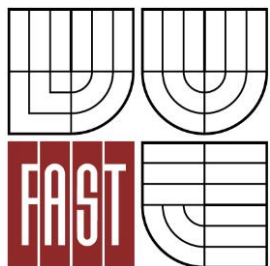




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NAVRHOVÁNÍ TLAKOVÝCH STOKOVÝCH SÍTÍ

LOW PRESSURE SEWER SYSTEMS DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Macsek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN RUČKA, Ph.D.

BRNO 2013



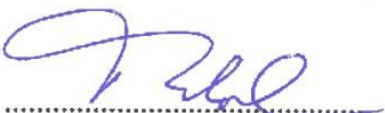
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

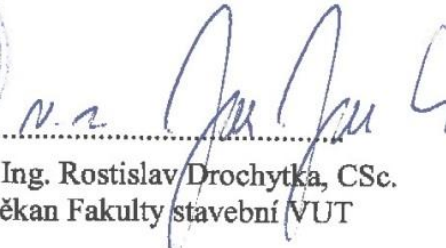
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Tomáš Macsek
Název	Navrhování tlakových stokových sítí
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Jan Ručka, 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



N. 2 
.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

[1] BERÁNEK, Josef; PRAX, Petr. Tlaková kanalizace. Vyd. 1. Brno : NOEL 2000 s.r.o., 1998. 110 s. ISBN 80-86020-08-8.

[2] ČSN EN 1671. Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Praha : Český normalizační institut, 1998

[3] ČSN EN 752. Odvodňovací systémy vně budov. Praha: Český normalizační institut, 2008.

[4] Wastewater Technology Fact Sheet. U.S. EPA [online]. September 2002, EPA 832-F-02-006, [cit. 2011-12-08]. Dostupný z <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P10099Q2.txt>

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Student vypracuje přehled a souhrnné vyhodnocení požadavků jednotlivých vodárenských společností v České republice při navrhování a výstavbě tlakových stokových sítí. Z dostupných informačních zdrojů student získá informace o materiálech potrubí, tvarovkách, armaturách, čerpacích jímkách a čerpací technice, které jednotlivé provozní společnosti, resp. vlastníci infrastruktury, vyžadují. Získané poznatky student sumarizuje a porovná s požadavky platné legislativy a technických norem. Součástí práce bude také rešerše postupů pro návrh a dimenzování tlakových stokových sítí v zahraničí.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



.....
Ing. Jan Ručka, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÉ SLOVÁ

Abstrakt

Práce sa zaoberá návrhom tlakových stokových sietí. Sumarizuje všeobecné návrhové znalosti o tlakovej kanalizácii a čerpacích staniciach, sumarizuje technické požiadavky českých vodárenských spoločností na tlakové stokové siete a porovnáva ich s platnými technickými normami. Práca tiež obsahuje rešerš a porovnanie rôznych výpočtových metód na určenie návrhového prietoku tlakovej kanalizácie, a tiež posúdenie reálnej čerpacej stanice z hľadiska technických noriem a technických požiadaviek.

Kľúčové slová

Tlaková kanalizácia

Čerpacia stanica

Technické požiadavky

Návrhový prietok

Abstract

The thesis deals with designing of low pressure sewer systems. It summarizes the general designing knowledge of low pressure sewers and pumping stations, summarizes the technical requirements according to Czech water companies for low pressure sewer systems and compares them with the established technical standards. The thesis also contains the search and comparison of several equation methods used to define the amount of designed flow of the low pressure sewers, in addition to reviewing the present situation of the pumping station, considering the technical standards and technical requirements.

Keywords

Low pressure sewer

Pumping station

Technical requirements

Design flow

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA VŠKP

MACSEK, Tomáš. *Navrhování tlakových stokových sítí*. Brno, 2013. 55 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D..

Prehlásenie:

Prehlasujem, že som bakalársku prácu spracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 23.5.2013

.....
podpis autora
Tomáš Macsek

POĎAKOVANIE

Ďakujem Ing. Janovi Ručkovi Ph.D. za cenné rady, postrehy a nápady k mojej bakalárskej práci.

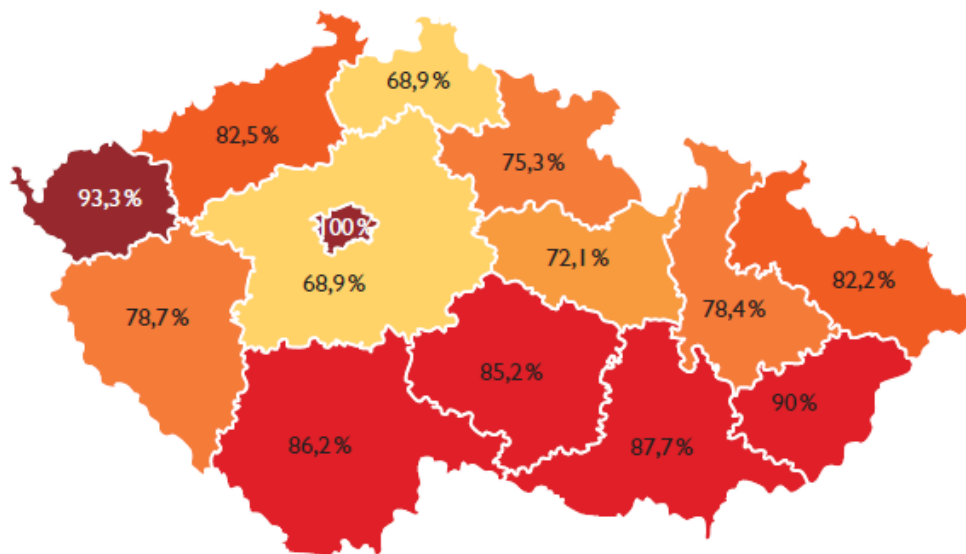
OBSAH

1	ÚVOD	10
1.1	Súčasný stav poznania	11
1.2	Ciele práce	11
2	TLAKOVÁ KANALIZÁCIA	12
2.1	Popis systému	13
2.1.1	Zberná jímka	13
2.1.2	Zdroje tlaku	14
2.1.3	Trubná sieť	16
2.1.4	Trubné spoje	16
2.1.5	Uzatváracie armatúry	16
2.2	Používané systémy tlakovej kanalizácie	16
2.2.1	Systém mechanického predčistenia (SMP)	16
2.2.2	Meliaci systém (MS)	17
2.3	Popis principu	17
2.4	Čerpacie stanice na gravitačných stokových sieťach	18
2.4.1	Systémy čerpacích staníc	19
3	VŠEOBECNÉ TECHNICKÉ POŽIADAVKY PRE NAVRHOVANIE TLAKOVÝCH STOKOVÝCH SIETÍ	20
3.1	Česká štátna norma ČSN EN 1671	20
3.1.1	Všeobecné	20
3.1.2	Základné požiadavky	20
3.1.3	Funkčné požiadavky	20
3.1.4	Návrhové požiadavky	20
3.1.5	Stanica tlakového vzduchu	21
3.1.6	Navrhovanie a dimenzovanie tlakových kanalizácií	21
3.2	Metódy stanovenia návrhového prietoku	23
3.2.1	Metóda úmerného prietoku (metoda Presskan)	23
3.2.2	Počítačová simulácia	24
3.2.3	Postup podľa ATV – A 163E	24
3.2.4	Algoritmus EPA	25
3.2.5	Enviroment One (E-ONE)	25
3.3	Porovnanie metód výpočtu návrhového prietoku na tlakovej kanalizácii Štěpánovice	26
3.3.1	Popis systému	26
3.3.2	Merané reálne prietoky	26
3.3.3	Porovnanie výpočtových metód	28
3.3.4	Vyhodnotenie	29
3.4	Požiadavky na čerpacie stanice odpadných vôd podľa ČSN EN 752	30
3.4.1	Mokrý jímka	30
3.4.2	Čerpadlá	30
3.4.3	Armatúry	31
3.4.4	Ovládacie a elektroinšalačné zariadenia	31

3.5	Výpočet dopravnej výšky v TSS	31
4	TECHNICKÉ POŽIADAVKY VODÁRENSKÝCH SPOLOČNOSTÍ NA TLAKOVÉ STOKOVÉ SIETE	33
4.1	Technické požiadavky vodárenských spoločností na tlakovú kanalizáciu	33
4.1.1	Zberná jímka	33
4.1.2	Trubná sieť	36
4.2	Technické požiadavky vodárenských spoločností na Čerpacie stanice a výtlačné rady	38
4.2.1	Požiadavky prevedenia ČS	38
4.2.2	Požiadavky na jímku	38
4.2.3	Požiadavky na čerpadlá	39
4.2.4	Výtlačné potrubie	40
4.2.5	Elektroinštalácia	40
4.2.6	Posúdenie technického stavu čerpacej stanice a hybridného kanalizačného výtlaku v obci Rozdrojovice	44
5	ZÁVER	48
	POUŽITÁ LITERATÚRA	49
	ZOZNAM TABULIEK	51
	ZOZNAM OBRÁZKOV	52
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZKRATIEK A SYMBOLOV	53
	ZOZNAM PRÍLOH	54
	SUMMARY	55

1 ÚVOD

V roku 2011 bolo na kanalizáciu v Českej republike napojených 82,6 % obyvateľov ČR [19]. Tohto čísla bolo dosiahnuté najmä odkanalizovaním území s vysokou hustotou osídlenia a území s vhodnou morfológiu terénu na stavbu klasickej gravitačnej kanalizácie. Pri odkanalizovaní zvyšných 17,4 % obyvateľov nastávajú problémy pri efektívnosti návrhu gravitačnej kanalizácie. Územia, kde sa títo obyvatelia nachádzajú, sú často riedko osídlené, morfológia terénu nie je optimálna pre stavbu gravitačnej kanalizácie a tak sa na týchto územiach stáva tradičné odkanalizovanie neekonomické, ťažko realizovateľné až nerealizovateľné. [1]



Obr. č. 1.1. Obyvatelia bývajúci v domoch pripojených na kanalizáciu v roku 2011 [19]

Alternatívne spôsoby odvádzania odpadovej vody, môžu byť cestou, vedúcou k zníženiu investičných nákladov a k zrýchleniu realizácie investičného zámeru. [1]

Alternatívne spôsoby odvádzania odpadových vôd sú:

- Tlaková kanalizácia
- Podtlaková kanalizácia
- Maloprofilová kanalizácia

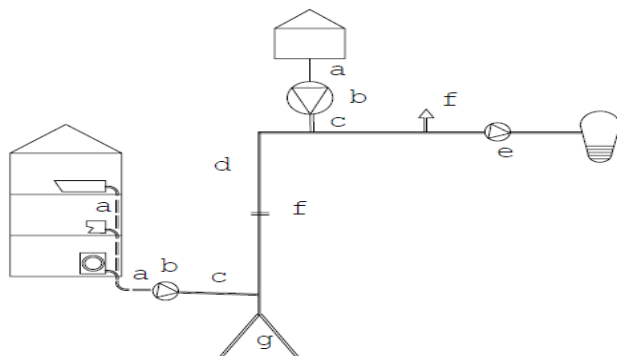
Tlakové odkanalizovanie je založené na princípe pretlaku vo vnútri vetvovej, alebo okružnej trubnej dopravnej siete. Dopravované splašky do systému dodávajú s vyvedením vnútorného pretlaku (cca 20 – 50 m v. stl.) čerpadlá umiestnené v čerpacích jímkach. Systém sa doporučuje pre ploché alebo mierne zvlnené územia. [1]

Tlaková kanalizácia sa skladá z týchto objektov (konštrukčných prvkov), funkčne zoradených po toku splaškov k ČOV alebo k miestu jej napojenia na gravitačnú sieť:

- a) Domová kanalizácia a domová prípojka
- b) Domová čerpacia jímka
- c) Tlaková kanalizačná prípojka
- d) Tlakové kanalizačné rady

V prípade potreby sú doplnené o tieto objekty:

- e) Verejné čerpacie stanice – sú zaradené do siete v prípade členitejšieho terénu
- f) Objekty na tlakových kanalizačných radách (vzdušníky, kalníky, čistiace vstupy, atď')
- g) Stanice tlakového vzduchu [1]



Obr. č. 1.2. Schéma tlakovej kanalizácie [1]

Medzi tlakové stokové systémy môžeme zaradiť aj objekty čerpacích staníc s kanalizačnými výtlakmi. Sú používané na tradičných gravitačných sieťach, kde je nutné prečerpávať odpadovú vodu z nižšie položenej gravitačnej stoky do vyššie položenej gravitačnej stoky alebo čistiarni odpadových vôd.

1.1 SÚČASNÝ STAV POZNANIA

Navrhovanie tlakových stokových sítí je v Českej republike nejednotné a nejednoznačné. Požiadavky technických noriem ČSN EN 1671 – Venkovní tlakové systémy stokových sítí a ČSN EN 752 – Odvodňovací systémy vně budov sú v mnoho prípadoch príliš všeobecné a nekonkrétne. Projektanti tlakových stokových sítí sa tak dostávajú do situácie, že navrhujú neštandardné a neoptimálne riešenia, poprípade ustupujú od ich navrhovania. Vodárenské spoločnosti na túto situáciu zareagovali vydaním svojich vlastných technických štandardov, ktorými upresňujú a konkretizujú návrhy riešení tlakových stokových sítí, na základe ich skúseností s prevádzkovanými tlakovými systémami. Avšak ani upresňujúce technické štandardy nedefinujú smerný a jednotný postup pri návrhu hlavného parametru tlakovej kanalizácie - návrhového prietoku ($Q_{\text{návrh}}$), ktorý má najväčšie dosahy na navrhovanie tlakovej siete. Návrhový prietok určuje dimenziu potrubí tlakovej stokovej siete, čo má priamo úmerný dopad na celkové náklady na stavbu, hydraulické vlastnosti v trubnej sieti a kvalitu odpadovej vody. Vo svete sa používajú metódy, ktoré sa od seba líšia metodikou výpočtu a vo výsledku dávajú rôzne hodnoty návrhového prietoku.

1.2 CIELE PRÁCE

Hlavný cieľ práce je zosumarizovať technické požiadavky vodárenských spoločností v Českej republike na tlakové stokové siete z ich technických štandardov a porovnať ich s platnými českými technickými normami ČSN EN 1671 – Venkovní tlakové systémy stokových sítí a ČSN EN 752 – Odvodňovací systémy vně budov. Ďalší cieľ je rešerš postupov výpočtu návrhového prietoku pre dimenzovanie tlakových kanalizácií a ich porovnanie na reálnej tlakovej stokovej sieti.

2 TLAKOVÁ KANALIZÁCIA

Tlakové stokové siete (TSS) slúžia k doprave splaškových (domových) odpadových vôd, ktoré vznikajú v domácnostiach a komunálnych službách, nikdy však k odvádzaniu dažďového odtoku z dažďových (povrchových) vôd. TSS pozostáva buď z jedného tlakového potrubia (výtlaku) alebo rozvetvenej tlakovej trubnej siete. Zdroje tlaku sú vždy umiestnené na začiatku tlakových potrubí (proti prúdu). Konečný hraničný bod systému (po prúde) je daný miestom, z ktorého celkový prietok pri atmosférickom tlaku vyteká jedným potrubím zo systému do recipientu, napr. do vstupnej šachty, gravitačnej stoky alebo čerpacej jímky. [2]

Tlaková kanalizácia popri podtlakovej a maloprofilovej kanalizácii patrí k najpoužívanejšiemu alternatívnemu odvádzaniu odpadných vôd. Navrhujeme ju na miesta, kde v konkurencii s tradičným odkanalizovaním, vedie k zníženiu investičných nákladov, zrýchleniu realizácie investičného zámeru alebo na miestach, kde nie je možnosť realizovať tradičnú gravitačnú stokovú sieť. [1]

Okolnosti, ktoré prispievajú k uprednostneniu týchto spôsobov sú:

- Rozptýlená zástavba (dedinského alebo vilového typu)
- Konfigurácia terénu
- Záujmové územie s niekoľko samostatnými povodiami so spoločnou ČOV
- Terasovitá zástavba, či iné široké ulice, kde by situácia vyžadovala súbeh dvoch gravitačných stôk
- Oblasti s nepriaznivými podmienkami pre zakladanie stôk (vysoká hladina podzemnej vody s agresivitou na konštrukčný materiál, skalné podložie v malej hĺbke, oblasti permafrostu, poddolované územia, atď.)
- Možnosť prevedenia stoky bezvýkopovým spôsobom
- Obmedzený priestor potrebný pre prevedenie stoky
- Vysoká hustota už položených inžinierskych sietí
- Iné prekážky (napr. vodné toky)

[1]



Obr. č. 2.1. Územie vhodné pre tlakovú kanalizáciu [1]

Tab. č. 2.1. Porovnanie gravitačnej a tlakovej kanalizácie [13]

Gravitačná kanalizácia		Tlaková kanalizácia	
výhody	nevýhody	výhody	nevýhody
jednoduchosť a spoľahlivosť	zahĺbenie kanalizácie	uloženie potrubia cca 1,0 - 1,2 m pod terénom	pri každej nehnuteľnosti nutnosť vybudovať čerpaciu jímku (ČJ)
prečerpávanie iba v nutných prípadoch	vyššie ekonomické náklady na realizáciu	Bez údržbových prevádzkových potrubných sietí	nápojenie čerpacích šacht na elektrickú energiu
skoro bez údržbových prevádzkových desiatok rokov	veľký počet revízií objektov	menšie investičné náklady	vyššie nároky na prevádzku (kontrola ČJ, čerpadla a ovládania)
		bez infiltrácie balastných vôd	havarijná údržba - veľké množstvo čerpadel – nutná rezerva
		nezávislosť na sklone terénu	použitie iba pre splaškové odpadné vody

2.1 POPIS SYSTÉMU

Tlaková kanalizácia pozostáva z :

- Zberná jímka
- Zdroj tlaku
- Čerpadlo
- Automatická tlaková stanica
- Tlakové potrubie
- Trubné spoje
- Uzatváracie armatúry

[2]

2.1.1 Zberná jímka

Jímka, do ktorej pritekajú gravitačne odpadné vody. Táto jímka môže mať formu zbernej nádrže alebo zbernej šachty.

Na zbernú jímku môžu byť napojené jedna alebo viac budov. Maximálny počet napojených budov je obmedzený prietokovou kapacitou zdroja tlaku.

Podstatné prvky zbernej jímky:

- Odvetranie
- Dostatočné zásobenie elektrickou energiou
- Riadiace a poplachové zariadenie
- Snímače hladiny v zbernej jímke pre automatický chod čerpadiel
- Uzatváracie armatúry a spätné klapky k zamedzeniu spätného prietoku z tlakového systému [2]

2.1.2. Zdroje tlaku

Čerpadlá

Čerpadlo je zariadenie osadené v zbernej jímke, ktoré vyvodzuje tlak pre dopravu odpadových vôd potrubným systémom.[2]

Pre tlakovú kanalizáciu sa používajú odstredivé a objemové čerpadlá, ktoré majú čo najstrmšiu charakteristiku. Sú to čerpadlá, ktoré vykazujú malé zmeny čerpaceho množstva pri premenlivých výtlačných výškach. Na základe skúseností sú za hospodárne považované čerpadlá do čerpaceho množstva $4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, pri výtlačných výškach do max 50 m.v.sl. Snahou je udržať potrebný elektrický príkon do $3,5 \text{ kW} \cdot \text{h}^{-1}$. [1]

Čerpadlá využiteľné pre TSS delíme:

- Podľa umiestnenia: čerpadlá do suchej jímky, čerpadlá do mokrej jímky
- Podľa konštrukcie: odstredivé, objemové
- Podľa vystrojenia: čerpadlá s rezacím vybavením, čerpadlá bez rezacieho vybavenia [1]

2.1.1.1.1 Odstredivé čerpadlá

Patria medzi lopatkové hydraulické stroje, ktoré premieňajú mechanickú prácu na kinetickú a ďalej na tlakovú energiu kvapaliny.

Odstredivé čerpadlá so strmšou Q-H krivkou sú s plytkým obežným kolom, menším počtom lopatiek o väčšom obvode. Väčším priemerom obežného kola sa dosiahnu vyššie dopravné výšky. [1]

2.1.1.1.2 Objemové čerpadlá

Pri TSS sú z objemových čerpadiel výlučne požívané vretenové čerpadlá. Jedná hydrostatické axiálne objemové čerpadlá, ktoré sú v prevažnej časti sú inštalované ako ponorné. Majú strmú Q-H krivku a pri meniacej sa dopravnej výške dodávajú približne konštantný prietok.

Potrebný príkon čerpadla pre návrhové parametre sa vypočíta pomocou vzorca:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{\eta} \quad [Pa] \quad (1)$$

Kde :

Q	-čerpané množstvo	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
H	-dopravná výška	$[\text{m v. sl.}]$

ρ -hustota kvapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

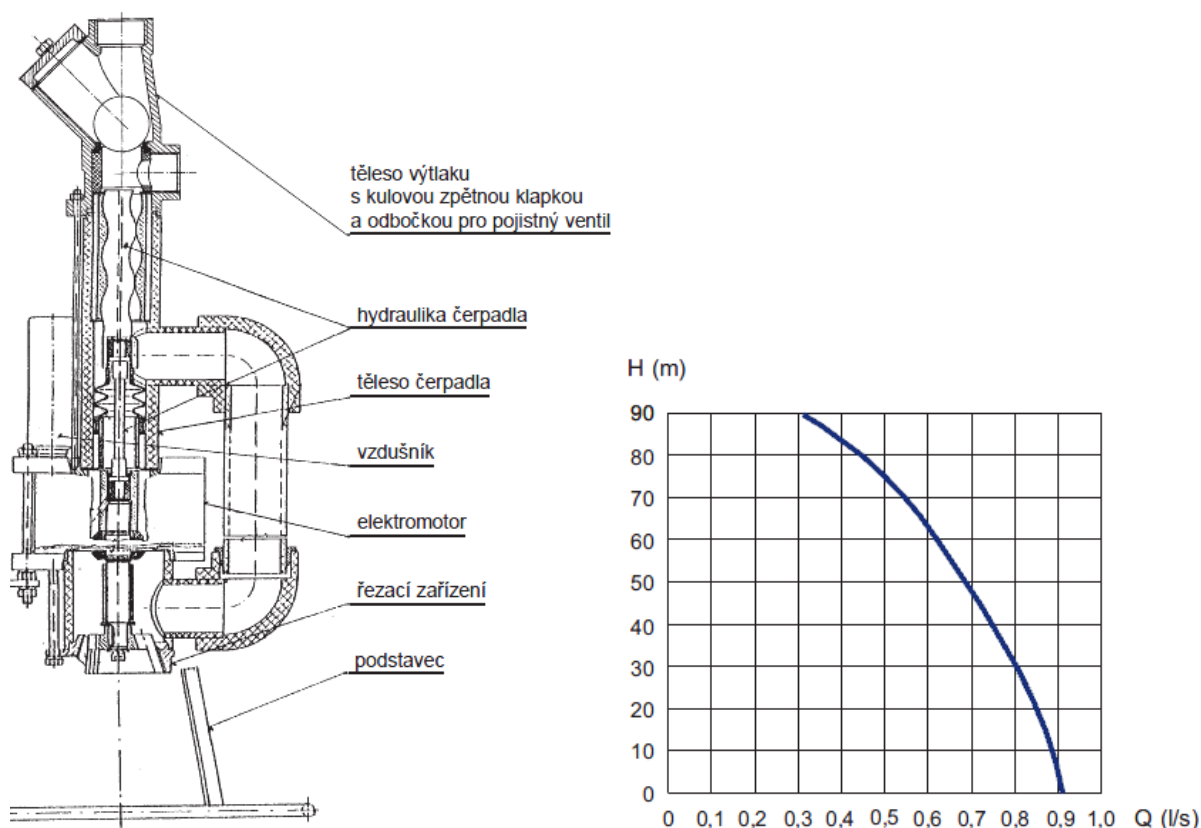
g -gravitačné zrýchlenie [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

η -účinnosť [-]

Čerpadlá pre tlakovú kanalizáciu musia byť schopné pracovať určitý čas do uzavretého výtlaku, ktorý môže nastať pri zapnutí nad návrhového množstva domových čerpadiel napr. po dlhšej odstávke elektrickej energie. [1]

Niektoré čerpadlá sú schopné bežať nasucho v dlhom časovom interval. Tento prípad nastáva pri zavzdušnení čerpadla alebo pri zlyhaní snímača hladina, čo má za následok nasatie vzduchu. [1]

Ako ochrana pred poškodením čerpadla sa používajú tepelné ochrany, poisťovacie ventily a čidlá na meranie tlaku na výtlaku.



Obr. č. 2.2 Objemové vretenové čerpadlo Sigma 5/4'' Kador + charakteristika čerpadla

Automatická tlaková stanica

Slúži na zabránenie nepriaznivých chemických a fyzikálnych procesov v TSS. Jedná sa o zamedzenie anaeróbných procesov a zabráneniu vzniku sedimentov.

2 spôsoby využitia tlakového vzduchu:

- Občasné prevzdušnenie odpadovej vody v trubnej sieti (zabránenie anaeróbných podmienok)
- Výplach odpadnej vody tlakovým vzduchom (odstránenie sedimentov) [1].

Ak je tlakový vzduch nutný, osadí sa alebo pripojí automatická tlaková stanica na hornom konci (proti prúdu) toho úseku, ktorý potrebuje zlepšenie prietoku.

Automatické tlakové stanice môžu byť vybavené kompresormi, tlakovými nádobami a pretlakovými ventilmi, alebo kompresormi priamo napojenými na tlakové potrubie bez tlakovej nádoby.[2]

2.1.3 Trubná sieť

Tlakové potrubie môže tvoriť okružovú sieť, vetvovú sieť alebo jeden rozvetvený výtlak.

Všeobecne sa tlakové potrubie ukladá tak, aby sledovalo povrch terénu. Podľa potreby sa navrhujú výškové lomy. [2]

Potrubie sa ukladá v nezámrznej hĺbke, doporučená je výška krytia 1,0 až 1,2 m. Na stokovej sieti sa zhotovujú v spojných uzloch alebo po približne cca 300 m sekčné uzávery. Jednotlivé prevádzkové sekcie by mali mať možnosť gravitačného odvodnenia. V takomto prípade je potrebné sieť medzi dvoma sekčnými uzávermi spádovať v min. sklone 0,2 % (smerom od zavzdušňovacích hydrantov ku kalníkom). [1]

Požiadavka na potrubie je, že potrubie musí vyhovovať vnútorným aj vonkajším tlakom, pričom jeho pevnosť je v dlhodobom horizonte ovplyvňovaná koróznymi vplyvmi a teplotou prepravovaného média. [1]

V sortimente pre potrubie tlakových kanalizácií prevládajú potrubia z HDPE a tvárnej liatiny. Vhodné sú aj potrubia z PVC, sklolaminátu a nerezovej oceli. Pri starých tlakových kanalizáciách sa stretávame so šedou liatinou.

2.1.4 Trubné spoje

Trubné spoje musia vykazovať hladkú vnútornú plochu bez zúženia profilu, aby bolo zabránené usadzovaniu a upchávaniu. [2]

2.1.5 Uzatváracie armatúry

Pre uľahčenie obsluhy a údržby sa za účelom lokalizovania netesností a prevádzania opráv, sa musia osadzovať uzatváracie armatúry. [2]

Najčastejšie sú používané šúpatká (väčšinou s pogumovaným sedlom) , prípadne guľové uzávery. Klapky nie sú doporučované, pretože na hriadeli dochádza k zachytávaniu vláknitých nečistôt. [1]

Uzávery sú osadzované na odbočkách a vetveniach, pri prechode vodného toku, pred a za zónou nespevneného podlažia a v dlhých trasách po úsekoch 0,8 - 1,6 km. V uzloch sú navrhované zvyčajne 2 uzávery. [1]

Odvzdušňovacie a zavzdušňovacie ventily

Sú prvkami zaručujúce trvale stabilný prevádzkový režim v tlakových trubných systémoch.

2.2 POUŽÍVANÉ SYSTÉMY TLAKOVEJ KANALIZÁCIE

2.2.1 Systém mechanického predčistenia (SMP)

Jedná sa o systém predradených septikov. Septiky majú za úlohu zachytávať primárny kal a nečistoty- usaditeľné a plávajúce, ktoré by mohli napáchať škody na obežných kolách čerpadiel. Jedná sa o handry, plastové obaly, kusy potravín, vlákňitý materiál atď. [1]

Čerpadlá používané pri SMP sú zvyčajne obyčajné odstredivé čerpadlá, schopné dopravovať iba tie pevné častice, ktoré dokážu prejsť medzi lopatkami rotoru, poprípade výtlačným hrdlom. [2]

Tým, že sa primárne odstraňujú látky v predradených septikoch, má to za následok zníženie hodnôt ukazovateľov znečistenia BSK₅ a NL.

Systém mechanického predčistenia sa však v dnešnej dobe nenavrhuje, kôli problémom s odstraňovaním primárneho kalu, nečistôt z DČJ a nárastom amoniakálneho dusíku pri anaeróbných procesoch v septiku.

2.2.2 Meliaci systém (MS)

Čerpadlá v meliacom systéme sa vyznačujú predradeným rezným nástavcom, ktorý má za úlohu rozsekať pevné častice na riedku kašu, ktorá je schopná prejsť bez problémov čerpadlom a malými priermi tlakovej kanalizácie.

Existujú 2 spôsoby umiestnenia rezacieho zariadenia, a to uloženie vo vnútri (zapustené do vstupného hrdla), alebo uloženie vonku (predsunuté pred vstupné hrdlo).

Výhodou meliaceho systému oproti SMP je výrazne menší obstavaný objem a zároveň sa obmedzujú anaeróbne procesy v DČJ. Ako nevýhoda sa môžu javiť zvýšené hodnoty BSK₅ a NL. [1]

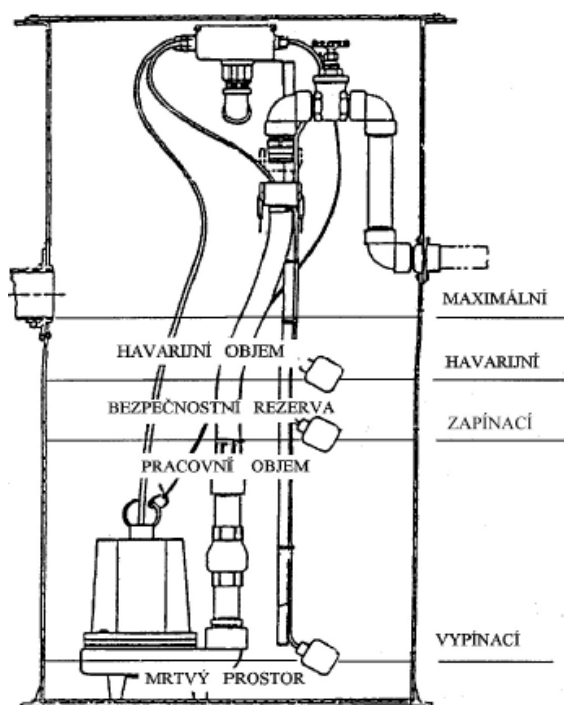
2.3 POPIS PRINCIPU

Tlaková kanalizácia je založená na princípe pretlaku vo vnútri vetvovej alebo okružnej trubnej dopravnej sieti. Vnútny pretlak vyvodzujú čerpadlá umiestnené v DČJ. DČJ je umiestnená v blízkosti odvodňovaného objektu resp. objektov. [1]

Prítok odpadovej vody do DČJ sa deje gravitačnou prípojkou. Čerpadlo je za bežného chodu riadené v závislosti na hladine vody v jímke (zapínacia a vypínacia hladina). Hladina pri ktorej dochádza k spätnému vzdutiu v gravitačných prípojkách je stanovená ako maximálna hladina a jej dosiahnutie je s predstihom hlásená na havarijnej hladine. [1]

Jednotlivé hladiny v DČJ oddeľujú tieto funkčné objemy:

- Pracovný objem: je objem medzi zapínacou a vypínacou hladinou, ktoré ovládajú čerpadlo. Frekvencia spínania má byť nastavená tak, aby nezmenšovala životnosť čerpadla
- Bezpečnostná rezerva: nachádza sa medzi zapínacou a signalizačnou hladinou. Slúži ako vyrovnávajúca objemová rezerva pre pokrytie rozdielu medzi maximálnym prítokom a čerpaným množstvom v období špičky
- Havarijný objem: rezerva medzi havarijnou a maximálnou hladinou. Jeho veľkosť by mala korešpondovať s dobou plnenia jímky, za ktorú je prevádzkovateľ schopný odstrániť výpadok elektrického prúdu minimálne však 25 % denného splaškového prítoku.
- Mŕtvy priestor: je daný požadovanou výškou sacieho hrdla nad dnom jímky a prevýšením vypínacej (minimálnej) hladiny nad sacím hrdlom, tak aby čerpadlo nevytváralo vírovú depresiu a nenasávalo vzduch. Pri jeho stanovení je potrebné dodržať požiadavky výrobcu. [1]



Obr. č. 2.3. Schéma funkčních objemů DČJ [1]

2.4 ČERPACIE STANICE NA GRAVITAČNÝCH STOKOVÝCH SÍŤACH

Tam, kde nemôže byť časť stokového systému účinne odvodnená gravitačným systémom, je potreba zvážiť použitie objektov na čerpanie odpadových vôd.

Objekty čerpania sú v gravitačných systémoch nutné vtedy, keď sa má zabrániť veľkým hĺbkam uloženia alebo odvodniť nízko ležiace územie. Môžu byť taktiež nutné pri oddeľovacích komôr alebo pri výustných stokách, aby bolo možné vyústiť výtoky do vyššie položených ČOV alebo recipientov.[3]

Podmienky, za ktorých je nutné alebo účelné odpadné vody prečerpávať sú:

- Zabránenie extrémne hlbokému uloženiu stoky
- Odvodnenie hlboko uložených alebo povodňovými stavmi ohrozených častí príslušného povodní
- Napojenie území, ktoré nemôžu byť gravitačne odvodnené do odvodňovacieho systému, čistiarne odpadových vôd alebo výuste
- Prekonanie prekážok
- Zaistenie dostatočného spádu pre prevádzku ČOV
- Čerpanie odpadových vôd do retenčných nádrží

Pri použití čerpacích staníc sa musí dbať na tieto hľadiská

- a) Celkové náklady
- b) Spotreba energie
- c) Požiadavky na obsluhu a údržbu

- d) Riziká a účinky porúch
- e) Bezpečnosť a ochranu zdravia verejnosti a pracovníkov obsluhy
- f) Pôsobenie na životné prostredie
- g) Akosť a vlastnosti odpadových vôd, ktoré môžu :
 - Byť agresívne, korozívne alebo erozívne
 - Vykazovať vysoký podiel pevných látok, spojený so zvýšeným nebezpečím upchávania
 - Byť toxické
 - Zapríčiniť nebezpečie výbuchu [3]

2.4.1 Systémy čerpacích staníc

Meliaci systém

Používajú sa čerpadlá s predradeným rezným nástavcom, ktorý rozseká tuhé nečistoty na "kašu", ktorá bezpečne prejde medzi lopatkami obežného kola čerpadla. Nevýhoda je náchylnosť rezného nástavcu na obrus a tým zhoršený meliaci efekt a následné upchávanie obežného kola čerpadla.

Hrubé mechanické predčistenie a čerpadlá s otvoreným obežným kolom

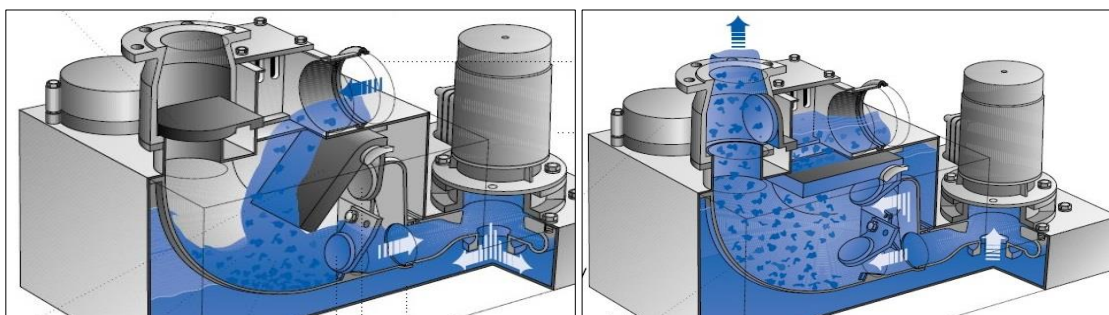
Systém je založený na vysokej priechodnosti tuhých častíc obežným kolom čerpadla. Vysokú priechodnosť majú jednokanálové a dvojkanálové otvorené obežné kolá. Na nátok do ČS sa osadzuje hrubé predčistenie najčastejšie v podobe česlicového koša.

Systém je menej náchylný na obrus a preto je vhodný pre OV s vyšším podielom piesku.

So separáciou tuhých látok

Jedná sa o kombináciu rotačných čerpadiel so zberačom tuhých látok. Odpadová voda priteká prítokovým potrubím do zberača tuhých látok v ČS. Obsiahnuté tuhé častice sú zadržiavané deliacimi klapkami v zberači. Odpadová voda zbavená tuhých látok preteká deliacimi klapkami a čerpadlom do zbernej nádrže. Po naplnení zbernej nádrže uzavrie uzatváracia klapka prítok. prevádzkové čerpadlo, ovládané stavom hladiny, sa zapne a prečerpáva "predčistenú" odpadnú vodu cez zberač do tlakového potrubia, pričom dôjde k úplnému vyprázdneniu zberača. [17]

Systém poskytuje ochranu čerpadiel pred znečistením a následným upchatím rotačného čerpadla.



Obr. č. 2.4. ČS STRATE - fáza plnenia [17] Obr. č. 2.5 ČS STRATE – fáza čerpania [17]

3 VŠEOBECNÉ TECHNICKÉ POŽIADAVKY PRE NAVRHOVANIE TLAKOVÝCH STOKOVÝCH SIETÍ

3.1 ČESKÁ ŠTÁTNA NORMA ČSN EN 1671

3.1.1 Všeobecné

Tlakové systémy stokových sítí musia dopraviť odpadné vody zo zbernej jímky do predávacieho bodu za bežných podmienok. [2]

Všetky TSS musia byť navrhnuté tak, aby odpovedali národným a miestnym predpisom.

3.1.2 Základné požiadavky

- Nesmie dôjsť k ohrozeniu zdravia obyvateľstva
- Nesmie dôjsť k ohrozeniu zdravia obsluhy
- Musí byť zaistená požadovaná životnosť a celistvosť stavebného prevedenia [2]

3.1.3 Funkčné požiadavky

- Prevádzka musí byť bez nebezpečenstva upchávania
- Musia sa vylúčiť povodňové stavy, alebo musia byť obmedzené na určité stavy a počty stanovené v národných a miestnych predpisoch
- Má byť zabránené preťaženiu prítokových gravitačných stôk, alebo má byť preťaženie obmedzené na stanovené hodnoty a počty.
- Nesmú byť ohrozené súčasné priľahlé budovy, zariadenia a siete technického vybavenia
- Na tlakovom potrubí musia byť prevádzané tlakové skúšky v súlade s funkčnými požiadavkami
- Nemajú unikať pachy a vznikať ďalšie nepríjemnosti
- Musí byť zaistená prístupnosť pre obsluhu a údržbu
- Po výpadku elektrického prúdu musia zdroje tlaku automaticky obnoviť svoju činnosť
- Musí byť navrhnutý akustický alebo optický poplachový systém, signalizujúci prevádzkové poruchy.
- V systéme musia byť navrhnuté hodnoty, t.j. minimálne rýchlosti a maximálna doba zdržania odpadných vôd v potrubí. [2]

3.1.4 Návrhové požiadavky

Potrubie

- Tlakové potrubie musí byť vyrobené z nekorodujúcich materiálov, ktoré nie sú ovplyvniteľné kontaktom s odpadnými vodami, alebo ich plynmi
- Vnútorný priemer tlakového potrubia musí odpovedať vnútornému priemeru hrdla výtlačného čerpadla

- V smere prúdenie nesmie dôjsť k zúženiu profilu
- Národné a miestne predpisy môžu predpisovať minimálne vnútorné priemery TSS a môžu byť ovplyvnené zvoleným typom zdroju tlaku
- Je potreba brať v úvahu, že môže dôjsť k upchaniu v zbernej jímke alebo v čerpadle v dôsledku sacích účinkov v potrubnom systéme (sifónový efekt)
- Tlakové potrubia v DČJ a v tlakovom systéme musia byť odolné prevádzkovému tlaku najmenej na 0,6 MPa
- Vo vrcholových výškových lomoch môže byť zariadenie pre odvodušenie zavzdušnenie [2]

Minimálna prietoková rýchlosť

Je prietoková rýchlosť, ktorá je nutná k doprave pevných látok vo vode. Aby potrubie zostalo prietokové a neupchané, má byť prietoková rýchlosť dostatočne vysoká, takže piesok a iné pevné látky obsiahnuté v odpadných vodách sú odnášané, je zabránené usadzovaniu tukov vo vrcholoch potrubí a usadené látky sú späť strhávané a v suspenzií opäť odnášané.

Za účelom znižovania nebezpečenstva sedimentácie pevných látok musí byť dosiahnutá najmenej jedenkrát za 24 hodín minimálna prietoková rýchlosť $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rýchlosti nižšie ako $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ môžu byť pripustené za predpokladu splnenia tejto podmienky. [2]

Ak nie je možné zaistiť minimálnu prietokovú rýchlosť $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ aspoň 1x za 24 hod je nutné uvažovať o použití tlakovzdušného systému k periodickému preplachovaniu TSS. [2]

3.1.5 Stanica tlakového vzduchu

Tam kde nie je dosiahnutá min. 1x za deň unášacia rýchlosť alebo nedochádza k výmene dopravovanej vody min. 2x za deň je vhodné vyprázdnenie výtlačného potrubia tlakovým vzduchom. [1]

Preplachy sa realizujú buď priamo kompresorom alebo nepriamo zo zásobníku tlakového vzduchu. Doba výplachu sa doporučuje 1-2x denne 5-20 minút [1]

Preplachovací tlak:

$$Pf = \lambda \cdot \rho \cdot \frac{L_p \cdot v^2}{2 \cdot d} - \rho \cdot g \cdot H_g \text{ [Pa]} \quad (2) \quad [4]$$

λ - súčiniteľ trenia

L_p -dĺžka vyplachovaného úseku

d - vnútorný priemer [m]

v - rýchlosť [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

H_g - geodet. výška medzi tlakovou stanicou a výustou vyplachovaného úseku [m v. stl.]

3.1.6 Navrhovanie a dimenzovanie tlakových kanalizácií

ČSN EN 1671 požaduje pri dimenzovaní počítať s návrhovým prietokom potrubia, tak aby boli splnené všetky návrhové požiadavky.

Norma ČSN EN 1671 uvádza pomerne málo požiadaviek a ani neuvádza spôsob dimenzovania TSS.

Z požiadaviek, ktoré sú potrebné pre nadimenzovanie uvádza len:

- Minimálny vnútorný priemer potrubia musí odpovedať minimálne priemeru výtlačného hrdla čerpadla [2]. Odporúčaná je minimálna dimenzia DN 80 pre čerpadlá bez meliaceho systému alebo DN 50 v prípade meliaceho systému alebo systému SMP [4].
- Tlakové potrubie musí byť odolné minimálne na prevádzkový tlak 0,6 MPa
- Minimálne 1x za deň dosiahnutá prietočná rýchlosť $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Východzie údaje o odtoku splaškov

3.1.1.1.1 Priemerné denné odtoky

Vychádzajú z hodnoty špecifickej potreby vody, ktorá závisí na charaktere zástavby a obvykle sa pohybuje v rozmedzí $90 - 130 \text{ l} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Na rozdiel od konvenčných stokových systémov počítame s absolútnou vodotesnosťou materiálov a preto, nepočítame s infiltráciou balastných vôd v TSS taktiež ako metodika dimenzie TSS v nemeckej ATV – 126E. [1]

3.1.1.1.2 Denné nerovnomernosti odtokov

Odtoky jednotlivých znečisťovateľov a ich špičky sú transformované do režimu čerpania jednotlivých staníc. Na výskyt maxim má vplyv časové rozloženie odtoku zo zástavby. Odtoky do stokovej siete sú oproti odberom pretvorené zariadeniami s akumuláciou (vane, umývadlá, atď.). V dlhšom časovom úseku (45 min - 60 min) by však mala priemerná potreba korešpondovať s priemerným odtokom.

Na nerovnomernosti prietokov v stokových radách má veľký vplyv výber čerpadla ($Q_{\text{čerp}}$) a objem čerpacej jímky. [1]

3.1.1.1.3 Špičkové prietoky

Mnohonásobne prevyšujú denný priemer s nízkym počtom výskytov počas dňa. Vzhľadom ku krátkemu trvaniu nemajú pre trubnú časť TSS význam. Význam majú pri návrhu úžitného objemu DČJ. [1]

Návrhový prietok

Umelé vytvorený prietok, slúžiaci na dimenzovanie verejných radov TSS. Návrhový prietok nie je považovaný za neprekročiteľný. Vyjadruje prietokové pomery v intervale špičkových odtokov behom dňa. Závisí od počtu súčasne zapnutých čerpadiel a od prítoku z jednotlivých DČJ so zapnutým čerpadlom.

Návrhový prietok sa stanovuje:

- Vyšetrením odtoku splaškov v záujmovej oblasti v období špičky (tomuto sa prispôsobuje návrh čerpacej techniky)
- Vychádza sa z návrhu konkrétnej čerpacej techniky, ktorá korešponduje s odtokom typickej nehnuteľnosti a vyšetrujú sa rôzne stavy pri jej činnosti [1]

Návrhové prietoky slúžia na stanovenie priemeru potrubia a na vykreslenie tlakovej čiary. Ďalej sa stanovujú prietoky, ktoré s dostatočnou početnosťou výskytu zabezpečia minimálnu prietočnú rýchlosť.

3.2 METÓDY STANOVENIA NÁVRHOVÉHO PRIETOKU

3.2.1 Metóda úmerného prietoku (metoda Presskan)

Výpočtová stochastická metóda založená na stanovení počtu súčasne pracujúcich čerpadiel, ktorý nebude so zvolenou pravdepodobnosťou prekročený. Pre návrhový prietok bude platiť, že stanovený počet čerpadiel nebude prekročený s pravdepodobnosťou 95 %. Pre takto volené prietoky sú volené svetlosti potrubia, aby rýchlosti v potrubí boli v intervale $0,6 - 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Takto navrhnutý systém je následne posudzovaný z hľadísk:

1. Pri prietokoch s pravdepodobnosťou dosiahnutia 99,7 % nebudú v systéme prekročené tlaky, prekračujúce tlakové maximum použitých čerpadiel, ktoré by nedovolili prítok z prípojok
2. Posudzujeme rýchlosti prúdenia v sieti pre prietoky odpovedajúce $p = 68 \%$ a $p = 86 \%$ a vyvodzujeme závery o účinnosti preplachovania potrubia (unášacia sila) pri uvedenej početnosti týchto prietokov [1]

3.2.1.1.1 Výpočet súčasne činných čerpadiel

Pravdepodobnosť súčinnosti "m" čerpadiel v sledovanom časovom intervale závisí na celkovej prevádzkovej dobe všetkých čerpadiel v tom intervale a tá závisí od dielčích prevádzkových dôb.

Dielčiu prevádzkovú dobu stanovíme ako

$$t_p = \frac{Q_i}{Q_s} \quad (3) \quad [1]$$

kde:

Q_i - odtok z nehnuteľnosti do DČJ za sledovaný interval

Q_s - výkon čerpadla

Pravdepodobnosť súčasného zapnutia čerpadiel podlieha binomickému rozdeleniu. Medzné počty zapnutých čerpadiel závisia od sumy čerpacej doby (t_{pcelk})

$$t_{pcelk} = n \cdot t_p \quad (4) \quad [1]$$

medzné počty čerpadiel pre rôzne pravdepodobnosti neprekročenia sú pre rôzne doby čerpania v sledovanom intervale 1 hod uvedené tabelárne.

Potom: $Q_{návrh} = Q_s \cdot m_{95} \quad (5) \quad [1]$

Kde :

m_{95} - počet čerpadiel, ktorý nebude prekročený s pravdepodobnosťou 95 %

Q_s - výkon čerpadla [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$] [1]

Tab. č. 3.1 Tabuľka medzného počtu zapnutých čerpadiel pre $Q_c = 0,67 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ pre pravdepodobnosť neprekročenia $p = 95 \%$ [1]

Počet napoj. čerp. jedn.	Špecifický odtok do DČJ v období hodinové špičky [l / hod]									
	8	24	40	80	120	240	400	480	560	800
čerp. jedn.	Odpovídaajúci náhradní doba čerpaní hodinové špičky [min/hod]									
	0,2	0,6	1	2	3	6	10	12	14	20
5	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3
10	1	1	1	1	2	3	4	4	5	6
15	1	1	1	2	2	4	5	6	6	8
20	1	1	1	2	3	4	6	7	8	10
30	1	1	2	3	4	6	9	10	11	14
40	1	2	2	3	4	7	11	12	14	18
60	1	2	3	4	6	10	15	17	20	26
80	1	2	3	6	7	13	19	22	25	34
100	1	3	4	7	9	15	23	27	30	41
120	2	3	5	7	10	17	27	31	36	49
150	2	4	6	9	12	21	33	38	44	60
200	2	5	7	11	15	27	42	49	57	78
250	2	5	8	13	18	33	51	60	69	95
300	3	6	9	15	21	39	61	72	82	113

Tabuľka pravdepodobné spolupôsobiacich čerpacích jednotiek v systéme

3.2.2 Počítačová simulácia

Sú zvolené vstupné parametre a analyzujeme ich vplyv na zapnutie čerpadiel

Nastavované parametre:

1. Posudzovaný časový interval (24 hod, hodina dennej špičky)
2. Q_d – denný odtok OV z typickej nehnuteľnosti ($0,2 - 9,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
3. Q_s – výkon čerpadla v $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
4. Veľkosť súboru – počet čerpacích jednotiek na trubicnú sieť

Počítač náhodne generuje charakteristický hodinový odtok a náhodne nastaví výšku hladín v DČJ. Návrhové hodnoty budú brané ako priemer z 3 - 10-tich simulácií. [1]

3.2.3 Postup podľa ATV – A 163E

Východným parametrom pre dimenzovanie je počet obyvateľov v záujmovej oblasti. Každému obyvateľovi je prisúdený denný špecifický odtok $q = 0,005 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Potom návrhový prietok sa vypočíta ako:

$$Q_{\text{návrh}} = n \cdot q \cdot k [\text{l} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6) \quad [4]$$

Kde:

- n - počet pripojených obyvateľov
- q - špecifický odtok [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$];
- k - koeficient maxima = 1,5

pre návrhovú hodnotu prietoku je navrhnutý priemer potrubia taká aby bola prietočná rýchlosť potrubím aspoň $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pre návrhové parametre je konštruovaná tlaková čiara. Vyšetreným tlakom musí odpovedať materiál potrubia (PN pre $T = 35^{\circ}\text{C}$ a 50 ročnú životnosť) a zvolená čerpacia technika. [4]

3.2.4 Algoritmus EPA

Rovnica ktorá vznikla zjednodušením 5 metód (Enviroment One, ASCE, Hydromatic, Barnes, F.E. Myers) pre odstredivé čerpadlá. Východným parametrom je počet napojovaných nehnuteľností (rodinné domy -pre pomery v USA). Návrhový prietok sa potom vypočíta ako:

$$Q_{\text{návrh}} = 0,5 \cdot N + 20 [\text{gal} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (7) \quad [16]$$

Kde:

N - počet nehnuteľností

Transpozícia na $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$:

$$Q_{\text{návrh}} = 0,0315 \cdot N + 1,262 [\text{l} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8) \quad [18]$$

Kde:

N - počet nehnuteľností

Ako návrhová rýchlosť je v USA obvykle brané $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (v našich podmienkach $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) [5]

3.2.5 Enviroment One (E-ONE)

Metóda vyvinutá americkým výrobcom vretenových čerpadiel, ktorej návrh sa odvíja od závislosti očakávaných súbehov čerpadiel na základe ich počtu.

$$Q_{\text{návrh}} = Q_{\text{č}} \cdot N [\text{l} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (9) \quad [21]$$

Kde:

$Q_{\text{č}}$ - návrhový prietok čerpadlom $[\text{l} \cdot \text{s}^{-1}]$

N -počet súčasne pracujúcich čerpadiel (podľa Tab. č. 3.2.)

Tab. č. 3.2. E-ONE počet očakávaných súčasne pracujúcich čerpadiel [21]

Number of Grinder Pump Cores Connected	Maximum Daily Number of Grinder Pump Cores Operating Simultaneously		
1	1	345–377	16
2–3	2	378–410	17
4–9	3	411–443	18
10–18	4	444–476	19
19–30	5	477–509	20
31–50	6	510–542	21
51–80	7	543–575	22
81–113	8	576–608	23
114–146	9	609–641	24
147–179	10	642–674	25
180–212	11	675–707	26
213–245	12	708–740	27
246–278	13	741–773	28
279–311	14	774–806	29
312–344	15	807–839	30
		840–872	31
		873–905	32
		906–938	33
		939–971	34
		972–1,004	35

3.3 POROVNANIE METÓD VÝPOČTU NÁVRHOVÉHO PRIETOKU NA TLAKOVEJ KANALIZÁCIÍ ŠTEPÁNOVICE

Aby sme mohli objektívne posúdiť a porovnať rôzne metódy výpočtu návrhového prietoku, musíme vypočítané prietoky porovnať s meraným prietokom na reálnej sieti, ktorý je nameraný v mernom profile a jeho pravdepodobnosť neprekročenia bude 95 %.

3.3.1 Popis systému

V obci Štepánovice žije 463 trvalých obyvateľov a na jej území sa nachádza 157 nehnuteľností. Odkanalizovanie je riešené pomocou tlakového stokového systému, navrhnutý firmou NEPTUN PRESSKAN s.r.o. a prevádzkovaný od roku 2006. Dĺžka kanalizačného systému je 8708,2 m z materiálu PE 100 De 110 – 40. Odpadné vody čerpá 160 čerpacích jímek osadených u jednotlivých nehnuteľností a následne sú odpadové vody odvádzané 2,0 km dlhým výtlakom do obce Předklášteří. Tam odpadová voda voľne nateká do gravitačnej kanalizácie a odteká na čističku v Březine. Pre meranie prietoku bol umiestnený na konci výtláčného radu indukčný prietokomer. [12]

Čerpadlá osadené v čerpacích jímkach sú objemové od firmy NEPTUN PRESSKAN s.r.o. s uvažovaným čerpaným množstvom $0,67 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Čerpacie jímky sú betónové s maximálnou kapacitou 900 l a to pre prípad výpadku elektrickej energie či poruchy čerpadla. Štandardné zbytkové množstvo odpadovej vody je po zapnutí 300 l. Čerpadlá sú napojené na elektrorozvod z domácnosti. [12]

3.3.2 Merané reálne prietoky

Meranie prietoku sa vykonávalo elektromagnetickým indukčným prietokomerom osadeným na konci 2 km dlhého výtláčného potrubia. Prietoky sa merali v dvoch etapách. Prvá etapa november - december 2010, druhá etapa apríl – máj 2011. Interval medzi zaznamenávanými prietokmi bol 5 min.

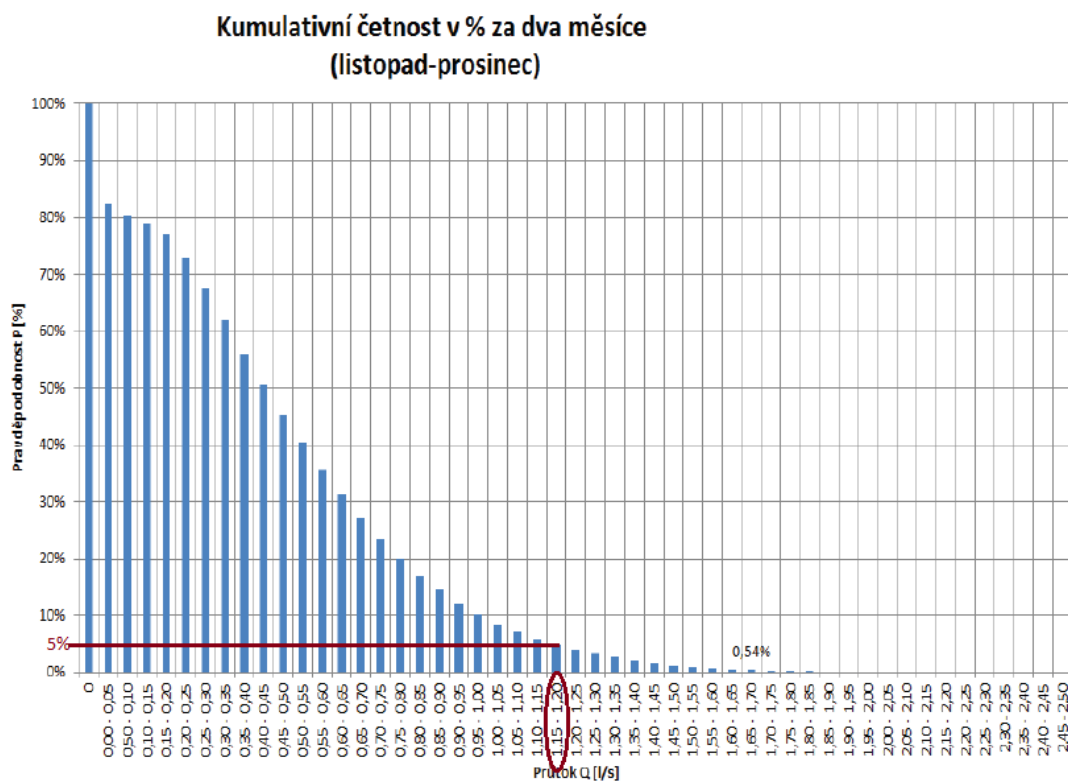
Tab. č. 3.3. Vyhodnotené merané prietoky na tlak. kanalizácií Štepánovice [12]

- listopad a prosinec 2010

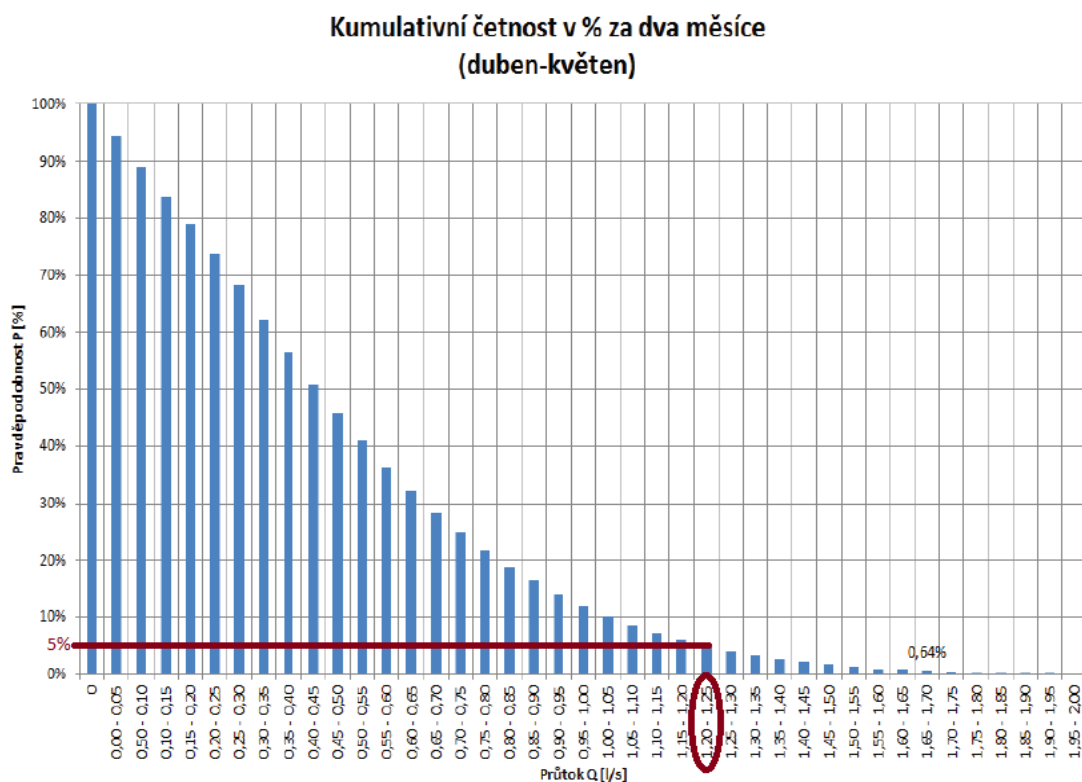
		listopad a prosinec		listopad	prosinec
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	42,953	42,147	43,732	
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	59,199	52,515	59,199	
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	5,615	5,570	5,615	
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,000	0,000	0,000	
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOUČERNOSTI	-	1,38	1,25	1,35	
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOUČERNOSTI	-	2,28	2,55	2,28	
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOUČERNOSTI	-	0,00	0,00	0,00	

- duben a květen 2011

		duben a květen		duben	květen
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	45,778	45,748	45,807	
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	58,435	58,048	58,435	
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	6,468	6,020	6,468	
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,000	0,000	0,001	
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOUČERNOSTI	-	1,28	1,27	1,28	
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOUČERNOSTI	-	2,66	2,49	2,66	
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOUČERNOSTI	-	0,00	0,00	0,00	



Obr. č. 3.1. Štatistika pravdepodobnosti prekročenia prietoku za mesiace november -december [12]



Obr. č. 3.2. Štatistika pravdepodobnosti prekročenia prietoku za mesiace apríl - máj [12]

Z uvedených grafů můžeme vyvodit skutečně potřebný návrhový přítok. Obecně by se mal návrhový přítok pohybovat na hodnotě, která nebude přesiahnutá v 95 % prípadoch. Z grafů vyplýva, že tento přítok je v rozmedzí $1,15 - 1,25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$

Z Tab. č. 3.3. vieme vypočítať hodnotu priemerného denného odtoku na obyvateľa za deň

November – December: $Q_{24} = 42,953 \text{ m}^3 \cdot \text{deň}^{-1}$

$$Q_{spec\ 11,12} = \frac{Q_{24} \cdot 1000}{P.O.} = \frac{42,953 \cdot 1000}{463} = 92,77 \text{ l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$$

Apríl – Máj: $Q_{24} = 45,778 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$

$$Q_{spec\ 4,5} = \frac{Q_{24} \cdot 1000}{P.O.} = \frac{45,778 \cdot 1000}{463} = 98,87 \text{ l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$$

Z týchto údajov môžeme približne určiť priemerný odtok na $96 \text{ l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$.

3.3.3 Porovnanie výpočtových metód

Metóda úmerného prietoku Presskan

3.3.1.1.1 Výpočet hodinového odtoku z nehnuteľnosti

Hodinový odtok sa stanovuje pomocou spotreby vody v hodine s najväčším odberom. Pre návrh hodinového odtoku pre určenie návrhového přítoku neberieme do úvahy súčiniteľ dennej nerovnomernosti z dôvodu, že návrhový přítok sa má vyskytovať minimálne 1x za deň (teda aj v dňoch, v ktorých nie je maximálna spotreba). Podiel maximálneho hodinového odberu vody z vodovodnej siete je určený v platnej smernici MHLV ČSR č. 9/73 z roku 1975.

N - Priemerný počet obyvateľov na nehnuteľnosť: $2,95 \text{ ob} \cdot \text{nehnuteľnosť}^{-1}$

Q_{spec} : $96 \text{ l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$

% podiel max. hod. odberu: $8,8 \%$

$$V = \frac{N \cdot Q_{spec} \cdot \%}{100} = \frac{2,95 \cdot 96 \cdot 8,8}{100} = 24,92 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

3.3.1.1.2 Náhradná doba čerpania počas hodinovej špičky

V- odtok z nehnuteľnosti: $4,92 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$

$Q_{\check{c}}$ - čerpané množstvo: $0,67 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$

$$t = \frac{V}{Q_{\check{c}}} = \frac{24,92}{0,67} = 37,19 \text{ sek} = 0,62 \text{ min}$$

3.3.1.1.3 Návrhový přítok

$Q_{\check{c}}$ - čerpané množstvo: $0,67 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$

$N_{\check{c}}$ - počet súčasne činných čerpadiel podľa Tab. č. 3.1: 4

$$Q_{návrh} = Q_{\check{c}} \cdot n = 0,67 \cdot 4 = \underline{\underline{2,68 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Výpočet podľa ATV - A163E

n- počet pripojených obyvateľov : 463
 q- špecifický odtok na obyvateľa : $0,005 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$
 k- koeficient maxima : 1,5

$$Q_{\text{návrh}} = n \cdot q \cdot k = 463 \cdot 0,005 \cdot 1,5 = \underline{\underline{3,471 \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Algoritmus EPA

N- počet nehnuteľností : 157

$$Q_{\text{návrh}} = 0,0315 \cdot N + 1,262 = 0,0315 \cdot 157 + 1,262 = \underline{\underline{6,211 \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Algoritmus Enviroment One (E-ONE)

$Q_{\text{č}}$ - návrhový prietok čerpadlom : $0,67 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$
 N- počet inštalovaných čerpadiel : 160
 n- počet súčasne pracujúcich čerpadiel podľa Tab. č. 3.2.: 10

$$Q_{\text{návrh}} = Q_{\text{č}} \cdot n = 0,67 \cdot 10 = \underline{\underline{6,701 \cdot \text{s}^{-1}}}$$

3.3.4 Vyhodnotenie

Ako kritérium pri porovnávaní výpočtových metód $Q_{\text{návrh}}$ je zvolený pomer vypočítaného prietoku $Q_{\text{návrh}}$ ku meranému prietoku Q_{mer} pri 95% pravdepodobnosti neprekročenia.

Tab. č. 3.4. porovnanie metód výpočtu návrhového prietoku na tlakovú kanalizáciu

Metóda	Návrhový prietok $Q_n [\text{l} \cdot \text{s}^{-1}]$	Odchýlka od meraného prietoku $Q_{\text{vypoč}} / Q_{\text{mer}} [-]$	Návrh DN na Q_n z rady potrubí HDPE SDR17 (Pipelife)[20]	Rýchlosť v potrubí pri $Q = 1,20 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$
Meraný prietok	1,20	-	50 x 3,0	0,79
Presskan	2,68	2,23	75 x 4,5	0,35
ATV - A163E	3,47	2,89	90 x 5,4	0,24
EPA	6,21	5,17	125 x 8,3	0,13
E-ONE	6,70	5,58	125 x 8,3	0,13

Zo zistených výsledkov vyplýva, že výpočtové metódy sa líšia násobne od reálnych prietokov. Z meraní vyplýva, že hodnoty z metód na výpočet návrhového prietoku nie sú v realite zďaleka dosiahnuteľné, predimenzovávajú návrh svetlostí potrubných radov, čo vedie k prudkému poklesu reálnej prietocnej rýchlosti, k nedosiahnutiu dostatočnej unášacej rýchlosti, čo má za následok usadzovanie pevných častíc v potrubí a nutnosti preplachovať potrubný rad. Predimenzované DN potrubia zväčšujú objem stokovej siete, čo môže viesť k nadmernej dobe zdržania odpadnej vody a dochádzať k jej zahnívaniu. Z uvedených metód sa k realite najviac priblížila metóda Presskan, ktorá udáva hodnotu 2,23 násobok reálneho meraného návrhového prietoku.

3.4 POŽIADAVKY NA ČERPACIE STANICE ODPADNÝCH VÔD PODĽA ČSN EN 752

3.4.1 Mokrú jímku

Veľkosť mokrej jímky a jej detailný návrh určuje maximálny a minimálny prítok. Objem vlastnej čerpacej jímky medzi zapnutím a vypnutím čerpadla sa navrhuje aby frekvencia spínania čerpadla zodpovedala odporúčaniam výrobcu čerpadla. Zapínacia hladina sa volí tak, aby boli čerpadlá pri nábehu zavodené. [3]

Mokrú jímku musí mať také usporiadanie aby:

- Vlastná čerpacia jímka musí byť situovaná hlbšie ako prítoková stoka
- Bolo možné jímku vyprázdniť a čistiť
- Bolo zabránené mŕtvym kútom, kde by sa tvorili usadeniny
- Bol dostatočne veľký odstup čerpaceho hrdla od dna a od stien
- Veľkosť voliť tak aby nedochádzalo k zahŕňaniu vody
- Aby bola zabezpečená ochrana proti výbuchu [3]

Výpočet pracovného objemu mokrej jímky

Pracovný objem je určený prítokom do jímky, čerpaným množstvom a frekvenciou zapnutia čerpadla. Platí, že čím je frekvencia spínania častejšia, je potrebný menší pracovný objem.

$$V_h = Q_p \cdot T - \frac{Q_c^2 \cdot T}{Q_c} [\text{m}^3] \quad (10) \quad [22]$$

Kde:

V_h - pracovný objem [m^3]

Q_p - prítok to jímky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

T - perióda zapnutia čerpadla [sek] $T = \frac{3600}{f} [\text{sek}] \quad (11)$

Kde:

f - frekvencia spínania čerpadla [$1 \cdot \text{hod}^{-1}$]

Q_c - čerpané množstvo [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

3.4.2 Čerpadlá

Čerpadlá sú volené s ohľadom na akosť a druh odpadných vôd a príslušné požadované parametre (čerpané množstvo, dopravný výška, pracovný bod). [3]

Počet osadených čerpadiel musí byť minimálne 2 (1 prevádzkové, 1 záložné). V prípade vyššieho počtu čerpadiel nie je nutné mať osadenú 100 % rezervu priamo v čerpacej jímke, ale mať rezervu pripravenú na okamžité použitie na dostupnom sklade. [3]

Pri návrhu čerpadla je nutné zabrániť prípadnému:

- Preťaženiu čerpadiel, vedúce k nadmernej spotrebe
- Kavítácii pri prevádzkovom rozsahu pre rýchlosti, čerpané množstvá a dostupné sacie výšky
- Podtlak pri saní [3]

Pri výbere čerpadla sa rozhodujeme na základe:

- Optimalizácie účinnosti
- Očakávaných výhľadových čerpaných množstvách s ohľadom na plánovanú životnosť čerpadla
- Počet otáčok čerpadla
- Materiál konštrukcie čerpadla s ohľadom na odolnosť proti korózií a obrusu
- Schopnosť čerpať pevné látky bez upchania
- Vybraného systému odstránenia hrubých častíc (MS, hrubé predčistenie, ČS so separáciou tuhých látok) [3]

3.4.3 Armatúry

Typy armatúr nachádzajúce sa v ČS:

- Uzatváracie armatúry- umožňujú demontovať jednotlivé úseky potrubí, čerpadlá , iné armatúry bez vyprázdnenia celého výtlačného potrubia
- Vypúšťacie armatúry- osadené v najnižších miestach, aby bolo umožnené vyprázdnenie úseku , alebo celého výtlačného potrubia
- Spätné armatúry- na čerpadlách k zabránení spätného prítoku z výtlačného potrubia do čerpadla
- Odvzdušňovacie a zavzdušňovacie ventily [3]

Všetky armatúry musia byť vhodné pre odpadné vody a navrhnuté tak aby sa zabránilo usadzovaniu pevných častíc. [3]

Všetky armatúry musia byť označené šípku smer prítoku

3.4.4 Ovládacie a elektroinštalačné zariadenia

Rozvádzače a ovládanie čerpadiel majú byť zabezpečené skriňovým systémom. Každá čerpacia jednotka má byť vybavená vlastným zapínacím zariadením. Každé čerpadlo musí mať ochranné zariadenie , ktoré vypne čerpadlo v prípade straty tlaku v sacom potrubí alebo pri nedostatočných prítokoch. [3]

Pre systém riadenia a ovládania sú používané ponorné spínače, elektródy, ultrazvukové snímače, tlakové sondy, časové spínače. [3]

3.5 VÝPOČET DOPRAVNEJ VÝŠKY V TLAKOVÝCH STOKOVÝCH SIEŤACH

Výpočet dopravnej výšky je základným údajom charakteristiky trubného radu pri voľbe čerpadla. Podľa ČSN EN 1671 a ČSN EN 752 ju stanovíme ako súčet geodetickej výšky a stratovej výšky v tlakovom rade pri čerpanom množstve odpadovej vody

$$H_{\text{celk}} = H_g + H_z \quad [\text{m}]$$

Kde:

H_g - geodetická výška [m]

H_z - celková tlaková strata [m]

Tlakové straty

$$H_z = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} + \xi \frac{v^2}{2g} \quad [\text{m}]$$

Kde:

- λ - súčiniteľ trenia vypočítaný podľa Colebrooka-White
- d - vnútorný priemer potrubia [m]
- g - gravitačné zrýchlenie [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
- L - dĺžka potrubia [m]
- v - prietoková rýchlosť [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
- ξ - súčiniteľ miestnych strát

V anglosaských krajinách sa stretávame s výpočtom tlakových strát podľa Hazen-Williamsa

$$H_z = \frac{10.67 \cdot L \cdot Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}} \quad [\text{m}]$$

Kde:

- L - dĺžka potrubia [m]
- d - vnútorný priemer potrubia [m]
- Q - prietok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
- C - faktor drsnosti (100-150)

<u>Pipe Diameter</u>	<u>C-Factor</u>
100-150mm	100
200-250mm	110
300-600mm	120
Over 600mm	130

Obr. č. 3.3. C-faktor podľa City of London, Canada [14]

4 TECHNICKÉ POŽIADAVKY VODÁRENSKÝCH SPOLOČNOSTÍ NA TLAKOVÉ STOKOVÉ SIETE

Požiadavky vodárenských spoločností upresňujú a konkretizujú platné technické normy na základe svojich prevádzkových skúseností. Vodárenské spoločnosti ako zadávatelia projektov dávajú za povinnosť projektantom, aby boli pri návrhu dodržané, popri prípade zmeny iba so súhlasom vodárenskej spoločnosti.

Tab. č. 4.1. Zameranie vodárenských spoločností na problematiku TSS

Mesto	Praha	Brno	Hradec Králové	Ostrava	Plzeň	Pardubice	Hodonín
Tlaková kanalizácia	ANO	NIE	ANO	NIE	NIE	ANO	NIE
Čerpacie stanice a výtlaky	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO

4.1 TECHNICKÉ POŽIADAVKY VODÁRENSKÝCH SPOLOČNOSTÍ NA TLAKOVÚ KANALIZÁCIU

Vodárenské spoločnosti požadujú riešenie alternatívneho odkanalizovania územia iba v prípadoch, kde je gravitačná stoková sieť nemožná, ťažko uskutočniteľná alebo ekonomicky príliš nákladná. Variant alternatívneho odvodnenia musí byť posúdený nielen na investičné náklady ale hlavne na prevádzkové náklady, ktoré sú u alternatívnych spôsoboch mnohonásobne vyššie.

Pri nemožnosti gravitačného riešenia kanalizácie sa uprednostňuje variant tvorený gravitačným radom zvedeným do najnižšieho miesta odkiaľ je odpadová voda je prečerpávaná do gravitačnej kanalizácie, prípadne priamo na ČOV.

Až pri nemožnosti resp. nevhodnosti predchádzajúcej varianty sa pristupuje k alternatívnejmu spôsobu odkanalizovania, kde sa preferuje tlaková kanalizácia.

4.1.1 Zberná jímka

Zberná jímka sa najčastejšie volí betónová alebo plastová min. priemeru 0,8 m.

Hlavné požiadavky sa kladú na vodotesnosť, statickú únosnosť. V oblastiach s vysokou spodnou vodou je nutné zabrániť vyplávaniu celej jímky (obzvlášť u plastových).

V praxi sa pri nových návrhoch domových jímek výlučne stretávame s mokrými jímkami s meliacim systémom.

Vystrojenie zbernej jímky:

- Gravitačný prítok
- Akumulačný objem
- Zdroj tlaku (čerpadlo)
- Výtlaková časť tlakovej kanalizačnej prípojky
- Snímače hladiny a signalizácie poruchy

Gravitačný prítok

Navrhuje sa podľa obecných zásad gravitačnej prípojky podľa ČSN 75 6101.

Akumulačný objem

Akumulačný priestor sa skladá z mŕtveho, pracovného, bezpečnostného a havarijného priestoru (jednotlivé priestory sú vysvetlené v 2.3).

Je potrebné navrhnuť funkčné a hospodárne nastavenie hladín, oddeľujúcich rôzne akumulačné priestory. Celkový akumulačný priestor musí byť navrhnutý tak aby bolo zabezpečené efektívne zapínanie čerpadiel a aby nedochádzalo k zahŕňaniu vody v jímke alebo v tlakovom trubnom systéme. Na zabránenie zahŕňaniu vody by čas transportu vody od vzniku odpadovej vody po nátok na ČOV nemal presiahnuť 8 hodín [2].

Aby bolo spínanie čerpadiel efektívne odporúča sa zvoliť zapínanie a vypínanie hladinu tak, aby počet zapnutí čerpadla bolo 4 - 6x za deň, minimálne však 2x za deň. Prítom minimálny rozdiel medzi týmito hladinami by mal byť 0,15 m [5]

Objem havarijný sa podľa ČSN EN 1671 volí minimálne 25 % priemerného denného prítoku OV. Obecne sa havarijný objem stanovuje podľa schopnosti prevádzkovateľa dostať sa na miesto poruchy a opraviť ju.

Na zabránenie usadzovania sedimentov v mŕtvom priestore jímky sa navrhuje skosené dno so sklonom k nasávaciemu otvoru čerpadla. Tak môžu byť sedimenty odčerpané.

Výtlačná časť tlakovej kanalizačnej prípojky

Najmenší profil tlakovej prípojky nesmie byť menší ako vnútorný priemer výtlačného hrdla čerpadla [2]. Minimálny profil kanalizačnej výtlačnej prípojky stanovuje iba Pražská vodárenská spoločnosť požaduje min. profil prípojky DN 50, a pri dĺžke prípojky nad 20 m požaduje až DN 60 [5].

Za čerpadlom sa musia nachádzať armatúry: spätná klapka (doporučuje sa guľová) , poistný ventil, guľový uzáver.

Pripojenie na uličný rad sa deje navŕtavkou alebo vsadenou odbočkou. Na prípojke tesne za odbočkou je inštalovaný uzatvárací ventil so zemnou zákopovou súpravou.

Odvetranie, snímače hladiny a signalizácie porúch

Vnútorný priestor musí byť odvetraný nad strechu odvodňovaného objektu. Tam kde to nie je možné zaistiť a u šacht hlbších než 3 m sa urobí odvetranie šachty potrubím min. 1,8 m nad terén.

Pri hĺbke šachty väčšej ako 2 m je potreba opatriť šachtu pevným rebríkom.

Snímanie výšky hladiny sa deje najčastejšie plavákovými, tlakovými a ultrazvukovými snímačmi.

Ako snímač havarijnej hladiny sa používajú plavákové snímače.

Ak je v DČJ osadených viac čerpadiel, mali by byť údaje prenášané na dispečing. Prenos údajov je zabezpečený pomocou siete GSM alebo cez SMS.

- Porucha čerpadla
- Dosiahnutie maximálnej havarijnej hladiny
- Výpadok elektrického napätia



Obr. č. 4.1. Vzorová zostava DČJ [11]

Čerpadlá

V Českej republike sa v praxi používajú:

- Objemové čerpadlá s rezacím zariadením (jednokanálové, dvojkanálové, vírové)
- Odstredivé čerpadlá s otvorenými viackanálovými obežnými kolesami s rezacím meliacim zariadením (vretenové)

Objemové čerpadlá majú strmý priebeh Q-H krivky, pracujú vo veľkom rozsahu dopravnej výšky a obvykle vyhovie jeden typ čerpadla pre odkanalizovanú oblasť. [1]

Odstredivé čerpadlá s meliacim zariadením sú pomerne spoľahlivé a vyrábajú sa v dostatočnom sortimente. Nevýhoda je plochá Q-H krivka, čo vyžaduje pri rozsiahlejších oblastiach, kde sa výrazne mení potrebná dopravná výška, použitie viacerých typov čerpadiel.

Čerpadlá sa v DČJ osadzujú jednotlivo pri pripojení 1 - 3 bytových jednotiek, zdvojene pri pripojení väčšieho počtu bytových jednotiek, alebo pri pripojení väčších zdrojov odpadných vôd (výroby, úrady, školy...). [5]

Z prevádzkových dôvodov, pokiaľ je to možné, sa osádzajú v jednej lokalite čerpadlá jedného typu a jedného výrobcu. Vodárenské spoločnosti ako zadávatelia zákaziek požadujú zvolenie čerpadla od výrobcov, ktorých predtým schválili. Takéto predurčenie výrobcov je z dôvodu uzatvorených zmlúv o servise na istú značku čerpadla, zmluvy s dodávkou náhradných čerpadiel a náhradných dielcov alebo z dôvodu dobrých dlhoročných skúseností s určitými výrobcami.

Prevádzka čerpadiel je riadená automaticky na základe výšky hladiny v DČJ. Čerpadlo sa spúšťa akonáhle snímač zaregistruje zapínaciu hladinu. Čerpadlo prestane čerpať akonáhle je v DČJ dosiahnutá vypínacia hladina.

Po výpadku elektrickej energie sa musí funkčnosť čerpadla automaticky obnoviť. Pri veľkom počte čerpadiel sa musia čerpadlá zapínať postupne (nastaviteľným časovým relé), aby nedošlo k nad návrhovému počtu spustenia čerpadiel a tým nedochádzalo k čerpaniu do uzatvoreného výtlaku a nežiaducim stavom na tlakovej sieti.

4.1.2 Trubná sieť

Vodárenské spoločnosti sa s požiadavkami na trubnú sieť pridržajú normy ČSN EN 1671.

Každá spoločnosť požaduje dosiahnutie minimálnej unášacej rýchlosti $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 1 - 2x za deň. Niektoré (napr. PVK Praha) požadujú min rýchlosti $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V zahraničí sa môžeme stretnúť s požiadavkou na prekroenie rýchlosti $1,0 - 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 1x za deň [18].

Vnútorne svetlosti potrubí musia odpovedať minimálne vnútornému priemeru výtláčného hrdla. U uličných radoch sú požadované min. DN 60 niektoré spoločnosti udávajú až DN 80 [7], čo ale môže mať za následok nevyvolanie dostatočnej unášacej rýchlosti.

Tlakové potrubie sa navrhuje z nekorodujúcich materiálov a musí byť hydraulicky hladké. Najčastejšie používané materiály sú HDPE, tvárna liatina, PVC, PP.

Tlakové potrubie sa navrhuje na minimálny prevádzkový tlak 1,0 MPa. Je to z dôvodu rezervy pri ovplyvnení tlakovej triedy potrubia teplotou vypúšťaného média, ktoré prekračuje limity kanalizačného poriadku, a tým má dosah na životnosť potrubia.

Objem tlakovej siete musí byť navrhnutý tak aby sa zabezpečila výmena vody v systéme do 8 hodín.

Potrubie sa ukladá do nezamrzenej hĺbky pričom minimálna hĺbka krytia sa udáva 1m, nemalo by však prekročiť 1,5 m.

Potrubie sa pre potreby gravitačného vypustenia kladie v sklone min. 0,3 %.

Tlakové potrubie môže vytvárať vetvovú alebo okružovú sieť. V prípade okružovej sa v uzlových bodoch osadia uzávery, ktoré umožňujú voliť trasu sústredeného prietoku. U dlhých radoch sa doporučuje rozdelenie sekčnými šúpatkami po 300 m. [5]

Vo výškových lomoch musia byť navrhnuté zariadenia na odvzdušňovanie a odkalovanie. Obvykle sa osadzujú hydranty alebo odvzdušňovacie a zavzdušňovacie ventily, určené pre odpadovú vodu. Každá vetva výtláčného potrubia sa ukončuje hydrantom. Hydranty sa od výtláčnych radov oddelia uzávermi.

Ak je potrubie vedené nad vodovodnými radmi, ukladá sa pri križení do chráničky, ktorá bude presahovať vodovodný rad minimálne o 1,0 m na každú stranu.

Na začiatku tlakového radu sa umiestňuje preplachovacia šachta, pre napojenie tlakovej vody, pre potrebu preplachu potrubia. V tejto šachte je inštalovaný uzáver, poistný tlakový ventil (v tlakovom stupni 1,0 MPa) a výmenná koncovka pre napojenie preplachovacieho vozu a kompresoru

Tab. č. 4.2. Vybrané požiadavky vodárenských spoločností na tlakovú kanalizáciu

Mesto	Praha	Hradec Králové	Pardubice	ČSN EN 1671	ATV A 116E (1992)
DN prípojky	Min. DN 50, pri dĺžke >20 m min. DN 60	nešpecifikované	nešpecifikované	Min. DN výtlačného hrdla	Min. DN 80 pre čerpadlá bez meliaceho syst. Min. DN 50 pre meliaci systém
DN trubného radu	Min. DN 60	Min. DN 80	nešpecifikované	Min. DN výtlačného hrdla	DN 80 pre čerpadlá bez meliaceho syst. DN50 pre meliaci systém
Min. unášacia rýchlosť	$0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	nešpecifikované	$0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Material trubného radu	Tvárna liatina, PE-HD, PE100 RC	PE, PP, PVC	Liatina, PE80, PE100 RC, PVC	nešpecifikované	PE-HD, PVC, GRP, tvárna liatina, oceľ
Min. sklon trubného radu	0,3 %	0,3 %	nešpecifikované	0,2 %	nešpecifikované
Čerpadlá	Odstredivé s rez. zariadením, objemové s rez. zariadením	nešpecifikované	Sigma EFRU 1¼"16-5-GU	nešpecifikované	Čerpadlá s rezným zariadením, čerpadlá bez rezného zariadenia
Priemer jímky	1,0 m	nešpecifikované	0,8 m	nešpecifikované	nešpecifikované

4.2 TECHNICKÉ POŽIADAVKY VODÁRENSKÝCH SPOLOČNOSTÍ NA ČERPACIE STANICE A VÝTLAČNÉ RADY

Čerpacie stanice sa všeobecne navrhujú podľa ČSN EN 752. Následne sú vodárenskými spoločnosťami formulované dodatočné a upresňovacie podmienky vyplývajúce z technologických možností správcu a prevádzkovateľa a je nutné ich pri návrhu rešpektovať.

4.2.1 Požiadavky prevedenia ČS

Možné varianty prevedenia čerpacích staníc sú:

- Iba mokrá jímka
- Mokrá jímka s čerpadlami, vedľa armatúrna komora s ovládacími prvkami
- Mokrá jímka, vedľa suchá s čerpadlami sajúcimi OV z mokrej jímky
- Suchá jímka s čerpacou stanicou so separáciou tuhých látok

4.2.2 Požiadavky na jímku

Všetky uvedené prevedenia musia splňovať základnú požiadavku na vodotesnosť objektu. Najčastejšie používaný a doporučený materiál je betón a železobetón. Plastové jímky sa nedoporučujú a niektoré spoločnosti ich zakazujú.

Najčastejšie sú používané typy, kde sa vyskytuje iba mokrá jímka. Vodárenské spoločnosti nemajú rovnaké pohľady na výhodnosť určitého typu preto sa vo svojich požiadavkách rôznia.

Objemy jímek musia rešpektovať maximálnu dobu zdržania OV v sieti 8 hod (10hod v prípade havárie), z toho dôvodu sa na navrhuje akumulačný priestor jímek v rozmedzí 5-10 hod Q_{24} . Návrh musí rešpektovať výhľadový stav a zvýšenie produkcie OV.

Havarijný objem jímky je podmienený schopnosťou prevádzkovateľa opraviť poruchu. Havarijné objemy sa pohybujú v rozmedzí 5 – 24 hod Q_{24} , pričom do veľkosti akumulácie je možnosť [5] započítať objem v prítokovej stoke na úseku bez prípojok. V úseku akumulácie sa však nesmie vyskytovať kanalizačná prípojka.

Pri čerpacích staniách sa vždy navrhuje bezpečnostný preliv, pokiaľ to konfigurácia terénu dovoľí. Ak to konfigurácia terénu nedovoľuje je potrebné zväčšenie havarijného objemu jímky (čo ale vedie k dlhej dobe zdržania), alebo vybudovanie dvojkomorovej s prepacom do rezervnej jímky [6]. Po pominutí havarijného stavu sa rezervná jímka vypúšťa cez spodný prepaj, na ktorom je osadená spätná klapka. Bezpečnostný prepaj je situovaný tak aby nedošlo k zatopeniu spätných klapiek na výtlaku, elektroinštalácie alebo čerpadiel umiestnených v suchej jímke. V prípade zaústenia bezpečnostného prelivu do recipientu pod hladinou storočnej vody je potrebné na vyústení osadiť spätnú klapku.

Na snímanie hladiny a spúšťanie čerpadiel sa používajú tlakové snímače hladiny, ultrazvukové snímače a plavákové snímače. Na stanovenie havarijnej hladiny sa vo väčšine prípadov požadujú plavákové snímače.

Na prítoku je vhodné osadenie uzáveru pre krátkodobé odstavenie prítoku. Ďalej sa na prítoku osadzuje vyberateľný česlicový kôš s prielinami 20 - 40 mm.

Čerpacie jímky majú mať tvar aby nedochádzalo k vzniku mŕtvych kútov a tým k sedimentácií nerozpustených látok. Jímky majú mať prednostne kruhový pôdorysný tvar. Dno jímky sa vyspáduje k čerpadlám.

V čerpací jímce se instaluje spúšťacie zariadenie pre čerpadlá z nekorodujúcich materiálov, najspôhlivejšia je nerezová oceľ. Takisto z nerezú musí byť reťaz na vyťahovanie čerpadiel.

Vstup do čerpacích jímiek je zabezpečený nekorodujúcimi stupačkami (kompozity, nerez). Pri väčších hĺbkach jímky (nad 4 m) sa navrhujú medzipodesty.

Musí byť zabezpečené odvetrávanie jímky. Odvetranie sa rieši núteným odvetraním ventilátorom cez filter.

Čerpacia sústava musí byť vybavená zdvíhacím zariadením na manipuláciu s technológiou čerpacej stanice.

4.2.3 Požiadavky na čerpadlá

Požadujú sa kalové čerpadlá s minimálnou priechodnosťou od 65 mm. Čerpadlá sa osádzajú vždy v minimálnom počte 2 (1 prevádzkové, 1 revízne). Pri väčšom počte čerpadiel sa počet revízných čerpadiel stanovuje na základe dôležitosti čerpacej stanice. Obvykle sa osadzujú čerpadlá v počte $X+1$, ďalšie potrebné čerpadlá nemusia byť osadené priamo v čerpacej jímke, musia byť pripravené u prevádzkovateľa na sklade.

Vodárenské spoločnosti pripúšťajú pri eliminácii pevných častí systém mechanického predčistenia, meliaci systém a kompaktné ČS s so separáciou tuhých látok. Pri výskyte piesku v kanalizáciách dochádza pri meliacom systéme k rýchlemu opotrebeniu meliacich nožov, čo vedie k častým poruchám na čerpadle. Z tohto dôvodu prichádzajú spoločnosti s požiadavkou mechanického zbavenia sa veľkých pevných častí na česlicovom koši a navrhnutie čerpadiel s vysokou priechodnosťou popri prípade na ČS s so separáciou tuhých látok.



Obr. č. 4.2. Čerpadlo ABS Piranha s vírovým obežným kolom so zatupeným rezným zariadením, neschopným rozrezať nečistotu

Čerpadlá sa vybavujú tepelnou ochranou inštalovanou v motore a s čidlom priesaku vody do olejovej nádrže čerpadla.

Preferovaný výrobcovia českými vodárenskými spoločnosťami sú : Grundfoss, Wilo, Flyght, Sulzer, Sigma, KSB, STRATE

4.2.4 Výtlačné potrubie

Vo výtlačnom potrubí je potrebné dodržať minimálnu prietochnú rýchlosť, ktorá zabraňuje tvorbe usadenín. V priemere sa pohybuje od $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ až po $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pričom všeobecne platí, že čím je väčší prietochný profil, tým musí byť minimálna rýchlosť väčšia.

Požadované minimálne výtlačné profily sú od DN 50 pre splaškové kanalizácie až po DN 80-DN 150 (DN 80 pri zabezpečení proti upchaniu) pri jednotnej kanalizácii.

Požadované materiály výtlačných potrubí sú: tvárna liatina (niektoré spoločnosti si dávajú požiadavku iba na tvárnu liatinu), nerezová oceľ, PVC, HDPE, PP. Potrubie sa navrhuje minimálne na pretlak 1,0 MPa.

Pri dôležitých ČS je potrebné zdvojenie výtlačného potrubia, pre prípad výskytu poruchy na jednej vetve.

Pre možnosť vypustenia výtlačného radu sa požaduje obtok čerpadiel s uzáverom späť do jímky.

Vo výškových lomoch je nutné opatriť výtlač vzdušníkmi a kalníkmi. Výtlač je nutné opatriť čistiacimi šachtami. Pre vstup čistiarenských mechanizmov sa osádzajú na výtlač odbočky, ktoré sú uzatvárané šúpatkom a ukončené bajonetovou koncovkou.

Výtlačné potrubie sa vedie v nezmraznej hĺbke. Návrh trasy má mať čo najmenej výškových aj pôdorysných lomov. Zmeny smeru sa dejú pozvoľné (nepoužívať kolená). Oblúky a odbočky je nutné stabilizovať opernými alebo kotviacimi blokmi.

Napojenie na gravitačný kanalizačný systém musí byť prevedený tak, aby nedochádzalo k lokálnemu hydraulickému preťaženiu, ani ku zvýšenej korózii stoky. Z tohto dôvodu je nutné navrhnuť ukladňovací gravitačný úsek, ktorý bude napojený na gravitačnú stoku. Napojenie sa predpokladá v revíznej šachte s výnimkou čerpaných kanalizačných prípojk, kde je možnosť ukladňovací úsek napojiť do odbočky na hlavnej stoke.

4.2.5 Elektroinštalácia

Prevádzka čerpacej stanice sa musí navrhnuť tak aby vyhovovala:

- Požiadavke na minimalizáciu energetickej náročnosti
- Požiadavka na maximálnu automatizáciu ČS
- Požiadavka na minimalizovanie nárokov obsluhy

Úlohu riadenia prevádzky má riadiaca skriňa. Vyhodnocuje údaje zo snímačov hladiny a na základe nameraných hodnôt spúšťa chod, súbeh a striedanie čerpadiel. Striedanie čerpadiel sa deje na základe motohodín každého čerpadla. Pre každé čerpadlo je nutné ovládanie a musí obsahovať tri polohy:

1. Automatika - čerpadlá sú spínané na základe výšky hladiny v jímke
2. Zapnuté - čerpadlo čerpá bez ohľadu na výšku hladiny
3. Vypnuté - čerpadlo stojí, bez ohľadu na výšku hladiny

Ďalej zabezpečuje prenos prevádzkových údajov a alarmov pri havarijných stavoch. Najčastejšie sa požadujú prenosy:

- Chod a porucha čerpadiel
- Dosiahnutie maximálnej prevádzkovej hladiny
- Narušenie objektu
- Neprimerane dlhá doba chodu čerpadla
- Výška hladiny v čerpacej jímke
- Prietok odpadnej vody
- Strata napätia

Čo sa týka požiadaviek na záložný zdroj elektrickej energie, je v poslednej dobe požiadavka na možnosť pripojiť čerpaciu stanicu na externý diesel agregát, ktorý by v prípade dlhšieho prerušenia elektrického prúdu zásoboval ČS elektrickou energiou a tým sa predišlo vzniku havarijného stavu.

Tab. č. 4.3. Vybrané požadavky vodárenských společností na ČS a kanalizačné výtlaky

Mesto	Praha	Brno	Ostrava	Hradec Králové	Plzeň	ČSN EN 752
Min. DN	DN 80	DN 100	DN 65	DN 80	DN 150- jednotná stoka, DN 50- splašková stoka	nešpecifikované
Min. rychlost'	Do DN 300 $0,8-1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ Nad DN 300 $0,8-2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	nešpecifikované	$1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	nešpecifikované
Materiál výtlaku	Tvárná liatina, PEHD 100	Tvárná liatina	Liatina, nerez, plast	Tvárná liatina, PVC, HDPE, PP	Tvárná liatina, PE	nešpecifikované
Akumulačný objem	5 - 10 hod. Q_{24}	nešpecifikované	nešpecifikované	5 - 10 hod. Q_{24}	nešpecifikované	Navrhnutý na doporučené počty zapnutí
Havarijný objem	Možnosť započítat' objem prítok. stoky bez prípojky	24 hod. Q_{24}	nešpecifikované	24 hod. Q_{24}	ČS bez bezp. prelivu – 24. hod Q_{24}	nešpecifikované
Počet čerpadiel	X+1	100 % rezerva	X+1	ČS nad 6 l/s -100% rezerva. Menšie ČS náhrad. u prevádzkovateľa	nešpecifikované	nešpecifikované
Typ snímača hladiny	Tlakový snímač, havarijná hlad. plavák	Tlakový snímač	Ultrazvukový, tlakový, ponorný- vždy pre $H_{\min}$ a $H_{\max}$	Hladinový spínač	Ultrazvukové, havarijná hladina plavák	Kontaktné spínače elektrického okruhu : Ponorné, elektródy, ultrazvukové, tlakové, časové

Mesto	Praha	Brno	Ostrava	Hradec Králové	Plzeň	ČSN EN 752
Varianty prevedenia	-Iba mokrá jímka s ponor. čerpadlami -Mokrá s čerpadlami, vedľa suchá armatúrna -Mokrá jímka pre akumuláciu OV, vedľa suchá s čerpadlami so saním z mokrej jímky -Suchá jímka s ČS so separáciou tuhých látok	nešpecifi- kované	-mokrá jímka -mokrá jímka, vedľa suchá armatúrna	-Suchá jímka s ČS so separáciou tuhých látok (preferované) - Mokrá jímka pre akumuláciu OV, vedľa suchá s čerpadlami so saním z mokrej jímky -Mokrá s čerpadlami, vedľa suchá armatúrna - Iba mokrá jímka s ponor. čerpadlami	nešpecifi- kované	nešpecifi- kované
Čerpadlá	Kalové čerpadlá Min. priechodnosť 65 mm $Q = \min. 2 \times Q_{hmax}$ $\min. 5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$	nešpecifi- kované	nešpecifi- kované	Kalové čerpadlá Min. priechodnosť 65mm Kompaktné čerpacie stanice (STRATE, WILO, ...)	nešpecifi- kované	nešpecifi- kované

4.2.6 Posúdenie technického stavu čerpacej stanice a hybridného kanalizačného výtlaku v obci Rozdrojovice

Posúdenie bude posudzovať technické prevedenie reálnej čerpacej stanice a kanalizačného výtlaku s ohľadom na v súčasnosti platné technické normy a vydané technické požiadavky príslušnej vodárenskej spoločnosti.

Popis systému

Jedná sa o hybridnú tlakovú kanalizáciu, ktorá odvádza splaškové odpadové vody z obce Rozdrojovice s počtom obyvateľov 1400. Niektoré nehnuteľnosti majú vlastnú čerpaciu jímku osadenú objemovým vretenovým čerpadlom Presskan, z kade je odpadová voda čerpaná priamo do tlakovej stoky a ďalej bez medziakumulácie spoločným výtlakom do predávacieho miesta v mestskej časti Brno - Kníníčky. Prevažná časť obce je však odkanalizovaná klasickou oddielnou gravitačnou kanalizáciou, ktorou sú splaškové vody zvedené do najnižšieho miesta obce do hlavnej čerpacej stanice ČS A, z kade sú odpadové vody čerpané tým istým spoločným výtlakom do Kníníček. Dažďové vody sú odvedené dažďovou kanalizáciou separátne do Rozdrojovického potoka. [15]

Spoločný výtlak pozostáva z potrubia PE 110 x 6,6, v dĺžke 1,9 km. Odpadová voda z celej obce je ním čerpaná do predávacieho miesta v Kníníčkách, kde výtlak ústí do revíznej šachty gravitačnej kanalizácie. Trasa vedie popri údolí Rozdrojovického potoka. Potrubie od obce plynule klesá až k päte zemného telesa cesty, kde začne stúpať a jeho najvyššie miesto je v úseku kríženia s cestou Kníníčky – Jináčovice. Od tohto miesta potrubie opäť plynule klesá s niveletou cesty až do vyústenia v revíznej šachte, kde je prietok meraný indukčným prietokomerom. [15]

Kanalizačný výtlak je spoločný pre 7 čerpacích staníc:

- ČS A – odvádza odpadové vody z gravitačnej stoky v obci Rozdrojovice, je vystrojená dvomi čerpadlami KSB AMAREX N F 80-220/044 YLG-180 bez meliaceho nádstavca, s možnosťou súbežného čerpania
- ČS hotel Atlantis – 2 paralelne zapojené objemové vretenové čerpadlá Presskan čerpajúce súbežne. $Q_{\text{Atlantis}} = 1,4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$
- ČS poľnohospodárske družstvo – 1 objemové vretenové čerpadlo Presskan. $Q_{\text{družstvo}} = 0,7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$
- 4x domová ČS z jednotlivých rodinných domov – 1 objemové vretenové čerpadlo Presskan [15]

Popis známych problémov na ČS A

1. Na obežné kolá čerpadiel sa namotávajú vláknité materiály z odpadovej vody gravitačnej kanalizácie. Dochádza k upchávaniu čerpadiel a je nutné ručné čistenie obežných kôl.
2. Čerpadlá nedokážu pokryť večerné špičky prítoku odpadovej vody z gravitačnej stoky. Pravidelne dochádza k nastúpaniu hladiny až po úroveň bezpečnostného prelivu a následnému odľahčeniu do Rozdrojovického potoka. Spínanie čerpadiel je ovládané od výšky hladiny v jímke. Pôvodné spínanie čerpadiel prebiehalo tak, že pri nastúpaní OV na prvú zapínaciu hladinu sa spustilo jedno čerpadlo. Pokiaľ hladina ďalej stúpala a dosiahla druhú zapínaciu hladinu spustilo sa aj druhé čerpadlo a čerpali obe súčasne. Podľa technika tým paradoxne došlo k zhoršeniu situácie a čerpadlá sa začali "hádať".

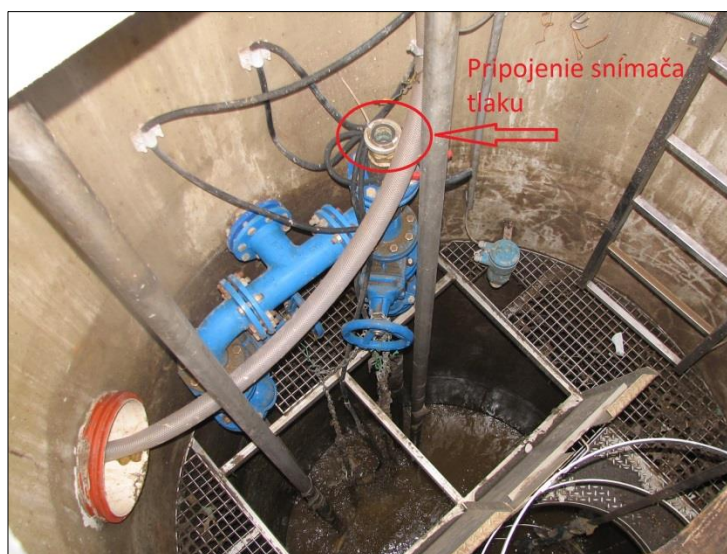
Bolo pozorované, že hladina pri súbehu klesá pomalšie ako pri chode jedného čerpadla. Z tohto dôvodu došlo k zrušeniu súčasného čerpania čerpadiel a prešlo sa k variante keď jedno čerpadlo čerpá a druhé slúži ako revízne.

3. ČS A nemá havarijný priestor, dochádza k častým prepadom.
4. Niektoré nehnuteľnosti majú nelegálne napojené dažďové zvody do splaškovej kanalizácie. Za dažďa vzniká preťaženie ČS A.
5. Kanalizačný výtlak nemá samočistiacu schopnosť, dochádza k zanášaniu hrubými nečistotami a je potrebné výtlak 2x ročne tlakovo prečistiť.
6. Na indukčnom prietokomeri v predávacom mieste dochádza k prudkému kolísaniu nameraných hodnôt prietoku. Koncovka vyvedenia výtlaku bola dodatočne opatrená kolenom, ktoré umelo vzdúva hladinu a udržania prietokomer trvalo zaplavený. Zároveň je prúd zaústený do splaškovej stoky tak, aby nedochádzalo k rozstrekovaniu a šíreniu zápachu.

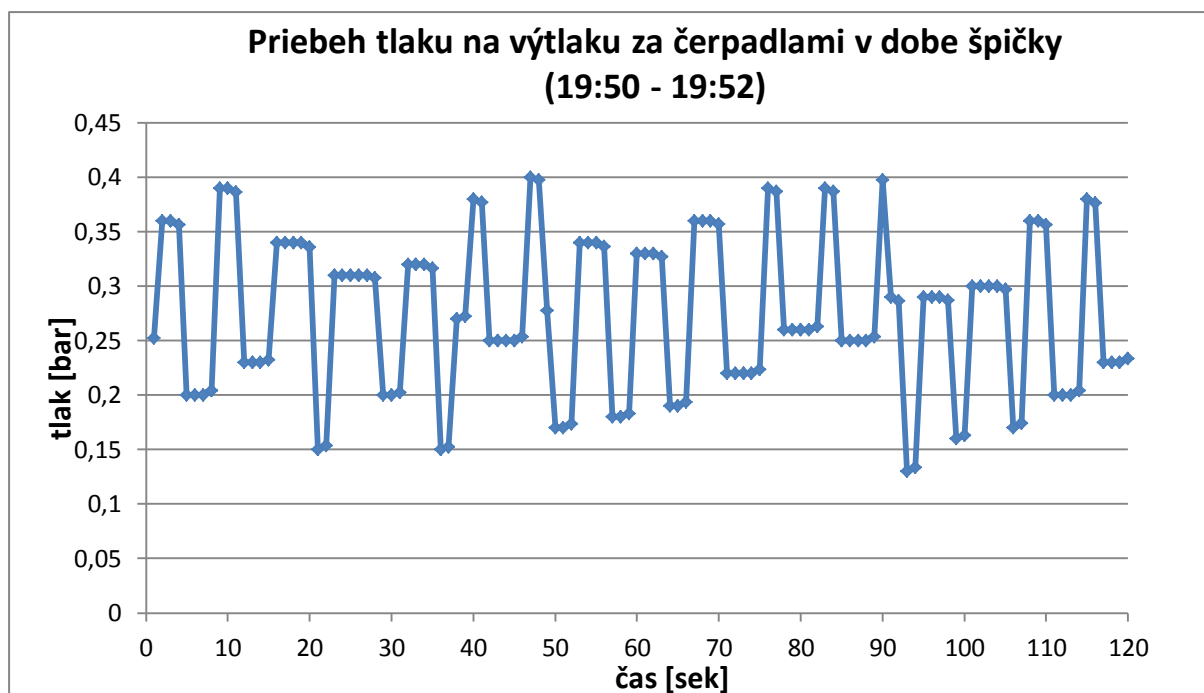


Obr. č. 4.3. Zaústenie kanalizačného výtlaku v revíznej šachte v Kníničkách

7. Bolo prevedené meranie tlakov na výtlacom potrubí z ČS A, ktoré ukázalo značnú pulzáciu tlakov pri čerpaní. Prudké poklesy a zostupy tlakov naznačujú existenciu vodných rázov v potrubí, čo je spôsobené vznikom vzduchových vankúšov v lomových bodoch, keďže výtlak nie je opatrený ani jednou armatúrou na odvzdušnenie potrubia.



Obr. č. 4.4. Miesto pripojenia snímača tlaku v ČS A



Obr. č. 4.5. Priebeh tlaku na výtlaku za čerpadlami v dobe špičky

Posúdenie súčasného stavu a porovnanie s technickými normami a mestskými štandardami v meste Brno[6]

Súčasný stav kanalizácie neplní plnohodnotne svoju funkciu a preto je tento stav nevyhovujúci. Konkrétne dôvody nevyhovujúceho stavu sú:

1. Súčasne osadené čerpadlá nemajú dostatočný výkon na prečerpanie prítoku odpadnej vody vo večerných hodinách alebo za dažďových situácií (z dôvodu nelegálneho napojenia zrážkových vôd). Navyše nevhodným stavebným prevedením výtláčného radu (chýbajúce vzdušníky, zakončenie výuste v Kníničkách) je výrazne zvýšená dopravná výška a núti čerpadlá čerpať v blízkosti ich uzáverového bodu [15].
2. Na prítoku nie je osadený česlicový kôš, ktorý prikazujú Brnenské štandardy. Vlákňité znečistenie sa tak dostáva na obežné kolo a dochádza k namotaniu znečistenia na obežné kolo.
3. Chýbajúce odvetšňovacie armatúry vo vrcholových lomoch (v rozpore s ČSN EN 752) spôsobujú vznik vzduchových vankúšov, čoho dôsledkom sú pulzácie tlaku v sieti (Obr. č. 4.5.), ktoré výrazne v krátkom čase intervale menia pracovný bod čerpadiel, čo vedie k ich nerovnomernému chodu a skráteniu životnosti.
4. Nevhodné prevedenie vyústenia výtlaku do revíznej šachty v Kníničkách (Obr. č. 4.3.). Lomy sú v príliš prudkom uhle (koleno $3 \times 90^\circ$) a zvyšujú dopravnú výšku.
5. Chýbajúci havarijný priestor v kombinácii s nevýkonnými čerpadlami vedie k častým prepadom do Rozdrojovického potoka. Brnenské štandardy požadujú 24-hodinovú havarijnú rezervu v objeme čerpacej jímky vypočítanú na výhľadový stav splaškovej kanalizácie.
6. Keďže dochádza k pravidelnému zanášaniu kanalizačného výtlaku, nie je vo výtlaku pravidelne a v dostatočnej početnosti dosahovaná unášacia rýchlosť. Podľa ČSN EN 1671 by mala byť dosiahnutá minimálna unášacia rýchlosť $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, Brnenské štandardy požadujú rýchlosť až $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Navrhované opatrenia voči nevyhovujúcemu stavu

1. Nahradit' súčasné čerpadlá za silnejší typ, tým sa zabezpečí dostatočné čerpané množstvo a zvýši sa prietokná rýchlosť, čo zabráni zanášaniam výtlaku. Súčasne je potreba vyriešiť problém separácie pevných látok z odpadnej vody a to buď osadením česlicového koša pri súčasnom systéme, alebo prejsť na systém so separáciou tuhých látok v suchej jímke.
2. Upraviť tvar vyústenia výtlaku v revíznej šachte v Kniníčkách, zmenšiť uhol lomu.
3. Zamedziť prítoku dažďových vôd do ČS A.
4. Dobudovať chýbajúci havarijný akumulčný priestor v ČS A.
5. Nainštalovať odvzdušňovacie armatúry vo vrcholových lomoch výtlaku.

5 ZÁVER

Práca sa primárne zaoberala vytvorením súhrnu požiadaviek pre tlakové stokové siete z dostupných technických noriem zaoberajúcich sa tlakovými stokovými sieťami a z dostupných technických požiadaviek vodárenských spoločností pre tlakové stokové siete. Znalosti požiadaviek boli potom aplikované na posúdenie reálnej čerpacej stanice. Sekundárne sa práca zaoberala spracovaním rešerše o metódach výpočtu návrhového prietoku pre dimenzovanie tlakových kanalizácií a ich vzájomným porovnaním s prietokmi reálnej tlakovej kanalizácií.

Výsledkami bakalárskej práce sú:

- a) Vytvorenie prehľadu technických požiadaviek technických noriem a vodárenských spoločností na tlakové stokové siete. Najdôležitejšie požiadavky vodárenských spoločností sú sumarizované v tabuľke Tab. č. 4.2. pre tlakovú kanalizáciu a v tabuľke Tab. č. 4.3. pre čerpacie stanice a kanalizačné výtlaky.
- b) Rešerš metód výpočtu návrhového prietoku na tlakovej kanalizácií a ich porovnanie s reálnymi prietokmi na sledovanej tlakovej kanalizácií. Porovnanie ukázalo, že výpočtové metódy udávajú nedosiahnuteľné prietoky, ktoré predimenzovávajú návrh trubnej siete, čo vedie k nedodržaniu požadovaných hydraulických parametrov v sieti. Prehľad porovnania výpočtových metód s reálnymi prietokmi je sumarizovaný v tabuľke Tab. č. 3.4..
- c) Posudzovaná čerpacia stanica v obci Rozdrojovice je v nevyhovujúcom stave. Čerpacia stanica neplní plnohodnotne svoju funkciu a vykazuje častú poruchovosť. Bez zásadných opatrení nie je možné čerpaciu stanicu uviesť do správne fungujúceho stavu.

Hlavným prínosom práce je vytvorenie základného prehľadu podmienok pre navrhovanie tlakových stokových sietí, ktorý uľahčí projektantom orientáciu pri ich navrhovaní a dá im základný prehľad o spôsoboch ich navrhovania. Prínosom práce je aj porovnanie rôznych metód výpočtu pre určenie návrhového prietoku v tlakových kanalizáciách s prietokmi na reálnej sieti, čo dáva približný náhľad na použiteľnosť týchto metód v podmienkach Českej republiky.

Pri spracovaní technických požiadaviek práca vychádza zo štandardov veľkých vodárenských spoločností, ktoré majú najviac prepracovanú problematiku tlakových stokových sietí. Je možné, že spoločnosti, ktoré neboli skúmané, môžu mať požiadavky odlišné. Cieľom práce však nebolo preskúmať štandardy všetkých vodárenských spoločností v Českej republike, ale podať stručný prehľad tých najhlavnejších požiadaviek, ktoré sú vyžadované pri návrhu tlakových stokových sietí.

Porovnanie metód výpočtu návrhového prietoku sa vykonalo v porovnaní s reálnymi prietokmi na reálnej tlakovej stokovej sieti. Keďže sa jednalo o porovnanie iba s jedným systémom, nie je na základe tohto porovnania možné vyvodiť jednoznačný záver o vhodnosti použitia jednej konkrétnej metódy pre navrhovanie tlakových kanalizácií v Českej republike. Avšak aj takéto porovnanie nám dáva približný prehľad o použiteľnosti týchto metód v podmienkach Českej republiky. Aby bolo možné vyvodiť smerodatný záver je potrebné testovanie na ďalších systémoch. Problémom je nízky počet vykonaných a vykonávaných meracích kampaní, ktorých výsledky sú obvykle spracovávané iba pre internú potrebu firiem vykonávajúcich meranie.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] BERÁNEK, Josef; PRAX, Petr. *Tlaková kanalizace*. Vyd. 1. Brno: Noel 2000 s.r.o., 1998. 110 s. ISBN 80-86020-08-8.
- [2] ČSN EN 1671. *Venkovní tlakové systémy stokových sítí*. Praha : Český normalizační institut, 1998.
- [3] ČSN EN 752. *Odvodňovací systémy vně budov*. Praha: Český normalizační institut, 2008
- [4] Standard ATV- A 116E; *Special Sewer Systems Vacuum Drainage Service – Pressure Drainage Service*, september 1992, UDC 628.2:143.2-98
- [5] *Městské standardy vodárenských a kanalizačních zařízení na území hl. m. Prahy – Díl III - Textová část: Kanalizační část*. 2009, 140 s.
- [6] METODIKA MAGISTRÁTU MĚSTA BRNA. *Městské standardy pro kanalizační zařízení*. 2010, 55 s.
- [7] BARBORÍKOVÁ. VODOVODY A KANALIZACE HRADEC KRÁLOVÉ A.S. *Technické standardy veřejné kanalizace*. 2010, 26 s.
- [8] LIČKA. OSTRAVSKÉ VODÁRNY A KANALIZACE A.S. *Požadavky na provádění stokových sítí a kanalizačních přípojek*. 2010, 24 s.
- [9] VODÁRNA PLZEŇ A.S. *Plzeňský standard: Díl III. Kanalizace*. 2011, 87 s.
- [10] JANEBA a kol. VODOVODY A KANALIZACE PARDUBICE A.S. *Technické standardy vodárenské infrastruktury*. 2012, 68 s.
- [11] VÝCHODOSLOVENSKÁ VODÁRENSKÁ SPOLOČNOSŤ A.S. *Technické podmienky pripojenia*. 16 s.
- [12] AMBROŽ, Martin. *Analýza časové řady odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace*. Brno, 2012. 70 s, 1 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.
- [13] LAKSAR, Luboš. *Vyhodnocení provozu tlakové kanalizace obce Štěpánovice*. Brno, 2012. 74 s., 2 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.
- [14] THE CORPORATION OF THE CITY OF LONDON. *Design Specifications & Requirements Manual*. 2012. vyd. London, Canada, 14 s.
- [15] RUČKA, Jan. *Posouzení hydraulické kapacity tlakové kanalizace v obci Rozdrojovice*. 2011. vyd.
- [16] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Wastewater Technology Fact Sheet: Sewer, Pressure*. 2012, 9 s. Dostupné z: <http://www.epa.gov/npdes/pubs/presewer.pdf>
- [17] SCHMIEDING ARMATURY CZ, s.r.o. *Katalog čerpacích stanic*.
- [18] ENVIRONMENT CANADA. *Atlantic Canada Wastewater Guidelines Manual: for Collection, Treatment, and Disposal*. 432 s. Dostupné z: <http://www.gov.ns.ca/nse/water/docs/AtlCanStdGuideSewage.pdf>
- [19] MINISTERSTVO ZEMĚDELSTVÍ ČR. *Vodovody kanalizace ČR 2011*. Praha, 2012. ISBN 978-80-7434-079-6. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/180716/MZe_VaK_2011_finalni_B_komprimovane.pdf
- [20] PIPELIFE CZECH S.R.O. *Tlaková a podtlaková kanalizace*. 2007, 12 s.

- [21] ENVIRONMENT ONE CORPORATION. *Low Pressure Sewer Systems Using Environment One Grinder Pumps*. 32.s. Dostupné.z:
https://s3.amazonaws.com/EONE_PUBLIC_WEB/public_files/lpsdesign.pdf
- [22] GRUNDFOS. *The sewage pumping handbook*. 115 s.

ZOZNAM TABULIEK

	Str.
Tab. č. 2.1. Porovnanie gravitačnej a tlakovej kanalizácie [13]	13
Tab. č. 3.1 Tabuľka medzného počtu zapnutých čerpadiel pre $Q_{\epsilon} = 0,67 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ pre pravdepodobnosť neprekročenia $p=95\%$ [1]	24
Tab. č. 3.2. E-ONE Počet očakávaných súčasne pracujúcich čerpadiel [21]	25
Tab. č. 3.3. Vyhodnotené merané prietoky na tlak. kanalizácií Štěpánovice [12]	26
Tab. č. 3.4. Porovnanie metod výpočtu návrhového prietoku na tlakovú kanalizáciu	29
Tab. č. 4.1. Zameranie vodárenských spoločností na problematiku TSS	33
Tab. č. 4.2. Vybrané požiadavky vodárenských spoločností na tlakovú kanalizáciu	37
Tab. č. 4.3. Vybrané požadavky vodárenských společnosti na ČS a kanalizačné výtlačky	42

ZOZNAM OBRÁZKOV

	Str.
Obr. č. 1.1. Obyvatelia bývajúci v domoch pripojených na kanalizáciu v roku 2011 [19]	10
Obr. č. 1.2. Schéma tlakovej kanalizácie [1]	11
Obr. č. 2.1. Územie vhodné pre tlakovú kanalizáciu [1]	12
Obr. č. 2.2 Objemové vretenové čerpadlo Sigma 5/4" Kador + charakteristika čerpadla	15
Obr. č. 2.3. Schéma funkčných objemov DČJ [1]	18
Obr. č. 2.4. ČS STRATE - fáza plnenia	19
Obr. č. 2.5. ČS STRATE - fáza čerpania	19
Obr. č. 3.1. Štatistika pravdepodobnosti prekročenia prietoku za mesiace november-december [12]	27
Obr. č. 3.2. Štatistika pravdepodobnosti prekročenia prietoku za mesiace apríl-máj [12]	27
Obr. č. 3.3. C-faktor podľa City of London, Canada [14]	32
Obr. č. 4.1. Vzorová zostava DČJ [11]	35
Obr. č. 4.2. Čerpadlo ABS Piranha s vírovým obežným kolom so zatupeným rezným zariadením, neschopným rozrezať nečistotu	39
Obr. č. 4.3. Zaústenie kanalizačného výtlaku v revíznej šachte v Kníničkách	45
Obr. č. 4.4. Miesto pripojenia snímača tlaku v ČS A	45
Obr. č. 4.5. Priebeh tlaku na výtlaku za čerpadlami v dobe špičky	46

ZOZNAM POUŽITÝCH ZKRATIEK A SYMBOLOV

TSS	.....	tlaková stoková sieť
DČJ	.....	domová čerpacia jímka
MS	.....	meliaci systém
SMP	.....	systém mechanického predčistenia
ČS	.....	čerpacia stanica
H	.....	dopravná výška [m]
OV	.....	odpadové vody
ČOV	.....	čistiareň odpadových vôd
BSK ₅	.....	biochemická spotreba kyslíku
NL	.....	nerozpustné látky
Q ₂₄	.....	24 hodinový prietok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
Q _{návrh}	.....	návrhový prietok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]
Q _{spec}	.....	špecifický odtok [$\text{l} \cdot \text{ob}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$]
Q _č	.....	čerpané množstvo [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]
DN	.....	svetlosť potrubia [mm]
V	.....	objem [m^3]
m v. stĺ.	.....	metrov vodného stĺpca

ZOZNAM PRÍLOH

bez příloh

SUMMARY

The prime aim of this thesis was creation of list of requirements for the low pressure sewer systems, using the available technical standards and requirements of the Czech water companies that deal with the low pressure sewer systems. The knowledge of the requirements was directly applied for making a review of a real pumping station. The second aim was the procession of the search that contains the methods of the equation of the designed flow for dimensioning the low pressure sewers and their comparison with the flows of a factual low pressure sewer.

The goals of the bachelor's thesis are:

- a) Making a clear review of the requirements of technical standards and Czech water companies considering the low pressure sewer systems. The most significant requirements of the Czech water companies are listed in the chart Tab. č. 4.2. for low pressure sewers and in the chart Tab. č. 4.3. for pumping stations.
- b) The search of equation methods of the designed flow in the low pressure sewer and their comparison with the factual flows in the observed low pressure sewer. The comparison has shown that the equation methods resulted in unreachable values, which over-dimension the design of the pipe system, which breaches the required hydraulic parameters of the system. The overview of the comparison of the equation methods with factual flows is summarized in the chart Tab. č. 3.4..
- c) The observed pumping station in the village of Rozdrojovice is in unsatisfactory condition. The pumping station does not function properly and indicates a high failure rate. It is not possible to return the station into its functioning state unless significant regulations are made.

The main yield of the thesis is the creation of the general overview of the conditions for the designing of the low pressure sewer systems that helps the designers to orientate during the designing, while it offers them the general overview of the designing methods. The goal of the thesis is also the comparison of various equation methods used to define the designed flow in the low pressure sewers with flows in factual system, therefore it offers an approximate overview of the usability of these methods, respecting the conditions of the Czech Republic.