde η ... účinnost [-],

P_n ... užitečný výkon čerpadla [W],

P ... příkon čerpadla [W].

NPSH: Net Positive Suction Head. Je to parametr charakterizující sací stranu čerpacího systému včetně vstupní strany čerpadla od sacího hrdla až k pracovnímu elementu (oběžné kolo).

NPSH_A: je to měrná energie (energetická výška), která je definována hydraulickou ztrátou sacího řadu čerpadla mezi hladinou kapaliny v sací nádrži a sacím hrdlem čerpadla.

NPSH_R: je to parametr který charakterizuje nejnižší vstupní tlak, který musí čerpadlo při daném průtoku mít, aby se zabránilo vzniku kavitace.

$$NPSH_A < NPSH_R \quad (2.4)$$

Kavitace: v místech poklesu tlaku na tlak nasycených par v proudící kapalině se tvoří dutiny vyplněné parou. V důsledku toho vzniká místní dvoufázové proudění. Zánik dutiny v místě zvýšeného tlaku je náhlý a spojený s místní poruchou proudu,

vzniká tzv. hydraulický ráz. Dochází k vibracím čerpadla a ke snížení dopravní výšky.

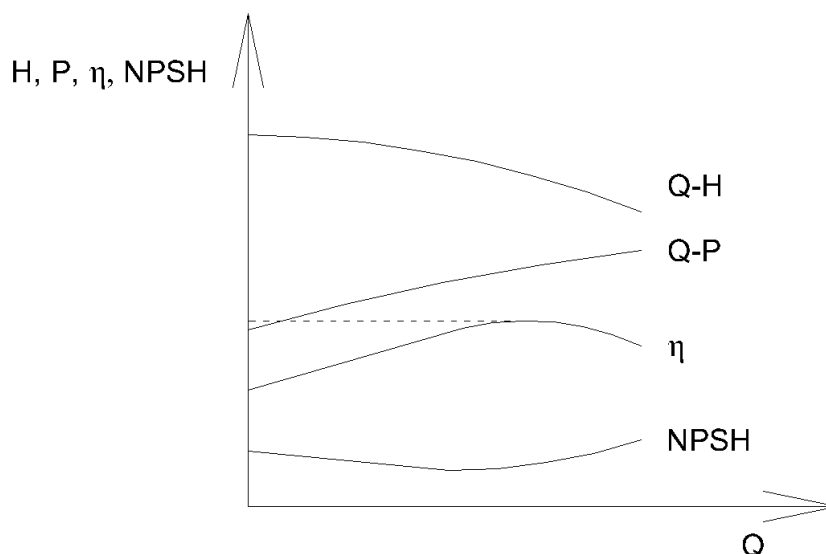
Základní charakteristiky čerpadel [18]

Q-H : vyjadřuje závislost dopravní výšky H na čerpaném množství Q

Q-Y : vyjadřuje závislost měrné energie Y na čerpaném množství Q

Q-P : závislost příkonu čerpadla P na čerpaném množství Q

η: křivka účinnosti



Obr.2.11 Obecné charakteristiky radiálního odstředivého čerpadla

Charakteristika potrubí [18]

Charakteristika potrubí je závislost průtoku na tlakových ztrátách v daném potrubí. Jedná se o křivku, která vyjadřuje průběh ztrát tlakové výšky dle vztahu (2.5).

$$h_z = \chi \cdot Q^2, \quad [m] \quad (2.5)$$

kde χ ... odporový součinitel

Q ... průtok

Často je nutné provést výpočet složeného potrubí. To znamená, že výtlačný řad je tvořen potrubím různých DN, materiálů a délek. Výpočet tlakových ztrát se provádí dle Darcy-Weissbachova vztahu.

$$h_z = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad [m] \quad (2.6.1)$$

kde λ ... součinitel tření

L ... délka potrubí

D ... průměr potrubí

v ... rychlost proudění

Součinitele tření lze stanovit dle White-Colebrookovy rovnice (2.7)

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,7 \cdot D} \right), \quad (2.6.2)$$

kde λ ... součinitel tření

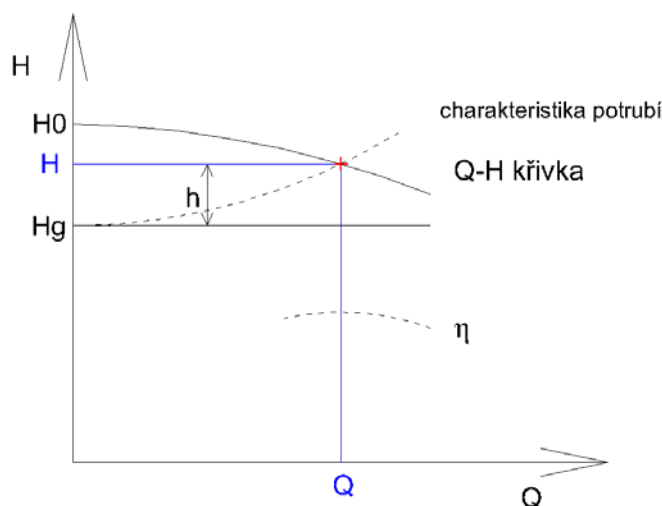
k ... absolutní drsnost

Re ... Reynoldsovo číslo

Stanovení pracovního bodu čerpací techniky

Pro stanovení vhodného čerpadla je nutné znát charakteristiky jak čerpadla, tak výtlačného potrubí. Průsečík charakteristiky čerpadla a charakteristiky potrubí je tzv. pracovní bod čerpací soustavy. PB určuje správnost návrhu čerpací soustavy a měl by se nacházet v místě nejvyšší účinnosti čerpadla. V opačném případě je návrh neekonomický.

a) grafické stanovení PB



Obr.2.12 Grafické stanovení PB

b) Početní stanovení PB

PB se stanovuje na základě níže uvedených vztahů 2.7.1 a 2.7.2

$$Q = \sqrt{\frac{H_0 - H_g}{\chi + \rho}}, \quad [m^3 \cdot s^{-1}], \quad (2.7.1)$$

$$H = \frac{H_0 \cdot \chi + H_g \cdot \rho}{\chi + \rho}, \quad [m] \quad (2.7.2)$$

kde χ ... odporový součinitel
 ρ ... součinitel paraboly
 Q ... průtok
 H_0 ... závěrný bod čerpadla
 H_g ... geodetická výška

$$H_0 = \frac{\sum H_i \cdot \sum Q_i^4 - \sum (H_i \cdot Q_i) \cdot \sum Q_i^2}{3 \cdot \sum Q_i^4 - (\sum Q_i^2)^2}, \quad (2.6.1)$$

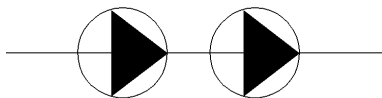
$$\rho = \frac{\sum H_i \cdot \sum Q_i^2 - 3 \cdot \sum (H_i \cdot Q_i)}{3 \cdot \sum Q_i^4 - (\sum Q_i^2)^2}, \quad (2.8.2)$$

kde H_i ... dopravní výška čerpadla v i-tém bodě
 Q_i ... průtok čerpadla v i-tém bodě

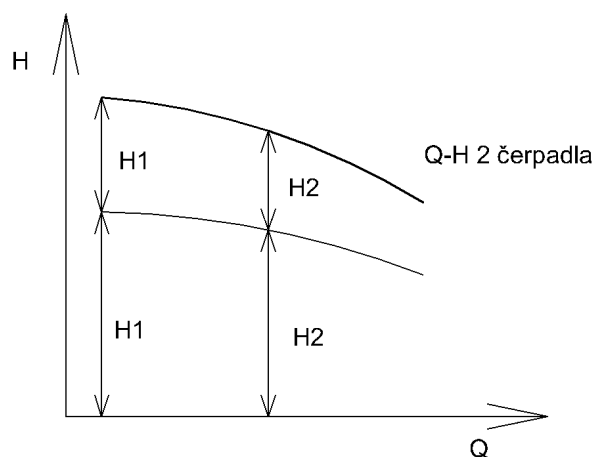
Způsoby zapojení čerpadel [18]

Sériové zapojení:

Při sériovém zapojení čerpadel, tzn. zapojení za sebou, se sčítají jejich dopravní výšky při stejném průtoku Q . Toto zapojení se tedy využívá tam, kde je potřeba zvýšit dopravní výšku. Je však nutné si uvědomit, že druhé čerpadlo má na sání tlak roven výtlačnému tlaku čerpadla za ním. Pro dopravu odpadních vod se tento způsob zapojení nevyužívá.



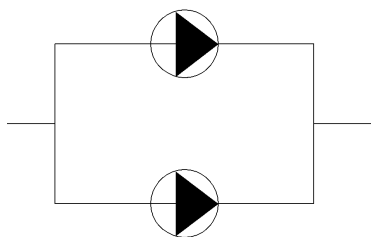
Obr.2.13 Schéma sériového zapojení čerpadel



Obr.2.14 Změna Q-H křivky při sériovém zapojení

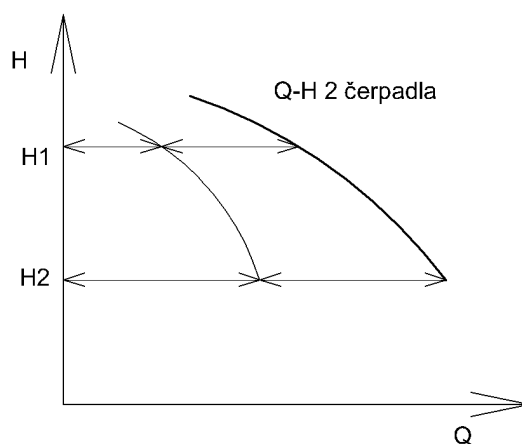
paralelní zapojení:

Při paralelním zapojení čerpadel se sčítají jejich průtoky při konstantním tlaku. Je však potřeba dávat pozor na zvýšení tlakových ztrát při vyšším průtoku. Pokud tedy začnou pracovat obě čerpadla, tak nedojde k tak velkému vzrůstu průtoku, jak by se mohlo zdát.



Obr.2.15 Schéma paralelního zapojení čerpadel

Vliv paralelního zapojení na Q-H křivku odstředivého čerpadla je znázorněn na Obr.2.16
Změna Q-H křivky při paralelní zapojení



Obr.2.16 Změna Q-H křivky při paralelní zapojení

2.4.6 Energetická náročnost čerpací techniky [3]

Pro ekonomický provoz ČS je třeba zhodnotit a porovnat různé typy čerpadel i z hlediska jejich energetické náročnosti. Rostoucí výdaje za spotřebovanou elektrickou energii jsou předmětem zájmu všech provozních společností. Dále pak může ovlivnit výsledky soutěží, kde může být cena a záruky rozhodujícím parametrem pro nejvýhodnější nabídku. Z těchto důvodů jsou vyvíjena stále účinnější čerpadla. Čerpací technika spotřebuje téměř 20% celkové spotřebované energie.

LCC (Life Cycle Cost)

Čerpadla se nabízí jako samostatný stroj, nicméně je důležité si uvědomit, že pracují jako součást systému. Proto by se nemělo hledět na pořizovací cenu čerpadla, nýbrž na souhrn veškerých nákladů na systém během celé doby jeho životnosti. Z tohoto důvodu se začíná zavádět analýza LCC.

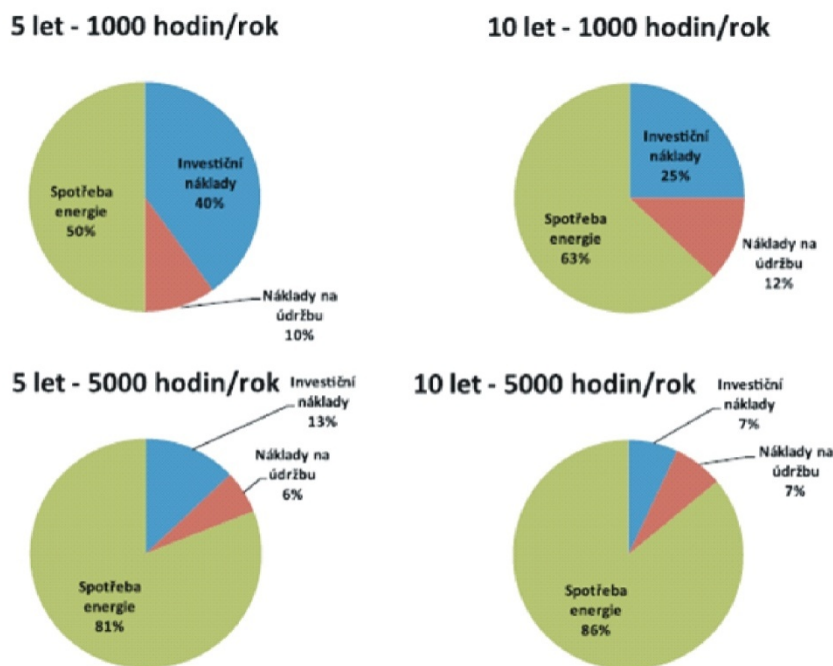
Analýza LCC sleduje zejména následující parametry:

- a) pořizovací cenu;
- b) náklady na instalaci;
- c) energii;
- d) provozní náklady;
- e) výdaje spojené s údržbou, opravami a poruchami;
- f) výdaje nutné k ochraně ŽP;
- g) výdaje na likvidaci zařízení.

Posouzení každého systému je nutné provádět individuálně. Jednotlivé systémy se liší a určení výše uvedených parametrů závisí i na tom, v jaké části křivky účinnosti je PB navržen. Je nutné vzít v úvahu vzájemné působení čerpadla se zbývajících částmi systému (potrubí, velikost a tvar čerpací jímky). Nejobtížnější je odhadnout náklady na údržbu, které výrobce není schopen přesně určit.

Srovnání rozdílů

Dále je velmi důležité, jak často je čerpadlo spouštěno. Je výrazný rozdíl, zda je čerpadlo provozováno kontinuálně či diskontinuálně. Rozdíly nákladů v závislosti na délce provozu a stáří čerpadla o výkonu 14 kW jsou znázorněny na Obr.2.17 Změna nákladů v závislosti na délce provozu a stáří čerpadel



Obr.2.17 Změna nákladů v závislosti na délce provozu a stáří čerpadel [10]

Optimalizace systému

Pro požadované snížení energetické náročnosti lze aplikovat následující postupy.

Prvním z nich je optimalizace systému. Optimalizací systému se rozumí:

- analýza procesu čerpaní
- optimální určení PB a jeho rozsahu
- snížení třecích ztrát (snížení rychlosti)

Dále pak je potřeba zvolit správné čerpadlo. Výběr přizpůsobit maximální účinnosti s ohledem na složení čerpaného média. Je důležité, aby čerpadlo bylo co možná nejvíce odolné vůči opotřebení.

V poslední době se přesunuje pozornost na zvýšení účinnosti motorů. Začínají se zavádět motory s permanentním magnetem, který je cestou k požadovanému zvyšování účinnosti elektromotorů.

Řízení

V některých druzích provozu je požadavek měnit průtok čerpadlem. V tomto případě jsou k dispozici dvě varianty. První je škrcení na výtlaku a druhá varianta je použití frekvenčních měničů. Energeticky nejméně náročné bývají právě čerpadla s frekvenčními měniči. V případě, že se čerpá voda s obsahem písku a dlouhých vláken, by neměla frekvence klesnout pod 40 Hz.

2.4.7 Armatury

Pro správné a bezpečné zapojení čerpadel je nutné optimálně vyřešit problematiku armatur. Jejich důležitost je patrná zejména z hlediska ochrany čerpadel před hydraulickým rázem v případě výpadku proudu a také jako ochrana proti zpětnému nátoku do čerpací jímky skrz čerpadlo z výtlaoku. Z tohoto důvodu jsou vyvinuté speciální armatury, které těmto nežádoucím jevům brání.

Armatury tvoří tzv. aktivní prvky na výtlačném potrubí. Lze je rozdělit do těchto základních kategorií:

- šoupátka
- ventily
- čistící kusy, kalníky
- klapky

Šoupátka

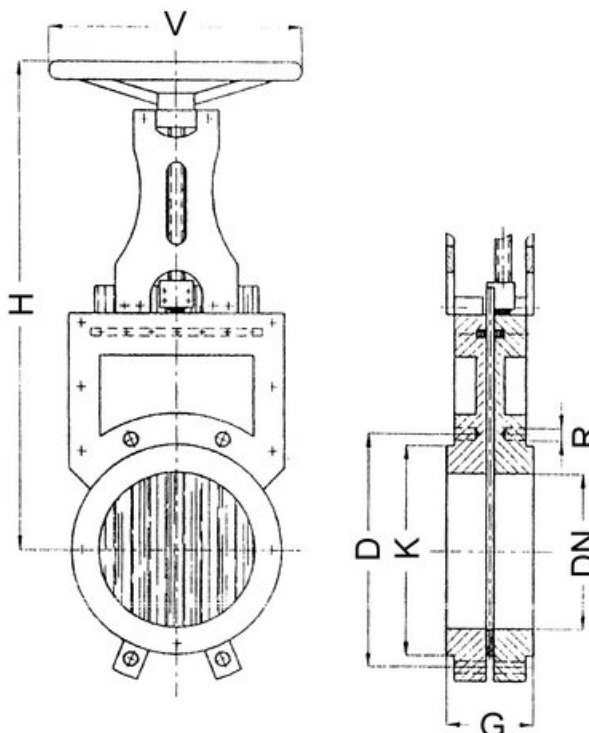
Šoupátko je armatura, která v otevřeném stavu uvolňuje celý průřez průtočného profilu. Uzavírací těleso se pohybuje kolmo ke směru průtoku dopravovaného média. Hlavní funkcí šoupátka je uzavření potrubí.[18]

Dle provedení těsnění rozlišujeme následující typy šoupátek:

- Kovově těsnící – dnes se již skoro nevyužívají. Docházelo v nich zejména k zanášení v zahloubení a následné netěsnosti.
- Měkce těsnící – dnes výhradně využívané typ šoupátek. Těsnění je provedeno z plasto-elastického prvku. Nemají zahloubení a hladký průběh profilu. Agresivní vody však mohou způsobovat tvrdnutí těsnícího prvku.

Dle typu konstrukce tělesa:

- plochá
- oválná
- kruhová



Obr.2.18 Ukázka nožového (plochého) šoupátka [17]

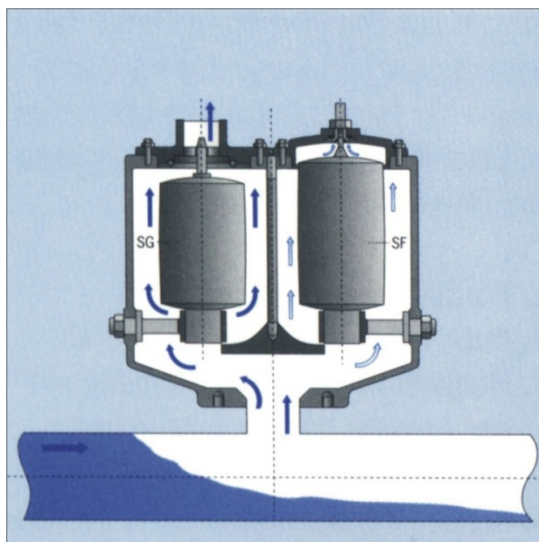
Zavzdušňovací/odvzdušňovací ventil

Jedná se o speciální armaturu vyvinutou pro odpadní vody. Principem funkce Z/O ventilů je, že tlačенý vzduch uniká skrz ventil ven (viz. Obr.2.19 Z/O ventil – zahájení čerpání), dokud čerpané médium nenadzvedne plováky a tím uzavře ventil. Zbytek stlačeného vzduchu v horní části ventilu zamezuje vniknutí OV do sedla plováku. Při vypouštění výtlačného potrubí se opět otevře ventil a může tak vnikat vzduch do potrubí.[14]

Z/O ventily by se měli osazovat na těchto místech:

- v nejvyšších bodech výtlačku
- při poklesu nivelety potrubí (např. podchod pod řekou)
- při změně DN výtlačného potrubí

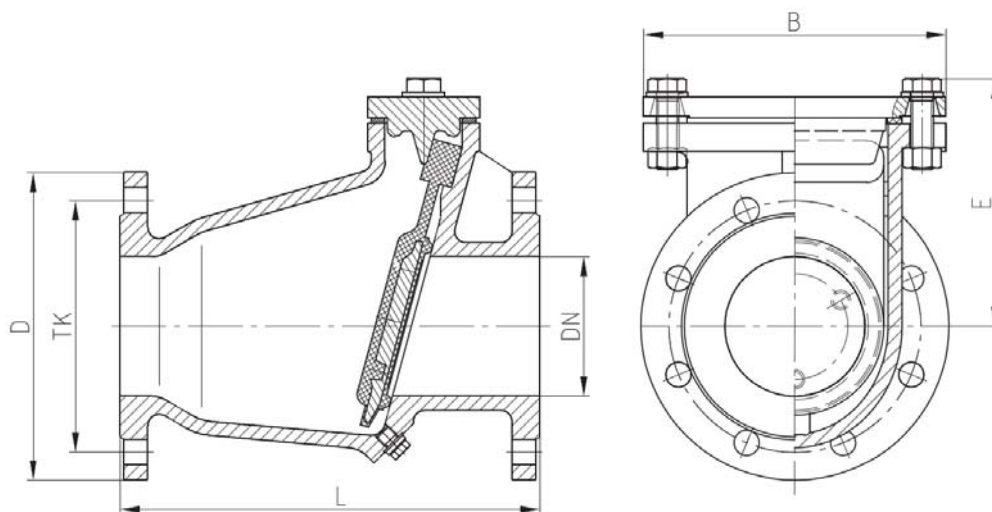
V případě, že by tyto ventily nebyly osazeny, může docházet ke vzniku vzduchových kapes ve vrcholových bodech, s čímž souvisí prudký nárůst ztrát, a nebo může dojít ke vzniku tzv. pneumatického uzávěru.



Obr.2.19 Z/O ventil – zahájení čerpání [14]

Zpětné klapky

Zpětná klapka se osazuje před každým čerpadlem. Brání zpětnému nátoku OV z výtlačného potrubí zpět do jímky přes čerpadlo. Vzorový řez zpětnou klapkou je uveden na Obr.2.20 Řez zpětnou klapkou STRATE Awastop [11]



Obr.2.20 Řez zpětnou klapkou STRATE Awastop [11]

2.4.8 Hydraulický ráz

Při změně odběru vody v tlakových potrubích nebo při vypnutí elektromotorů čerpadel ze sítě vznikají v potrubí tlakové kmity, které označujeme jako rázové jevy. Někdy se tyto tlakové kmity projevují ve zcela neškodném rozsahu, jindy mohou mít za následek poškození nebo i úplné vyřazení tlakového potrubí i strojního vybavení. Je proto nutné, aby se už v projektu předem uvažovaly všechny hydraulické pochody, ke kterým může během provozu dojít. [15]

Podmínky vzniku hydraulického rázu:

- zapnutí čerpadla
- náhlá manipulace s uzávěry
- výpadek elektrického proudu

Opatření proti účinkům hydraulického rázu

Zvětšením setrvačných hmot čerpadla:

- doběh čerpadla se prodlouží zvětšením setrvačných hmot čerpadla setrvačником. Setrvačnik udržuje čerpadlo v chodu ještě 30s po vypnutí. Čerpadlo snižuje svoje otáčky a dodává tak stále menší množství čerpaného média do výtlaku;

Měkký rozběh:

- použití tzv. soft startéru. Rozběh při zapnutí je plynulý a postupně se zvyšují otáčky čerpadla.
- účinné pouze při zapínání čerpadla, tedy při výpadku proudu nemají žádný vliv na omezení hydraulického rázu;

Tlaková nádoba (větrník):

- osazuje se hned za čerpadlem, obvykle na odbočce. Kapalina a vzduch je v nádrži stlačena pod manometrickým tlakem čerpadla. Objem tlakové nádoby zpravidla určuje výrobce. Max objem je pak 10m^3 . Pokud je potřeba většího objemu osazuje se více nádob za sebou;

Hydraulická opatření:

- použití zpětné klapky s pružinovým zatížením a ventilem. Při překročení nastaveného tlaku upustí ventil část média za sebe a tím sníží tlak na požadovanou úroveň [11]

2.5 PNEUMATICKÁ DOPRAVA ODPADNÍCH VOD

Doba zdržení odpadní vody způsobuje při současném způsobu odvádění odpadních vod problémy v odpadní tlakové kanalizaci, v šachtách a zároveň i v okolním prostředí.

Pokud doba zdržení znečištěné vody bez přísunu kyslíku v potrubí překročí dvě hodiny, vzniká v anaerobním prostředí odpadních vod ze sirných sloučenin sirovodík H_2S , díky kterému se vytváří kyselina sírová. Ta vede k narušení betonových konstrukcí a nechráněných kovových částí staveb biogenní korozi. [16]

Pneumatická doprava odpadních vod se obvykle volí v následujících případech: [16]

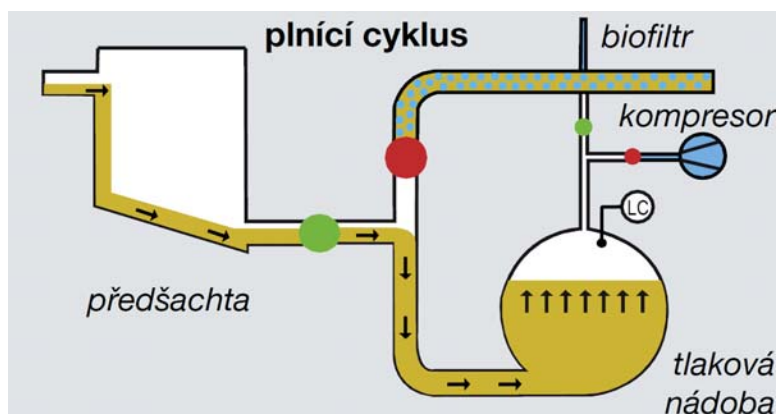
- a) nepravidelný přítok OV – jedná se například o rekreační objekty (např.: chaty, kempy), nebo odpočívadla na dálnicích;
- b) velký rozdíl geodetických výšek při malém odtoku – lze aplikovat například v horských regionech. Potrubí tak může kopírovat terén.

2.5.1 Princip funkce pneumatické dopravy OV

Pneumatický systém dopravy OV pracuje na principu dvou cyklů – plnicí a tlakový. [16]

Plnicí cyklus:

- z předšachty odtéká OV přes otevřené šoupě do tlakové nádoby. Vytlačený vzduch uniká přes biofiltr pryč. Po naplnění nádoby dojde k sepnutí čidla a uzavření nátok z předšachty a odvzdušnění viz. Obr.2.21 Plnicí cyklus

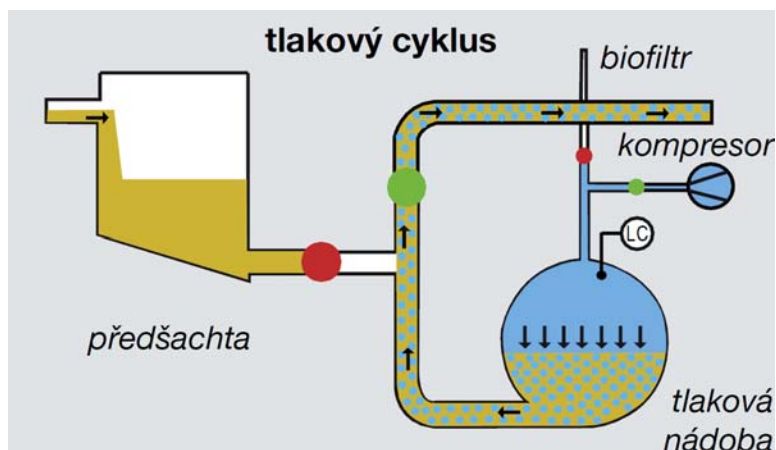


Obr.2.21 Plnicí cyklus

Tlakový cyklus:

- po ukončení plnicího cyklu dojde k otevření výtlačného potrubí, kompresory vytvoří potřebný tlak v nádobě a následně pomocí stlačeného

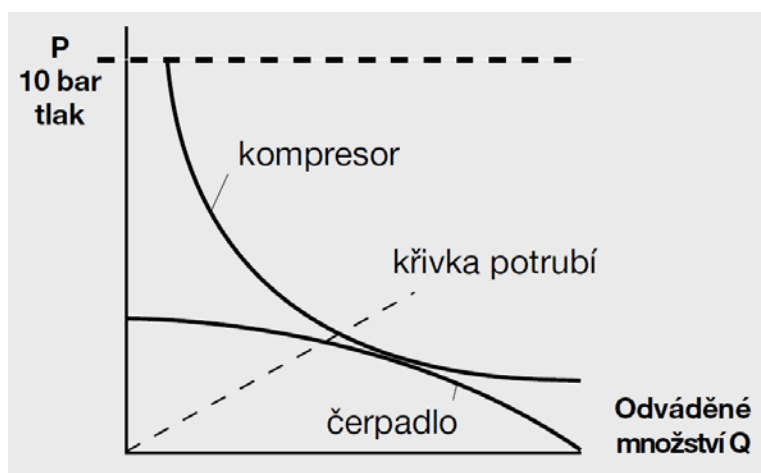
vzduchu se OV začne odvádět do výtlačného potrubí. Kompresor se vypne po přesně předem definované době. Stlačený vzduch se uvolní přes odvzdušňovací potrubí a biofiltr. Ve výtlačném potrubí se uzavře zpětná klapka, otevře se nátokové šoupě a celý proces se opakuje.



Obr.2.22 Tlakový cyklus [16]

Návrh systému

Systém se navrhuje na základě odváděného množství OV, profilu terénu a DN potrubí, (viz.Obr.2.23 Odtoková křivka pneumatického systému Gulliver [16]). Tyto systémy si navrhují firmy dodávající kompletní zařízení samy. Dále je třeba pro návrh předat všechny dostupné informace týkající se proměnlivého nebo minimálního přítoku za deště v jednotné kanalizaci, nebo při výskytu balastních vod. Uvedené informace pomáhají optimalizovat výsledky umožňující lepší návrh vystrojení celého zařízení. V současné době tyto systémy dodává a navrhuje firma hoelschertechnik-gorator® GmbH & Co.KG. [16]



Obr.2.23 Odtoková křivka pneumatického systému Gulliver [16]

3 NÁVRH ČERPADEL V ČS NEPASICE A ČS BLEŠNO

Předmětem řešení studie je návrh nových čerpadel do ČS Nepasice a do podtlakové stanice Blešno. Dále napojení výtlačného řadu z ČS Blešno do společného výtlačného řadu Třebechovice pod Orebem – Hradec Králové.

3.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1.1 Stávající stav

ČS Nepasice čerpá odpadní vodu do ČS Svinary. Na ČS Nepasice je napojeno 5450 EO. Stávající výtlačný řad je proveden z litinového potrubí DN 200. Odpadní voda z obce Blešno je odváděna podtlakovou kanalizací, na kterou je napojeno 318 EO. Následně bude OV z podtlakové stanice přečerpávána do výtlačného řadu Třebechovice pod Orebem – Hradec Králové. Na staničení km 1,560 se nachází již zhotovená napojovací šachta (viz. příloha 1).

ČS Svinary v současné době disponuje čerpadly v nevyhovujícím stavu a je třeba je vyměnit. Dále není dodržena min. rychlost 1,0 m/s stanovená technickým standartem VaK HK.

3.1.2 Výhledový stav

Dle PRVKÚK pro Královehradecký kraj po roce 2015 bude výtlačný řad Třebechovice-Hradec Králové rozšířen o napojení několika dalších obcí. Jedná se zejména o Jeníkovice, Nepasice. Dále bude kanalizační síť Třebechovic pod Orebem rozšířena o nově zastavěné plochy v okolí obce.

3.1.3 Návrh řešení

Vzhledem ke stávajícímu a výhledovému stavu je nutné posoudit i výtlačný řad Třebechovice pod Orebem – Hradec Králové. Již v tuto chvíli je výtlak nevyhovující a je třeba uvažovat o zvýšení jeho dimenze. Při posuzování navržených čerpadel na stávajícím výtlačném řadu, bylo velmi náročné stanovit ekonomicky výhodné řešení. Při zvýšení dimenze hlavního výtlačného řadu na DN300 lze dosáhnout zvýšení efektivity čerpací techniky o více jak 15%.

ČS Blešno:

Do podtlakové stanice Blešno budou osazeny dvě tlakové nádoby o rozměrech 4,2m x 2 m. Jejich objem činí 13,2 m³, (viz.kap 3.2.3). Do každé nádoby je navrženo čerpadlo Amarex NF 50-220/032ULG-150 (viz.Tab.3.1 Vybrané parametry navrženého čerpadla. Před

čerpací bude umístěna zpětná klapka a šoupě. Mezi klapku a šoupě vždy osazovat montážní kus. Na výtlaku ve vzdálenosti 0,2 km od ČS (nejvyšší bod) je nutné umístit Z/O ventil.

Tab.3.1 Vybrané parametry navrženého čerpadla do ČS Blešno

Parametry čerpadla KSB Amarex NF 50-220/032ULG-150	
Provozní údaje	
čerpané množství	18,62 m ³ /h
dopravní výška	21,96 m
účinnost	42,2 %
potřebný výkon	2,71 kW
otáčky	2899 rpm
Konstrukční typ	Blokové čerpadlo s ponorným motorem
typ oběžného kola	Vířivé

ČS Nepasice:

Stávající 3 čerpací FLYGT budou vyměněna za KSB Amarex KRTK 100-400/354UG-S. Budou zapojena jako 1x provozní a 1x záložní. Při spínání se budou čerpací střídat. Před čerpací bude umístěna zpětná klapka a šoupě. Rozměry čerpací jímky jsou D= 8 m, v= 7,1 m. Jedná se o kruhovou jímku. Čerpací jímka bude zhotovena z vodostavebního betonu. Musí se nechat zhotovit statické posouzení proti vyplavení jímky.

Tab.3.2 Vybrané parametry navrženého čerpadla do ČS Nepasice

Parametry čerpadla KSB KRTK 100-400/354UG-S	
Provozní údaje	
čerpané množství	118,75 m ³ /h
dopravní výška	47,71 m
účinnost	59,3 %
potřebný výkon	26,77 kW
otáčky	1482 rpm
Konstrukční typ	Blokové čerpadlo s ponorným motorem
typ oběžného kola	Radiální uzavřené vícekanálové kolo

Propojovací šachta ČS Blešno – ČS Svinary

Způsob napojení výtlaku z ČS Blešno bude následující:

- připojení k výtlačnému řadu bude přes FFC kus
- musí být osazena zpětná klapka a šoupě
- mezi klapku a šoupě osadit montážní vložku

Další doporučené vystrojení šachty:

- čistící kus
- 3x šoupě, aby bylo možné propláchnout výtlak na všechny strany
- před každé šoupě osadit montážní vložku

Systém řízení

ČS Nepasice a ČS Blešno čerpají do společného výtlačného řadu. Navrhuji, aby systém řízení byl nastaven tak, aby čerpadla v obou stanicích nebyla spouštěna zároveň. V případě, že budou obě čerpací stanice čerpat ve stejnou chvíli, může docházet ke zvyšování tlakových ztrát.

Další doporučení

Při posuzování výtlačného řadu z hlediska zdržení OV v anaerobním prostředí, výtlačný řad při Q24 nevyhověl. Pokud OV budou v tomto prostředí, více jak 2 hodiny, začne docházet k zahnívání. Nahnílé OV mohou vést k tvorbě jedovatých nebo výbušných směsí plynů, především sulfanu (H_2S) a methanu (CH_4).[4] Dále budou betonové konstrukce ohroženy biogenní síranovou korozí.

Z výše uvedeného důvodu navrhuji začlenění provzdušňování v kritických místech, nebo proplach tlakovým vzduchem.

3.1.4 Závěr

Z důvodu již nevyhovující dimenze hlavního výtlačného řadu, nebylo možné zvolit čerpadla v neoptimálnějším bodě účinnosti. Při zvýšení průtočného množství rapidně narůstala i rychlost proudění v potrubí a s tím související tlakové ztráty. Při zvýšení dimenze na DN300 se situace podstatně změní a je možné nastavit pracovní bod čerpadla tak, aby se pohybovala v oblasti účinnosti 85%. Přesto však je i za stávající situace čerpací technika nastavena na co možnou nejvyšší účinnost a splňuje všechna kritéria stanovená technickými standarty VaK Hradec Králové.

3.2 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

3.2.1 Stanovení velikosti čerpací jímky ČS Nepasice

kh	2,0	-			
EO =	5450,0	obyv.			
qob=	130	l/os/den			
Q24=	8,200	l/s	=	0,0082 m ³ ·s ⁻¹	= 29,521 m ³ ·h ⁻¹
Qmax=	16,400	l/s	=	0,0164 m ³ ·s ⁻¹	= 59,041667 m ³ ·h ⁻¹

vstupní podmínky

max. počet spuštění čerpadel za hodinu: 10x

Návrh čerpací jímky

D= 8 m

A= 50,265 m²

min. zatopení čerpadla: 0,55 m

min objem v jímce: 27,646 m³

provozní objem 25,133 m³

doba plnění ČJ: 25,54 min

spuštění Č./hodinu 2,35 -

doba plnění ČJ: 51,08 min

spuštění Č./hodinu 1,17 -

když přítok = Qmax

< 10

VYHOVÍ

když přítok = Q24

< 10

VYHOVÍ

doba čerpání: 12,70 min

doba čerpání: 25,25 min

doba čerpání: 16,90 min

když přítok = 0

když přítok = Qmax

když přítok = Q24

NAVHRUJI ČJ O TĚCHTO ROZMĚRECH:

průměr

D=

8 m

výška

V=

7,1 m

Rezervní objem má být dle Technických standartů HK 5-10 h při Q₂₄

navrhují rezervní objem :

251 m³

tj.

8,5 h

SCHÉMA ÚROVNÍ HLADIN V ČERPACÍ JÍMCE



3.2.2 Stanovení tlakových ztrát Nepasice - Svinary

výpočet proveden dle Darcy - Weisbachovy rovnice
součinitel tření stanoven dle White-Colebrooka

$$\begin{array}{llll} \text{DN} & 200 & & \\ v= & 0,0000013 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} & L= & 3589 \text{ m} \\ \lambda_0= & 0,02 & k= & 0,4 \text{ mm} \end{array}$$

pozn.: při výpočtu místních ztrát byla uvažována místní ztráta 1 m v čerpací stanici. Ostatní místní ztráty jsou zahrnuty v koeficientu absolutní drsnosti k

Tab.3.3 Stanovení tlakových ztrát Nepasice - Svinary

v [m·s ⁻¹]	Q [m ³ ·s ⁻¹]	Re -	λ1 -	λ2 -	λ3 -	hz [m]	H [m]
0,1	0,0031	15385	0,032558	0,030991	0,031139	0,285	23,285
0,2	0,0063	30769	0,028692	0,027955	0,028005	1,025	24,025
0,3	0,0094	46154	0,027162	0,026695	0,026720	2,200	25,200
0,4	0,0126	61538	0,026328	0,025992	0,026007	3,806	26,806
0,5	0,0157	76923	0,025801	0,025541	0,025551	5,842	28,842
0,6	0,0188	92308	0,025437	0,025226	0,025232	8,308	31,308
0,7	0,0220	107692	0,025170	0,024992	0,024998	11,203	34,203
0,8	0,0251	123077	0,024965	0,024813	0,024817	14,527	37,527
0,9	0,0283	138462	0,024804	0,024670	0,024674	18,279	41,279
1,0	0,0314	153846	0,024673	0,024554	0,024557	22,461	45,461
1,1	0,0346	169231	0,024565	0,024458	0,024460	27,070	50,070
1,2	0,0377	184615	0,024474	0,024377	0,024379	32,109	55,109
1,3	0,0408	200000	0,024396	0,024308	0,024309	37,576	60,576
1,4	0,0440	215385	0,024330	0,024248	0,024249	43,471	66,471
1,5	0,0471	230769	0,024271	0,024196	0,024197	49,795	72,795
1,6	0,0503	246154	0,024220	0,024149	0,024150	56,547	79,547
1,7	0,0534	261538	0,024175	0,024109	0,024109	63,728	86,728
1,8	0,0565	276923	0,024134	0,024072	0,024073	71,337	94,337
1,9	0,0597	292308	0,024098	0,024039	0,024040	79,375	102,375
2,0	0,0628	307692	0,024065	0,024009	0,024010	87,841	110,841

Skutečné hodnoty při čerpání:

1,05	0,0330	161538	0,024617	0,024504	0,024507	24,712	47,712
------	--------	--------	----------	----------	----------	--------	--------

PRACOVNÍ BOD ČERPACÍ SOUSTAVY

$$\begin{array}{ll} Q= & 118,752 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \\ H= & 47,712 \text{ m} \end{array}$$

3.2.3 Stanovení rozměrů podtlakových nádob ČS Blešno

pozn.: Q_{max} byl stanoven požadavkem VaK HK na 2,73l/s do jedné TN a 1,93 do druhé TN. Q₂₄ byl stanoven za základě EO v obci Blešno

1.TLAKOVÁ NÁDOBA

přítok:	2,73 l/s	EO=	318 obyv.
min. V	0,5 m ³	qob=	130 l/os/den
D:	2 m	Q24=	0,478472 l/s

OBJEM PŘI MINIMÁLNÍM ZATOPENÍ ČERPADLA

min.hl:	0,5 m	=	VYPÍNACÍ HLADINA
---------	-------	---	------------------

V=	1,571 m ³	>	0,5 m ³	VYHOVÍ
----	----------------------	---	--------------------	---------------

OBJEM VZDUCHU

V=	10 m ³
----	-------------------

h=	3,1830989 m
----	-------------

ČERPANÝ OBJEM

h=	0,5 m
----	-------

V=	1,571 m ³	=	12,071 m ³	=	objem nádoby
----	----------------------	---	-----------------------	---	--------------

V _{rezervní} =	1,129 m ³
-------------------------	----------------------

NÁVRH TLAKOVÉ NÁDOBY	4,2 x 2 m	=	13,2 m ³
-----------------------------	------------------	---	---------------------

Stanovení četnosti spouštění čerpadel

přítok: Q_{max}	0,00273 m³/s	
naplnění čerpaného objemu:	9,590 min	
čerpadla budou spouštěna	6,257 x za hodinu	VYHOVÍ

přítok: Q₂₄	0,0004785 m³/s	
naplnění čerpaného objemu:	54,716 min	
čerpadla budou spouštěna	1,097 x za hodinu	VYHOVÍ

2.TLAKOVÁ NÁDOBA

přítok:	1,93 l/s
min. V	0,5 m ³
D:	2 m

OBJEM PŘI MINIMÁLNÍM ZATOPENÍ ČERPADLA

min.hl:	0,5 m	=	VYPÍNACÍ HLADINA
---------	-------	---	------------------

V=	1,571 m ³	>	0,5 m ³	VYHOVÍ
----	----------------------	---	--------------------	---------------

OBJEM VZDUCHU

V=	10 m ³
----	-------------------

h=	3,1830989 m
----	-------------

ČERPANÝ OBJEM

h=	0,5 m
----	-------

V=	1,571 m ³	=	12,0707963 m ³	=	objem nádoby
----	----------------------	---	---------------------------	---	--------------

V _{rezervní} =	1,129 m ³
-------------------------	----------------------

NÁVRH TLAKOVÉ NÁDOBY	4,2 x 2 m	=	13,2 m ³
-----------------------------	------------------	---	---------------------

Stanovení četnosti spouštění čerpadel

přítok:	0,00193 m³/s	
naplnění čerpaného objemu:	13,565 min	
čerpadla budou spouštěna	4,423 x za hodinu	VYHOVÍ

přítok: Q₂₄	0,0004785 m³/s	
naplnění čerpaného objemu:	54,716 min	
čerpadla budou spouštěna	1,097 x za hodinu	VYHOVÍ

3.2.4 Stanovení tlakových ztrát ČS Blešno

výpočet proveden dle Darcy - Weisbachovy rovnice
součinitel tření stanoven dle White-Colebrooka

$$\begin{aligned} \text{DN} &= 79,2 \\ v &= 0,0000013 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \\ \lambda_0 &= 0,02 \end{aligned} \quad \begin{aligned} L &= 400 \text{ m} \\ k &= 0,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

pozn.: při výpočtu místních ztrát byla uvažována místní ztráta 1 m v čerpací stanici. Ostatní místní ztráty jsou zahrnuty v koeficientu absolutní drsnosti k

Tab.3.4 Stanovení tlakových ztrát ČS Blešno

v [m·s ⁻¹]	Q [m ³ ·s ⁻¹]	Re -	λ ₁ -	λ ₂ -	λ ₃ -	h _z [m]	H [m]
0,1	0,0005	6092	0,042545	0,038596	0,039053	0,101	13,901
0,2	0,0010	12185	0,035967	0,033982	0,034157	0,352	14,152
0,3	0,0015	18277	0,033326	0,032015	0,032110	0,744	14,544
0,4	0,0020	24369	0,031866	0,030895	0,030954	1,275	15,075
0,5	0,0025	30462	0,030932	0,030164	0,030205	1,944	15,744
0,6	0,0030	36554	0,030281	0,029647	0,029677	2,750	16,550
0,7	0,0034	42646	0,029800	0,029261	0,029284	3,694	17,494
0,8	0,0039	48738	0,029429	0,028962	0,028979	4,774	18,574
0,9	0,0044	54831	0,029135	0,028722	0,028737	5,992	19,792
1,0	0,0049	60923	0,028896	0,028526	0,028538	7,346	21,146
1,1	0,0054	67015	0,028697	0,028363	0,028373	8,837	22,637
1,2	0,0059	73108	0,028529	0,028224	0,028233	10,465	24,265
1,3	0,0064	79200	0,028386	0,028106	0,028113	12,230	26,030
1,4	0,0069	85292	0,028262	0,028003	0,028009	14,132	27,932
1,5	0,0074	91385	0,028154	0,027912	0,027918	16,170	29,970
1,6	0,0079	97477	0,028058	0,027833	0,027838	18,345	32,145
1,7	0,0084	103569	0,027973	0,027762	0,027766	20,656	34,456
1,8	0,0089	109662	0,027898	0,027698	0,027702	23,105	36,905
1,9	0,0094	115754	0,027830	0,027641	0,027645	25,690	39,490
2,0	0,0099	121846	0,027768	0,027590	0,027593	28,411	42,211

Skutečné hodnoty při čerpání

1,05	0,0052	63969	0,028792	0,028441	0,028452	8,075	21,875
------	--------	-------	----------	----------	----------	-------	--------

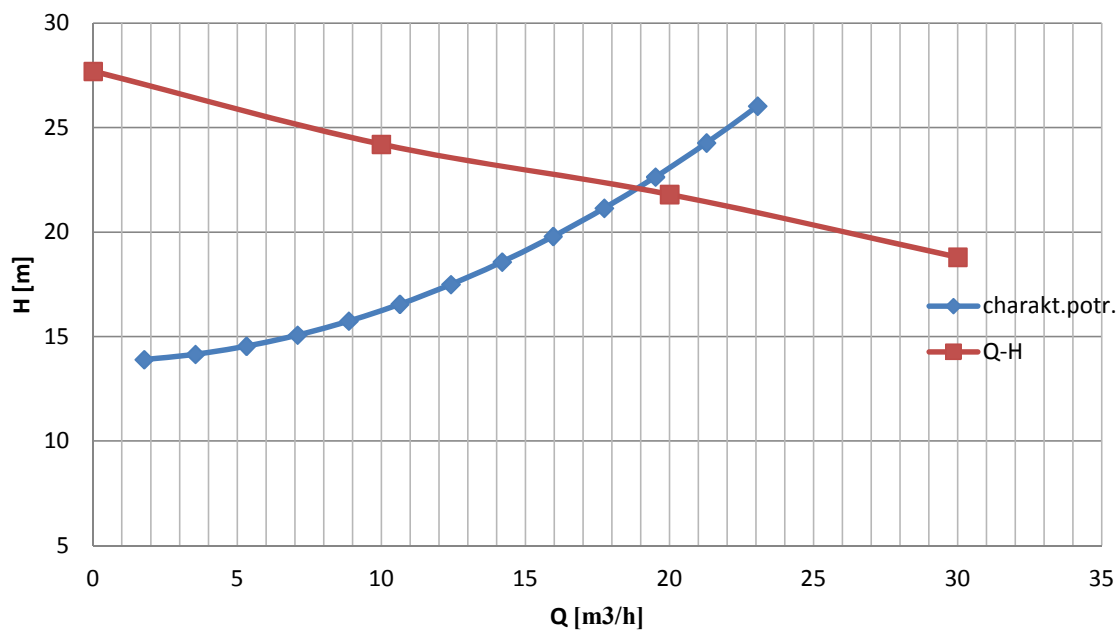
pozn.: pro překonání podtlaku v podtlakových nádobách bylo ke ztrátám přičteno 7m

PRACOVNÍ BOD ČERPACÍ SOUSTAVY

$$\begin{aligned} Q &= 18,622 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ H &= 21,875 \text{ m} \end{aligned}$$

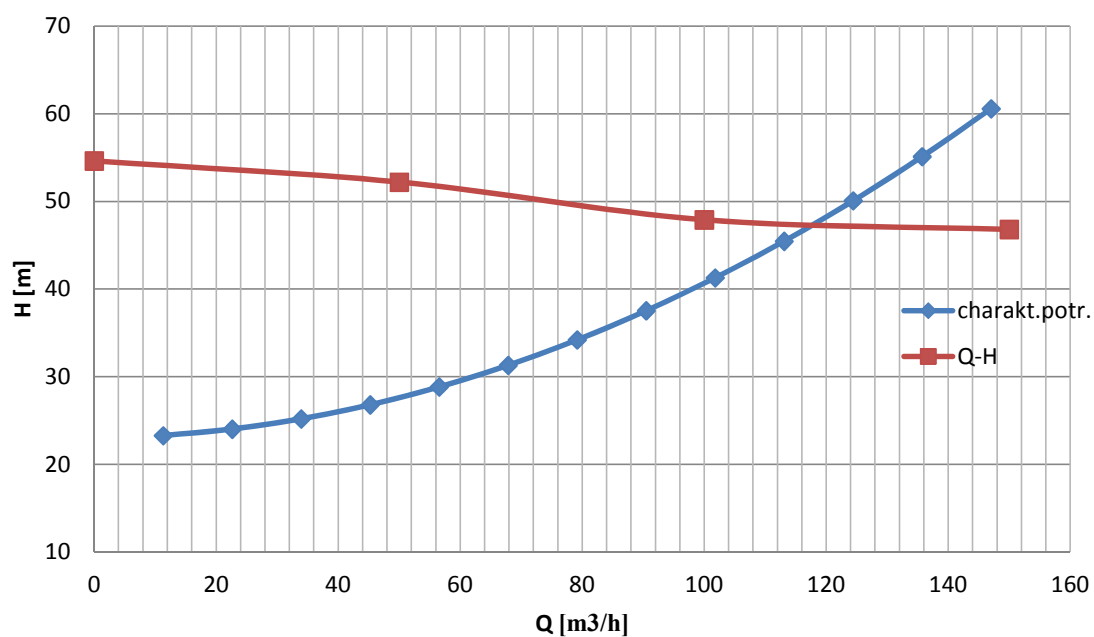
3.2.5 Pracovní body navržených čerpadel

KSB Amarex NF 50-220/032ULG-150



Obr.3.1 Pracovní bod čerpadel ČS Blešno

KSB Amarex KRTK 100-400/354UG-S



Obr.3.2 Pracovní bod čerpadla ČS Nepasice

3.2.6 Posouzení zdržení OV ve výtlačném řadu

Nepasice - Svinary

DN: 200 mm
 délka: 3589 m
 $Q = 0,0330 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 118,7522 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

čerpaný objem: $25,133 \text{ m}^3$
 objem výtł. řadu: $112,75 \text{ m}^3$

Doba zdržení při $Q_{\max}$

během 1 cyklu čerpání je přečerpáno:	49,984	=	25,25	min
nátok do rezervního objemu:			25,54	min
2. cyklus čerpání:	49,984	=	25,25	min
nátok do rezervního objemu:			25,54	min
3. cyklus čerpání:	12,784	=	6,46	min
doba zdržení:			<u>108,05</u>	min

Doba zdržení ve výtlačném řadu při $Q_{\max}$ = 1,801 hod < 2 hod
VYHOVÍ

Doba zdržení při Q_{24}

během 1 cyklu čerpání je přečerpáno:	33,448	=	16,90	min
nátok do rezervního objemu:			51,08	min
2. cyklus čerpání:	33,448	=	16,90	min
nátok do rezervního objemu:			51,08	min
3. cyklus čerpání:	33,448	=	16,90	min
			51,08	min
	12,409	=	6,2697891	min
doba zdržení:			<u>210,21</u>	min

Doba zdržení ve výtlačném řadu při Q_{24} = 3,504 hod > 2 hod
NEVYHOVÍ

VZNIKÁ REÁLNÉ RIZIKO ZAHNÍVÁNÍ OV VE VÝTLAČNÉM ŘADU. JE TŘEBA NAVRHNOUT V KRITICKÝCH MÍSTECH PROVZDUŠŇOVÁNÍ, POPŘ. PROPLACH TLAKOVÝM VZDUCHEM.

4 ZÁVĚR

Navrhování čerpacích stanic pro dopravu odpadních vod je velice zajímavé téma, které bylo v rámci této práce obsaženo pouze základními údaji. Záměrem této práce bylo vytvořit základní příručku pro navrhování čerpacích stanic a objasnit jejich úlohu v systému odkanalizování. Do práce jsou začleněny nové technologie, které již mají své místo v praxi. Jsou zde obsaženy i základní požadavky kladené na čerpací stanice, dále pak na její vybavení a to zejména požadavky na čerpací techniku. Součástí práce je samozřejmě i zaznamenání vývoje v této oblasti a naznačen směr, jakým se bude řešená problematika ubírat. Tím je myšleno zejména sledování energetických nároků čerpací techniky a způsoby jakými by se do budoucna mohla zvyšovat jejich efektivita při stále se snižující spotřebě elektrické energie. Čerpadla totiž hrají velmi významnou roli v celosvětové spotřebě elektrické energie.

Dále byly osvětleny základní způsoby výpočtu trubních charakteristik a stanovování pracovních bodů čerpadel. Byla zde i zdůrazněna důležitost správného návrhu a to zejména ve vazbě na výše zmiňovanou energetickou náročnost. V práci je obsažena i informace o méně tradičním způsobu čerpání odpadních vod, které je pro svou unikátnost další velice perspektivní možností návrhu v této oblasti.

V rámci případové studie byly teoretické informace a metodiky použity k návrhu několika ponorných čerpadel. Jsou zde i prakticky aplikovány požadavky provozovatelů. Případová situace byla zajímavá tím, že na stávající výtlačný řad měla být napojena obec, která je odkanalizována podtlakovým systémem. Přechod z podtlaku do tlakového řadu byl náročný právě kvůli nároku na čerpadlo. S tímto přechodem souviselo výrazné zvýšení tlakové ztráty a čerpadla se pak pohybovala v oblasti nižších účinností. Bylo tedy nutné pečlivě vybírat čerpadla a měnit jejich parametry tak, aby se výše zmíněný tlakový rozdíl podařilo překonat co možná nejefektivněji. Nicméně snížení účinnosti nebylo možné úplně vyloučit. Vzhledem k tomu, že se jedná jen o krátký výtlačný řad a z obce přitékají jen malé průtoky, tak vliv na ekonomiku provozu nebude nijak zásadní. Dalším komplikovaným místem se stalo právě samotné napojení na hlavní výtlačný řad. Bylo nutné posuzovat tento systém jako celek, protože je nežádoucí, aby čerpadla tlačila proti sobě a tím si vzájemně zvyšovala tlakové ztráty. Z tohoto důvodu byl navržen systém řízení tak, aby čerpadla v obou čerpacích stanicích neběžela současně. Nejednalo se o příliš náročný úkol, protože na ČS Blešno přitékají velmi malé přítoky a čerpadla se nespouští tak často. Při řešení bylo však zjištěno, že kvůli stále více se rozrůstající zástavbě a plánům připojit více obcí na hlavní výtlačný řad je do budoucna nutné zvýšit kapacitu hlavního výtlačného řadu. Dále bude nutné vyřešit problémy se zaháněním odpadních vod ve výtlačku, k čemuž bude s největší pravděpodobností docházet. Z hlediska ochrany vybavení čerpacích stanic bych doporučil řešit tuto skutečnost prioritně.

Práce by se mohla stát základní osnovou, na kterou by mohly být v budoucnu nabalovány další informace a jednotlivé kapitoly zabrány více do hloubky této tematiky. A to nejen z hlediska strojního ale i stavebního.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BRADA, Karel a Petr HLAVÍNEK. *Čerpadla ve vodním hospodářství*. 2004. vyd. Brno: NOEL 2000, 2004. ISBN 80-86020-43-6.
- [2] ŠÁLEK, Jan a František SVOBODA. *Čerpací stanice*. 2. přeprac. vyd. Brno: VUT, 1989, 188 s. ISBN 8021410434.
- [3] Energetická náročnost ČOV: Sborník přednášek. Praha: SOVAK, 2010.
- [4] ČSN EN 752. *Odvodňovací systémy vně budov*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2008.
- [5] NOVÁK, Josef et al. *Příručka provozovatele stokové sítě*. Vyd. 1. Líbeznice u Prahy: Vydalo Medim pro SOVAK ČR, c2003, x, 156 s. ISBN 80-238-9947-3.
- [6] Awalift 100. *Euroarmatury* [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://www.euroarmatury.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=17
- [7] *AmaDS3: Návod k obsluze/montáži*. Frankenthal, 2011.
- [8] Ponorná instalace. *Grundfos* [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://cbs.grundfos.com/GCZ_Czech_Republic/lexica/WW_Submerged_installation.html#-
- [9] Suchá instalace. *Grundfos* [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://cbs.grundfos.com/GCZ_Czech_Republic/lexica/WW_Dry_installation.html#-
- [10] ENERGIE ODPADNÍCH VOD Z ČOV. *Čistírny odpadních vod (ČOV), úprava vody a čištění vzduchu* [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/energie-odpadnich-vod-z-cov>
- [11] *STRATE* [online]. 2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.strate.com/index.php?STRATE-Rueckschlagklappe-AWASTOP>
- [12] Chevak. *Dokumenty* [online]. 2012 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.chevak.cz/dokumenty/>
- [13] Odpadní, dešťové a kalové vody. *SIGMA 1868 s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.sigma1868.cz/cerpadla/odpadni-destove-a-kalove-vody/>
- [14] Be- und Entlüftungventile. *STRATE* [online]. 2012 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: http://www.strate.com/index.php?Be-und_Entlueftungsventile_BEV
- [15] HAINDL, Karel. *Hydraulický ráz ve vodovodních a průmyslových potrubích*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1963, 137 s.
- [16] Hoelschertechnik-gorator. *System GULLIVER* [online]. 2012 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.hoelschertechnik.de/html/index.php/de/hoelschertechnik-produkte/gulliver>
- [17] Klinger Gebetsroither. *Stoffschieber Bauform GM* [online]. 2012 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://katalog.gebetsroither.at/stoff-chieber-bauform-gm-b2997.htm>

- [18] TUHOVČÁK, L. *Vodárenství - doprava vody*. Brno: VUT, FAST, ÚVHO, 2008. s. 1-115.

SEZNAM TABULEK

Tab.2.1 Vybrané požadavky z technických standartů	8
Tab.2.2 Srovnání systémů se separací pevných látek od různých výrobců.....	15
Tab.3.1 Vybrané parametry navrženého čerpadla do ČS Blešno	33
Tab.3.2 Vybrané parametry navrženého čerpadla do ČS Nepasice.....	33
Tab.3.3 Stanovení tlakových ztrát Nepasice - Svinary.....	36
Tab.3.4 Stanovení tlakových ztrát ČS Blešno.....	38

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.2.1 Vzorové vybavení malé kanalizační čerpací stanice	7
Obr.2.2 Průřez horizontálním čerpadlem	10
Obr.2. 3 Vybrané základní typy oběžných kol čerpadel pro odpadní vody [1]	12
Obr.2.4 Sestava oběžného kola s mělnicím zařízením [13]	12
Obr.2.5 Příklad osazení čerpadla v suché jímce [8]	13
Obr.2.6 Příklad osazení čerpadla v mokré jímce [9]	13
Obr.2.7 Princip plnění [6]	16
Obr.2.8 Princip čerpání [6]	16
Obr.2.9 Příklad osazení systému se separací v jímce (STRATE Awalift) [6]	17
Obr.2.10 Schéma s označením dopravních výšek	18
Obr.2.11 Obecné charakteristiky radiálního odstředivého čerpadla	20
Obr.2.12 Grafické stanovení PB	21
Obr.2.13 Schéma sériového zapojení čerpadel	22
Obr.2.14 Změna Q-H křivky při sériovém zapojení	23
Obr.2.15 Schéma paralelního zapojení čerpadel	23
Obr.2.16 Změna Q-H křivky při paralelní zapojení	23
Obr.2.17 Změna nákladů v závislosti na délce provozu a stáří čerpadel [10]	25
Obr.2.18 Ukázka nožového (plochého) šoupátka [17]	27
Obr.2.19 Z/O ventil – zahájení čerpání [14]	28
Obr.2.20 Řez zpětnou klapkou STRATE Awastop [11]	28
Obr.2.21 Plnicí cyklus	30
Obr.2.22 Tlakový cyklus [16]	31
Obr.2.23 Odtoková křivka pneumatického systému Gulliver [16]	31
Obr.3.1 Pracovní bod čerpadel ČS Blešno	39
Obr.3.2 Pracovní bod čerpadla ČS Nepasice	39

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A ...	plocha [m^2]
V ...	objem [m^3]
v ...	rychlost proudění [m.s^{-1}]
Q ...	průtok [$\text{m}^3.\text{s}^{-1}$]
ČS ...	Čerpací stanice
OV ...	Odpadní voda
PB ...	Pracovní bod
ŽP ...	Životní prostředí
LCC ...	Life cycle cost
VaK ...	Vodovody a kanalizace
Z/O ...	Zavzdušňovací/odvzdušňovací ventil

SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledný podélný profil 1 : 5000 / 1 : 200
2. Technické listy k čerpadlům

SUMMARY

Theme of bachelor thesis is design of Sewage Pumping Stations. Sewage pumping stations form a major element of sewerage systems and are required to mechanically lift sewage to a higher level. Main purpose of this theme is create basic reference book for design of sewage pumping stations. Next intention of this thesis is to bring the newest information on both submersible pumps and pumping stations. Also, this thesis contains a lot of technical details.

This thesis is structured to theoretical and practical part. Thesis includes three main parts - two theoretical and one practical.

First part is about several main construction principles. It describes which facilities must be in every pumping station. Next part includes selection of the most important requirements for operators of sewerage systems. Next important point are pumps which are protected from coarse solids by upstream separators.

The second part of this thesis describes basic pump theory. This part is about basic armatures used for waste water management.

The final part of this thesis is practical. It uses theory from the second part. Main point of this part is submersible pump design on a real situation in a locality near the Hradec Králové. The case study is about design of new submersible pumps for two pumping stations. Case study includes text describing the current situation, a new proposal and hydraulic calculating. The final part contains some suggestions for operators of sewerage systems.